

Gipuzkoako
Foru Aldundia
Ingurumeneko eta Obra
Hidraulikoetako Departamentua



ORAIN
GIPUZKOA

CRITERIOS PARA LA GESTIÓN DE LA VEGETACIÓN Y EL SUELO EN GIPUZKOA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

diciembre 2019



ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
1.1	OBJETO DEL ESTUDIO	3
1.2	MARCO DEL ESTUDIO: CAMBIO CLIMÁTICO	3
1.2.1	Acuerdos y estrategias frente al cambio climático	4
1.2.2	Escenarios regionales de cambio climático	8
2	DIAGNÓSTICO DEL MEDIO	10
2.1	MARCO GEOGRÁFICO	10
2.2	CLIMA	15
2.3	VEGETACIÓN Y USOS DEL SUELO	16
2.3.1	Vegetación potencial	16
2.3.2	Usos del suelo	17
2.3.3	Distribuci3n de los bosques y plantaciones forestales	19
2.4	SECTOR AGROFORESTAL	22
2.4.1	Explotaciones agrÍcolas	22
2.4.2	Explotaciones forestales	23
2.5	ESPACIOS NATURALES	24
2.5.1	Red de Espacios Naturales Protegidos	24
2.5.2	Infraestructura verde de Gipuzkoa	25
2.6	PROPIEDAD DE LOS TERRENOS	27
2.6.1	Distribuci3n de la propiedad	27
2.6.2	Montes de Utilidad PÚblica	28
3	EMISIONES DE GEI Y SUMIDEROS DE CARBONO EN GIPUZKOA	31
3.1	INVENTARIO DE EMISIONES DE GEI EN GIPUZKOA	31
3.2	EL CICLO DEL CARBONO EN RELACI3N CON EL CAMBIO CLIMÁTICO	33
3.2.1	Fijaci3n de carbono orgÁnico en la biomasa vegetal	34
3.2.2	Fijaci3n de carbono orgÁnico en los suelos	38
4	EFFECTOS PREVISTOS DERIVADOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO	46
4.1	RECURSOS HÍDRICOS	47
4.2	ZONA COSTERA	48
4.3	ECOSISTEMAS TERRESTRES	51
4.4	RECURSOS EDÁFICOS	52

4.5	RECURSOS AGROPECUARIOS Y FORESTALES.....	53
5	CRITERIOS DE GESTI3N	55
5.1	DIRECTRICES GENERALES	55
5.2	DIRECTRICES POR SECTORES.....	58
5.2.1	Sector agrario	58
5.2.2	Sector ganadero.....	61
5.2.3	Sector forestal.....	64
6	CONCLUSIONES	69
7	BIBLIOGRAFIA	72

Mapas

1	Relieve
2	Altitud
3	Pendientes
4	Clases litol3gicas
5	Usos de suelo
6	Distribuci3n de especies forestales
7	Espacios Naturales Protegidos
8	Montes de Utilidad P3blica y usos del suelo

1 INTRODUCCI3N

1.1 OBJETO DEL ESTUDIO

Elaboraci3n de un estudio que aporte criterios y recomendaciones para mejorar la capacidad de absorci3n de gases de efecto invernadero (en adelante GEIs) de la cubierta vegetal y de los suelos, as3 como la resiliencia y capacidad de adaptaci3n de los ecosistemas naturales y agrarios de Gipuzkoa ante el Cambio Clim3tico (en adelante CC).

El enfoque del estudio debe estar muy centrado en las caracter3sticas clim3ticas, ecol3gicas, forestales y agrarias del Territorio Hist3rico de Gipuzkoa.

1.2 MARCO DEL ESTUDIO: CAMBIO CLIM3TICO

Seg3n el **quinto informe** de evaluaci3n del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el CC (IPCC, por sus siglas en ingl3s) publicado en 2014¹, el clima de la Tierra ya ha sido alterado, siendo la causa m3s probable la acumulaci3n de GEIs en la atm3sfera. Como consecuencia de esto, los datos de temperatura de la superficie terrestre y oce3nica muestran un calentamiento de 0,85°C durante el per3odo 1880-2012.

La temperatura global terrestre y oce3nica ha aumentado a una tasa promedio de 0,07°C por d3cada desde 1880; sin embargo, la tasa promedio de aumento es m3s del doble desde 1980, siendo en el a3o 2017 la temperatura media 0.84°C superior a la temperatura media del siglo XX, dato aportado por el National Centers for Environmental Information (NOAA)². Seg3n este mismo centro la temperatura promedio de la superficie terrestre a nivel mundial fue 1.31°C por encima del promedio del siglo XX.

Asimismo, el informe del IPCC predice que las emisiones continuas de GEI causar3n un mayor calentamiento y nuevos cambios en todos los componentes del sistema clim3tico y que, por lo tanto, para contener el CC, ser3 necesario reducir de forma sustancial y sostenida las emisiones de estos gases.

A pesar de que los sumideros naturales est3n absorbiendo aproximadamente la mitad del CO₂ producido por los humanos, las emisiones de carbono por la actividad antr3pica a la atm3sfera est3n causando un incremento de las concentraciones atmosf3ricas de CO₂.

El aumento de la concentraci3n de CO₂ atmosf3rico (y otros GEI) es la raz3n principal para la preocupaci3n actual sobre el CC. Los GEI son componentes gaseosos de la atm3sfera, naturales o antropog3nicos, que absorben y emiten radiaci3n en determinadas longitudes de onda del espectro de radiaci3n infrarroja t3rmica emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atm3sfera y por las nubes. Esta propiedad ocasiona el efecto invernadero (IPCC, 2007). Los dos gases m3s abundantes en la atm3sfera, el nitr3geno y el ox3geno, apenas ejercen efecto invernadero. El vapor de agua (H₂O), el di3xido de carbono (CO₂), el 3xido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono (O₃) son los GEI primarios de la atm3sfera terrestre.

¹ <https://www.ipcc.ch/report/ar5/>

² NOAA National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Global Climate Report for Annual 2017, <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201713>

Si nos limitamos a los GEI directamente emitidos por la actividad antrópica, es el CO₂ el GEI más importante.

El IPCC propuso considerar las emisiones y absorciones de GEI relacionadas con el sector usos del suelo, cambios del uso del suelo y bosques, —*Land Use, Land-Use Change and Forestry, LULUCF*— (IPCC, 2003), en la metodología a utilizar para cuantificar las emisiones. Así se ha recogido en el nuevo Reglamento (UE) 2018/841 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, sobre la inclusión de las emisiones y absorciones de GEI resultantes del uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y la silvicultura.

Por otra parte, los sistemas naturales y agrarios son vulnerables ante los efectos del CC, efectos entre los que se han descrito la “mediterrización” de los ecosistemas forestales, cambios fenológicos, extinción de especies relictas, aceleración de la degradación del suelo, y otros. Por lo tanto, se considera necesario plantear medidas que permitan mejorar la resiliencia de los ecosistemas y la capacidad de adaptación del medio rural y natural.

En este marco, la Estrategia Gipuzkoa Klima 2050 establece en sus metas 4 —Aumentar la resiliencia del medio natural— y 5 —Aumentar la resiliencia del sector primario y reducir sus emisiones— un conjunto de acciones orientadas a mejorar la capacidad de mitigación (absorción) del suelo y de la vegetación de los ecosistemas guipuzcoanos y mejorar su resiliencia.

1.2.1 Acuerdos y estrategias frente al cambio climático

1.2.1.1 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) fue aprobada en 1992 y desde entonces la han suscrito 196 estados.

El objetivo fundamental de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) es impedir la interferencia «peligrosa» del ser humano en el sistema climático. En la práctica, la Convención fija el objetivo de estabilizar las emisiones de GEI «*a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático*». Se declara asimismo que «*ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible*».

Los países de la CMNUCC se reúnen anualmente desde 1995 en lo que se llama la ‘Conferencia de las Partes’ (COP, por sus siglas en inglés). Como resultado de estas Conferencias de las Partes en 1997, se aprobó el Protocolo de Kyoto, ratificado por 192 países. El 12 de diciembre de 2015 la Conferencia de las Partes (COP) en París adoptó el ‘Acuerdo de París’.

1.2.1.2 Acuerdo de París

La Conferencia de París sobre el Cambio Climático se celebró del 30 de noviembre al 11 de diciembre de 2015. El Acuerdo de París es un acuerdo multilateral jurídicamente vinculante

adoptado por 195 pa3ses. Los gobiernos de estos pa3ses acordaron el objetivo a largo plazo de mantener el aumento de la temperatura media mundial por debajo de 2°C en relaci3n con los niveles pre-industriales y tratar de limitar el aumento a 1,5°C.

Seg3n el Acuerdo, las emisiones globales deben alcanzar su valor m3ximo tan pronto como sea posible, reconociendo que esto supondr3 un mayor esfuerzo para los pa3ses en desarrollo y que las reducciones necesarias deben llevarse a cabo empleando las mejores t3cnicas disponibles.

La UE y otros pa3ses desarrollados seguir3n apoyando la acci3n clim3tica para reducir las emisiones y aumentar la resiliencia a los impactos del CC de los pa3ses en desarrollo.

Por su relaci3n directa con el papel del suelo como sumidero de carbono, se puede destacar tambi3n la preocupaci3n por el suelo en la UE, plasmada en la 'Estrategia Tem3tica para la Protecci3n del Suelo'³, que establece una serie de acciones encaminadas al objetivo general de protecci3n y utilizaci3n sostenible del suelo, a trav3s de la prevenci3n de una mayor degradaci3n de los mismos, la conservaci3n de sus funciones y la restauraci3n de suelos degradados.

La restauraci3n de las tierras agr3colas degradadas y el aumento de la tasa del carbono en el suelo juegan un papel importante en el tratamiento del triple desaf3o que constituyen la seguridad alimentaria, la adaptaci3n de los sistemas alimentarios y de las personas al CC, y la mitigaci3n de las emisiones producidas por los humanos. En este marco, cobra sentido la *Iniciativa 4 por 1000: Suelos para la seguridad alimentaria y el clima*, impulsada por el Gobierno de Francia en la COP21.

La iniciativa "4 por 1000" tiene como objetivo asegurar que la agricultura juega un papel relevante en la mitigaci3n y adaptaci3n al CC. Con el crecimiento anual de un 4 por 1000 (0,4%) del COS [carbono org3nico en el suelo], se busca demostrar que incluso un peque1o incremento en el almacenamiento de carbono en los suelos es crucial para mejorar la fertilidad de los mismos y la producci3n agr3cola, y contribuir as3 a conseguir el objetivo a largo plazo marcado en el Acuerdo de Paris, de limitar el incremento de la temperatura media global a un m3ximo de 1,5 o 2°C.

1.2.1.3 Lucha contra el cambio clim3tico en la UE

La Uni3n Europea se ha comprometido a transformar Europa en una econom3a hipocarb3nica y de alta eficiencia energ3tica. La propia UE tambi3n se ha fijado el objetivo de reducir las emisiones de GEI en un 80-95% de aqu3 a 2050 en comparaci3n con los niveles de 1990.

La UE ha aprobado el marco de actuaci3n en materia de clima y energ3a hasta el a1o 2030, que presenta una serie de objetivos principales y medidas estrat3gicas para el periodo 2020-2030. El marco de actuaci3n asume como objetivos clave para 2030 los siguientes:

- 40% de reducci3n de las emisiones de GEI con respecto a 1990.
- 32% de energ3as renovables sobre el consumo final de energ3a.
- 32,5% de mejora de la eficiencia energ3tica.

³ EU Thematic Strategy for Soil Protection COMO (2006)231 final

A ello hay que añadir que la Comisión Europea actualizó el 28 de noviembre de 2018 su hoja de ruta hacia una descarbonización sistemática de la economía con la intención de convertir a la Unión Europea en neutra en carbono en 2050 (Comunicación COM/2018/733).

Los Estados miembros tienen la obligación de adoptar planes nacionales integrados de energía y clima para el período 2021-2030.

1.2.1.4 Marco Estratégico de Energía y Clima en España

Las piezas clave que componen el Marco estratégico de energía y clima son: el anteproyecto de Ley de Cambio Climático y Transición Energética, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030, y la Estrategia de Transición Justa. En la actualidad se encuentran en fase de debate y participación pública.

Las medidas contempladas en el borrador de Plan Nacional Integrado de Energía y Clima permitirán alcanzar los siguientes resultados en 2030:

- 21% de reducción de emisiones de GEI respecto a 1990.
- 42% de renovables sobre el uso final de la energía.
- 39,6% de mejora de la eficiencia energética.
- 74% de energía renovable en la generación eléctrica.

1.2.1.5 Estrategia Vasca frente al Cambio Climático

El Gobierno Vasco ha aprobado en junio de 2015 la nueva Estrategia Vasca frente al Cambio Climático con el horizonte puesto en 2050.

La Estrategia está alineada con los objetivos fijados por la Unión Europea: Euskadi ha definido el objetivo de reducción al año 2030 de al menos el 40% de sus emisiones de GEI, y al año 2050 el objetivo de reducirlas al menos en un 80%, todo ello respecto al año 2005. Para alcanzar este objetivo se plantea que en el año 2050 Euskadi alcance un consumo de energía renovable del 40% sobre el consumo final.

Por otro lado, siguiendo la línea de la Estrategia Europea de Adaptación y los impactos del CC previsibles en Euskadi, la Estrategia Vasca tiene como objetivo asegurar la resiliencia del territorio vasco al CC.

Entre las metas recogidas en la Estrategia, podemos destacar, por su relación con el objeto del presente informe, las metas siguientes, con sus correspondientes líneas de actuación:

Tabla 1: Metas y líneas de actuación de la Estrategia Vasca frente al cambio climático

Metas en cambio climático	Líneas de actuación
M4. Aumentar la resiliencia del medio natural	Fomentar la multifuncionalidad de los ecosistemas naturales como reguladores de procesos biológicos y geológicos, restaurando especies y hábitats vulnerables Integrar la variable de cambio climático en la gestión de las zonas costeras
M5. Aumentar la resiliencia del sector primario y reducir sus emisiones	Fomentar una producción agraria integrada, ecológica, local y con menores emisiones de GEI Aumentar el potencial como sumidero de carbono de

Metas en cambio climático	Líneas de actuación
	Euskadi
	Adaptar las prácticas y la gestión del sector primario (agrario y pesquero) a las nuevas condiciones climáticas

Para el primer periodo (hasta el año 2020) la Estrategia ha definido 10 acciones dentro de las líneas de actuación citadas, entre las que destacan por su relación con el presente informe las siguientes:

- 26. *Regeneración de los ecosistemas y naturalización de los mismos para mantener la resiliencia del territorio.*
- 27. *Promover y facilitar la conectividad entre ecosistemas que permitan la migración de especies.*
- 30. *Fomento de prácticas agrícolas que minimicen la erosión y preserven la materia orgánica del suelo (ej: mínimo laboreo, cubiertas vegetales, etc.).*
- 31. *Potenciación de programas para impulsar la producción local integrada, así como la producción ecológica.*
- 32. *Reforestar las zonas degradadas y aumentar la superficie de bosque natural.*
- 33. *Mejorar la gestión forestal aumentando la superficie certificada y mejorando los programas de prevención de incendios.*

1.2.1.6 Gipuzkoa Klima 2050

La Estrategia Guipuzcoana de Lucha Contra el Cambio Climático 2050 (EGLCC 2050), en consonancia con los objetivos de la Estrategia de Cambio Climático 2050 del País Vasco (KLIMA 2050), establece el objetivo voluntario de reducir las emisiones de GEI en Gipuzkoa en al menos un 40% a 2030 y en al menos un 80% a 2050, respecto al año 2005. Además, tiene como objetivo poder llegar a la completa descarbonización, esto es emisiones nulas o negativas, de la economía guipuzcoana para 2050.

La Estrategia guipuzcoana define líneas de actuación y acciones para cada una de las metas establecidas en la Estrategia vasca KLIMA 2050. A continuación, se recogen las metas, líneas de actuación y acciones que tiene una relación más directa con el objeto del presente informe.

Tabla 2: Metas, líneas de actuación y acciones de la Estrategia Gipuzkoa Klima 2050 relacionadas con el objetivo del presente trabajo.

Meta	Línea de actuación	Acción
M3. Incrementar la eficiencia y la resiliencia del territorio	3.2 Promover una red de infraestructura verde de Gipuzkoa y desfragmentar el Territorio	3.2.2 Restaurar las áreas degradadas y la naturalización de los mismos para mantener la resiliencia del territorio
M4. Aumentar la resiliencia del medio natural	4.1 Mejora de la diversidad estructural y funcional de los bosques	4.1.1. Evaluación de la incidencia del cambio climático sobre los sistemas forestales y sus diferentes funciones 4.1.2 Exploración de las posibilidades de fomento público de los bosques estructuralmente complejos y de mayor capacidad de absorción 4.1.3 Impulsar acciones para la gestión sostenible de las masas forestales actuales, poniendo especial atención a aquellas afectadas por plagas, enfermedades, etc., y a la

Meta	Línea de actuación	Acción
		reforestación de áreas abandonadas
	4.2 Protección y seguimiento de hábitats y especies vulnerables al cambio climático	4.2.2 Incorporación de la variable del cambio climático en la gestión de los espacios naturales 4.2.3 Evaluación de los efectos del cambio climático sobre los hábitats, la flora y fauna, con especial atención sobre los hábitats y especies amenazadas
M5. Aumentar la resiliencia del sector primario y reducir sus emisiones.	5.1 Seguimiento del impacto climático sobre el sector agrario y aplicar medidas para su adaptación	5.1.1 Evaluación de la incidencia del cambio climático sobre los sistemas agropecuarios 5.1.2 Reorientar las explotaciones agrarias y ganaderas hacia modelos de explotaciones bajas en emisiones e implantación de medidas de adaptación al cambio climático
	5.3. Favorecer prácticas agroforestales de bajo impacto y mejorar la capacidad del sector de actuar como sumidero de carbono	5.3.1 Reforzar los programas para fomentar actuaciones de silvicultura preventiva de incendios forestales 5.3.2 Evaluación de la presencia de especies forestales que puedan favorecer la propagación de incendios 5.3.3 Fomentar la formación y sensibilización de las personas propietarias y la sociedad en relación con la importancia de los bosques en la lucha contra el cambio climático y las buenas prácticas a aplicar para conservar el carbono retenido en los sumideros actuales 5.3.4 Estudiar la capacidad de retención de carbono de los sistemas forestal y agrario del territorio y la incidencia sobre ellos de los impactos en base a los escenarios previstos

1.2.2 Escenarios regionales de cambio climático.

Tal como se ha comentado, el quinto informe de evaluación del IPCC concluye que el clima de la Tierra ya ha sido alterado, siendo la causa más probable la acumulación de GEI en la atmósfera. Como consecuencia de esto, los datos de temperatura de la superficie terrestre y oceánica muestran un calentamiento de 0,85°C durante el período 1880-2012.

En este contexto la generación de escenarios climáticos regionales supone el paso inicial obligado para incrementar el conocimiento sobre el cambio climático a escala regional, permitiendo así la identificación y evaluación de los impactos, debilidades y posibles vías de adaptación.

Para el ámbito geográfico del País Vasco en el marco del proyecto ADAPTA CLIMA II se generaron escenarios regionales de alta resolución (1x1 km). De este proyecto (Neiker-Tecnalia, 2011) se extrajeron las siguientes conclusiones:

- Incremento de la temperatura anual: en el periodo 2011-2041 los incrementos en la vertiente atlántica serán leves, inferiores en todo caso a 1°C. En el periodo 2041-2070 se prevén incrementos que oscilan entre 1,45 y 1,95°C. Finalmente, en el periodo 2070-2100 los incrementos pueden alcanzar un intervalo entre 2,0 y 2,45°C.
- Disminución de la precipitación anual: en el periodo 2011-2040 las cuadrículas donde mayor disminución de la precipitación anual se proyecta son las correspondientes a las zonas de los Parques naturales de Aiako Harria y Aralar, con disminuciones de 103 y 114 mm respectivamente. En la zona costera las disminuciones proyectadas son menores, en torno a 30 – 40 mm. En el periodo 2041-2070 las zonas mencionadas de Aiako Harria y Aralar siguen siendo las más afectadas, con

disminuciones en torno a 320 mm, mientras que en la costa la disminuci3n estar3a en torno a 100 mm. En el 3ltimo periodo, 2071-2100 los modelos contin3an proyectando disminuciones importantes en las zonas de Aiako Harria y Aralar, con disminuciones de 373 y 397 mm respectivamente.

Estos modelos se basaron en distintas combinaciones de modelos globales y regionales para un 3nico escenario. A lo largo de 2014, el IPCC publica su quinto informe, donde establece nuevos escenarios de emisiones que requieren una actualizaci3n y mayor resoluci3n de las previsiones del cambio clim3tico.

El objetivo del proyecto 'Escenarios de cambio clim3tico de alta resoluci3n para el Pa3s Vasco (KLIMATEK 2017-2018)' es la elaboraci3n de un atlas clim3tico de alta resoluci3n (~ 1 km) de precipitaci3n y temperaturas para la CAPV y la producci3n de los escenarios regionales de CC para el siglo XXI a partir de las simulaciones realizadas en el proyecto Euro-CORDEX (~ 12 km).

En relaci3n con el an3lisis de las tendencias para el periodo analizado 1981-2010, se pueden destacar los siguientes aspectos:

- En el periodo citado no se observan tendencias claras de cambio en el r3gimen de precipitaci3n. Muestran una leve tendencia al incremento de los d3as con precipitaciones suaves, pero sin un claro efecto en el total anual o la intensidad diaria de la precipitaci3n. En la regi3n costera, y principalmente en el valle del Deba, parece que se observa un leve decrecimiento de la precipitaci3n en todos los indicadores analizados.
- En el caso de las temperaturas, si bien las tendencias tampoco son muy claras, se observa una tendencia leve al incremento de eventos de temperaturas m3nimas altas en el extremo occidental de Gipuzkoa y en la franja costera, mientras que en la mitad m3s oriental se refleja cierta tendencia al incremento de eventos fr3os.

Seg3n se recoge en el informe citado, en l3neas generales, las proyecciones reflejan tendencias que, en parte, ya se aprecian en el periodo 1971-2016, aunque de forma m3s acusada. As3, se esperar3a un incremento significativo en los indicadores asociados a altas temperaturas (p.e. n3mero de olas de calor al a3o - HWF) y/o periodos de sequ3a (p.e. d3as de lluvia $Pr > 1$ mm -RR1- o rachas de d3as con $Pr < 1$ mm -CDD-), mientras que existe una mayor incertidumbre sobre la evoluci3n de los indicadores asociados a la torrencialidad de las precipitaciones (p.e. m3ximo acumulado en 5 d3as de precipitaci3n -RX5DAY-).

A pesar de que se prev3e un incremento general de las temperaturas, 3ste ser3 mayor para las temperaturas m3ximas que para las m3nimas, dando lugar a un incremento en el rango de temperaturas promedio a medida que se avanza en el siglo XXI.

En el apartado 4 de este documento se exponen los efectos previstos derivados del CC en el territorio de Gipuzkoa.

2 DIAGNÓSTICO DEL MEDIO

En este apartado se incluye una descripción del medio del territorio histórico de Gipuzkoa, en el que se destacan aquellos elementos y variables más relacionados con el CC, que pueden tener incidencia en la absorción y/o emisión de CO₂ y otros gases de efecto invernadero, y que, por tanto, se deben tener en especial consideración de cara a definir los criterios para la gestión de la vegetación y el suelo en Gipuzkoa ante el cambio climático.

2.1 MARCO GEOGRÁFICO

El Territorio Histórico de Gipuzkoa se sitúa en el norte de la Península Ibérica, concretamente en el extremo oriental del Golfo de Bizkaia. **Su superficie alcanza algo más de 1.978 km².** Tiene una forma más o menos cuadrangular algo apuntada hacia el noreste. La longitud máxima en dirección E-W es de aproximadamente 55 km, mientras que la mínima es de unos 40 km. En dirección N-S, la longitud máxima es de unos 45 km.

Las **coordenadas geográficas** de Gipuzkoa son las siguientes:

- Latitud: 43° 24' N (extremo septentrional) y 42° 54' N (extremo meridional)
- Longitud: 1° 44' W (extremo oriental) y (2° 36' W extremo occidental)

El territorio está bañado en el norte por el mar Cantábrico y forma un quebrado litoral que en línea recta supone aproximadamente 50 km. Al este limita con Francia y la Comunidad Foral de Navarra; al sur muga con la Comunidad Foral de Navarra y el Territorio Histórico de Araba; y al oeste con el Territorio Histórico de Bizkaia.

Dos son las características esenciales que mejor sintetizan la geografía de Gipuzkoa:

- **Su carácter fuertemente montañoso y abrupto.** Las mayores cotas se encuentran al sur del Territorio, en las sierras de Aizkorri y Aralar, con varios puntos en los que se supera la cota de 1.000 m a escasos 50 km de la línea de costa. La cota máxima de Gipuzkoa, el monte Aitzuri en la sierra de Aizkorri y en plena divisoria de aguas, alcanza los 1.551 m. En Gipuzkoa son muy escasas las zonas llanas o abiertas: la mayor parte de su superficie está formada por una sucesión de valles, barrancos, colinas y montañas. Gran parte de la costa, asimismo, es fuertemente accidentada.
- **La disposición del territorio en valles paralelos independientes.** El territorio está constituido básicamente por 6 valles principales dispuestos de forma más o menos paralela y con direcciones predominantes N-S. Estos valles están formados por los ríos principales que drenan al Cantábrico y cuyas cuencas suponen el 98% de la superficie de Gipuzkoa. Hacia el este, la divisoria de aguas se aleja de Gipuzkoa y penetra en Navarra siguiendo las cabeceras de los afluentes del Oria y Bidasoa. Ordenados de este a oeste los valles que drenan al Cantábrico son: Bidasoa, Oiartzun, Urumea, Oria, Urola y Deba.

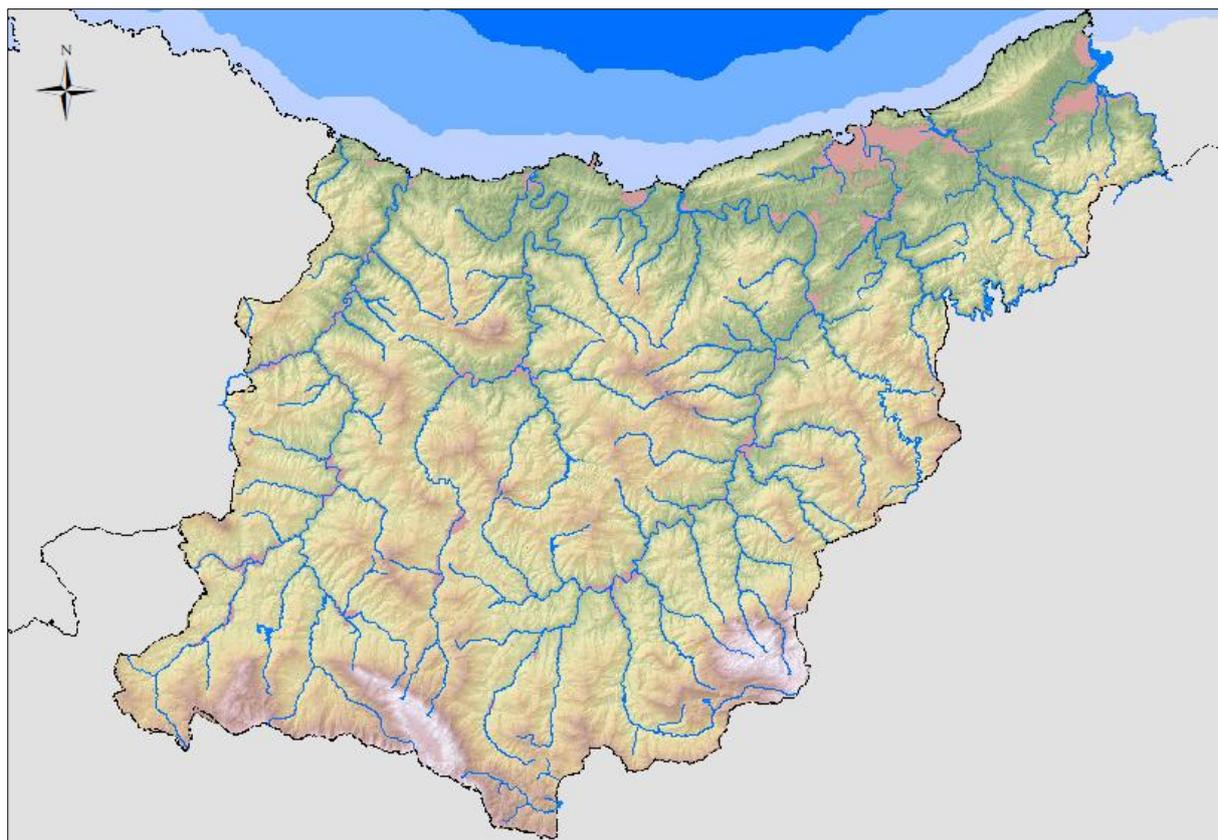


Figura 1: Relieve y red hidrográfica de Gipuzkoa. Elaboración propia.

Los afluentes de los ríos principales forman valles pequeños o medianos, por lo general no más allá de 15-20 km de longitud y solo de forma excepcional superan los 100 km² de cuenca vertiente. Tienen una dirección predominante E-W. Por lo general todos los valles son estrechos, en forma de V, y en escasos puntos del Territorio el fondo del valle supera 1 km en un terreno más o menos llano. Cerca de la costa se desarrollan pequeñas cuencas directas de superficie exigua.

Entre estos valles se originan los correspondientes interfluvios, que arrancan de la divisoria de aguas en dirección N-S o NNE-SSW. Los grandes interfluvios forman cadenas que, desde la divisoria de aguas, progresan hacia la costa perdiendo altitud media. Las cotas máximas raramente superan los 1.000 m, en especial cerca de la costa, aunque hay un par de macizos montañosos con cotas cercanas a 1.000 m a escasos 15 km del mar: Ernio e Izarraitz.

Tabla 3: Distribución de la superficie por rangos de altura sobre el nivel del mar. Elaboración propia.

Cotas (m.s.n.m.)	Superficie (ha)	Porcentaje del T.H.	Porcentaje pisos bioclimáticos
0-200	50.682	26%	81%
200-400	63.249	32%	
400-600	45.841	23%	
600-800	24.125	12%	19%
800-1.000	7.938	4%	
>1.000	5.982	3%	

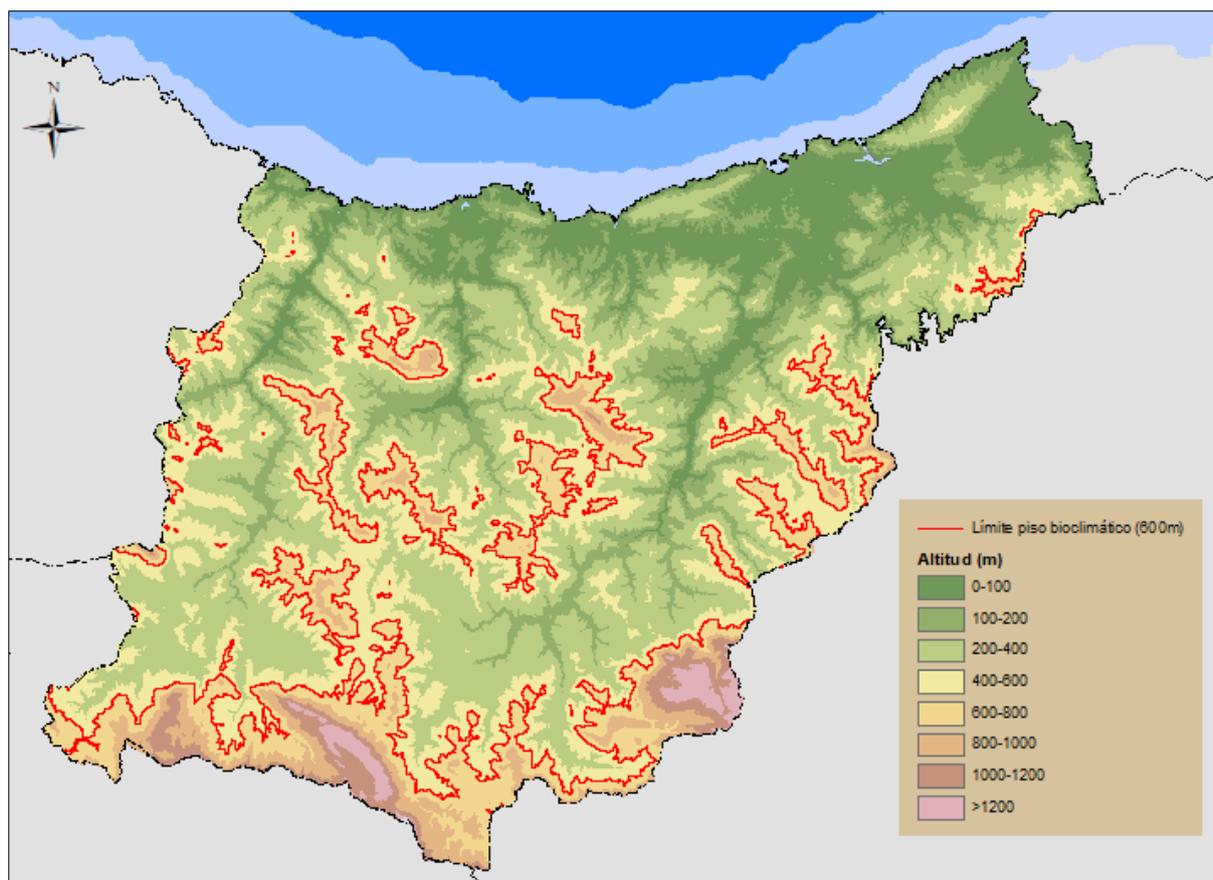


Figura 2: Rangos de altitud. Elaboración propia.

La consistencia de los materiales y la erosión diferencial han dado lugar a un relieve con alturas entre el nivel del mar y las cotas más altas de la sierra de Aizkorri, que alcanzan alrededor de 1.550 m. Tal y como refleja la tabla anterior, aproximadamente un 80% del territorio corresponde al piso colino (por debajo de la cota 600) y el resto al piso montano.

Tabla 4: Distribución de la superficie por rangos de pendiente. Elaboración propia

Pendiente (%)	Superficie (ha)	Porcentaje del T.H.
0-10	18.612	9,4%
10-20	21.072	10,7%
20-30	27.456	13,9%
30-50	59.009	29,8%
50-75	49.552	25,1%
>75	22.083	11,2%

Como se puede comprobar en la tabla anterior, únicamente un 20% del territorio guipuzcoano presenta pendientes que posibilitarían cierto grado de laboreo, permanente u ocasional, por presentar pendientes menores a 20%, correspondiente a suelos de clases agrológicas II, III y IV del Mapa de Clases Agrológicas de Gipuzkoa (DFG, 1988).

Los terrenos con vocación de uso forestal, es decir, aquellos que se sitúan en pendientes superiores al 30%, suponen un 66% de la superficie del territorio histórico (130.644 ha), lo que concuerda a grandes rasgos con los datos de extensión de la superficie arbórea en Gipuzkoa,

que se citan más adelante, y que señalan un 61% de la superficie guipuzcoana ocupada por masas forestales. En cualquier caso, a este respecto un dato destacable es el siguiente: más de la mitad de la superficie con vocación forestal (>30% de pendiente) presenta pendientes superiores al 50%. En concreto, son 71.635 has las que presentan pendientes fuertes (>50%), de las que 22.083 has presentan pendientes extremas (>75%), aspecto que se debe tener en cuenta en la gestión forestal de cara a evitar la pérdida de suelo superficial y, por tanto, del carbono orgánico almacenado en el mismo.

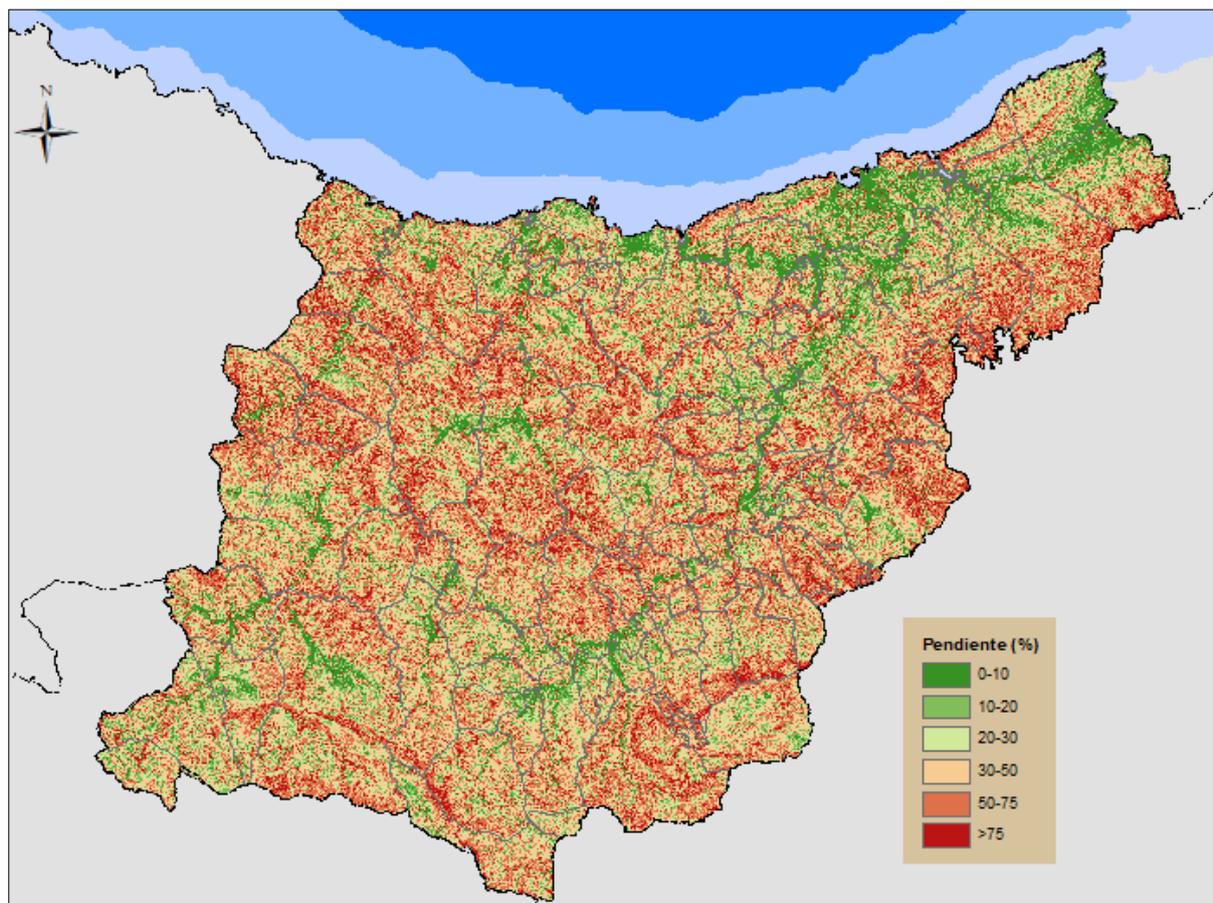


Figura 3: Rangos de pendiente. Elaboración propia.

En el territorio guipuzcoano se diferencian tres áreas geológicas:

- El extremo nororiental, donde predominan los materiales más antiguos, paleozoicos del tipo pizarras, cuarcitas, así como el batolito granítico de Peñas de Aia. Estos materiales generan un paisaje accidentado con importantes relieves.
- La franja litoral, asentada sobre materiales terciarios como areniscas, calizas, margas, pizarras y arcillas, y donde se hacen presentes formaciones del 'flysch', visibles en los acantilados costeros y en las plataformas de abrasión marina.
- Resto del territorio, en el que predominan los materiales mesozoicos, especialmente del Cretácico, con formaciones de calizas y margas.

El tipo de roca sobre la que se asienta los suelos tiene una notable importancia en la capacidad de fijación del carbono orgánico. Por ello, se ha clasificado el mapa litológico de

Gipuzkoa en 10 clústeres, siguiendo el procedimiento definido en el trabajo *Sumideros de carbono de la CAPV* (Neiker-Tecnalia, 2014), dando como resultado la siguiente distribución en el territorio, a la que se asocia el potencial de secuestro de carbono que tiene cada una de ellas.

Tabla 5: Distribución de la superficie por agrupaciones litológicas. Elaboración propia.

Agrupaciones litológicas	Superficie		Potencial de secuestro	
	ha	%	tC/ha	GgC
Arenas de grano medio y grueso	12.855	6,5	208	2.674
Areniscas calcáreas y calcarenitas	343	0,2	229	78
Alternancia de areniscas y lutitas con dominancia de areniscas	3.439	1,7	248	853
Coluviales. Aluviales	6.735	3,4	249	1.677
Alternancia de areniscas y lutitas sin predominio de areniscas o lutitas	20.320	10,3	255	5.182
Alternancia de lutitas y areniscas con dominancia de lutitas	34.830	17,6	263	9.160
Rocas volcánicas e ígneas	8.255	4,2	263	2.171
Alternancia de calizas y margas	8.042	4,1	267	2.147
Margas grises. Ofitas. Alternancia de margas y calizas. Pizarras y grauwacas	77.465	39,2	271	20.993
Calizas bioclásticas. Calizas urgonianas. Dolomías	24.780	12,5	282	6.988

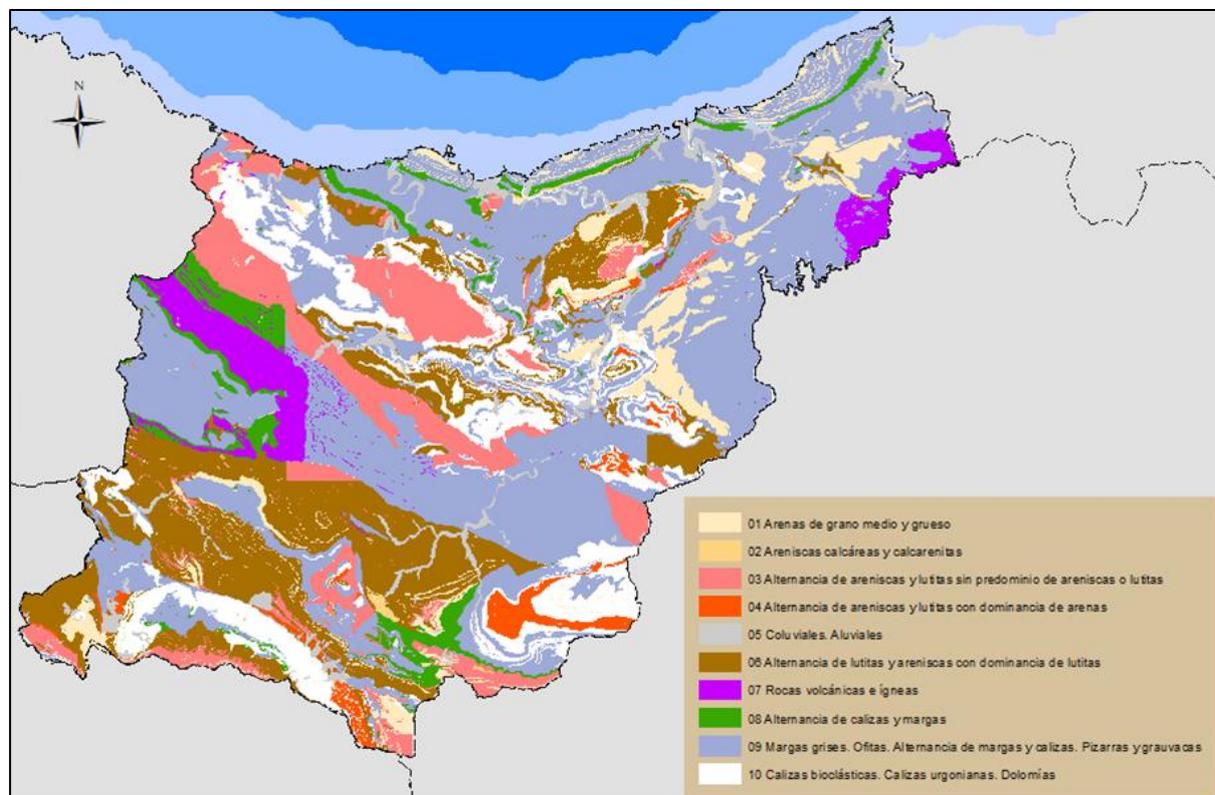


Figura 4: Clases litológicas de Gipuzkoa. Fuente: Geoeuskadi. Elaboración propia.

Agentes como la litolog3a, la orograf3a y el clima condicionan los tipos de suelos. En Gipuzkoa los suelos presentan cierta homogeneidad, debido, por un lado, a las abundantes precipitaciones que lavan los suelos generando un horizonte superficial generalmente 3cido, y, por otro, al predominio de terrenos con pendientes moderadas o abruptas en las que la intensa erosi3n no permite procesos de configuraci3n suficientemente largos. As3, predominan los suelos j3venes, de perfiles poco evolucionados y horizontes poco diferenciados. Las condiciones bioclim3ticas de Gipuzkoa generan suelos con un horizonte superficial (A) de color oscuro, rico en materia org3nica, y un horizonte inferior (B) de color pardo y moderadamente arcilloso. Son suelos que, en general, presentan un pH ligeramente 3cidos.

Sobre materiales silíceos o sobre rocas pobres en carbonatos se desarrollan las tierras pardas h3medas, caracterizadas por presentar suelos poco desarrollados en profundidad, del tipo AC o AR, con humus 3cido y desaturados de bases. Por el contrario, sobre materiales calizo-margosos se desarrollan las tierras pardo-calizas de regiones h3medas, que generalmente presentan suelos lavados y horizontes superficiales humíferos fuertemente erosionados. En las zonas de elevada pendiente la erosi3n provoca la aparici3n de la roca desnuda o suelos esquel3ticos. Por 3ltimo, los dep3sitos del Cuaternario han generado suelos aluviales y coluviales, poco desarrollados en profundidad y de escasa representaci3n a escala del territorio hist3rico.

2.2 CLIMA

El clima⁴ es de tipo oce3nico, templado-fresco, caracterizado por temperaturas moderadas con escasa oscilaci3n t3rmica anual y abundantes precipitaciones, bien distribuidas a lo largo del a3o, aunque de menor cuant3a en los meses estivales.

Por su situaci3n geogr3fica Gipuzkoa presenta un clima lluvioso. Los vientos dominantes del oeste y noroeste procedentes del mar soplan de forma frecuente, en torno al 60% del tiempo. Son generados en borrascas que circulan oeste-este y que traen hasta la costa frentes nubosos m3s o menos activos, pero siempre cargados de humedad. Por otro lado, la orientaci3n oeste-este de las sierras y el hecho de que las monta3as tengan cotas m3s bajas que las de la cordillera cant3brica al oeste y las de los pirineos al este favorece que el territorio sea atravesado por el flujo general y la pluviosidad sea intensa.

La cantidad de lluvia recogida no se reparte de forma homog3nea en todo el territorio, pudiendo variar entre menos de 1.300 mm que se recogen en Zumaia y m3s de 2.200 mm recogidos en el entorno de Artikutza, situadas apenas a 40 km de distancia. En el observatorio de Igeldo, en Donostia, la media de precipitaci3n se sit3a en torno a 1.500 mm. Las precipitaciones se reparten durante todo el a3o, aunque son m3s frecuentes a finales del oto3o, invierno y comienzo de la primavera.

Aun produci3ndose per3odos de ausencia de lluvias, sequ3as y fen3menos extra3os como lluvias torrenciales, el tipo de precipitaci3n m3s com3n es el "sirimiri". Aunque hay meses que puntualmente registran niveles inferiores a 50-60 mm, la media mensual mantiene unos valores entre 90-120 mm los meses menos lluviosos, y entre 140-175 mm los m3s lluviosos.

⁴ Datos extra3dos de varias p3ginas oficiales:
<http://www.euskalmet.euskadi.eus>
<http://w390w.gipuzkoa.net>

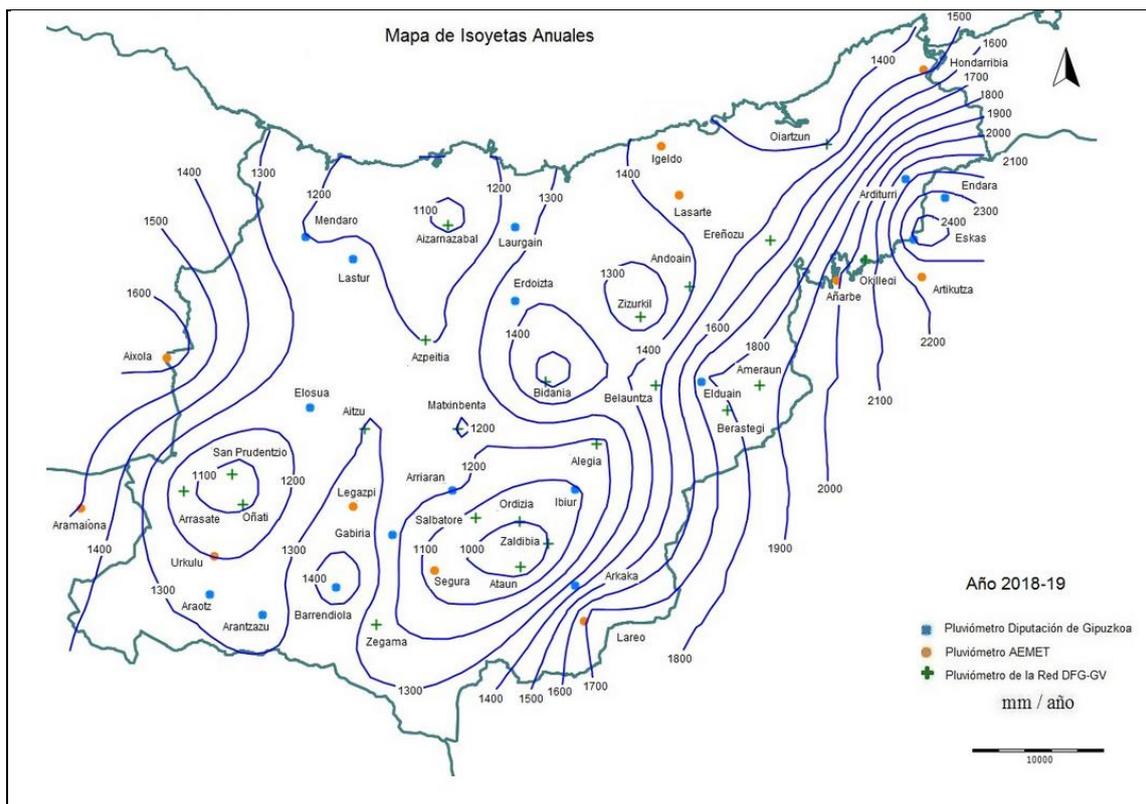


Figura 5: Mapa de Isoyetas Anuales en Gipuzkoa. Fuente: Obras Hidráulicas de Diputación Foral de Gipuzkoa.

El clima es templado, atemperado por la cercanía del mar, por lo que las temperaturas invernales no son muy frías ni las veraniegas demasiado altas. La temperatura media actual varía entre 12 y 14°C. La oscilación anual no es elevada, ya que la temperatura media del mes más frío se sitúa en torno a 9°C y la del mes más caluroso alrededor de 20°C.

2.3 VEGETACIÓN Y USOS DEL SUELO

2.3.1 Vegetación potencial

Desde el punto de vista biogeográfico, el TH de Gipuzkoa pertenece a la región Eurosiberiana, provincia Cántabro-Atlántica, sector Cántabro-Euskaldun (Rivas-Martínez, 1987). De acuerdo al Mapa de Series de Vegetación de la CAPV (Loidi *et al.* 2011), la vegetación potencial en el territorio guipuzcoano, es decir, la comunidad clímax que se desarrollaría naturalmente en condiciones ambientales estables, combina distintos tipos de bosques de frondosas, cuya distribución depende de las condiciones climáticas generadas por el gradiente altitudinal y del sustrato rocoso sobre el que se asientan.

En función de la altitud se distingue el piso colino, hasta aproximadamente 600 m. de altitud, y el piso montano, por encima de los 600 m. En el piso colino se desarrollaría el bosque mixto, con el roble pedunculado (*Quercus robur*) como especie dominante, acompañada de otras especies como el fresno (*Fraxinus excelsior*), el arce (*Acer campestre*) y otras, y el robledal acidófilo de roble pedunculado. En el piso montano domina el hayedo (*Fagus sylvatica*).

En función del sustrato pueden aparecer los encinares cántabros (*Quercus ilex*) en zonas de piso colino sobre sustrato de calizas recifales, en condiciones de falta de humedad

edáfica. Sobre suelos silíceos de escaso desarrollo también se desarrollarían los marojales (*Quercus pyrenaica*).

A su vez, en las riberas de los cauces la vegetación característica sería la aliseda cantábrica, con presencia de alisos (*Alnus glutinosa*), fresno (*Fraxinus excelsior*), etc.

Por último, en las zonas de estuario se desarrollaría la vegetación propia de las marismas, y en el litoral, la vegetación de acantilados, arenales, etc.

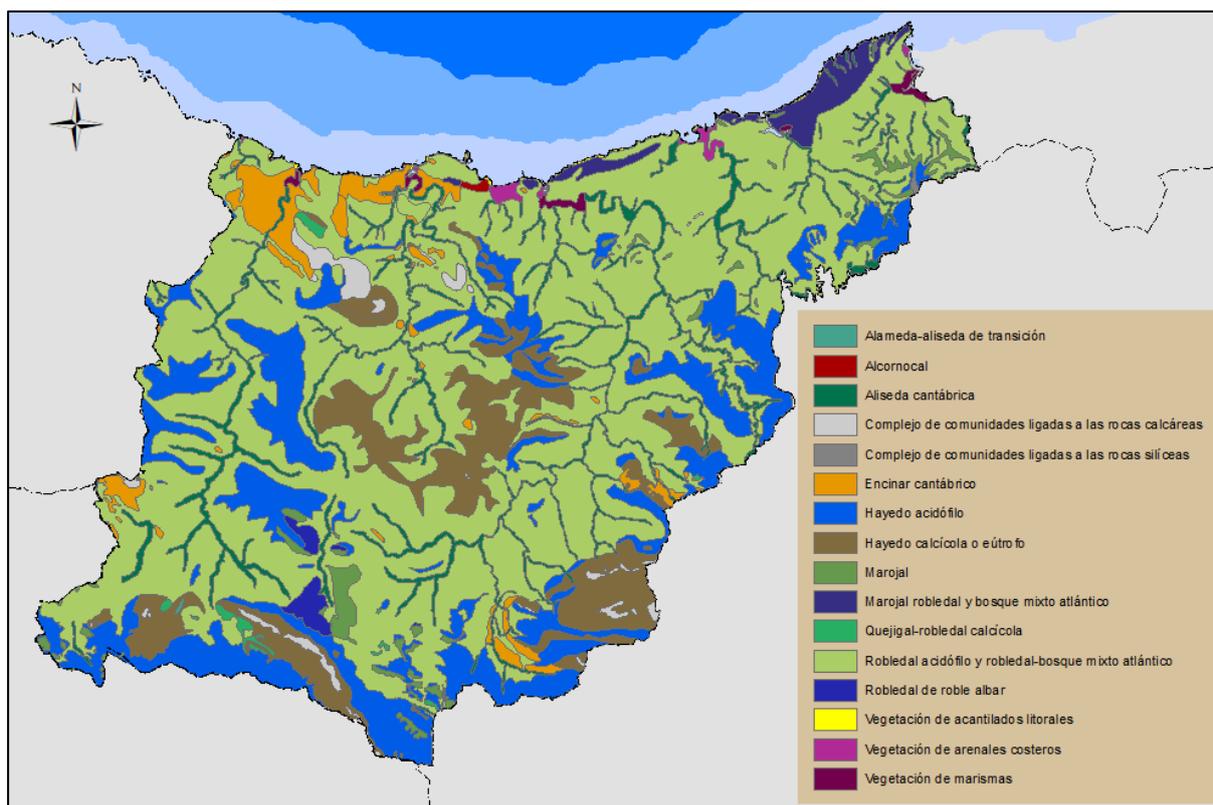


Figura 6: Vegetación potencial de Gipuzkoa. Fuente: Geoeuskadi. Elaboración propia.

2.3.2 Usos del suelo

En contraposición a la vegetación potencial, la vegetación real o actual es la que se observa en la actualidad como resultado de las modificaciones antrópicas sucedidas en el territorio, es decir, de la sucesión de usos del suelo a lo largo de la historia. Así, la distribución de los usos del suelo en la actualidad difiere enormemente de la potencial, como se observa en la figura 7.

En esta figura, se han representado las categorías de uso de la tierra que considera el IPCC, cuya metodología estima la variación de las existencias de carbono en el territorio aplicando distintos factores de emisión/remoción de carbono a cada categoría:

- Tierras forestales (F, "Forest Land")
- Tierras de cultivo (C, "Croplands"): incluye cultivos herbáceos y leñosos
- Pastos (G, "Grasslands"): pastos sin arbolado o con arbolado que no llegan a la definición de "tierras forestales".

- Asentamientos (S, "Settlements"): superficies relacionadas con infraestructuras residenciales, de transporte, comerciales, de fabricación o similares.
- Humedales (W, "Wetlands"): incluye tierras cubiertas o saturadas de agua (dulce o salina) durante todo el año o la mayor parte del año.
- Otras tierras (O, "Other Lands"): son suelos desnudos, roca, hielo y aquellas superficies no incluidas en ninguna de las demás categorías.

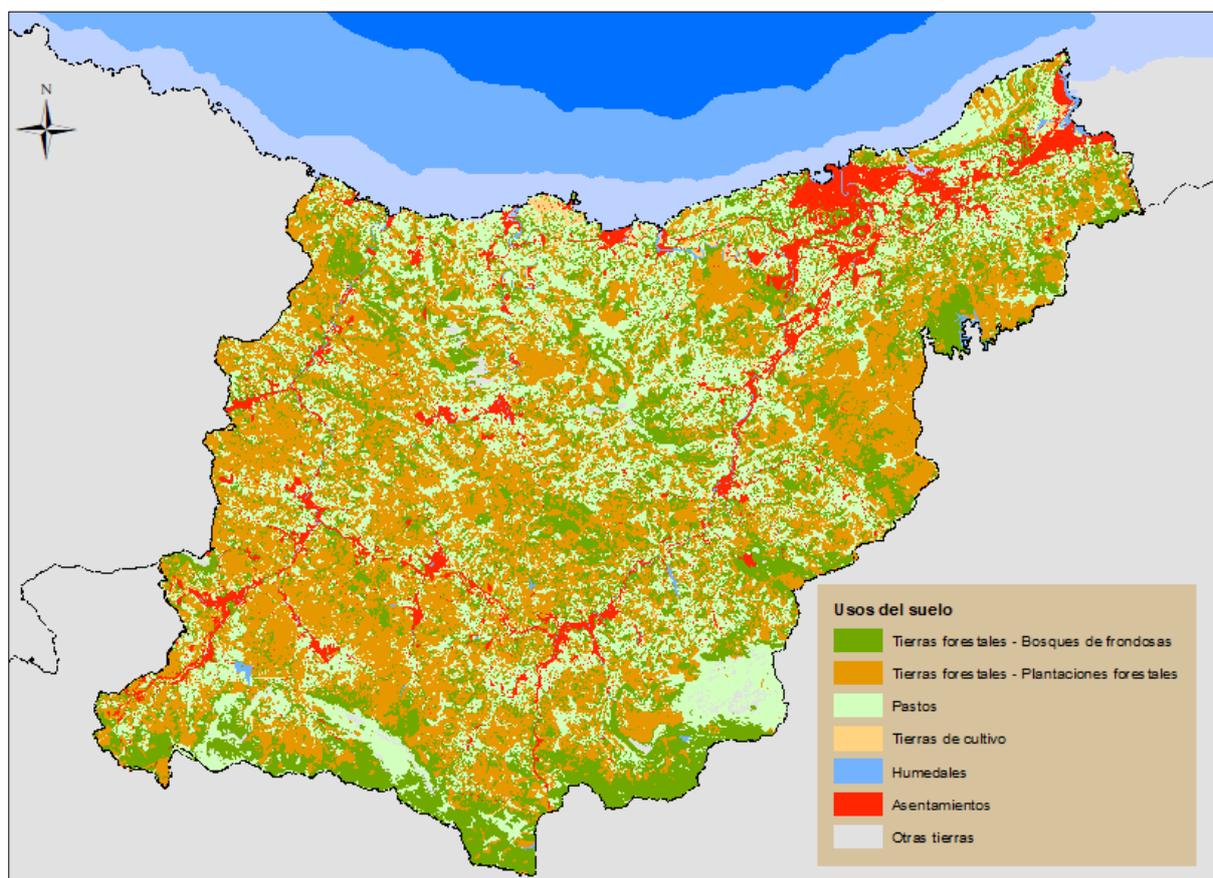


Figura 7: Categoría de usos de la tierra. Elaboración propia.

Actualmente, apenas el 25% de la superficie de Gipuzkoa está ocupado por formaciones naturales o seminaturales que pueden considerarse bosques pero que están lejos de conformar formaciones boscosas climáticas. El resto ha sido transformado paulatinamente desde tiempos remotos, y de forma más intensa en las últimas décadas:

- En el piso colino los robledales han visto reducida su superficie, inicialmente sustituidos por praderas, cultivos, pastos. En las últimas décadas se han incrementado las plantaciones de coníferas ocupando terrenos anteriormente utilizadas para uso agropecuario. Actualmente el piso colino se encuentra ocupado por un mosaico de praderas, pequeños bosquetes y setos de vegetación autóctona, y grandes superficies ocupadas por plantaciones forestales. Adicionalmente, los fondos de valle han sido ocupados por desarrollos urbanos, industriales e infraestructuras.
- En el piso montano, los hayedos han sido sustituidos en parte por amplias áreas de pastos de montaña, así como por plantaciones forestales.

Tabla 6: Distribuci3n de las categorías de uso de la tierra. Fuente: Inventario Forestal 2018.

Usos del suelo	Superficie (ha)	Categorías	Superficie (ha)	Porcentaje del T.H. (%)
Bosque	47.721			
Bosque de galería	921	Tierras forestales	120.873	61,1%
Plantaciones forestales	72.231			
Agrícola	2.454			
Matorral	10.252			
Pastizal-matorral	5.778			
Herbazal	3.572	Pastos	57.005	28,8%
Prados con setos	487			
Prados	36.916			
Artificial	10.610			
Autopistas y autovías	2.288	Asentamientos	13.638	6,9%
Infraestructuras de conducci3n	165			
Escombreras- vertederos-minería	575			
Humedal	65			
Agua	1.098	Humedales	1.194	0,6%
Estuarios	31			
Roquedos, canchales	2.672	Otras tierras	2.672	1,4%

2.3.3 Distribuci3n de los bosques y plantaciones forestales

Aunque las incertidumbres asociadas a los inventarios de gases de efecto invernadero realizados para el sector UTCUTS en la CAPV se han considerado muy altas (Neiker-Tecnalia, 2014), los inventarios muestran la importancia de la biomasa forestal, y de los suelos en general, en los balances de carbono.

En concreto, la estimaci3n de la capacidad de fijaci3n de carbono de la biomasa forestal se basa, entre otros aspectos, en las tasas de crecimientos esperadas para las distintas especies forestales, así como en los turnos de corta asociados a cada especie. De ahí que se ha considerado de interés recoger la distribuci3n de las especies forestales en Gipuzkoa, según los resultados del Inventario Forestal de la CAPV (IF-2018).

La distribuci3n de las superficies se presenta tanto de forma desglosada por especie como agrupadas según los criterios marcados por Neiker-Tecnalia (2014), en base a características relativamente homogéneas de tasas de crecimiento y de turnos de corta, a las que se les asigna una capacidad de fijaci3n de carbono. Se han utilizado y dado por válidos los datos obtenidos en el trabajo ‘Mejora de la capacidad de los bosques de Gipuzkoa como sumideros de carbono’ (Auzmendi, 2019).

En la tabla siguiente se recogen las agrupaciones de especies, sus características y las especies que forman parte de cada una de ellas.

Tabla 7: Agrupaciones de las especies forestales en Gipuzkoa según su capacidad de fijación de carbono. Fuentes: Neiker-Tecnalia, 2014 y Auzmendi, 2019.

Agrupación	Características	Especies incluidas
<i>Pinus nigra</i> y similares	Coníferas, atlántico, cotas altas	<i>Pinus nigra</i> , <i>Picea abies</i> , <i>Pseudotsuga menziesii</i> , <i>Larix</i> spp., <i>Chamaecyparis lawsoniana</i> , otras coníferas
<i>Pinus radiata</i> y similares	Coníferas, atlántico, cotas bajas	<i>Pinus radiata</i> , <i>Pinus pinaster</i>
<i>Pinus sylvestris</i> y similares	Conífera, submediterráneo	<i>Pinus sylvestris</i>
<i>Fagus sylvatica</i> y similares	Frondosas, atlántico, cotas altas	<i>Fagus sylvatica</i>
<i>Quercus robur</i> y similares	Frondosas, atlántico, cotas bajas	<i>Quercus robur</i> , <i>Quercus petraea</i> , <i>Quercus pubescens</i> , <i>Quercus rubra</i> , <i>Castanea sativa</i> , <i>Betula</i> spp., <i>Fraxinus</i> spp., bosque mixto de cantil, bosque mixto atlántico, <i>Alnus glutinosa</i> , <i>Salix</i> spp., <i>Robinia pseudacacia</i> , <i>Platanus</i> spp., <i>Populus alba</i> , otras frondosas
<i>Quercus faginea</i> y similares	Frondosa, submediterráneo	<i>Quercus faginea</i>
<i>Quercus ilex</i> y similares	Frondosa, costa	<i>Quercus ilex</i> , <i>Quercus pyrenaica</i>
<i>Eucalyptus</i> spp.	Frondosa, costa	<i>Eucalyptus globulus</i> , <i>Eucalyptus nitens</i> , otros <i>Eucalyptus</i>

Tabla 8: Distribución de las especies forestales en Gipuzkoa (especies y agrupación de especies). Fuente: Inventario Forestal de la CAPV 2018. Gobierno Vasco.

Especie forestal	Superficie (ha)	Agrupación	Superficie (ha)	Porcentaje del total (%)
<i>Pinus nigra</i>	7.028	<i>Pinus nigra</i> y similares	21.013	17,4%
<i>Picea abies</i>	223			
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	5.132			
<i>Larix</i> spp.	6.342			
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	834			
Otras coníferas	1.454			
<i>Pinus radiata</i>	39.704	<i>Pinus radiata</i> y similares	41.265	34,1%
<i>Pinus pinaster</i>	1.561			
<i>Pinus sylvestris</i>	117	<i>Pinus sylvestris</i> y similares	117	0,1%
<i>Fagus sylvatica</i>	18.099	<i>Fagus sylvatica</i> y similares	18.099	15,0%
<i>Quercus robur</i>	8.907	<i>Quercus robur</i> y similares	37.231	30,8%
<i>Quercus petraea</i>	292			
<i>Quercus pubescens</i>	1			
<i>Quercus rubra</i>	2.384			
<i>Castanea sativa</i>	579			
<i>Betula</i> spp.	381			
<i>Fraxinus</i> spp.	197			
Bosque mixto de cantil	247			
Bosque mixto atlántico	19.010			
Plantaciones de frondosas	1.794			
Bosques de ribera	826			
<i>Alnus glutinosa</i>	394			
<i>Salix</i> spp.	13			
<i>Robinia pseudacacia</i>	589			
<i>Platanus</i> spp.	209			

Espece forestal	Superficie (ha)	Agrupación	Superficie (ha)	Porcentaje del total (%)
<i>Populus alba</i>	20			
Otras frondosas	1.388			
<i>Quercus faginea</i>	68	<i>Quercus faginea</i> y similares	68	0,1%
<i>Quercus ilex</i>	2.175	<i>Quercus ilex</i> y similares	2.474	1,9%
<i>Quercus pyrenaica</i>	299			
<i>Eucalyptus globulus</i>	417	<i>Eucalyptus spp.</i>	606	0,5%
<i>Eucalyptus nitens</i>	185			
Otros <i>Eucalyptus</i>	4			
Total coníferas			62.395	51,6%
Total frondosas			58.478	48,4%
Total			120.873	100%

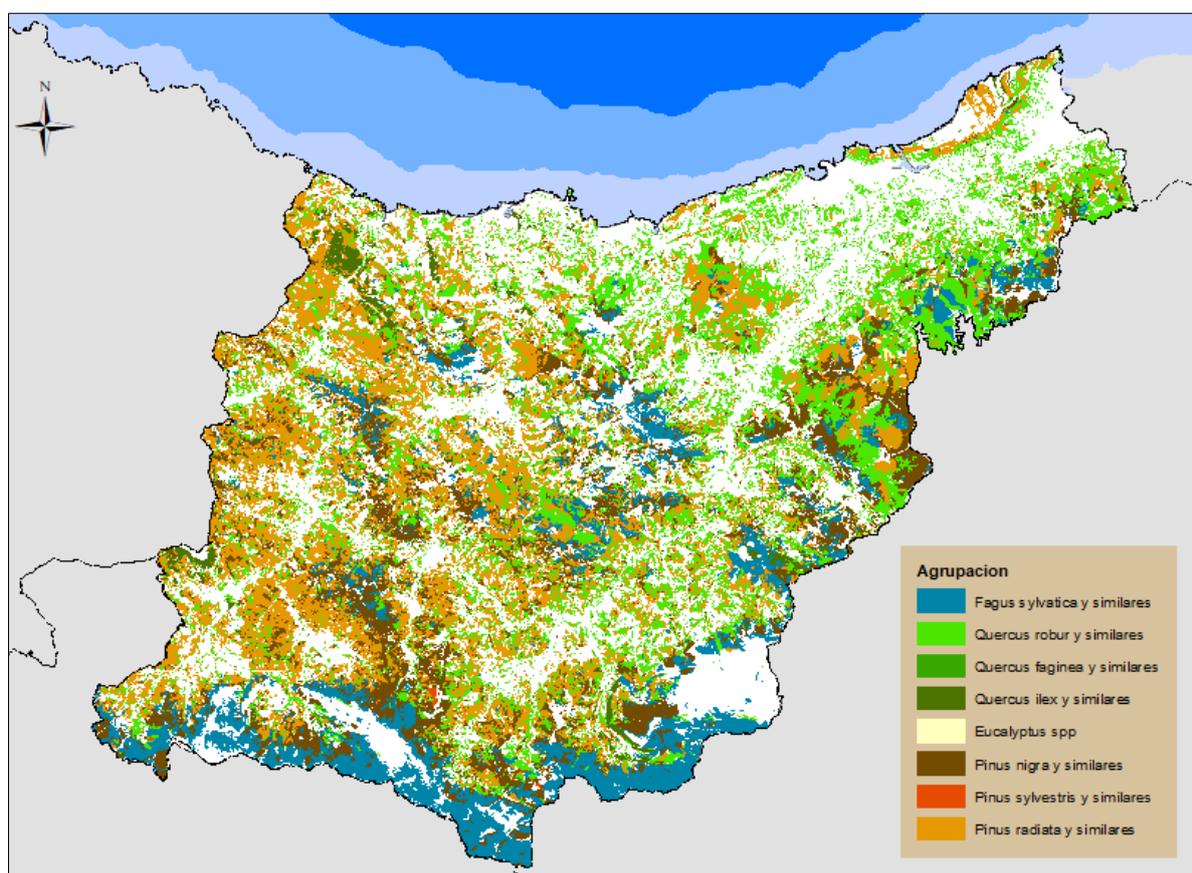


Figura 8: Distribución de las especies forestales por agrupaciones. Fuente: IF2018 (Geoeskadi). Elaboración propia.

2.4 SECTOR AGROFORESTAL

2.4.1 Explotaciones agr3colas.

Sin pretender elaborar un an3lisis riguroso del sector agr3cola, a continuaci3n, se exponen los aspectos m3s destacables de la evoluci3n del sector agrario en Gipuzkoa en las 3ltimas d3cadas.

El censo agrario correspondiente al a3o 2009 es el 3ltimo disponible, dado que a fecha de hoy no se han publicado los datos de su actualizaci3n en 2019. En el censo de 2009 ya se destacaban unas tendencias que se han seguido produciendo en esta 3ltima d3cada, a tenor de otras fuentes de informaci3n consultadas. As3, se pueden destacar los siguientes aspectos:

- El n3mero de explotaciones agrarias con tierras en el a3o 2009 en Gipuzkoa era de 5.801, lo que se3alaba una bajada neta de casi un 30% de las explotaciones agrarias respecto al a3o 1999, donde seg3n los datos del Censo Agrario exist3an 8.192 explotaciones.
- El territorio gestionado por estas explotaciones en 2009, concretamente 104.277 ha, supone el 53% de la superficie del Territorio Hist3rico de Gipuzkoa, siendo la superficie agr3cola 3til el 54% de la superficie gestionada.
- La personalidad jur3dica de m3s del 97% de las explotaciones corresponde a personas f3sicas. La media de edad de la persona jefa de explotaci3n es de 59 a3os, lo que se mantiene pr3cticamente desde 1999.
- La carga de trabajo media por explotaci3n es de 1,01 UTAs⁵, que pr3cticamente en su totalidad (97%) corresponde a mano de obra familiar.
- El tama3o medio de superficie total y de la superficie agraria utilizada (SAU) de las explotaciones de Gipuzkoa era en 2009 de 18,0 ha y 9,8 ha, respectivamente, lo que supone un incremento respecto al a3o 1999, cuando contaban con 16,2 ha y 7,2 ha. Por lo tanto, la tendencia es clara, descenso del n3mero de explotaciones que incrementan su tama3o.
- Las explotaciones agrarias identificadas en el censo de 2009 en Gipuzkoa gestionaban 104.277 ha, lo que supone un 53% de la superficie del Territorio Hist3rico, frente a las 132.451 ha gestionadas en 1999. Por tanto, a su vez, se ha producido una disminuci3n de la superficie gestionada directamente por explotaciones agrarias.
- Entre 1999 y 2009 se redujo en un 31% el n3mero de explotaciones dedicadas a la ganader3a: 38% en explotaciones de vacuno, 9% en ovino, 9% en caprino, 62% en porcino, 16% en equino, 35% en explotaciones av3colas, 39% en conejas y un 20%

⁵ 1 UTA – Unidad Trabajo A3o – equivale al menos a 228 jornadas completas o 1.826 horas.

en sector apícola. En conjunto, el número de cabezas de ganado se redujo un 25% en esa década.

- La media de cabezas de ganado por explotación se ha ido incrementando paulatinamente. Las medias por explotación en 2009 eran las siguientes: 19 cabezas (vacuno), 66 (ovino), 10 (caprino), 13 (porcino), 5 (equino), 216 (aves ponedoras), 17 (conejas madre), 7 (colmenas).

Datos más recientes, correspondientes al año 2016, proporcionados por EUSTAT en base a estadísticas del Departamento de Desarrollo Económico e Infraestructuras del Gobierno Vasco, señalan que se mantiene la tendencia descendente a partir de los datos de 2009, si bien el descenso del número de cabezas de ganado no es tan notable; vacuno y ovino descienden ligeramente (1% y 3% respectivamente).

Por su parte, la agricultura ecológica, aunque es una alternativa poco implantada, cada vez está adquiriendo más importancia en Gipuzkoa. De acuerdo con el Consejo de Agricultura y Alimentación Ecológica de Euskadi (ENEK), en 2009 se contaba con 102 operadores: productores (78), elaboradores (25) y comercializadores (9). La superficie inscrita en agricultura ecológica en 2009 alcanzaba una superficie de 419,8 ha. Los datos correspondientes a 2018 señalan un total de 227 operadores: producción vegetal (138), producción animal (43), elaboradores (71), importadores (7) y comercializadores (28). La superficie inscrita también se ha doblado en una década, pasando a ser de 848 ha.

2.4.2 Explotaciones forestales

Según señala el 'Libro blanco del sector de la madera' (J.R. Murua et.al, 2016) la información acerca del subsector forestal y los agentes implicados en él es muy escasa. El último censo agrario realizado en 2009 excluyó las explotaciones netamente forestales, refiriéndose sólo a explotaciones propiamente agrícolas (Eustat, 2009), por lo que ha habido que recurrir al censo agrario de 1999 y a una encuesta específica realizada en el marco del proyecto citado.

Así, según datos del censo de 1999 se observa que para el conjunto de Gipuzkoa había 7.755 explotaciones comerciales, con un claro predominio de explotaciones de reducida dimensión: 28% tienen menos de 5 ha, y este porcentaje se incrementa hasta el 82% si se considera las que tienen menos de 20 has (a pesar de que concentran sólo un 40% de la superficie comercial total). En el extremo opuesto, hay únicamente un 3% de explotaciones mayores de 50 ha, pero ocupan el 35% de la superficie comercial total.

El perfil de los propietarios forestales vascos no es suficientemente conocido. El libro blanco del sector de la madera adelanta las siguientes características, en base a la encuesta realizada durante la elaboración del informe:

- Se presume una estrecha ligazón entre actividad forestal y actividad agropecuaria. Sin embargo, sólo un 20% de los propietarios forestales ejerce la actividad agropecuaria como actividad principal.
- Un 75 de los titulares tiene más de 60 años y apenas llega al 10% los titulares de menos de 50 años.

- Los ingresos obtenidos de la actividad forestal revisten importancia sólo para el 10% de los propietarios forestales en las explotaciones guipuzcoanas. En las explotaciones de más de 50 ha cobra importancia para más de un tercio de las mismas.
- Se presume una débil gestión forestal en las explotaciones de pequeño tamaño y más profesionalizada en las explotaciones de más de 20 ha, que concentran el 60% de la superficie forestal comercial.

2.5 ESPACIOS NATURALES

2.5.1 Red de Espacios Naturales Protegidos

La quinta parte del territorio tiene la catalogación de Espacio Natural Protegido (ENP), según la Ley de Conservación de la Naturaleza del País Vasco⁶. Los ENP se clasifican en las siguientes categorías:

- Parques Naturales: Aiako Harria, Pagoeta, Aralar y Aizkorri-Aratz.
- Espacios Natura 2000: [ES2120004 Ría del Urola](#), [ES2120007 Garate-Santa Barbara](#), [ES2120009 Iñurritza](#), [ES2120010 Ría del Oria](#), [ES2120014 Uliá](#), [ES2120017 Jaizkibel](#), [ES2120018 Txingudi-Bidasoa](#), [ES2120001 Arno](#), [ES2120002 Aizkorri-Aratz](#), [ES2120003 Izarraitz](#), [ES2120006 Pagoeta](#), [ES2120008 Hernio-Gazume](#), [ES2120011 Aralar](#), [ES2120016 Aiako Harria](#), [ES2120005 Alto Oria](#), [ES2120012 Río Araxes](#), [ES2120015 Río Urumea](#).
- Biotopos: Deba-Zumaia, Leitzaran, Iñurritza

Además de estos espacios el Decreto Legislativo 1/2014, de 14 de abril, establece la categoría protegida de árboles singulares, de los que se han designado 10 en Gipuzkoa.

En la tabla adjunta se recoge la distribución de usos en los espacios de la Red Natura 2000 de Gipuzkoa, según los datos extraídos del Inventario Forestal 2018. Además, se ha añadido información sobre la titularidad de los terrenos según los distintos usos.

Tabla 9: Distribución de usos y titularidad de los terrenos en la Red Natura 2000. Fuente: Inventario Forestal 2018.

Usos del suelo	Superficie (ha)	Público
Bosque	16.049	51,3%
Bosque de galería	212	25,7%
Plantaciones forestales	10.770	57,9%
Agrícola	120	4,3%
Matorral	1.970	34,5%
Herbazal	2.698	80,6%
Pastizal-matorral	3.436	85,8%
Prado con setos	67	2,1%
Prado	2.440	18,5%
Artificial	116	7,3%
Autopistas y autovías	38	8,5%
Infraestr. de conducción	20	63,3%

⁶ Decreto Legislativo 1/2014, de 15 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Conservación de la Naturaleza del País Vasco.

Usos del suelo	Superficie (ha)	Público
Escombreras- vertederos	35	23,3%
Humedal	62	50,1%
Agua	380	6,6%
Estuarios	1	0,0%
Monte sin veg.superior.	2.063	62,3%
Total	40.477	54,7%

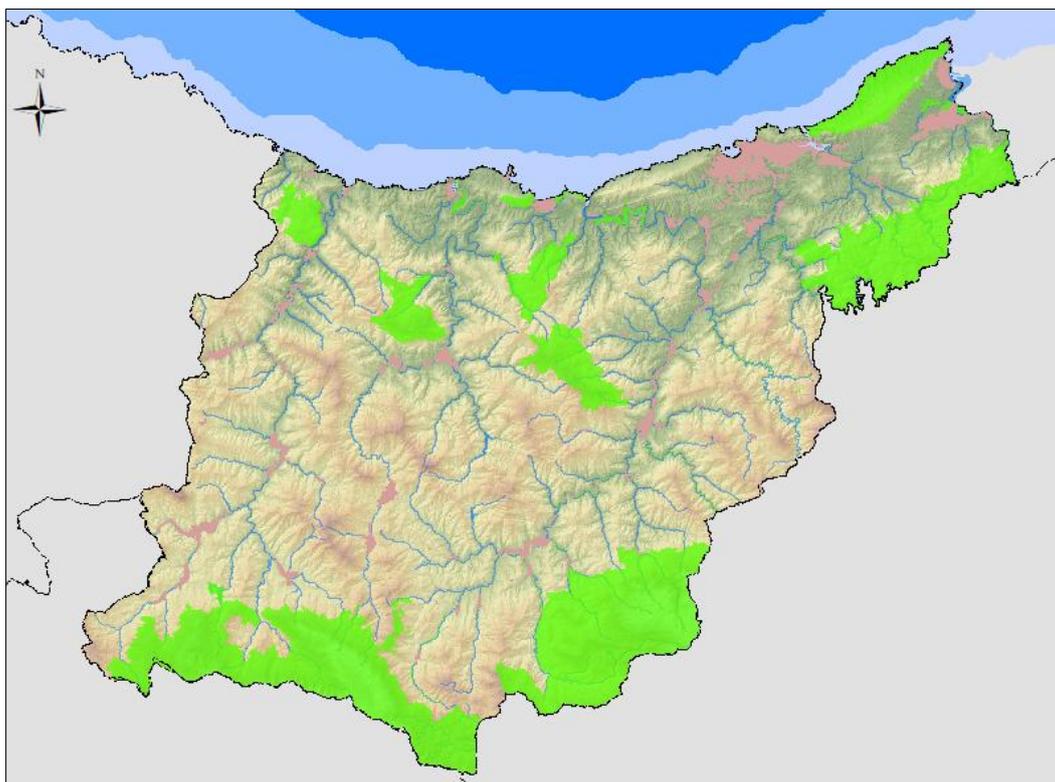


Figura 9: Espacios Naturales Protegidos. Elaboración propia.

2.5.2 Infraestructura verde de Gipuzkoa

La revisión de las Directrices de Ordenación Territorial, aprobada recientemente⁷, propone la definición de una infraestructura verde, que, en lo que corresponde al Territorio Histórico de Gipuzkoa incluiría la red de Espacios Naturales Protegidos, citados en el apartado anterior, y la parte correspondiente a Gipuzkoa de la red regional de corredores ecológicos de la CAPV.

El diseño de una red de corredores debe tener una aproximación multiscala (regional, comarcal y local), tal y como se ha planteado en la revisión de las DOT, que permita que su implantación se integre en el planeamiento territorial y urbanístico a través de sus documentos de ordenación territorial.

⁷ Decreto 128/2019, de 30 de julio, por el que se aprueban definitivamente las Directrices de Ordenación Territorial de la Comunidad Autónoma del País Vasco.

El trabajo 'Propuesta metodológica para la identificación y representación de la infraestructura verde a escala regional de la CAPV' (Ekolur, 2016) realiza al respecto una propuesta de red a escala regional, que deberá ir delimitándose de forma más precisa a escala de cada una de las áreas funcionales de Gipuzkoa, como se hizo para el caso de Donostialdea-Bajo Bidasoa en un trabajo posterior (Ekolur, 2017).

En la actualidad la Diputación Foral está elaborando un diagnóstico para la planificación de la red de Infraestructuras Verdes de Gipuzkoa.



Figura 10: Captura de la propuesta de la Red de corredores ecológicos simplificada de la CAPV. Fuente: Ekolur, 2016.

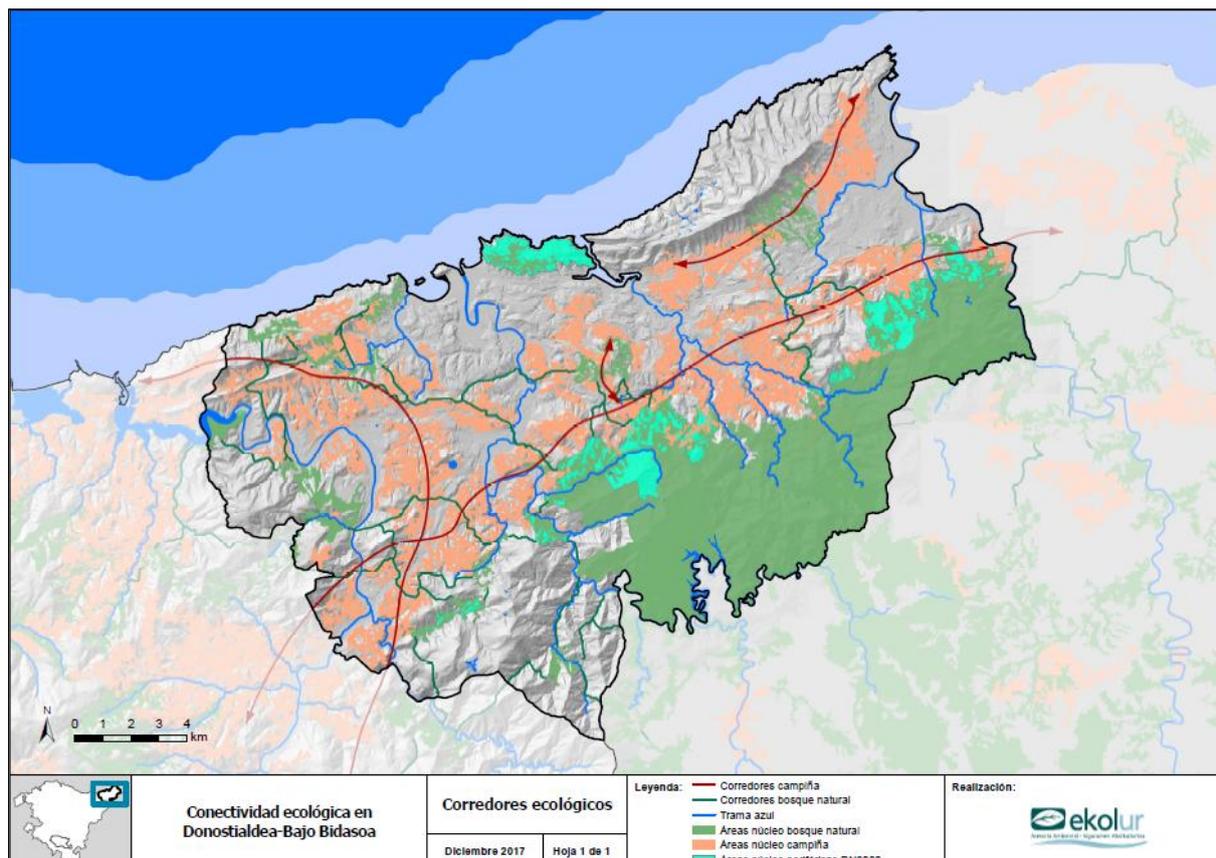


Figura 11: Propuesta de la Red de corredores ecológicos del área funcional Donostialdea-Bajo Bidasoa. Fuente: Ekolur, 2017.

2.6 PROPIEDAD DE LOS TERRENOS

2.6.1 Distribución de la propiedad.

El 82% del territorio guipuzcoano pertenece a propiedades privadas mientras que el 18% es suelo público, según datos extraídos del Inventario Forestal 2018.

La distribución de la propiedad según usos del suelo muestra claras diferencias entre los usos. En relación con las variables que estamos destacando en el presente informe hay que destacar los siguientes aspectos:

- Un 78% de la superficie arbolada se encuentra en terrenos de propiedad privada. En el caso de los terrenos caracterizados como 'bosques' el porcentaje es algo menor, 76%. En el caso de las 'plantaciones forestales' el 80% está en terrenos de propiedad privada lo que significa que el resto, 20% del territorio guipuzcoano (14.464 ha), se encuentran en terrenos de titularidad pública.
- En Gipuzkoa más de 9.000 personas cuentan con alguna parcela de monte, de las que más de 2.500 forman parte de la Asociación de Propietarios Forestales de Gipuzkoa.
- Únicamente un 8% de la superficie asignada a 'bosques de galería' pertenece a suelos públicos. Una superficie de 848 ha de 'bosques de galería' se encuentra en terrenos privados.

- Pr3cticamente el 99% de la superficie identificada como 'agr3cola' se encuentra en terrenos privados. Similares son los porcentajes en el caso de los 'prados'. Sin embargo, los suelos identificados como 'pastizal-matorral' o 'herbazal' son p3blicos en un rango del 60-65%.

Tabla 10: Distribuci3n de los usos del suelo seg3n propiedad. Fuente: Inventario Forestal 2018.

Usos del suelo	Superficie (ha)	P3blico %	Privado %
Bosque	47.721	24,0%	76,0%
Bosque de galer3a	921	7,9%	92,1%
Plantaciones forestales	72.231	20,0%	80,0%
Agr3cola	2.454	1,1%	98,9%
Matorral	10.252	11,2%	88,8%
Herbazal	3.572	65,9%	34,1%
Pastizal-matorral	5.778	60,5%	39,5%
Prado con setos	487	1,1%	98,9%
Prado	36.916	2,8%	97,2%
Artificial	10.610	0,8%	99,2%
Autopistas y autov3as	2.288	1,0%	99,0%
Infraestructuras de conducci3n	165	17,4%	82,7%
Escombreras- vertederos- miner3a	575	10,7%	89,3%
Humedal	65	47,9%	52,7%
Agua	1.098	2,5%	97,5%
Estuarios	31	0,8%	98,3%
Monte sin vegetaci3n superior	2.672	52,0%	48,0%
Total	197.838	18,0%	82,0%

2.6.2 Montes de Utilidad P3blica

Los Montes de Utilidad P3blica (MUP) de Gipuzkoa est3n regulados por la Norma Foral 7/2006 de Montes de Gipuzkoa, la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes y Ley 10/2006, de 28 de abril, que modifica la anterior. El car3cter de MUP confiere a estos montes, gracias a las cautelas que establece la Norma Foral de Montes, de una mayor protecci3n frente a otros usos que puedan alterar sus caracter3sticas. Son gestionados por la Direcci3n de Montes y Medio Natural de la Diputaci3n Foral de Gipuzkoa, en colaboraci3n con las Entidades Locales propietarias.

Hoy en d3a est3n catalogados como de utilidad p3blica un total de 91 montes con una superficie total de 34.050 ha, lo cual constituye el 17% de la superficie total de Gipuzkoa. Se trata de montes que pertenecen a un total de 40 ayuntamientos distintos, Mancomunidad de Enirio-Aralar, Parzoner3a de Gipuzkoa y 3lava, Parzoner3a de Gipuzkoa y Diputaci3n Foral de Gipuzkoa.

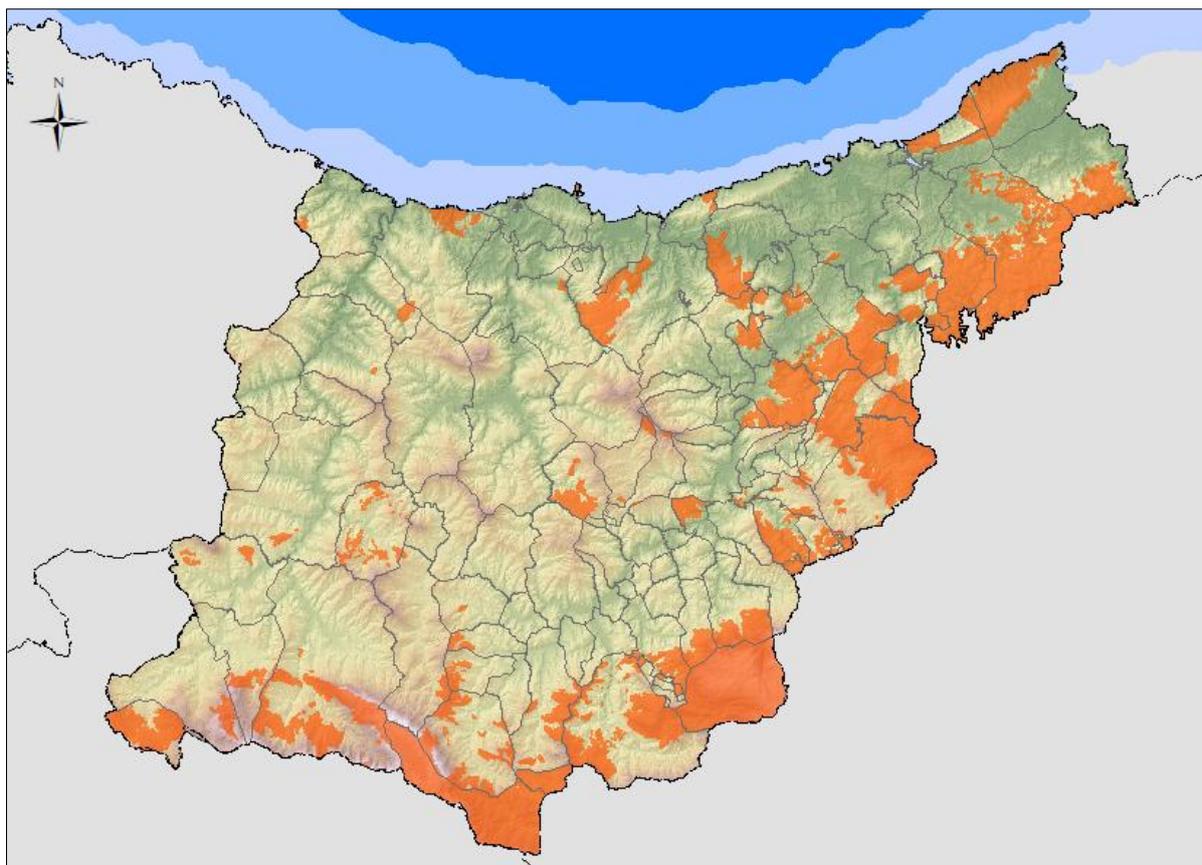


Figura 12: Montes de Utilidad Pública de Gipuzkoa. Elaboración propia.

Tabla 11: Distribución de los usos en Montes de Utilidad Pública de Gipuzkoa. Fuente: Inventario Forestal 2018.

Usos del suelo	Superficie (ha)	Porcentaje %	Clases	Porcentaje %
Bosque	10.897	31,8%	Tierras forestales	74,6%
Bosque de galería	64	0,2%		
Plantaciones forestales	14.608	42,6%		
Agrícola	29	0,1%	Tierras de cultivo	0,1%
Matorral	1.228	3,6%	Pastos	24,6%
Pastizal-matorral	3.511	10,2%		
Herbazal	2.667	7,8%		
Prado	1.016	3,0%		
Prado con setos	4	0,0%	Humedales	0,4%
Agua	146	0,4%		
Estuarios	0	0,0%		
Artificial	20	0,1%	Asentamientos	0,4%
Autopistas y autovías	19	0,1%		
Escombreras- vertederos- minería	61	0,2%		
Infraestructuras de conducción	22	0,1%	Otras tierras	2,0%
Afloramientos	673	2,0%		

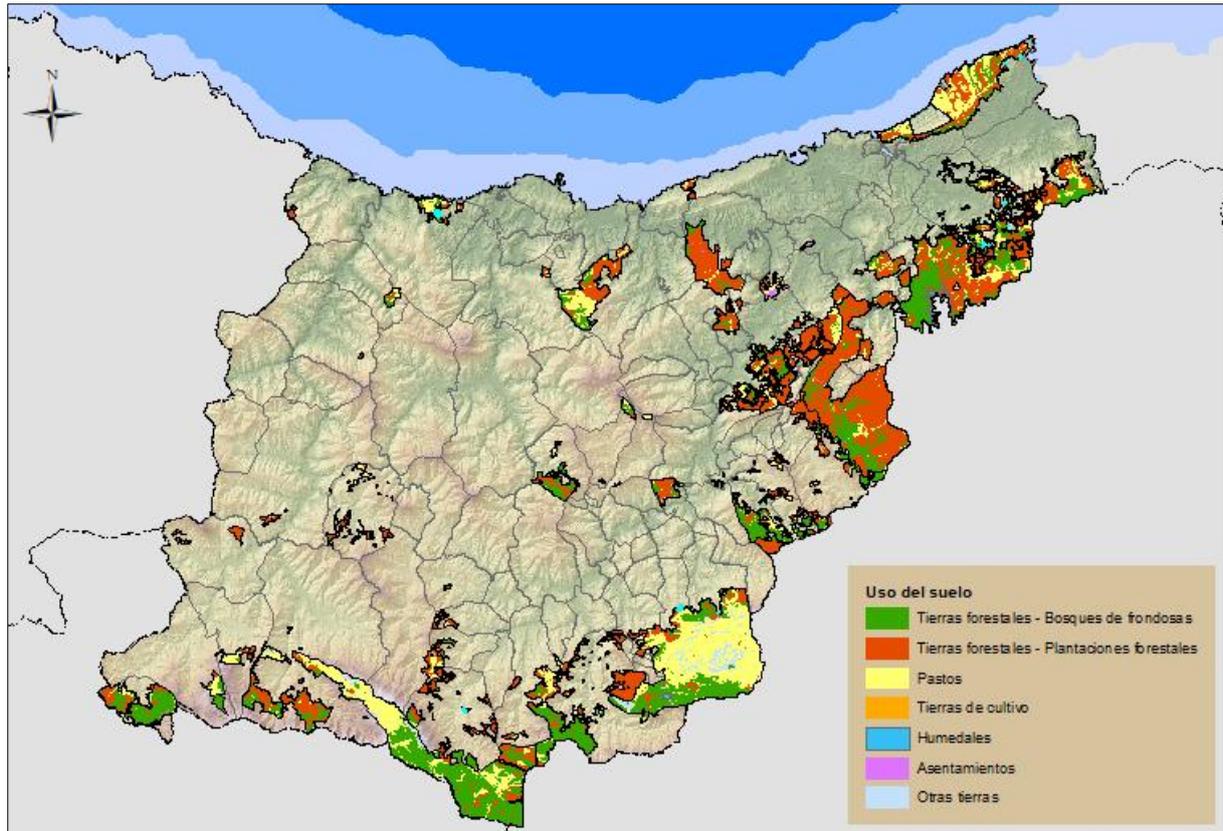


Figura 13: Usos del suelo en Montes de Utilidad Pública de Gipuzkoa. Elaboración propia.

3 EMISIONES DE GEI Y SUMIDEROS DE CARBONO EN GIPUZKOA

Los datos recogidos en este apartado han sido obtenidos a partir de informaci3n bibliogr3fica. Fundamentalmente se han utilizado datos procedentes de los siguientes documentos:

- Estrategia guipuzcoana de lucha contra el cambio clim3tico 2050. Diputaci3n Foral de Gipuzkoa. 2018
- Informe de Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de Gipuzkoa 2017. Naturklima. Diputaci3n Foral de Gipuzkoa. Julio 2019
- Sumideros de carbono de la CAPV. Neiker-Tecnalia. 2014
- Mejora de la capacidad de los bosques de Gipuzkoa como sumideros de carbono. Auzmendi. 2019.
- Iniciativa 4 por mil: el carbono org3nico del suelo como herramienta de mitigaci3n y adaptaci3n al cambio clim3tico en Espa1a. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentaci3n y Medio Ambiente. Enero 2018.

3.1 INVENTARIO DE EMISIONES DE GEI EN GIPUZKOA

Se resumen a continuaci3n los aspectos m3s destacados del diagn3stico de emisiones de GEI en el Territorio Hist3rico, a partir de los datos incluidos en la Estrategia guipuzcoana de lucha contra el CC 2050 (2018) y en el informe elaborado por Naturklima (2019):

- Las emisiones totales de GEI en Gipuzkoa estimadas para el a1o 2017 fueron 6.724 kilotoneladas de CO₂ equivalente (CO₂-eq). Estos valores se mantienen en el orden de a1os anteriores, si bien representa un incremento del 8,3% respecto al a1o 2016. El objetivo es seguir reduciendo las emisiones hasta una cantidad de 5.115 kilotoneladas de CO₂ equivalente para el a1o 2030.

Tabla 12: Evoluci3n de las emisiones totales e 3ndice de emisiones (a1o 2005=100). Fuente: Naturklima, 2019.

	Evoluci3n							Objetivo
	2005	2006	2008	2009	2010	2016	2017	2030
CO ₂ -eq (kt)	8.524,6	8.648,9	8.279,7	7.577,2	7.260,5	6.206,4	6.724,1	5.115
3ndice CO ₂ -eq	100 %	101,5 %	97,1 %	88,9 %	85,2 %	72,8 %	78,9 %	60%

- Tomando como base el a1o 2005⁸, las emisiones totales han disminuido un 21,1%. Esto supone una peque1a mejora respecto a los objetivos establecidos en la Estrategia Guipuzcoana de Lucha Contra el Cambio Clim3tico 2050, en la cual se establece una reducci3n de al menos el 40% para el a1o 2030. El objetivo es seguir reduciendo las emisiones hasta una cantidad de 5.115 kt de CO₂ equivalente para el a1o 2030.

⁸ A1o base tanto de la Estrategia Guipuzcoana de Lucha Contra el Cambio Clim3tico 2050 como en la Estrategia Vasca KLIMA 2050 y de los pa3ses europeos dentro de la decisi3n de reparto de esfuerzos de emisiones difusas 406/2009/CE.

- Aproximadamente, dos tercios del total de las emisiones de GEI en el territorio de Gipuzkoa (año 2015) provienen de los sectores de energía (32%) y transporte (31%). El sector industrial emiti3 16% de las emisiones totales del territorio, seguido por el sector terciario (13%) y los sectores de residuos (4%), agricultura (4%), y otras fuentes y sumideros (0,02%). En 2017, el sector que m3s contribuy3 a las emisiones fue el transporte (38%), seguido del sector energ3tico (27%) y sector industrial (21%).
- En el a3o 2017 se produjo un aumento generalizado de las emisiones respecto al a3o anterior, siendo el sector residencial (+24,1%) en el que el incremento fue mayor. Tambi3n contribuyeron a este mayor nivel de emisiones los incrementos de las emisiones en el sector transporte (+10,8%), sector energ3tico (+10,5%), servicios (+6,5%) e industrial (+4,7%). El 3nico sector en el que disminuyeron las emisiones fue el sector residuos (-8,3%).
- En el sector primario pr3cticamente se ha mantenido el nivel de emisiones del a3o 2016. Este sector presenta en 2017 unas emisiones de 207,0 kt de CO₂ equivalente (3% de las emisiones totales), lo que supone una reducci3n del 30,5% respecto a 2005. La fermentaci3n ent3rica es la actividad que m3s contribuye a las emisiones del sector (61,9%). Las emisiones de la actividad ganadera, derivadas de la fermentaci3n ent3rica y la gesti3n de esti3rcoles, han experimentado una reducci3n del 26,4% respecto a 2005, debido fundamentalmente a la bajada del censo ganadero en el territorio.
- El CO₂ representa el 87,6% de las emisiones y ha disminuido un 24,4% respecto a 2005. En porcentaje siguen las emisiones de metano (8,8%), que han descendido un 26,4% respecto a 2005. Las emisiones de 3xido nitroso contribuyen al 1,6% de las emisiones totales, habi3ndose reducido las emisiones un 15,9% respecto a 2005.
- El CO₂ se emite mayoritariamente, cerca del 92%, en actividades de combusti3n (correspondiendo un 55% al sector transporte y 22% a la industria manufacturera y de la construcci3n). Las principales fuentes de emisi3n de CH₄ se producen en los sectores residuos (descomposici3n anaerobia de la materia org3nica en vertederos 57% y tratamiento de aguas residuales 5%) y agricultura (fermentaci3n ent3rica 21% y gesti3n del esti3rcol 3%). El N₂O se emite mayoritariamente en la agricultura, el 44% del total procede de la gesti3n de suelos agr3colas y 8% de la gesti3n de esti3rcoles. Otras fuentes importantes son el tratamiento de aguas residuales (23%) y los procesos de combusti3n (16%).
- En el sector relacionado con el uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y la silvicultura, agrupadas en el sector UTCUTS, ha habido una fijaci3n o remoci3n de 0,19 kt de CO₂ equivalente en el a3o 2017, lo que supone un aumento del 58% respecto al 2016. Este sector muestra grandes fluctuaciones a lo largo del periodo analizado, con m3ximas emisiones en el a3o 2005 y 2010, y claros descensos progresivamente.

Tabla 13: Fijación de CO₂-eq (kt) del sector UTCUTS. Fuente: Naturklima, 2019.

2005	2006	2008	2009	2010	2016	2017
5,2	0,3	1,0	0,2	5,9	0,1	0,2

3.2 EL CICLO DEL CARBONO EN RELACIÓN CON EL CAMBIO CLIMÁTICO

Los cambios climáticos guardan estrecha relación con el ciclo del carbono, que describe el flujo del carbono entre la atmósfera, los océanos, la biosfera terrestre y la litosfera (IPCC, 2007).

Se trata de un ciclo biogeoquímico por el que se intercambia carbono entre la atmósfera, la hidrosfera, la biosfera terrestre (incluyendo agua dulce, carbono del suelo y de la biomasa) y la litosfera (incluyendo sedimentos y combustibles fósiles). Los movimientos de carbono entre estos depósitos ocurren debido a procesos químicos, biológicos, físicos y geológicos, y se encuentran balanceados, de manera que el incremento de carbono en uno de los depósitos implica la disminución en otro.

El carbono del planeta se almacena en cinco grandes compartimentos: a) las reservas geológicas, b) los océanos, c) la atmósfera, d) los suelos, y e) la biomasa vegetal. Dentro de ese único ciclo de carbono, se pueden dividir dos ciclos que interactúan: uno geológico o lento y, otro, biológico, mucho más rápido.

En el ciclo biológico, mediante los procesos de fotosíntesis, respiración, descomposición y combustión, el carbono se intercambia de forma natural entre los distintos sistemas y la atmósfera. Por tanto, todas aquellas prácticas que incidan en estos procesos, como las prácticas relacionadas con el uso de la tierra, cambio de uso, gestión de pastos o gestión forestal, van a influir en las reservas de carbono y en los procesos de intercambio (IPCC, 2000).

A grandes rasgos, la metodología del IPCC (2006) plantea que el flujo de CO₂ hacia la atmósfera, o desde ella, es igual a la variación de las existencias de carbono en la biomasa y el suelo. Estas existencias o stocks de carbono se encuentran en los siguientes depósitos, reservorios o “pools”:

- Biomasa: aérea y subterránea.
- Materia orgánica muerta: madera muerta y hojarasca.
- Carbono orgánico del suelo (COS): sólo de los 30 primeros centímetros de profundidad del suelo, pues se considera que la gestión antrópica afecta en mucho menor grado a las capas de suelo que se hallan a mayor profundidad.

En los ecosistemas agroforestales existen dos reservas principales de carbono: el carbono fijado en la biomasa y el carbono fijado en el suelo. Se estima que en los bosques templados las reservas del suelo constituyen el 60% de la cantidad total de carbono almacenado (Dixon *et al.*, 1994). Además, la madera muerta también puede llegar a almacenar grandes cantidades de carbono en ciertos bosques, especialmente en bosques maduros, en los que el volumen de madera muerta puede significar un porcentaje elevado del volumen de la madera total. Dadas las características y gestión de los bosques y

plantaciones forestales de Gipuzkoa se deduce que la cantidad de madera muerta en ellos es bastante limitada, inferior al 6,3% calculado para el conjunto de la CAPV.

3.2.1 Fijaci3n de carbono org3nico en la biomasa vegetal

La biomasa de las plantas y 3rboles posibilita almacenar carbono en las partes a3reas (tronco, ramas y hojas) como bajo tierra (ra3ces), y su capacidad de fijaci3n depende de factores bi3ticos y abi3ticos (Neiker-Tecnalia, 2014). Entre estos factores se pueden destacar la gesti3n humana que se elija y las caracter3sticas propias de la vegetaci3n (factores bi3ticos) u otros factores propios del entorno, como el clima, la orograf3a o el suelo (factores abi3ticos).

En base a distintos m3todos de an3lisis (Neiker-Tecnalia, 2014; Copernicus, 2019; IFN4 2013), cuya metodolog3a se recoge en el informe sobre *Mejora de la capacidad de los bosques de Gipuzkoa como sumideros de carbono* (Auzmendi, 2019), se ha obtenido una estimaci3n de la cantidad de carbono org3nico fijada por la biomasa forestal en Gipuzkoa. Los resultados presentan una amplia desviaci3n en relaci3n con la estimaci3n de almacenamiento de carbono en el conjunto de 3reas forestales de Gipuzkoa, variando entre 8.138 GgC (IFN4) y 48.341 GgC (Copernicus), mientras que utilizando la metodolog3a y base de datos de Neiker-Tecnalia se obtiene un resultado intermedio de 12.842 GgC.

El estudio de Neiker-Tecnalia (2014) afirma que la biomasa forestal de la CAPV podr3a incrementarse en un 52,0% respecto a la biomasa actual, siguiendo una gesti3n adecuada y ordenada con la que cabr3a esperar un equilibrio de la biomasa forestal, ya que el incremento anual de biomasa se compensar3a con las p3rdidas debida a cortas (sin tener en cuenta los productos cosechados de la madera) u otras causadas por incendios, plagas, enfermedades, etc.

El estudio de Auzmendi (2019) tambi3n ha elaborado un c3lculo del potencial de fijaci3n de carbono de la superficie forestal de Gipuzkoa, y lo plantea en base a dos tipos de gesti3n. En ambos casos, se parte de que la cobertura forestal ocupada actualmente por plantaciones forestales es sustituida por especies potenciales: agrupaci3n *Quercus robur* hasta una altitud de 600 m y agrupaci3n *Fagus sylvatica* por encima de ese. En este escenario se analizan dos situaciones basadas en dos tipos de gesti3n diferentes:

- Una gesti3n sostenible planteada por Neiker-Tecnalia (2014) de existencias en equilibrio, por medio de la cual se podr3an alcanzar un almacenamiento de 19.723 GgC.
- Una gesti3n sin explotaci3n maderera, mediante la que se alcanzar3a un almacenamiento de 39.446 GgC.

M3s all3 de las cifras obtenidas para el conjunto de la superficie forestal de Gipuzkoa, de las que se deduce una cantidad de carbono almacenada entre 8.000 GgC -13.000 GgC como resultados m3s fiables, y una capacidad potencial de fijaci3n que var3a entre 19.723 GgC y 39.446 GgC, resulta de inter3s comprobar que existe un notable potencial de mejora.

Por tanto, adem3s de los datos expuestos, que deber3n continuar matiz3ndose en el futuro, conviene atender a los distintos factores que pueden incidir, en mayor o menor grado, en la capacidad de fijaci3n de carbono por la biomasa. As3, en base a los resultados de distintos

estudios especficos elaborados, se pueden destacar a modo orientativo los siguientes factores:

- Seg3n Bolin *et al.* (2000), la cantidad de carbono presente en la biomasa forestal de climas templados es del orden de 57 Mg C/ha, muy superior a los 7 y 2 Mg C/ha de los pastos y cultivos. Se trata de cantidades m3s reducidas que las correspondientes al carbono acumulado en los primeros 100 cm de suelo, que para esos mismos bosques se estiman en 96 Mg C/ha y en el caso de los pastos alcanzan cifras en torno a 236 Mg C/ha.

Estos datos, que relativizan la participaci3n de la biomasa en el almacenamiento de carbono, se reflejan en otros estudios que apuntan a que las reservas de carbono de los bosques, a escala mundial, se almacenan de la siguiente forma: el 44% en el primer metro del suelo, el 42% en la biomasa, 8% en la madera muerta y 5% en hojarasca.

- El almacenamiento de carbono de los bosques es clave en lo que respecta a los sumideros de CO₂ y puede contribuir a mitigar el CC. A nivel mundial, el 79% de las existencias de carbono se encuentran en los bosques (Lal, 2005).

El mayor incremento en el almacenamiento de carbono podr3a provenir de procesos de forestaci3n o reforestaci3n. En todo caso, si consideramos el uso actual del suelo en Gipuzkoa, que cuenta con m3s de un 61% de su superficie con cobertura arb3rea, en torno a 121.000 ha, la superficie potencial para incrementar la cobertura arb3rea es relativamente limitada. Se debe recordar que las superficies con pendientes superiores al 30% en Gipuzkoa suman un total aproximado de 130.000 ha, por lo que si tomamos esta cifra como 3mbito potencial de suelos con vocaci3n forestal no queda un margen significativo para actuaciones de forestaci3n y, posiblemente, estas actuaciones se deber3an dirigir a aquellas zonas de excesiva pendiente ocupadas hoy d3a por prados o pastizales.

- Las condiciones particulares del lugar inciden de forma significativa sobre el crecimiento de la biomasa. El estudio de Neiker-Tecnalia 2014 estableci3 una serie de agrupaciones de especies forestales para el c3lculo del carbono fijado en la biomasa, basadas en caracter3sticas relativamente homog3neas en relaci3n con su capacidad de fijaci3n de carbono.

Por su parte, el estudio 'Mejora de la capacidad de los bosques de Gipuzkoa como sumideros de carbono', en base a los mismos criterios metodol3gicos, y con datos actualizados por el Inventario Forestal de 2018 de la distribuci3n de especies en Gipuzkoa, ha calculado el potencial de almacenamiento de carbono para las distintas agrupaciones.

Tabla 14: Estimación del potencial de almacenamiento de carbono en la biomasa forestal (aérea y subterránea de Gipuzkoa) según agrupaciones. Fuentes: IF 2018, Neiker-Tecnalia 2014 y Auzmendi 2019.

Agrupación	Crecimiento de biomasa (t C/ha/año)	Turno de corta (T)	Superficie (ha)	Existencias C en equilibrio (T/2) (GgC)	Almacenamiento de carbono tC/ha
<i>Pinus radiata</i> y similares	3,44	30	41.265	2.129	51,6
<i>Pinus sylvestris</i> y similares	2,50	60	117	9	75,0
<i>Eucalyptus</i> y similares	8,45	20	606	51	84,5
<i>Pinus nigra</i> y similares	3,34	55	21.013	1.930	91,8
<i>Quercus faginea</i> y similares	1,58	120	68	6	94,8
<i>Fagus sylvatica</i> y similares	1,77	120	18.099	1.922	106,2
<i>Quercus ilex</i> y similares	1,98	120	2.474	294	118,8
<i>Quercus robur</i> y similares	2,91	120	37.231	6.501	174,6
Total				12.842	

El cálculo, al igual que en el estudio de Neiker-Tecnalia, considera un escenario basado en una gestión sostenible, acorde a los turnos de corta correspondientes a cada especie, datos proporcionados por la Confederación de Forestalistas del País Vasco (www.basoa.org).

Los resultados obtenidos reflejan una diferencia notable entre la capacidad de fijación de las distintas agrupaciones. En líneas generales, los bosques de frondosas presentan una mayor capacidad de fijación que las plantaciones forestales. Más allá de los resultados obtenidos en el análisis anterior, otros estudios como los de Pérez *et al.* (2007) y Rodríguez-Loinaz *et al.* (2013) refuerzan esa afirmación.

En este sentido, existe un margen de mejora si se contempla la reconversión de terrenos destinados a plantaciones forestales de coníferas a bosques de frondosas. Para ello, habrá que analizar la posibilidad de priorizar este tipo de actuaciones en los montes de titularidad pública, especialmente en montes que por sus características sean considerados montes protectores. A este respecto, se puede destacar que más del 40% de la superficie de Montes de Utilidad Pública en Gipuzkoa están destinados a plantaciones forestales, frente a un 31% de terrenos ocupados por bosques de frondosas (véase tabla 11).

- Las tasas de crecimiento de la biomasa forestal suelen ser curvas de incrementos decrecientes, de lo que se deduce que la capacidad de almacenamiento no es ilimitada. Una masa boscosa de edad avanzada, posteriormente a su turno de corta, tiene una tasa de crecimiento mínima, de manera que llega a su máxima biomasa forestal. Para conservar estas existencias debe haber una renovación de la biomasa forestal (Neiker-Tecnalia. 2014).

Según este mismo estudio, en el caso de las masas forestales gestionadas con aprovechamiento maderero, también se llegaría a unas existencias máximas de biomasa, y su gestión sostenible permitiría mantenerlas indefinidamente en el tiempo. Esta gestión sostenible debería tener en cuenta la distribución por edades de la masa forestal acorde con el turno de corta, de manera que se alcanzaría un momento de equilibrio en el cual la pérdida de biomasa debida a una corta anual

sería compensada por el crecimiento anual del resto de la masa forestal. A partir de ese momento, la biomasa forestal presente sería aproximadamente la mitad de la biomasa presente en el momento que se alcanza el turno de corta (Neiker-Tecnalia, 2014).

Otros autores matizan el servicio como sumidero de carbono de las plantaciones jóvenes de especies de crecimiento rápido, ya que, aunque éstas absorben carbono más rápidamente, la cantidad de existencias y su sostenibilidad en el tiempo condicionan mucho más la mitigación del cambio climático que la velocidad de absorción de carbono.

- Por otro lado, la extracción de madera supone una pérdida de biomasa, que posteriormente será compensada debido al incremento de la producción primaria neta (NPP, Net Primary Production), que produce un incremento de carbono total almacenado en forma de diente de sierra (Schulze *et al.*, 2000). Para compensar este crecimiento irregular estos mismos autores han comprobado que al alargar los turnos de corta, el tiempo necesario para alcanzar la situación de equilibrio disminuye, ya que se almacena más carbono del que se extrae. Tradicionalmente los turnos de corta se han fijado en base a objetivos económicos, ignorando el potencial de los árboles de seguir creciendo, y, en consecuencia, de acumular. Por tanto, alargar los turnos de corta posibilita la acumulación de carbono en el suelo.
- Para aumentar las reservas de carbono otros autores recomiendan reducir las perturbaciones. Los incendios forestales tienen consecuencias directas en las existencias de carbono, por lo que también se debe contemplar la prevención de incendios en la gestión de la superficie forestal. Por tanto, se deben tener en cuenta aspectos como la inflamabilidad de la vegetación. En este sentido las coberturas forestales heterogéneas son menos vulnerables a los incendios: Los eucaliptos y pinos tienen carácter pirófilo y desprenden componentes volátiles que aceleran la propagación del fuego; los bosques de frondosas, por su parte, mantienen una humedad relativa más alta y el fuego es un factor menos perturbador. No obstante, en ambos casos, también se debe tener en cuenta que la abundancia de material inflamable, como ramas u otro tipo de masas vegetales, pueden facilitar la propagación del fuego.
- A la hora de estimar el almacenamiento de carbono no hay que tener en cuenta únicamente el crecimiento de los árboles, sino que se deberían considerar otros factores como la producción de hojarasca, descomposición y formación de la materia orgánica estable del suelo forestal.

En el caso de la materia muerta, a partir de los datos del Cuarto Inventario Forestal Nacional (2013) Auzmendi (2019) ha calculado en su estudio el volumen medio de madera muerta en Gipuzkoa dando como resultado una media de 10,96 m³/ha, cifras muy alejadas de las existentes en bosques maduros de referencia, donde pueden alcanzar cifras medias de 130 m³/ha. De aquí se deduce que la cantidad de madera muerta de los bosques sin gestionar es 10-20 veces mayor que el de los bosques gestionados de forma intensiva (Christensen *et al.*, 2005).

3.2.2 Fijación de carbono orgánico en los suelos

El suelo es un recurso no renovable que soporta el desarrollo de la vegetación, provee nutrientes, agua y aire a las raíces de las plantas y determina fuertemente la productividad. Además, sirve de plataforma para las actividades humanas y constituye un elemento del paisaje y un archivo del patrimonio cultural. A su vez, desempeña un papel central como hábitat y patrimonio genético, y almacena, filtra y transforma muchas sustancias, incluidos el agua, los nutrientes y el carbono. Todas estas funciones deben protegerse por su importancia socioeconómica y ambiental.

El suelo es la mayor reserva de carbono orgánico de la biosfera, ya que almacena más carbono que la vegetación y la atmósfera en su conjunto. De ahí deriva el notable interés de conocer la distribución del carbono orgánico del suelo (COS) y la influencia que puede tener la vegetación existente, o el cambio de la misma, así como los tipos de gestiones agroforestales que pueden tener una incidencia directa o indirecta en la conservación del suelo.

Los depósitos de carbono orgánico no son estáticos. En gran parte, las entradas están determinadas por la productividad forestal, la descomposición de la hojarasca y su incorporación al suelo mineral. Una gran proporción de las entradas procede de la hojarasca y resto de la biomasa aérea, por lo que la materia orgánica del suelo tiende a concentrarse en los horizontes superiores del suelo, con aproximadamente la mitad del COS en la capa superior de 30 cm. Las salidas dependen de la pérdida producida por la mineralización/respiración. Hay otras pérdidas de COS que se producen por la erosión o por la disolución de carbono orgánico que se lixivia a las aguas subterráneas o se pierde por el flujo por escorrentía.

Los suelos contienen una proporción significativa de carbono orgánico. Se estima que en los primeros 30 cm del suelo de los sistemas terrestres no tropicales se encuentran unas reservas globales de entre 483-511 Pg de carbono orgánico, llegando a valores de entre 1.760 y 1.816 Pg en los 2 metros más superficiales de estos suelos (Batjes, 1996).

Tabla 15: Cantidad de carbono orgánico estimada para los 30 cm superiores de suelo en la CAPV utilizando el método por defecto propuesto por el IPCC (2006), en función del uso del suelo, el clima y las prácticas de manejo habituales en la CAPV. Fuente: Sumideros de carbono de la CAPV. Neiker-Tecnalia, 2014.

Carbono orgánico en suelo (MgC/ha)	
Tierras forestales	88
Prados y praderas	100
Matorrales u otras superficies para pastos	88
Cultivos herbáceos	56
Frutales y viñedos	112

En todo caso, los suelos tienen una capacidad limitada de estabilizar carbono. Esta capacidad o límite de saturación se deriva de las características específicas del suelo, que viene dada por los tres reservorios siguientes (Neiker-Tecnalia, 2014):

- Materia orgánica del suelo (MOS) no-protegida o libre: representa la MOS más accesible y fácilmente mineralizable. Es la mayor fuente de nutrientes y fácilmente accesible para los microorganismos.

- Materia org3nica del suelo f3sicamente protegida: a medida que la MOS libre se descompone e interacciona con los componentes minerales del suelo queda protegida por oclusi3n en el interior de los agregados reci3n formados. Regula la infiltraci3n de aire, agua y la estabilidad del suelo.
- Materia org3nica ligada a minerales de arcillas y limos (o capacidad predeterminada): gracias a las uniones entre la MOS y los compuestos minerales derivados de la roca original se forman complejos 3rgano-minerales muy estables que pueden durar m3s de 100 a3os. Esta capacidad estabilizadora del suelo viene predeterminada por la cantidad de arcilla y limo de ese suelo, lo que depende, especialmente en los suelos j3venes de Gipuzkoa, de la litolog3a original. Esta fracci3n supone alrededor del 30% de la MOS en la mayor3a de los suelos.

Hay dos grupos de factores que influyen en el COS: factores naturales (clima, material parental, cobertura del suelo, vegetaci3n y topograf3a), y los factores inducidos por el hombre (el uso del suelo y la gesti3n). En las zonas agr3colas, adem3s de la erosi3n, la lixiviaci3n y los incendios forestales, las actividades que reducen de una manera m3s r3pida el contenido de COS son las relacionadas con el exceso de pastoreo, la conversi3n de los pastizales, bosques y vegetaci3n natural en tierras de cultivo y el arado profundo de los suelos cultivables, causando una r3pida mineralizaci3n del COS.

El informe sobre el carbono org3nico del suelo (COS) elaborado por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentaci3n y Medio Ambiente (Gonz3lez *et al.* 2018) se3ala que el contenido de COS ha disminuido de manera considerable en los suelos agroforestales espa3oles debido a la conversi3n de los ecosistemas naturales en ecosistemas agrarios y a varios procesos de degradaci3n como la erosi3n, salinizaci3n, y la reducci3n de la disponibilidad de nutrientes. Janssens *et al.* (2005) estimaron, en un estudio a nivel europeo, que en Espa3a las tasas medias anuales de p3rdidas de COS en suelos agr3colas eran de 47 kg/ha, lo que significa que cada a3o, en toda la superficie espa3ola se pierden 79,8 Gg de carbono. Por todo ello, la reducci3n del COS est3 reconocida como una de las ocho amenazas para el suelo identificadas en la Estrategia Tem3tica para la Protecci3n de Suelos (EC, 2006, 2012)

El estudio de Neiker-Tecnalia (2014) estim3, en base a 8.800 muestras de suelo analizadas entre 1995 y 2006, que el contenido medio de carbono org3nico de los suelos de Gipuzkoa es del orden de aproximadamente 79 Mg C/ha. Algunas de las conclusiones m3s destacables del estudio son las siguientes:

- En general, al comparar la evoluci3n de los stocks de carbono en el a3o 1995 y 2006, parece que existe una tendencia hacia la p3rdida de carbono en los suelos de la CAPV. Esta tendencia parece confirmarse salvo en prados y praderas, observ3ndose el descenso m3s claro en las tierras de cultivo.
- Las cantidades de COS en plantaciones de con3feras de la vertiente atl3ntica son menores que las de los suelos de este mismo tipo de plantaciones en la vertiente mediterr3nea, lo que no se aprecia tan claramente en las frondosas, y al contrario de lo que ocurre en tierras de cultivo. Adem3s de a cuestiones clim3ticas, el estudio

resalta que la disminución puede deberse al tipo de prácticas intensivas en las plantaciones forestales en la vertiente atlántica.

- Los datos indican un claro efecto de los usos de la tierra sobre la cantidad de carbono presente en los suelos. Así, las cantidades más altas de carbono se mostraron en suelos de tierras forestales, en particular en tierras ocupadas por frondosas, y también en matorrales, pastizales y herbazales; se mantienen cantidades intermedias en prados y praderas, y las cantidades más bajas en tierras ocupadas por cultivos y viñedos.

Tabla 16: Carbono orgánico en suelo, según usos del suelo. Neiker-Tecnalia. 2014. Elaboración propia.

Uso	Carbono orgánico (MgC/ha) 1995	Carbono orgánico (MgC/ha) 2006
Tierras forestales (frondosas)	74,2	69,2
Tierras forestales (coníferas)	69,5	66,6
Pastizal-Matorral	93,7	68,3
Prados y praderas	56,7	65,1
Cultivos	44,6	30,0
Viñedos	35,7	31,1

- Si se comparan estos datos con los obtenidos mediante la metodología IPCC para los inventarios de GEI, se deduce que las cantidades de COS en la vertiente atlántica son inferiores a las estimadas siguiendo los valores propuestos por IPCC.
- Los resultados de la evaluación indican bajas existencias en carbono en las parcelas forestales analizadas, que ni siquiera alcanzan la capacidad predeterminada de estabilización de carbono (estimada en un 30% del total), que el estudio adjudica a una gestión histórica intensa de las masas forestales de la CAPV, que la gestión silvícola más actual no ha podido revertir.
- El estudio concluye que *“casi toda la superficie forestal estudiada se encuentra por debajo del 60% del potencial de secuestro de carbono de sus suelos”*, y añade que *“sólo un 5% de los sistemas forestales estudiados en la vertiente atlántica están cerca del límite de saturación”*. Y añade que *“(…) existe una importante influencia del uso del suelo sobre las existencias de carbono orgánico presentes en los suelos de la CAPV, lo que pone de manifiesto que es la actividad humana la que induce una elevada variabilidad en la distribución del carbono orgánico del suelo”*.

Por su parte, el estudio de ‘Mejora de la capacidad de los bosques de Gipuzkoa como sumideros de carbono’ obtiene los siguientes resultados de cantidad de carbono en suelo en terrenos forestales de Gipuzkoa, en base a dos estimaciones:

- En un caso se ha utilizado la base de datos de nivel europeo denominado LUCAS (*Land Use/Cover Area frame statistical Survey*, ESDAC, 2019). Según esta base de datos, la cantidad de carbono orgánico del suelo de los bosques de Gipuzkoa es de 102, 7 t C/ha, que multiplicada por la superficie con cobertura arbórea de Gipuzkoa (120.873 ha) da como resultado un carbono almacenado en suelo forestal de 12.414 Gg C.

- A partir de los datos de los muestreos aportados por Neiker-Tecnalia (2014) se han estimado unas existencias de carbono org3nico del suelo forestal de Gipuzkoa de 9.114 Gg C, de lo que se deduce un almacenamiento medio de 75,4 t C/ha.

Resulta de inter3s comparar la estimaci3n de carbono org3nico existente con la capacidad predeterminada para almacenar carbono org3nico y el potencial de secuestro de los suelos de Gipuzkoa, de cara a valorar el margen de mejora en relaci3n con la fijaci3n de carbono.

Para ello, se muestran a continuaci3n las estimaciones que al respecto se han realizado en los estudios de Neiker-Tecnalia (2014) para la CAPV y de Auzmendi (2019) para Gipuzkoa.

Por un lado, como se ha se1alado anteriormente, el tipo de roca sobre la que se asienta los suelos tiene una notable importancia en la capacidad de fijaci3n del carbono org3nico. Se ha procedido a calcular la superficie de las distintas clases litol3gicas, agrupadas seg3n los criterios establecidos por el citado estudio de Neiker-Tecnalia, para la superficie agrupada en las categor3as de tierras forestales, tierras de cultivo, pastos, humedales y afloramientos (roquedos, canchales, acantilados).

Tabla 17. Potencial de almacenamiento de carbono del suelo forestal de Gipuzkoa. Fuente: Neiker-Tecnalia, 2014; GeoEuskadi, 2019; Auzmendi 2019.

Clase litol3gica	Superf. (ha)	Capacidad predeterm. t C/ha	Potencial secuestro	
			t C/ha	GgC
Arenas de grano medio y grueso	12.853	62	208	2.673
Areniscas calc3reas y calcarenitas	343	69	229	78
Alternancia de areniscas y lutitas con dominancia de arenas	3.439	74	248	853
Coluviales. Aluviales	6.734	75	249	1.677
Alternancia de areniscas y lutitas sin predominio de areniscas o lutitas	20.308	77	255	5.178
Alternancia de lutitas y areniscas con dominancia de lutitas	34.828	79	263	9.160
Rocas volc3nicas e 3gneas	8.253	79	263	2.171
Alternancia de calizas y margas	8.040	80	267	2.147
Margas grises. Ofitas. Alternancia de margas y calizas. Pizarras y grauvacas	77.455	81	271	20.990
Calizas biocl3sticas. Calizas urgonianas. Dolom3as	24.763	85	282	6.983
Total⁹	197.015			51.910

Las litolog3as que por su textura presentan menor capacidad predeterminada son las de texturas menos pesadas o arenosas (areniscas de grano grueso, medio y fino). Al contrario, las clases litol3gicas con mayor capacidad predeterminada son margo-calizas y lutitas, ya que tienen una textura m3s fina que incrementa su capacidad de formar agregados de carbono.

⁹ Se han eliminado las superficies actualmente ocupadas por categor3as de uso que no permiten almacenamiento de carbono, como los suelos dedicados a asentamientos.

Por su parte, Neiker-Tecnalia (2014) estimó, a partir de la composición en arcillas y limos de los suelos analizados en 1995 y 2006, el potencial de fijación de carbono en los primeros 25 cm de suelo de la vertiente atlántica, que alcanzaría 137 Mg C/ha en pinares y eucaliptales, y en 108 Mg C/ha en el resto de bosques.

También utilizó los resultados de los análisis de suelo para estimar, mediante la elección de una cantidad de carbono asociada a prácticas de gestión próximas a las mejores prácticas disponibles para la conservación del carbono (percentil 90), las siguientes cantidades potenciales: 110-120 Mg C/ha en tierras forestales, 90 Mg C/ha en prados y praderas, 50-60 Mg C/ha en tierras de cultivo.

El estudio de 2014 concluía lo siguiente:

- En tierras forestales ocupadas por pino y eucalipto de la vertiente atlántica, la cantidad existente de carbono es de un 50% de su potencial de fijación o límite de saturación de carbono, mientras que es del 75% en los demás bosques atlánticos. De ahí se deduce un incremento potencial del 100% y del 33% respectivamente en comparación con el carbono orgánico actual del suelo.
- A través de prácticas de gestión encaminadas a la conservación del carbono orgánico del suelo cabría esperar, a largo plazo, un incremento notable del carbono fijado en los suelos de la CAPV, pudiendo pasar de medianas del orden de 67-71 Mg C/ha (tierras forestales), 65 Mg C/ha (prados y praderas), 31-44 Mg C/ha (cultivos), a valores del orden de 100-120, 90 y 50-60 Mg C/ha respectivamente, que equivaldría a un incremento del orden del 70%, 40% y 50% respecto al carbono orgánico presente actualmente en suelos forestales, prados y praderas, y cultivos herbáceos y leñosos, respectivamente, resultados que muestran el amplio margen de mejora de los suelos de Gipuzkoa como sumideros de carbono.

Recientemente se ha publicado un nuevo estudio¹⁰ que profundiza y actualiza el cálculo de las existencias de carbono en el suelo de la CAPV, cuyos objetivos se desglosan en:

- Elaboración del mapa de existencias de carbono por unidad de superficie (Mg C/ha) de la CAPV, en los primeros 30 cm de profundidad de suelo, a partir de las analíticas de suelo disponibles hasta junio 2017.
- Elaboración de un mapa de texturas del suelo de la CAPV en los primeros 30 cm de profundidad, a partir de esas mismas analíticas.
- Identificación de pautas para promover la mitigación y adaptación al cambio climático a través de la acumulación adicional de C orgánico en los suelos de la CAPV.

Entre las pautas de gestión recomendadas por el estudio citado para promover la mitigación y adaptación al cambio climático en tierras de cultivo, tierras de pasto y sistemas forestales se pueden destacar las siguientes:

- Tierras de cultivo:
 - 1) Conversión de suelo agrícola a pradera.
 - 2) Incorporación de residuos de cosecha y reducción del laboreo.

¹⁰ Mapa de existencias de carbono y mapa de textura para los suelos del País Vasco. Neiker-Tecnalia. Publicado por IHOBE en diciembre de 2019.

- 3) Implantaci3n de cubiertas vegetales.
- 4) Promoci3n de los sistemas agroforestales.
- Tierras de pasto:
 - 5) Evitar la eliminaci3n continua de la biomasa a3rea o promover la m3xima producci3n de la biomasa mediante fertilizaci3n adecuada, elecci3n de especies, y evitando el sobrepastoreo y las quemas.
- Sistemas forestales:
 - 6) Reducci3n de superficie ocupada por pistas y parques de madera en plantaciones forestales de coníferas. Reducir la p3rdida de materia org3nica por perturbaciones asociadas a desplazamientos de mantillo o decapados.
 - 7) Sustituir el aprovechamiento completo del 3rbol en la gesti3n de eucaliptales por un aprovechamiento de 3nicamente el fuste.
 - 8) Forestaci3n/reforestaci3n de montes desarbolados y/o matorrales con cubierta arb3rea permanente (silvicultura cercana a la naturaleza).

Estas pautas de gesti3n se traducen en 11 medidas de actuaci3n, para las que se ha cuantificado su capacidad de fijaci3n de carbono y que, conjuntamente y de forma aproximada, alcanzan la fijaci3n anual equivalente a las emisiones de CO₂-equivalente atribuidas en el sector agricultura en los inventarios de gases invernadero de la CAPV (aproximadamente 670 Gg CO₂-eq / a3o).

- Tierras de cultivo:
 - 1) Implantar cubiertas vegetales en el 30% de las parcelas de frutales.
 - 2) Implantar cubiertas vegetales en el 40% de los vi3nedos.
 - 3) Convertir en sistemas agroforestales el 25% de los cultivos extensivos.
 - 4) Implantar en el 35% de los cultivos extensivos medidas para incorporar restos de cosecha y reducir el laboreo.
 - 5) Convertir el 5% de cultivos extensivos a pradera, utilizando para ello tierras marginales.
- Tierras de pasto:
 - 6) Mejorar la gesti3n del 35% de los pastos con enmiendas org3nicas de buena calidad, evitando quemas, sobrepastoreo, y haciendo siembras de enriquecimiento de especies herb3ceas.
- Sistemas forestales:
 - 7) Convertir en montes con cubierta arb3rea permanente aquellos bosques cultivados que est3n en pendientes a 30° (pendiente del 57%).
 - 8) Modificar la gesti3n en el 40% de plantaciones de *Pinus radiata*, reduciendo la superficie de los rodales ocupadas por pistas y parques de madera (<10% de la superficie total) y manteniendo el mantillo en casi la totalidad del rodal tras las labores silv3colas.
 - 9) Modificar la gesti3n en el 60% de los eucaliptales productivos, extrayendo 3nicamente el fuste y dejando el resto de la biomasa forestal en campo.
 - 10) Reforestar el 70% de los montes desarbolados y convertirlos con cubierta forestal permanente.
 - 11) Convertir el 35% de los matorrales de la CAPV, procedentes de tierras forestales abandonadas tras su aprovechamiento final, en montes con cubierta forestal permanente.

Más allá de los datos de fijación concretos planteados por este estudio en su alternativa de cubrir las emisiones del sector agricultura en la CAPV, y una vez considerados estos resultados, así como investigaciones que a este respecto se han llevado a cabo en diferentes ámbitos académicos, se procede a continuación a destacar aquellos aspectos que se deben tener en cuenta a la hora de establecer los criterios para un manejo adecuado de la vegetación y suelos del territorio:

- Hay que tener claro que los suelos pueden actuar como fuente o como sumidero de CO₂ atmosférico, y que su manejo incide directamente en ello.
- La distribución vertical del COS cambia según el tipo de vegetación. En el caso de los matorrales, en los primeros 20 cm se almacena el 33% del COS existente en el primer metro de suelo; en los prados se almacena el 42%; en los bosques el 50% (Jobbágy & Jackson, 2000). Por tanto, cualquier práctica que afecte a ese primer horizonte de suelo incide de forma notable en el carbono almacenado.

Los métodos de preparación del suelo, plantación o recolección, ya sea para cultivos o para plantaciones forestales, pueden afectar a la compactación del suelo, por empleo de maquinaria pesada, lo que puede provocar la disminución del almacenamiento de carbono a corto-medio plazo (Ruiz-Peinado *et al.*, 2017).

- La acumulación de materia orgánica del suelo ocurre como resultado de las interacciones entre la biota (p.e. autótrofos y heterótrofos) y factores ambientales (p.e. temperatura y humedad). Los ensayos a largo plazo demuestran que las pérdidas de carbono de los suelos por oxidación y erosión pueden reducirse o incluso invertirse mediante prácticas de manejo del suelo que minimicen la alteración del suelo y optimicen la productividad del cultivo mediante la fertilización.

La desaparición o disminución de la cobertura arbórea, por talas, aclareos o perturbaciones naturales, provocará, en mayor o menor medida, un incremento de la radiación solar directamente en el suelo, creando las condiciones para una aceleración de la descomposición de la materia orgánica. Además, con el aumento del nivel de exposición del suelo se intensifica la erosión y puede causar la lixiviación del carbono orgánico disuelto. Por tanto, la elección del método de aprovechamiento tiene incidencia directa en la emisión de carbono o su almacenamiento.

A este respecto, Pubhlick *et al.* (2016) concluyen que, si se tiene en cuenta el almacenamiento medio de carbono de todo el ecosistema, los sistemas forestales de talas selectivas tienen mayor capacidad de almacenamiento de carbono que los explotados mediante 'matarrasas'. Este tipo de actuación provoca que una parte del carbono almacenado vuelva a la atmósfera.

- Es importante conocer las características del suelo para establecer criterios de actuación en relación a las prácticas agroforestales. En general, se debe contemplar la pendiente y características litológicas del terreno, para evitar actuaciones que provoquen un incremento de la erosión o deslizamientos del terreno, lo que provocaría la pérdida de suelo y, consecuentemente, del carbono almacenado.

Como se ha analizado en apartados anteriores, un 66% de la superficie de Gipuzkoa se sitúa en laderas con pendientes superiores al 30%, con una vocaci3n de uso que requiere el mantenimiento de una cobertura arb3rea permanente, y, un 36% de la superficie, aproximadamente 71.000 has, superan incluso pendientes del 50%, lo que requiere que estos terrenos se deben dirigir a un tipo de gesti3n que impida o minimice los procesos erosivos o de deslizamiento.

A lo anterior se debe ańadir que, segun datos de la European Soil Data Centre (ESDAC) la erosionabilidad a causa de la lluvia en Gipuzkoa se sitúa entre las m3s altas de Europa, y se prevé su incremento para 2050 especialmente en el interior del territorio.

En particular, se debe analizar bien la planificaci3n y mantenimiento de las pistas (Barkley *et al.*, 2015), no s3lo para evitar la erosi3n del suelo sino para proteger el suministro y calidad de los recursos hídricos.

- La agricultura actual debe dirigirse hacia una gesti3n del suelo que mejore el contenido en materia org3nica y propicie la captura de carbono en los suelos, mediante la implementaci3n de praxis agrarias adaptadas a las condiciones locales y ambientales, sociales y econ3micas, como las que propone la agroecología, la agricultura de conservaci3n y la rotaci3n de cultivos.

Cualquier pr3ctica agrícol que cambie la din3mica del carbono en el suelo, bien sea incrementando las entradas o ralentizando las salidas por reducci3n de la mineralizaci3n de la materia org3nica, estar3 contribuyendo a aumentar los stocks de este elemento gracias al incremento del efecto sumidero. En este sentido, las pr3cticas que la bibliografía t3cnica y científica propone son aquellas que incrementan las entradas de carbono, como el retorno de restos vegetales, la aplicaci3n de abonos org3nicos (compost, residuos ganaderos, lodos, etc.), o aquellas pr3cticas que reducen las salidas de carbono en forma de emisiones, basadas en la reducci3n o supresi3n del laboreo.

Este tipo de pr3cticas forman parte de la denominada agricultura de conservaci3n (AC), sistema que se caracteriza por la m3nima alteraci3n f3sica del suelo (no laboreo), la permanencia de una cobertura sobre la superficie que mantenga al suelo protegido, y la rotaci3n de cultivos (FAO, 2014). Las principales t3cnicas de la AC son la siembra directa en cultivos herb3ceos y las cubiertas vegetales en cultivos permanentes.

Son diversos los trabajos citados por González *et al.* (2018) que han demostrado la efectividad de estas t3cnicas para reducir la escorrentía y la p3rdida de suelo, mejorar el balance hídrico del cultivo, reducir la contaminaci3n de aguas superficiales, incrementar el contenido de COS, reducir el consumo de combustible y mejorar la eficiencia energ3tica de los cultivos, lo que las posiciona como un sistema de manejo de suelo de gran importancia para luchar contra el cambio clim3tico.

4 EFECTOS PREVISTOS DERIVADOS DEL CAMBIO CLIM3TICO

Seg3n las previsiones que se realizan en la Estrategia EGLCC – Gipuzkoa Klima 2050 (Diputaci3n Foral de Gipuzkoa, 2018), los principales efectos del CC previstos en el territorio de Gipuzkoa pueden agruparse en:

1) Efectos en la termicidad:

- Se prevé un incremento en las temperaturas medias y extremas del territorio de Gipuzkoa. En concreto, el incremento de temperaturas oscilaría entre los 1,5°C y los 5,0°C de media, seg3n el escenario de emisiones de CO₂ a la atm3sfera (RCP4.5 y RCP8.5 del IPPC), siendo m3s pronunciado a finales del siglo. El incremento de temperaturas ser3 leve mente menor en las zonas costeras, comparado con las zonas del interior.
- Se prevé que ocurra un peque1o aumento de la frecuencia y de la duraci3n media de las olas de calor; as3, “*durante el per3odo de referencia (1961-1990) solo 10% de los d3as de verano se inscrib3an en per3odos de olas de calor. Sin embargo, entre los a1os 2020 y 2050 este n3mero ascender3 a 30%*” (Gobierno Vasco, 2015). Adem3s, se espera un leve incremento en el rango diario de temperaturas, mayor diferencia entre las temperaturas m3ximas y m3nimas.

2) Efectos en las zonas costeras:

- Se espera que el nivel medio del mar a nivel global ascienda entre 26 y 82 cent3metros para finales de siglo seg3n el 3ltimo informe del IPCC AR5 (2013), como consecuencia de la expansi3n t3rmica y el deshielo de los glaciares. Frente a la costa de Gipuzkoa, en el golfo de Bizkaia, se espera que el nivel medio del mar ascienda entre el medio metro (escenario RCP 4.5) y los 65 a 80 cm (escenario RCP 8.5) para finales del siglo XXI.
- Se espera un aumento en la frecuencia e intensidad de los temporales experimentados a lo largo del a1o.

3) Efectos en la precipitaci3n:

- En Gipuzkoa, se esperan importantes cambios en los patrones de precipitaci3n en el per3odo hacia 2050. Como visi3n general, se esperan menos episodios de precipitaci3n, comparado con la situaci3n actual; es decir, menos d3as lluviosos por a1o. Pero, a pesar de eso, se espera precipitaciones m3s intensas, seguidos de largos per3odos de sequ3a. De la misma forma, se producir3 una reducci3n del n3mero de d3as con precipitaciones leves (<1mm por d3a), comparado con la situaci3n actual.
- La ligera disminuci3n de la precipitaci3n media est3 prevista durante todas las estaciones del a1o, pero ser3 especialmente marcada en primavera y oto1o. En concreto, se prevé una disminuci3n media de 10% en el oto1o, y una disminuci3n de entre un 10% y un 30% en la primavera para finales del siglo XXI.

De estos efectos se derivan una serie de impactos previstos sobre distintos aspectos del medio natural, social y econ3mico. Centr3ndonos en los aspectos m3s relevantes para el objeto de este trabajo, a continuaci3n, ahondamos en los impactos sobre los recursos h3dricos, la zona costera, los ecosistemas terrestres, los recursos ed3ficos y los recursos agropecuarios y forestales, desarrollados en el estudio 'Cambio Clim3tico. Impacto y adaptaci3n en la Comunidad Aut3noma del Pa3s Vasco' elaborado por Tecnal3a (2011) en el marco del programa K-Egokitzen.

4.1 RECURSOS H3DRICOS

Los escenarios bajo el clima futuro auguran una disminuci3n en el aporte de agua estimado en un descenso del 5% de la precipitaci3n en invierno y primavera, y una mayor disminuci3n del caudal medio, dado que la disminuci3n de los recursos ser3 m3s acusada que la prevista para las precipitaciones, debido al aumento de la temperatura: una simulaci3n de la cuenca alta del r3o Nerbioi, trasladable al territorio guipuzcoano, arrojaba valores de disminuci3n del caudal de invierno y primavera entre 6 y 13% respectivamente.

Adem3s, hay que tener en cuenta que la cubierta vegetal y sus cambios tienen implicaciones sobre los recursos y el r3gimen h3drico. En el caso de la cuenca de Aixola (Deba), mayoritariamente cubierta por plantaciones de pino, la sustituci3n por prados aumentar3a el caudal medio en invierno y en oto3o, 9%, lo que originar3a un mayor aporte de agua al embalse all3 existente. Sin embargo, disminuir3a de forma importante el de verano, 15%. Pero, adem3s, de esta simulaci3n se concluye que el prado origina mayor variabilidad de caudales, con mayores caudales m3ximos y menores caudales m3nimos durante todo el a3o.

Por otro lado, de acuerdo con las series hist3ricas de caudales en la CAPV, se detecta una tendencia creciente en los caudales m3ximos en los 3ltimos a3os, en invierno en la vertiente cant3brica, mientras que en los caudales m3nimos se observa una cierta tendencia al descenso en oto3o y verano. Este aumento de la variabilidad en el r3gimen h3drico tendr3 un impacto a3adido para la salud de los ecosistemas fluviales, sobre todo en lo que respecta a la disminuci3n del caudal m3nimo, por la necesidad de aumento del caudal de servidumbre para suministrar caudal de diluci3n.

Los cambios en las aportaciones influyen directamente en la cantidad y calidad del recurso disponible. Una de las cuestiones a valorar que se3alan los autores del estudio K-Egokitzen es analizar si, con los cambios esperados en las aportaciones y teniendo en cuenta la capacidad de los embalses, hay garant3a de los sistemas que nos abastecen: se ha observado que de los sistemas Txingudi, Arriaran, Ibiur y Barrendiola no tienen garantizado el caudal inyectado necesario en alta, pero podr3an dar soluci3n al problema con estrategias relacionadas con el volumen de fugas existente, excepto el sistema de Arriaran, que deber3a recurrir a otras estrategias como el ahorro de los usuarios, renovaci3n de tuber3as, gesti3n de la presi3n, etc., para garantizar el suministro.

Para adaptarnos al CC, debemos conocer y mejorar el estado de los abastecimientos. Seg3n el estudio realizado, la mayor3a de los abastecimientos analizados en Gipuzkoa presentan una vulnerabilidad de media a alta ante cambios en las aportaciones (figura 14).

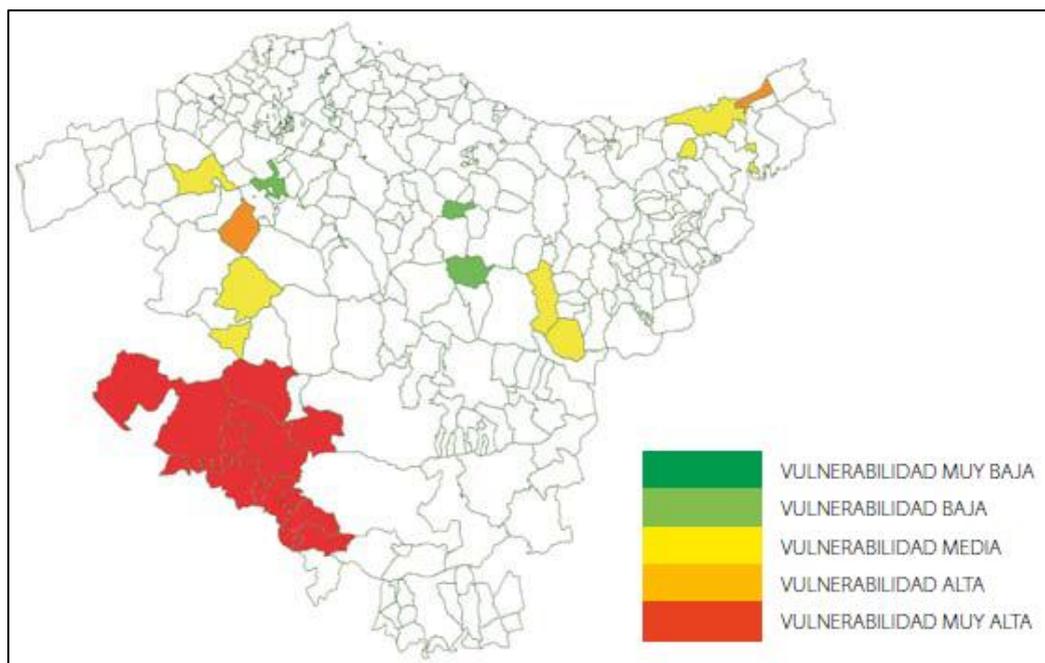


Figura 14: Vulnerabilidad de los sistemas de abastecimiento. Fuente: Tecnalia, 2011.

Por otra parte, como se ha comentado anteriormente, los análisis de carácter regional de los modelos climáticos sugieren un aumento de las precipitaciones extremas del 10% (precipitación diaria), lo que conllevará un incremento de las pérdidas por inundación. Además, se observa que la respuesta de la cuenca ante los cambios en la precipitación no es lineal: las partes alta y media de la cuenca son las que mayor incremento de caudal presentan (22 ± 2 y $20\pm 3\%$); sin embargo, la parte más baja de la cuenca es la que menor aumento presenta ($14\pm 10\%$). Esto se debe a que la cuenca tiene sus propios procesos que hacen que el cambio no sea proporcional ni homogéneo espacialmente. Las variables que más pueden estar interviniendo en el proceso hidrológico son el tipo de vegetación (porcentaje de pasto y comunidades arbustivas presentes cuenca arriba frente al predominio de arbolado cuenca abajo) y el tipo de suelo (porcentaje de arena gruesa presente cuenca arriba frente al predominio de arena fina en el resto de la cuenca).

A su vez, el aumento de las precipitaciones extremas, además de tener una incidencia en las inundaciones, se ha demostrado que afecta también al sistema de laderas. Los episodios tormentosos, además de alterar los caudales, favorecerán el desencadenamiento y la reactivación de algunos grandes deslizamientos y coladas de tierra, especialmente si el aumento de las precipitaciones viene acompañado de crecidas fluviales capaces de proseguir la acción erosiva en los márgenes fluviales.

4.2 ZONA COSTERA

Los mayores impactos por el CC esperados en el medio físico costero guipuzcoano son los derivados del ascenso del nivel medio del mar y las variaciones en el clima marino extremal (oleaje y mareas meteorológicas).

El riesgo de inundación debido al ascenso del nivel del mar es especialmente importante en zonas llanas estuáricas, gran parte de ellas urbanizadas (Tabla 18). Según los autores del estudio K-Egokitzen las zonas urbanas costeras y portuarias podrán verse afectadas en 34

hect3reas de varias localidades de Gipuzkoa, si bien en ciertos casos existen estructuras de contenci3n que protegen las zonas potencialmente inundables. Concretamente, los puertos de Deba y Zumaia se encuentran a una altura de menos de 30 cm sobre la pleamar m3xima astron3mica prevista para finales de este siglo, por lo que, teniendo en cuenta la interacci3n del ascenso del nivel del mar con las mareas meteorol3gicas en eventos extremos, estos puertos ser3n f3cilmente rebasables.

Tabla 18: Estimaci3n del 3rea afectada por el ascenso del nivel medio del mar (NMM) para 2090-2099, respecto a 2001, y oleaje extremal en Gipuzkoa. na: not accounted. Fuente: Tecnal3a, 2011.

HABITAT	3rea en Gipuzkoa (hect3reas)	Pendiente (°)	Ascenso del NMM		Oleaje extremal	
			3rea afectada (hect3reas)	3rea afectada (%)	3rea afectada (hect3reas)	3rea afectada (%)
Playas de arena en costa y en estuarios	68,6	3,6	10,1	14,7	36,8	53,7
Vegetaci3n dunar	15,3	4,1	2,3	14,9	4,5	29,6
Playas de cantos rodados	12,0	11,8	0,8	6,8	5,2	43,6
Sustrato duro (acantilados y roca supralitoral)	141,4	17,0	7,3	5,2	54,0	38,2
Humedales y marismas	60,4	5,4	3,9	6,5	0,2	0,3
H3bitats terrestres en estuarios	na	5,8	45,5	na	5,7	na
Artificial (excluyendo escolleras)	na	9,6	34,4	na	52,0	na
Escolleras	17,6	-	0,8	4,6	5,5	31,2
Superficies de agua dulce	na	-	5,7	na	0,2	na
Total			110,8		164,1	

Las playas y arenas constituyen uno de los elementos m3s vulnerables al ascenso del nivel del mar, con retrocesos de 25% a 40% de su anchura. Seg3n los resultados obtenidos y en base a las caracter3sticas generales de las playas guipuzcoanas, el retroceso de la l3nea de costa es m3s importante en playas con una mayor exposici3n al oleaje, un tama3o de grano menor, una pendiente m3s suave, una menor anchura de la playa seca, y un confinamiento (natural o artificial) de la parte alta del perfil que limite la capacidad de evoluci3n natural de la playa. La parte central y oeste de la playa de Zarautz y la playa de Gaztetape (Getaria) ser3an las m3s afectadas por el ascenso del nivel del mar (desde el punto de vista de su uso tur3stico), pudiendo perder la ya escasa superficie de arena seca que presentan actualmente en una situaci3n de pleamar viva (y una configuraci3n habitual del arenal).

La variaci3n del prisma de marea en los estuarios, debido al ascenso del Nivel Medio del Mar (NMM), incidir3 directamente en la morfolog3a de 3stos y provocar3 un avance de la cu3a salina, que puede conllevar la intrusi3n de agua salina en ac3feros, los cuales en ocasiones sirven de abastecimiento de las poblaciones cercanas. La reconfiguraci3n de la morfolog3a de los estuarios depender3 de las caracter3sticas espec3ficas (volumen de sedimento disponible y contornos) de cada estuario. Se producir3, por tanto, una traslaci3n

de cotas en vertical, estim3ndose el avance del l3mite interior de la pleamar r3o arriba en 265,2 m de promedio y afectar3a al ecosistema ribere3o de ese tramo.

En cuanto al efecto del oleaje extremo, especialmente importante en la erosi3n de las playas y la estabilidad de las infraestructuras marinas, se calcula que la cota alcanzada por el oleaje en eventos extremos de 50 a3os de periodo de retorno afectar3a 164,1 ha de la costa de Gipuzkoa. As3, la interacci3n del ascenso del nivel medio del mar y de la altura del oleaje inducidos por el CC supondr3a un aumento del rebase en los principales diques exteriores de protecci3n de la CAPV del 64% a 157%.

En cuanto a la biodiversidad y los ecosistemas costeros, como consecuencia del calentamiento global, en los 3ltimos a3os ya se han detectado cambios generales en la fenolog3a de ciertos organismos. En el caso de la costa vasca se ha encontrado una tendencia hacia la atenuaci3n de la estacionalidad del ciclo reproductor de mejillones, ostras y peces, lo cual, dado que la capacidad de respuesta y la resistencia difiere seg3n la fase de desarrollo gametog3nico y el sexo, puede suponer que la capacidad de adaptaci3n frente a agresiones ambientales, tanto clim3ticas como antropog3nicas (contaminaci3n qu3mica), sea distinta dependiendo de la ventana estacional.

Las especies estu3ricas que tienen un rango del nicho ecol3gico estrecho y con capacidad de dispersi3n limitada, como es el caso de la faner3gama marina *Zostera noltii*, presente en Gipuzkoa 3nicamente en Txingudi, ver3an su vulnerabilidad incrementada por la interacci3n de los factores ambientales de cambio, dado que su h3bitat podr3a verse reducido y fragmentado.

Adem3s, los autores se3alan que el aumento de la temperatura previsto tendr3a un efecto negativo sobre la calidad del agua, aumentando la extensi3n y la frecuencia de los periodos de hipoxia/anoxia, principalmente en la zona interna de los estuarios (mayor aporte de nutrientes), como consecuencia del aumento del consumo de ox3geno por la actividad microbiana y de forma indirecta como consecuencia de la previsible reducci3n de las precipitaciones y del caudal fluvial, lo que disminuir3a de forma notable el aporte de agua oxigenada y la tasa de renovaci3n de las masas de agua en estas zonas internas. Los experimentos en laboratorio muestran que el calentamiento del mar extender3a el per3odo y la frecuencia de floraciones de algas potencialmente nocivas en los tramos anteriores de los estuarios, pudiendo las especies t3xicas de origen marino adentrarse m3s en los estuarios al incrementarse la salinidad.

En relaci3n con la progresiva acidificaci3n del mar, las consecuencias principales se producir3an sobre los organismos calc3reos, tanto algas calcificadas como invertebrados provistos de concha (mejill3n, lapa...) o caparazones (bellotas, erizos de mar...), debido a que a pH 3cidos la tasa de disoluci3n supera la tasa de fijaci3n de calcio. Otro problema adicional lo constituye la hipercapnia o la acidificaci3n de los fluidos corporales asociada a un aumento en la concentraci3n de CO₂, la cual produce una afecci3n seria al metabolismo de animales en el desarrollo larvario y embrionario, adem3s de suponer un coste energ3tico que da3a gravemente el crecimiento, la reproducci3n y el sistema inmune de los organismos. Ello tendr3a repercusiones sobre el ecosistema costero (alteraci3n de la biomasa y de las relaciones tr3ficas), los recursos marinos (disminuci3n de la producci3n) y

la gesti3n medioambiental y sanitaria (modificaci3n de valores de fondo y cr3ticos en par3metros de calidad ambiental y de bioacumulaci3n de contaminantes y t3xicos).

No hay que olvidar que la contaminaci3n de las aguas costeras podr3 actuar de forma sin3rgica con el CC, puesto que la temperatura modifica la qu3mica de los contaminantes ambientales y su tasa de bioacumulaci3n, provocando alteraciones significativas en su toxicidad y, al rev3s, los l3mites superiores de tolerancia de temperatura se reducen en presencia de contaminantes qu3micos. En consecuencia, se ver3 reducida tanto la resiliencia como la capacidad de adaptaci3n de los sistemas biol3gicos. Aquellas 3reas costeras y estu3ricas cuyas aguas muestran un estado ecol3gico desfavorable como resultado de la presi3n antropog3nica responder3n de forma diferente a las 3reas libres de contaminaci3n en futuros escenarios clim3ticos.

4.3 ECOSISTEMAS TERRESTRES

De acuerdo con la informaci3n disponible, los principales impactos del CC en los ecosistemas terrestres en general y en la vegetaci3n en particular, ser3n, una decreciente disponibilidad h3drica como consecuencia tanto de la disminuci3n de las precipitaciones y/o el aumento de la evapotranspiraci3n potencial, como de la mayor demanda de unos ecosistemas m3s activos por el aumento del CO₂ y de la temperatura. Todo esto se traducir3 en:

- Cambios en la distribuci3n de los pisos bioclim3ticos, con un aumento de la extensi3n del ombrotipo subh3medo y una disminuci3n de las 3reas con ombrotipo h3medo e hiperh3medo. Esto se traducir3 en la reducci3n del 3rea potencial de especies arb3reas como el haya (*Fagus sylvatica*) y el roble (*Quercus robur*), increment3ndose el de especies como el melojo (*Quercus pirenaica*), el quejigo (*Quercus faginea*), la encina (*Quercus ilex*) y el alcornoque (*Quercus suber*), actualmente de distribuci3n muy restringida en Gipuzkoa. Es decir, se prev3 una "mediterraneizaci3n" de los ecosistemas forestales.
- En un corto / medio plazo es de esperar un incremento en la frecuencia e intensidad de incendios forestales debido a causas naturales, como consecuencia del aumento de las temperaturas extremas y la disminuci3n de la humedad atmosf3rica. Las 3pocas de mayor peligro de incendios forestales suelen comenzar con la llegada del oto3o prolong3ndose hasta mediados de abril, y seg3n el 'Plan Especial de Emergencias por Riesgo de Incendios Forestales en la CAPV' (Gobierno Vasco, 2016) existen algunas zonas de riesgo local en el noreste de Gipuzkoa; esta situaci3n puede cambiar en el futuro, causando impactos importantes sobre la flora y fauna del territorio, adem3s de conllevar riesgos importantes para la poblaci3n.
- Reducciones en poblaciones y/o extinciones localizadas en distintas especies de plantas, animales o microorganismos debido a su incapacidad de adaptaci3n a las nuevas condiciones climatol3gicas dentro de un periodo de tiempo relativamente corto, o a su incapacidad de migraci3n hacia otras regiones o h3bitats debido a grandes distancias y/o a la presencia de obst3culos geogr3ficos/f3sicos en el recorrido. Esto es especialmente preocupante en las especies de mont3a.

- Establecimiento de nuevas especies al3ctonas originarias de regiones c3lidas y aumento en la extensi3n de algunas especies ya invasoras en el territorio. A pesar de que muchas especies al3ctonas muestren preferencia por las comarcas m3s c3lidas, el factor antr3pico seguir3 resultando determinante a la hora de determinar el grado de invasi3n de especies al3ctonas en el territorio. El establecimiento de nuevas especies invasoras y/o plagas pueden causar la desaparici3n de los h3bitats y especies relictas o que se encuentren en el borde de su 3rea de distribuci3n y, en el peor de los casos, el colapso de ecosistemas y comunidades locales debido a la eliminaci3n de ciertas especies clave dentro del ecosistema.

4.4 RECURSOS ED3FICOS

El suelo es un recurso no renovable que, como se ha se3alado en apartados anteriores, tiene una importancia fundamental en el suministro de servicios ecosist3micos. Sin embargo, los suelos est3n sujetos a diferentes procesos de degradaci3n (naturales y antr3picos) como la erosi3n, la p3rdida de materia org3nica, la contaminaci3n, la salinizaci3n, la compactaci3n, la p3rdida de la biodiversidad del suelo, el sellado, las inundaciones, los deslizamientos de tierras, etc. Dichos procesos podr3an verse acelerados por el CC, ya que la temperatura, la precipitaci3n (tanto la cantidad como su distribuci3n temporal), as3 como las propiedades qu3micas de la atm3sfera (especialmente el contenido en di3xido de carbono y los compuestos de nitr3geno y azufre) inciden directamente en los procesos ed3ficos.

En relaci3n con la p3rdida de suelo, es de esperar un aumento en la erosi3n e3lica en la medida en que aumente la frecuencia de los eventos tempestuosos y disminuya la cubierta vegetal. Adem3s, el cambio en el r3gimen de precipitaciones inducir3 incrementos en el grado de erosi3n potencial de los suelos con un aumento en el n3mero y la severidad de los deslizamientos de ladera, que ya en la actualidad est3 causando disrupciones importantes en el territorio. Al mismo tiempo, el previsible aumento de los incendios supondr3 p3rdidas de carbono org3nico ed3fico y aumento del riesgo de erosi3n. Todas estas formas de incrementos en la erosi3n del suelo suponen p3rdida de los horizontes del suelo m3s ricos en carbono org3nico, retroalimentando la degradaci3n del mismo.

El calentamiento global podr3a causar una p3rdida a largo plazo de las reservas de carbono del suelo, debido a una mayor tasa de descomposici3n de la materia org3nica, si bien la previsible disminuci3n en las precipitaciones podr3a causar el efecto contrario.

Las aplicaciones de los residuos org3nicos ganaderos en el suelo son habituales como fertilizante. Sin embargo, el aumento de la temperatura del suelo podr3a producir una activaci3n de los microorganismos nitrificantes, acelerando el proceso de transformaci3n de nitr3geno amoniacal a n3trico. Esto podr3a, por un lado, facilitar la lixiviaci3n del nitrato a las aguas subterr3neas e incrementar, por otro lado, las emisiones del gas de efecto invernadero N₂O, que ser3 a su vez tambi3n producido sin3rgicamente por las bacterias desnitrificantes. El balance entre la contribuci3n de ambos tipos de microorganismos a la emisi3n de este potente gas de efecto invernadero ser3 a favor de los organismos nitrificantes en el per3odo estival (con los menores contenidos h3dricos del suelo previstos con el CC) y a favor de los desnitrificantes en los per3odos de invierno, primavera y oto3o

(en caso de las mayores precipitaciones previstas para estos per3odos). Todo ello podr3a aumentar la contaminaci3n de aguas y retroalimentar el calentamiento global.

La salinizaci3n de los suelos es una consecuencia de la explotaci3n insostenible de los recursos h3dricos y la acumulaci3n de fertilizantes y plaguicidas, y aunque actualmente no es un problema grave en Gipuzkoa, la prevista reducci3n de las precipitaciones y el aumento de las temperaturas pueden influir de manera negativa en este aspecto del suelo. El problema radica pues en la extensi3n inadecuada de cultivos irrigados en 3reas con substratos inadecuados para el cultivo, y en el deficiente manejo de las t3cnicas de regad3o como la utilizaci3n de aguas con exceso de sales, aguas que pueden provenir tanto de aguas superficiales salinas como de ac3feros con problemas de sobreexplotaci3n y/o intrusi3n marina.

4.5 RECURSOS AGROPECUARIOS Y FORESTALES

Las futuras condiciones ambientales debidas al CC har3n que las plantas se enfrenten a variaciones en las condiciones edafoclim3ticas que incluir3n elevadas concentraciones de CO₂ en la atm3sfera, una menor disponibilidad de agua al disminuir las precipitaciones y aumentar la evapotranspiraci3n, un cambio en la temperatura del aire y del suelo y la salinizaci3n de los suelos.

Estos factores pueden producir efectos contrapuestos y no uniformes, pudiendo ser beneficiosos o da3inos para los diferentes sistemas agroganaderos y forestales:

- Provocado por el aumento de la concentraci3n de CO₂ en la atm3sfera, se prevé un incremento de la tasa fotosint3tica de los vegetales y, en consecuencia, un posible aumento de la productividad de los cultivos. Asimismo, el cierre estom3tico provocado por el aumento de la concentraci3n de CO₂ podr3a traducirse en un incremento en la eficiencia en el uso del agua.
- No obstante, este efecto se ver3a contrarrestado por el aumento en la evapotranspiraci3n y, por tanto, de la demanda de agua provocado por la subida de las temperaturas y acuciado por el descenso en las precipitaciones previsto. La falta de disponibilidad h3drica puede incrementar las necesidades de riego en los cultivos agr3colas, mientras que en las masas forestales produce, a corto plazo, reducci3n de su crecimiento y debilitamiento frente a pat3genos y, a la larga, el decaimiento de la especie afectada, que dejar3a paso a otros taxones m3s xer3filos, en la medida en que no pueda mantener la regeneraci3n natural.
- Esta situaci3n de estr3s h3drico en los pastos de mont3a se traducir3a en una menor producci3n primaria a3rea, es decir, menos cantidad de forraje, y, por lo tanto, una reducci3n en la capacidad de carga ganadera; tambi3n provocar3a un marchitamiento acelerado del pasto y, consecuentemente, una p3rdida de calidad nutritiva y problemas de abastecimiento de agua para el ganado (puntos de agua y abrevaderos secos) en el periodo de pastoreo. Los autores del estudio K-Egokitzen prev3n que en un futuro pr3ximo descender3a la capacidad de carga de los pastos de mont3a, ofreciendo menos cantidad de hierba, pero de mejor calidad, y por tanto m3s favorable y mejor adaptada al aprovechamiento por parte del ganado ovino; por

el contrario, el ganado mayor, sobre todo el vacuno, ser3 el m3s perjudicado en estas condiciones y ser3 necesario reducir la carga actual.

Adem3s, el incremento de las temperaturas afecta a la fenolog3a de las plantas (letargo invernal, ruptura del letargo, fecha de floraci3n y fecha de maduraci3n) debido especialmente a la reducci3n y distribuci3n an3mala de horas-fr3o. Esto acarrea alteraciones tanto directa como indirectamente en el periodo productivo de los cultivos y, por tanto, en su rentabilidad econ3mica:

- Entre las alteraciones directas, puede verse especialmente afectada la fisiolog3a de las especies forestales: los caducifolios alargaran su ciclo vegetativo, al incrementarse la duraci3n de las hojas en el 3rbol, lo que incrementara la producci3n. En el caso de las especies perennifolias, por el contrario, se producir3 una disminuci3n de la vida media de las hojas, lo que puede suponer un incremento en la producci3n de hojarasca y del CO₂ devuelto a la atm3sfera. La renovaci3n foliar y de las ra3ces finas de los perennifolios se acelerara, disminuyendo as3 las reservas de la planta e incrementando su vulnerabilidad ante episodios adversos.
- Como alteraci3n indirecta se puede se3alar el desfase y la escasez o desaparici3n de los polinizadores, especialmente de las abejas, induciendo como efecto negativo principal la dr3stica reducci3n de la producci3n.
- El incremento de las temperaturas tambi3n afectara a las interacciones entre pat3genos y cultivos acelerando el ritmo de crecimiento de los pat3genos y provocando un aumento de la prevalencia, extensi3n y difusi3n de patolog3as y, especialmente, de plagas tanto aut3ctonas como nuevas y/o importadas.

A su vez, la salinizaci3n del suelo disminuye la capacidad de los vegetales para adquirir y distribuir nutrientes a la vez que se acumulan iones t3xicos como el Na⁺, lo cual tendr3 repercusiones en la productividad y viabilidad de los cultivos.

Por 3ltimo, el previsible aumento de episodios naturales extremos (inundaciones, ciclog3nesis explosivas, etc.) incrementara de manera significativa el da3o a las explotaciones. As3, se prev3:

1) un aumento de la intensidad de los aguaceros, con efectos sobre la torrencialidad y los procesos erosivos,

2) una mayor frecuencia de vendavales en los que la velocidad del viento sea capaz de causar da3os mec3nicos al arbolado (los excesos de espesura, que conducen a una esbeltez elevada de los pies, refuerzan notablemente los da3os producidos por viento; no obstante, la reducci3n excesiva de la espesura favorece el aumento de la velocidad del viento dentro de la masa y la formaci3n de remolinos, lo cual conduce tambi3n a un aumento de da3os), y

3) un aumento de la virulencia de los incendios forestales, a causa de la reducci3n de la humedad relativa del aire por incremento t3rmico, y del aumento de la velocidad del viento.

5 CRITERIOS DE GESTI3N

Para la elaboraci3n de las directrices o criterios de gesti3n que se exponen a continuaci3n se han revisado numerosos informes t3cnicos y manuales disponibles: Tecnalía, Ihobe, Europarc, Ministerio, etc. (consultar Bibliografía).

Antes de nada, hay que tener en cuenta que existen m3ltiples opciones para incrementar la capacidad de mitigaci3n y de adaptaci3n al CC mediante la gesti3n de los suelos y la vegetaci3n y no hay una alternativa que se pueda aplicar de forma universal, de forma que las opciones a elegir van a depender de las condiciones edafoclim3ticas y socioecon3micas en cada caso, siendo muy importante ahondar en la investigaci3n y el seguimiento, b3sicas en la toma de decisiones.

5.1 DIRECTRICES GENERALES

Una de las formas de adaptaci3n al CC m3s importantes, si no la principal, consiste en el mantenimiento de ecosistemas saludables, es decir, de ecosistemas resilientes que tengan la capacidad de volver al estado ecol3gico considerado deseable despu3s de una perturbaci3n. Por ello, los criterios dirigidos a mejorar el estado de conservaci3n de la biodiversidad y as3 incrementar la resiliencia de los ecosistemas cobran especial relevancia en el marco del CC.

En este sentido, pueden sealarse una serie de directrices de gesti3n generales aplicables en el territorio guipuzcoano:

- Considerar el territorio como un sistema, extendiendo los criterios de conservaci3n en la planificaci3n de la matriz territorial fuera de los espacios protegidos.
- Promover la conectividad a escala regional manteniendo o mejorando la permeabilidad para el movimiento de las especies y procesos ecol3gicos, e incluyendo la creaci3n de corredores ecol3gicos, con el fin de proporcionar m3s oportunidades para el desplazamiento de las especies cuya estrategia frente al CC sea desplazarse siguiendo las condiciones 3ptimas de hábitat. Crear o restaurar elementos del paisaje como setos vivos, matorrales, puntos de agua y pasos de fauna en las infraestructuras viarias, para facilitar la dispersi3n de las especies.
- Ligado a la conectividad ecol3gica, reducir la fragmentaci3n de los bosques: el planteamiento obedece a la suposici3n razonable de que grandes 3reas de bosque ser3n m3s resistentes a cambios en el clima que pequeñas zonas m3s o menos aisladas entre sí, debido a su capacidad de crear un microclima m3s estable y de inducir cambios que permitan una protecci3n ante la evapotranspiraci3n, el desecamiento y la erosi3n del suelo.
- En este sentido, se debe priorizar las actuaciones de restauraci3n de masas de bosque en el entorno de los corredores ecol3gicos e infraestructura verde que se identifique a escala del territorio hist3rico.

- Prestar atención especial a las poblaciones aisladas o en el límite de distribución de una especie, que pueden constituir reservas genéticas, de especial importancia en un contexto de movilidad poblacional o de reducción de hábitat debido al CC.
- Dado que por efecto del CC pueden alterarse las áreas de distribución de ecosistemas y especies, hay que prever mecanismos que permitan la adecuación de la red de áreas protegidas a nuevas situaciones socio-ecológicas que puedan darse a medio y largo plazo. Por ello, habrá que plantearse la designación de nuevos espacios protegidos o modificación de los existentes, incluyendo la elaboración o modificación de sus planes de gestión, considerando simultáneamente las amenazas actuales y potenciales derivadas del CC.
- Incluir los medios marinos costeros en la red de espacios protegidos de Gipuzkoa, creando reservas basadas en la funcionalidad de los ecosistemas, procurando un mantenimiento de las actividades reproductivas, de criadero, alimentación y descanso. Esto hará que todos los niveles de la red trófica estén representados y los ecosistemas litorales sean más saludables.
- Identificar y proteger refugios climáticos, es decir, aquellas zonas con menos probabilidades de sufrir cambios significativos inducidos por el CC y que podrían actuar como reservorios de biodiversidad. En la actualidad Ihobe está trabajando, dentro del proyecto Klimatek, en un estudio sobre refugios climáticos en Euskadi al que habrá que prestar atención.
- Promover la heterogeneidad espacial a escala de paisaje y la heterogeneidad estructural en los ecosistemas. Los paisajes y ecosistemas más variados son menos sensibles a las perturbaciones como el fuego o las plagas, que pueden verse incrementados en un escenario de cambio global, por lo que se deberá fomentar la heterogeneidad asociada a gradientes ambientales, como por ejemplo, promoviendo la presencia de una cierta superficie forestal en fase senescente con aumento de disponibilidad de madera muerta de grandes dimensiones (>25cm).
- Con objeto de propiciar la madurez de las masas forestales y la capacidad de acogida de los hábitats de bosque, se diseñará una red compuesta por rodales de senescencia o microrreservas, y árboles-hábitat, adecuadamente repartidos por la superficie de los montes de titularidad pública.
- Restaurar ecosistemas degradados, con varios objetivos: 1) Aumento del potencial de mantener biodiversidad mediante la recuperación de zonas potenciales más favorables para la expansión de hábitats existentes, tanto en las condiciones actuales como en aquellas que los modelos prevean una mejora de idoneidad en el futuro. Estas zonas deberían prepararse para facilitar no sólo su colonización natural si fuera posible, sino la translocación de individuos y que su gestión futura sea compatible con el previsible cambio de uso. 2) Protección del ciclo hidrológico, mediante la recuperación ecológica de riberas y la designación de bosques protectores y llanuras de inundación que sirvan para reducir el caudal pico de avenida aguas abajo. 3) Secuestro de carbono tanto en la biomasa como en el suelo a través de forestaciones, reforestaciones, replantaciones o regeneraciones forestales.

- Reducir al m3nimo las presiones no clim3ticas, es decir, otros factores de estr3s diferentes del CC, como pueden ser las derivadas de la urbanizaci3n, la p3rdida de usos tradicionales, el cambio de usos del suelo, la contaminaci3n, etc. En este sentido, para minimizar la presi3n que la demanda de agua para usos urbanos e industriales ejerce sobre el medio natural, y que en los escenarios de CC futuros ser3n mayores, deber3n realizarse mejoras en los sistemas de abastecimiento corrigiendo las fugas y fomentando el uso eficiente y la recirculaci3n del agua. Asimismo, es importante terminar de establecer una red de saneamiento y depuraci3n bien dimensionada que abarque la totalidad del territorio y continuar trabajando para que se alcance el buen estado ecol3gico de las masas de agua, lo que supondr3 una mayor resiliencia de los ecosistemas y recursos explotables ante el CC.
- Valorar el papel de ciertas perturbaciones como generadoras de heterogeneidad, y por tanto resiliencia, en los ecosistemas, por ejemplo, el uso controlado del fuego para el mantenimiento de h3bitats pasc3colas de inter3s reduciendo a la vez el riesgo de incendio.
- Promover la diversidad espec3fica y gen3tica a todos los niveles: ecosistemas con mayor diversidad de especies, y poblaciones gen3ticamente diversas pueden tener m3s opciones de adaptaci3n a nuevas condiciones clim3ticas.
- Asumir los cambios en la composici3n espec3fica de los ecosistemas debido a cambios en la distribuci3n de las especies por nuevas condiciones ambientales.
- Adoptar medidas de seguimiento y control de especies aut3ctonas sobreabundantes (como puede ser el caso del jabal3 actualmente y otras especies en el futuro), atendiendo preferentemente a las causas del incremento poblacional.
- Desarrollar protocolos de detecci3n temprana de especies ex3ticas invasoras y un procedimiento de intercambio de informaci3n 3gil, que permita conocer el avance de las mismas y los resultados de las acciones emprendidas.
- Priorizar aquellas acciones de control o erradicaci3n de especies ex3ticas invasoras que afectan a los objetivos de conservaci3n, poniendo el foco en aquellas especies capaces de invadir los ambientes menos antropizados.
- Valorar el papel de las translocaciones y medidas de conservaci3n *ex situ* (cr3a en cautividad, banco de germoplasma...) como 3ltimo recurso para las especies amenazadas y como medida para asegurar la conservaci3n de la diversidad gen3tica y el mantenimiento de los caracteres adaptativos propios a las condiciones locales y frente al CC, siempre sujeto a un detallado an3lisis de las incertidumbres, riesgos, condicionantes legales, viabilidad t3cnica, aceptaci3n social y sostenibilidad a largo plazo.
- Reajustar las defensas costeras para restaurar h3bitats intermareales y zonas de transici3n natural entre h3bitats costeros y terrestres, evitando barreras artificiales que confinan el sistema duna-playa-dep3sitos submarinos y en su caso desembocadura y r3o/estuario para mantener el transporte sedimentario natural. Se trata de prevenir la p3rdida de playas, dep3sitos de arena, fangales, marismas y

otros h3bitats intermareales que, adem3s de albergar valiosas comunidades biol3gicas, representan una protecci3n contra la erosi3n costera y la adaptaci3n a la subida del nivel del mar y a eventos extremales de oleaje.

- Adoptar una gesti3n de ecosistemas de enfoque flexible, es decir, din3mica y adaptativa, ya que, en un escenario de cambio global, las formas de gesti3n actuales pueden no servir en el futuro para garantizar el mantenimiento de la integridad de los ecosistemas y de los procesos que proporcionan la resiliencia socioecol3gica perseguida.

Por otra parte, en el 3mbito de la ordenaci3n y planificaci3n territorial y urbanística, pueden hacerse unas recomendaciones:

- Integrar la funci3n hidrol3gica del suelo y de sus formas de ocupaci3n en los planes con incidencia territorial.
- Realizar una zonificaci3n agroecol3gica de Gipuzkoa seg3n la vulnerabilidad de las diversas zonas del territorio a los efectos del CC.
- Establecer normas de protecci3n de suelos con alta capacidad de retenci3n de carbono org3nico.
- Revisi3n de la servidumbre de protecci3n del dominio p3blico marítimo-terrestre para anticiparse al ascenso del nivel del mar m3ximo previsto de 0,5 m, en toda la costa guipuzcoana.
- Revisi3n y en caso necesario modificaci3n de los sistemas de alcantarillado, drenaje y vertido de aguas existentes en la zona litoral, teniendo en cuenta la nueva cota de marea prevista.
- Adopci3n de soluciones basadas en la naturaleza en la planificaci3n urbanística, como por ejemplo limitando el sellado del suelo.
- Aplicar pr3cticas de jardinería sostenible en parques y jardines: evitando especies potencialmente invasoras o con elevadas demandas de agua, empleando agua residual para el riego, reduciendo el uso de fertilizantes y fitosanitarios, etc.
- Adaptar las normativas de caza, pesca y otras actividades.

5.2 DIRECTRICES POR SECTORES

La agricultura, ganadería y la silvicultura son sectores estrat3gicos a la hora de plantearse medidas para la adaptaci3n y mitigaci3n frente al CC porque con su actividad sobre los suelos y vegetaci3n, en funci3n de las pr3cticas que lleven a cabo, pueden actuar como fuentes o como sumideros de carbono.

A continuaci3n, desarrollamos una serie de directrices o criterios de gesti3n dirigidos a reducir las emisiones y favorecer la capacidad de los ecosistemas para secuestrar CO₂ en cada sector:

5.2.1 Sector agrario

El modelo actual, basado en la realizaci3n de operaciones de laboreo sobre el suelo y caracterizado por elevados consumos energ3ticos, con estrategias de utilizaci3n de insumos por encima de las necesidades reales del cultivo, es un modelo emisor de GEI y como tal, constituye un riesgo medioambiental al intensificarse los fen3menos erosivos y la

contaminación de aguas, originados por cambios de la cantidad e intensidad de lluvias (IPCC, 2007). Sin embargo, a través de determinadas actuaciones se pueden reducir las emisiones y favorecer la capacidad de los suelos para secuestrar CO₂.

La iniciativa '4 por 1000' (González *et al.* 2018), tras realizar una amplia revisión de los trabajos de investigación más relevantes en materia de manejo de los suelos agrícolas y mitigación del CC, llega a las siguientes conclusiones sobre las prácticas más recomendables:

- Gestión integrada de nutrientes como medida de incrementar el COS, bien a partir del mantenimiento de los restos vegetales de cultivos tras las cosechas bien a través del aporte de fertilizantes de origen orgánico o mineral.

A pesar de que el aporte de fertilizantes de origen mineral es la práctica más empleada por los agricultores para mejorar las propiedades del suelo, se incrementa en mayor medida el contenido de COS con el empleo de fertilizantes orgánicos. Éstos, tanto de origen animal (estiércol, purines, compost, etc.) como vegetal (restos de cosechas o podas, cubiertas vegetales, residuos agroindustriales, etc.), han demostrado ventajas significativas en la mitigación de GEI respecto a la fertilización sintética, tanto a nivel de reducción de emisiones directas como de incremento del secuestro de C, aunque como efecto negativo se puede señalar que los microorganismos descomponedores y estabilizadores de la materia orgánica emiten cantidades importantes de CO₂ a la atmósfera producto de la respiración realizada durante el proceso de descomposición.

Hay que señalar que los lodos de depuradoras, al igual que otros residuos urbanos, constituyen una fuente de materia orgánica alternativa al uso de los restos orgánicos utilizados tradicionalmente (los enumerados dentro de los paréntesis en el párrafo anterior), pero su uso en agricultura se encuentra limitado por las concentraciones de los distintos metales pesados y otros compuestos tóxicos presentes en los lodos.

En cuanto a la forma de abonado, los distintos experimentos coinciden en que el aumento del COS es mayor a través de abonos sólidos frente a los líquidos, siendo un método de mitigación frente al CC a la vez que la planta dispone durante más tiempo de los nutrientes para su actividad biológica.

En cualquier caso, se recomienda la elaboración de planes de fertilización basados en los requerimientos del cultivo para poder ajustar la dosis de aplicación y evitar la acumulación excesiva en el suelo con el consecuente riesgo de contaminación para las aguas y el suelo.

- Rotación de cultivos, consiste en alternar cultivos con necesidades nutritivas diferentes en un mismo lugar durante distintos ciclos, evitando que el suelo se agote y que las enfermedades que afectan a un tipo de plantas se perpetúen en un tiempo determinado y optimizando el uso de fertilizantes.

En base a los datos aportados por la comunidad científica en materia del incremento de COS en las rotaciones de cultivos frente a los monocultivos, las rotaciones aportan mejoras de la fertilidad del suelo y la productividad, gracias al incremento de

la biomasa en el suelo, sobre todo si se hace manteniendo los restos de la cosecha anterior. Una estrategia para reducir la dependencia de los fertilizantes nitrogenados en la que coinciden los investigadores es la rotaci3n de cultivos intercalando leguminosas.

- Disminuci3n del laboreo: Basado en las pr3cticas de la llamada “agricultura de conservaci3n” que protegen al suelo de su erosi3n y degradaci3n, procurando la m3nima alteraci3n mec3nica del suelo se reduce y ralentiza la descomposici3n de los restos vegetales, consigui3ndose un almacenamiento del CO₂ atmosf3rico (fijado en la estructura del cultivo y devuelto al suelo en forma de resto vegetal) en el suelo.

Una de las t3cnicas principales de la agricultura de conservaci3n consiste en la siembra directa en cultivos herb3ceos, cuyo beneficio, adem3s de la protecci3n del suelo al reducir su alteraci3n f3sica, es que al mantener los restos de los cultivos se incrementa el contenido de MO del suelo, sin olvidar la disminuci3n de las emisiones derivadas del menor consumo energ3tico (combustible para la maquinaria agr3cola) debido a la reducci3n en las labores realizadas. Debe tenerse en cuenta que, aunque el no laboreo pueda representar la mejor opci3n desde el punto de vista del secuestro de carbono, puede requerir un elevado uso de herbicidas, por lo que posiblemente sea m3s adecuado, en lugar de aplicar herbicida, realizar una operaci3n de m3nimo laboreo antes de la siembra.

Una alternativa puede ser lo que se denomina “mulching vertical” que consiste en la incorporaci3n de residuos de cosecha en profundidad (30-50 cm), lo que favorece el secuestro de carbono ya que a esa profundidad los residuos no est3n tan expuestos a la influencia del clima (oxidaci3n qu3mica y fotoqu3mica de la materia org3nica favorecidas por un incremento de las fluctuaciones de temperatura y de la superficie expuesta a la luz, respectivamente).

- Manejo de cubiertas vegetales como medida de protecci3n del suelo frente a las p3rdidas por erosi3n y escorrent3a mediante el uso de plantas o residuos vegetales. Se trata del mantenimiento o siembra de cubiertas vegetales (“mulch”, cultivos de cobertera) tanto en cultivos herb3ceos como entre los pies de cultivos le3osos (txakoli, frutales) y en los barbechos, con el objeto de incrementar el contenido de COS aportado por los restos vegetales (formaci3n de humus) y mantener el C fijado en los suelos durante m3s tiempo mediante la reducci3n de los efectos erosivos y la mejora de la infiltraci3n del agua de lluvia.

Por lo general, los investigadores coinciden en que un manejo basado en agricultura de conservaci3n de cubiertas vegetales con rotaci3n de gram3neas y leguminosas, siendo estas cubiertas de crecimiento espont3nea o sembradas, reduce las emisiones de GEI, evita la competencia por el agua y los nutrientes con otros cultivos, mejora la fertilidad del suelo por el aporte de restos vegetales y la actividad microbiana y reduce en gran medida las p3rdidas del COS por efectos erosivos.

Estas cuatro medidas act3an de manera sin3rgica para incrementar el secuestro de C en el suelo agr3cola y reducir las emisiones de GEI en las actividades agrarias, contribuyendo de esta manera a la mitigaci3n del CC.

En cuanto a la adaptaci3n del sector de la agricultura, las medidas que se pueden adoptar pasan por prevenir los impactos del CC en los cultivos (ver secci3n 4.5):

- Introducir cambios en las fechas de siembra y recolecci3n.
- Identificaci3n, caracterizaci3n y selecci3n de variedades horto-fruto-vin3colas de inter3s, orientadas a resistir los estreses derivados de la din3mica del CC.
- Evitar la sobreexplotaci3n de los acuíferos mediante una gesti3n t3cnica adecuada de las aguas subterráneas y de riego.
- Optimizaci3n del uso de los recursos hídricos: mejora de los regadíos mediante distintas soluciones como el goteo solar, riego a presi3n (en lugar del riego por gravedad), ajuste de la dosis mediante sensores de humedad del suelo, retornos, corrigiendo p3rdidas, etc.
- Mantener m3rgenes de los cultivos como refugios de biodiversidad: son reservorios de diversidad bot3nica, albergan gran cantidad de invertebrados, entre los cuales los polinizadores, contribuyen a combatir las plagas, y actúan como corredores ecol3gicos.
- Promover cierta desintensificaci3n de los sistemas de cultivo intensivos para reducir la necesidad de aportes de fertilizaci3n nitrogenada (con la consiguiente disminuci3n de las emisiones de N₂O y de nitratos presentes en lixiviados) y el consumo energ3tico.

Por último, hay quien sugiere la implantaci3n de “cultivos energ3ticos”, cultivos de plantas de crecimiento rápido destinadas únicamente a la obtenci3n de energ3a o como materia prima para la obtenci3n de otras sustancias combustibles, como soluci3n al problema de las emisiones de CO₂ por el consumo de combustibles f3siles. En un escenario futuro de clima “mediterraneizado” en Gipuzkoa podr3an darse bien los cultivos de semillas oleaginosas para biodiésel (colza, soja y girasoles). Sin embargo, esto acarrear3a repercusiones sociales y econ3micas en el caso de que se implantaran en zonas fértiles aptas para la producci3n de cultivos alimentarios (la orograf3a de Gipuzkoa no abunda en tierras con estas caracter3sticas); podr3an establecerse en zonas degradadas (antiguas escombreras, etc.), pero en este caso, consideramos que ser3a una mejor alternativa la recuperaci3n de bosque autóctono.

5.2.2 Sector ganadero

Al hablar de ganader3a y CC es importante distinguir entre la ganader3a extensiva y la intensiva: mientras que la segunda es responsable de una parte importante de las emisiones de GEI, al tiempo que provoca otra serie de impactos derivados de la producci3n de piensos, de la generaci3n de residuos, etc. la ganader3a extensiva, en tanto que contribuye a la gesti3n del territorio modelando el paisaje, constituye una herramienta importante a la hora de plantar cara al CC y es más vulnerable a sus efectos. Por ello, los criterios que desarrollaremos a continuaci3n han de responder a distintos objetivos en cada caso.

- **Ganader3a extensiva:**

Como se ha explicado en la secci3n 4.5, el CC modifica la fenolog3a, la composici3n y la producci3n de pastos y afecta asimismo al bienestar animal. Así, se prevé un descenso de la capacidad de carga de los pastos de montaña, ofreciendo menos cantidad de hierba, pero

de mejor aprovechamiento por parte del ganado ovino, siendo el ganado vacuno el más perjudicado.

Por otra parte, el pastoreo constituye una potente herramienta de gestión de vastos territorios de bajo impacto y escasa inversión económica comparada con otras alternativas, que contribuye a la resiliencia de los ecosistemas mediante el mantenimiento de la biodiversidad (muchos de los hábitats considerados de interés comunitario son prados y pastos, algunos de los cuales se encuentran amenazados de desaparición -matorralización- por infrapastoreo), a reducir el riesgo de incendios mediante el desbroce, etc.

Se proponen unas directrices para adaptar la ganadería extensiva al CC a través de la gestión de pastos, del ganado y de las explotaciones:

- Gestión de pastos: La gestión de las distintas formaciones vegetales y de pastos es una cuestión clave en la adaptación de éstos al CC y para el mantenimiento de la actividad de la ganadería extensiva que sobre ellos se sustenta. La gestión del pastoreo se convierte así en la principal herramienta de adaptación de las formaciones de pastos al CC y global.

Se persigue mejorar la productividad de los pastos a través del manejo del ganado y control del pastoreo: regulando las cargas ganaderas adecuadas, las épocas de pastoreo, rotando el tipo de ganado (el ganado bovino realiza un primer aprovechamiento de los brotes de gramíneas altas y de calidad, quedando el rebrote y las hojas de poca altura para caballos y ovejas, las cuales realizan además una gran función de limpieza pastando los rebrotes del matorral), fomentando la movilidad del ganado para que pastoree en distintos territorios o teselas de vegetación en función del momento del año y fase productiva, para evitar el sobrepastoreo en algunas zonas y el infrapastoreo en otras. Se trata de compatibilizar el aprovechamiento con el mantenimiento de la composición florística, aprovechando sinergias entre el uso ganadero y la conservación (p.e. adaptando los puntos de agua de ganado para su uso por especies de interés).

En aquellos tipos de pastos no considerados hábitats de interés comunitario, se podría promover la máxima biomasa herbácea mediante el aporte de fertilizantes orgánicos de buena calidad, resiembra sin levantar las praderas, etc., siempre y cuando los factores climáticos, topográficos, edáficos e hidrológicos sean favorables para este tipo de manejo. Estudios demuestran que los mayores stocks de carbono orgánico en las praderas se logran con una fertilización fosfatada y mezclas de gramíneas y leguminosas, que en el caso de las praderas de Gipuzkoa se puede conseguir con una siembra con *Lolium multiflorum*, *Lolium repens*, y *Trifolium repens*, que al cabo de 3-4 años evolucionan a las especies herbáceas naturales (Neiker & Ihobe, 2004).

En cuanto a la aplicación de fertilizantes, conviene recordar que, si bien una mayor fertilización induce un aumento de la producción de las praderas, también tiene lugar una aceleración de la mineralización y de la degradación de la materia orgánica. A la vez, hay que tener en cuenta que con la fertilización nitrogenada y la presencia de leguminosas se estimula la producción de N₂O. Por tanto, la optimización de la acumulación de carbono en los prados viene a ser un compromiso entre estos

procesos y se recomiendan algunas medidas de gestión como: 1) la reducción de la fertilización nitrogenada en praderas muy fertilizadas, 2) un aumento de la duración de las praderas anuales, 3) la conversión de praderas anuales a praderas plurianuales con mezclas de gramíneas y leguminosas o a prados permanentes, y 4) una intensificación moderada de los prados permanentes pobres en nutrientes.

Por otro lado, se propone seleccionar ecotipos y variedades de especies pascícolas que conduzcan a una mejora de la productividad y resistencia a condiciones ecológicas y de producción adversas. Asimismo, la predicción ajustada del comportamiento de los factores de producción de pastos a corto y medio plazo (como precipitaciones y temperaturas en escala de semanas o meses) es esencial para el desarrollo de estrategias de adaptación para las explotaciones, adelantando decisiones sobre la gestión de los pastos, excedentes o compras de suplementos.

- Manejo de los animales: la íntima relación entre sistemas pastorales complejos y ganadería extensiva hace que la adaptación de los pastos se logre a través de la gestión de los animales que las pastan.

Se ha de fomentar del uso de animales especializados según zonas geográficas: conservación de razas autóctonas. Las razas autóctonas han sido el resultado de una cuidada selección de los animales eficientes en el aprovechamiento de los pastos de un territorio. Además de constituir la opción más rentable en muchos casos, son parte de la diversidad asociada a los sistemas pastorales.

Asimismo, se propone la mejora de los recursos genéticos animales mediante la selección de rebaños/individuos por comportamiento y caracteres de adaptación fisiológicos, metabólicos y hormonales. Las posibilidades de mejora de los animales empleados en ganadería extensiva a partir de su comportamiento en pastoreo y adecuación a un aprovechamiento sostenible y eficiente de los pastos son amplias.

En cuanto al manejo del ganado, se ha de ajustar los ciclos productivos a los recursos disponibles. El sistema debe ser analizado de forma integral y holística para garantizar su conservación y la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos producidos, para lo cual se recomienda emplear el modelo de predicción de la producción primaria aérea de los pastos de montaña en relación con la disponibilidad hídrica y el efecto del pastoreo desarrollado por Tecnalía 2011 (figura 15).

- Gestión de explotaciones ganaderas: la adaptación al CC de los sistemas pastorales pasa por la adaptación al cambio global, que incluye la consideración de la sostenibilidad económica, ambiental y social de la actividad ganadera en extensivo, para así contribuir a optimizar la generación de servicios ecosistémicos que ofrecen.

Algunas de las prácticas de adaptación que pueden señalarse son: la mejora en la tecnología de conservación de forrajes para los momentos de falta de alimento en el medio, la mejora de las infraestructuras ganaderas que garanticen el bienestar animal, y la diversificación de producciones y aprovechamientos.

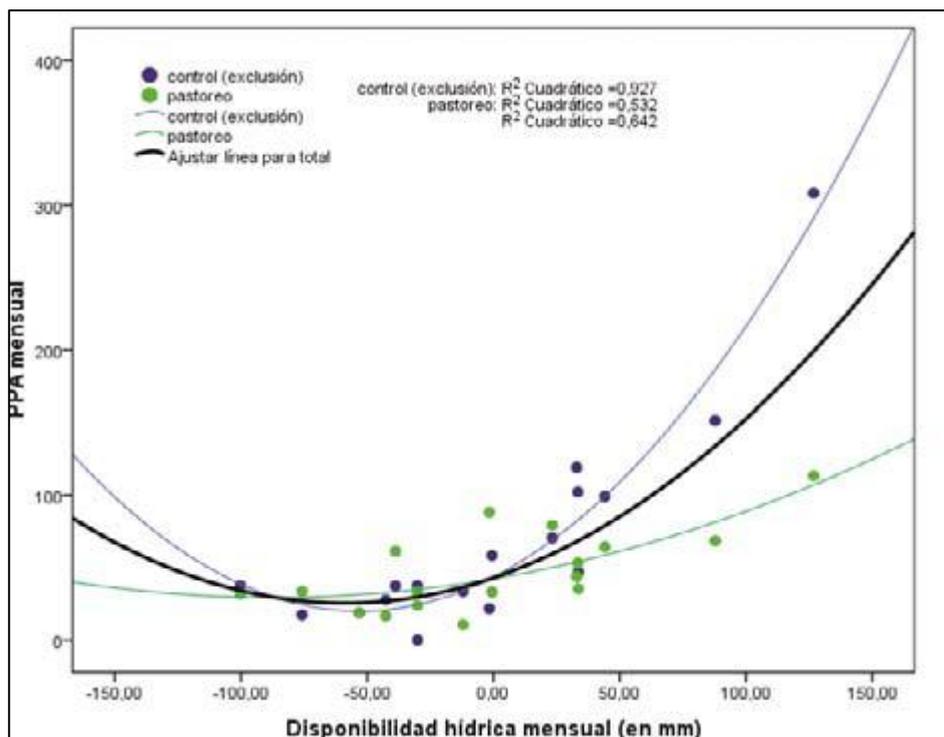


Figura 15: Modelado de la dinámica de producción: efecto de la disponibilidad hídrica y el pastoreo sobre la producción primaria aérea. Fuente: Tecnalia, 2011.

- **Ganadería intensiva:**

En este caso, el objetivo debe de ser el de reducir las emisiones de GEIS que se producen como consecuencia de la fermentación entérica del ganado y de la generación de estiércoles y purines, buscando cierta extensificación de las explotaciones. Como directrices, se proponen:

- Modificación de la dieta para reducir las emisiones de metano. Desde este punto de vista suele recomendarse incrementar la proporción de piensos de producción local y sostenible (de lo contrario se favorecerá la deforestación, contaminación, uso de pesticidas, consumo de combustibles en el transporte, etc.).
- Implantar métodos de transformación del residuo estiércoles y purines en recurso a través de biodigestión anaerobia, compostaje, etc.
- Aplicación sanitaria y ambientalmente correcta de los purines, fomentando el método de inyección que se ha calculado que emite un 93% de amoníaco menos que el método habitual de esparcido en abanico.
- Transformación de las tierras con cultivos forrajeros a pastos anuales y de los pastos anuales a plurianuales o permanentes, con el fin de incrementar los stocks de COS.

5.2.3 Sector forestal

De los impactos señalados en la sección 4.5, pueden destacarse los siguientes como impactos más importantes sobre las masas arboladas: la reducción de la disponibilidad hídrica, el aumento de la virulencia de los incendios forestales, el aumento de la intensidad

de las precipitaciones, mayor frecuencia de vendavales, la expansi3n de plagas y enfermedades, y la modificaci3n de la fenolog3a y la fisiolog3a de las especies de inter3s.

Estos impactos pueden producir procesos de p3rdida de estabilidad, trastornos en la regeneraci3n y p3rdida de biomasa en las masas arboladas. En este contexto, las masas de densidad arb3rea alta y heterogeneidad estructural baja son especialmente vulnerables a sufrir procesos de decaimiento.

Adem3s, la influencia del CC se superpone con otros procesos que se est3n produciendo hace algunos a3os ya, y que pueden tener tambi3n efectos sobre la vulnerabilidad de las masas arboladas: tienen que ver con el cambio socioecon3mico cuya consecuencia es el abandono de los usos tradicionales del monte y la forestalizaci3n del territorio. Aunque, desde el punto de vista del CC, este hecho pueda parecer una mejora, dado que se incrementar3a la superficie en la que la fijaci3n de carbono es superior a su liberaci3n, el aumento de la espesura y de la carga de combustible potencial da lugar a inestabilidad por competencia, reducci3n del vigor individual, mayor riesgo de incendio, etc.

Dado que seg3n el impacto o agente desestabilizador las soluciones de gesti3n silv3cola de adaptaci3n al CC pueden dar lugar a directrices contrapuestas (p.e. el aumento de la cobertura de matorral puede servir para evitar el estr3s h3drico pero aumenta el riesgo de incendio), cada rodal debe tener su propia propuesta, en funci3n de su vocaci3n (explotaci3n maderera intensiva, explotaci3n extensiva, producci3n no maderable, protecci3n de la biodiversidad, paisaj3stica o hidrol3gica), estructura, composici3n, edad y espesura. Al mismo tiempo, hay que tener en cuenta que determinadas pr3cticas silv3colas pueden provocar la p3rdida de carbono org3nico del suelo y otras que, al contrario, favorezcan su acumulaci3n.

- Rodales dirigidos a selvicultura intensiva: en masas de producci3n maderera de especies al3ctonas, se recomienda reforzar su estabilidad frente a incendios con desbroces y su estabilidad frente a plagas y vendavales con planes de claras precoces, frecuentes y de peso moderado a fuerte.

Las pr3cticas forestales deben ser compatibles y contribuir a la conservaci3n de los recursos ed3ficos e h3dricos. Teniendo en cuenta que, por las caracter3sticas del territorio guipuzcoano, las explotaciones forestales intensivas suelen situarse en zonas con elevadas pendientes, se desaconsejan las cortas a hecho o matarrasa, por la p3rdida de suelo que suelen conllevar, por lo que se debe evitar este tipo de actuaci3n, especialmente en aquellas laderas con pendientes superiores al 50% (seg3n la FAO, 2017, no se deber3a permitir la extracci3n de madera en laderas con pendientes de m3s de 30º de inclinaci3n, es decir, 57% de pendiente). En su lugar, se deben aplicar otros m3todos progresivos de corta, como cortas por calles en varios tiempos, entresacas o claras sucesivas, incorporando parte de los restos de cosecha al suelo para el mantenimiento adecuado del ciclo de carbono.

Con car3cter general, se debe prohibir el uso del fuego como herramienta de gesti3n de las actividades forestales. Para mejorar la prevenci3n y la operatividad de las labores de extinci3n de incendios forestales se recomienda aprovechar preferentemente los m3rgenes de la red viaria existente u otras infraestructuras lineales existentes, para el establecimiento de 3reas cortafuego.

Se potenciar3 la incorporaci3n de rodales de senescencia-microrreservas en las masas forestales de coníferas, a fin de incrementar la diversidad ecol3gica y que actúen como barreras naturales contra incendios. En los aprovechamientos forestales se respetar3 la vegetaci3n autóctona, especies arbustivas y arb3reas acompañantes, especialmente en el entorno de zonas húmedas, trampales, vaguadas y riberas. Se favorecer3 la conectividad externa e interna, apoy3ndose en la presencia de otros hábitats como vegetaci3n de riberas fluviales, bosquetes de especies forestales autóctonas, setos naturales en lindes de fincas y bordes de caminos rurales, etc.

En cuanto a la selecci3n de especies, han de elegirse aquellas que presenten un correcto desarrollo en las condiciones edafoclim3ticas actuales y futuras derivadas del CC, junto con las características deseadas de productividad y calidad de la madera, sin comprometer otras funciones como el mantenimiento de la biodiversidad, y priorizando aquellas que mayor cantidad de humus generen. De hecho, se ha llegado a proponer como medida para aumentar el COS, la adici3n de tejidos leñosos recalcitrantes, de difícil descomposici3n, y de hojarasca con elevadas relaciones C:N y elevado contenido de lignina.

Se propone fomentar los productos forestales de calidad (desenrollo, aserrío) para sustituir productos que para su fabricaci3n han emitido mucho carbono f3sil y alargar el turno del stock de carbono en madera. De todas maneras, el acortamiento de un turno de corta podría ser apropiado cuando hay indicios de decaimiento o se quiere promover la colonizaci3n por parte de otra especie m3s xer3fila o la transformaci3n a un manejo menos intensivo.

Adem3s, ser3 obligatorio adoptar medidas para minimizar los riesgos de degradaci3n y daños en el ecosistema originados durante el aprovechamiento y las operaciones forestales, tales como:

- 1) promover métodos alternativos para la extracci3n de madera que minimicen la construcci3n de pistas forestales y el uso de maquinaria pesada,
- 2) realizar la saca o desembosque mediante autocargadores en lugar de por arrastre mec3nico de los árboles apeados,
- 3) reducir la presi3n ejercida por los trenes de rodaje sobre el terreno (bogies, neumáticos de baja presi3n) y limitar el peso de los autocargadores incluida la carga a 20 Tm,
- 4) trabajar bajo condiciones meteorol3gicas favorables evitando condiciones de excesiva humedad.

Sería recomendable exigir la certificaci3n forestal sostenible en la totalidad de las explotaciones en territorio guipuzcoano, e ir reduciendo este tipo de manejo forestal intensivo en los Montes de Utilidad Pública, al ser el de mayor impacto sobre el medio natural (incluso bajo certificaci3n).

- Rodales dirigidos a selvicultura extensiva: Se trata de masas de producci3n preferente de madera o leña de especies autóctonas cuya estrategia general es utilizar el aprovechamiento como herramienta de mejora.

Su estructura regular se debe a la aplicaci3n de aclareos sucesivos y resalveos de conversi3n. Se recomienda mantener esta estructura y su sistema de regeneraci3n, aunque puede resultar conveniente revisar los turnos de corta para conseguir fustes de mayores dimensiones y ampliar los per3odos de regeneraci3n, que podr3an ser de un 10% a un 20% superiores a los turnos de m3xima renta en especie.

En estas masas regulares, los tratamientos parciales para reducir la incidencia de incendios, de plagas y enfermedades y los derribos por viento, manteniendo su funci3n protectora del ciclo hidrol3gico, deben ser los siguientes: aplicar un plan de claras de rotaci3n corta y peso moderado-d3bil; desbroces selectivos por roza en la misma rotaci3n; podas de penetraci3n; y adecuado tratamiento de restos que, salvo en 3pocas y tramos de regeneraci3n, puede ser por astillado. En todo caso, se respetar3n los restos de madera muerta preexistentes y, en la medida de lo posible, se incrementar3 su volumen.

Se primar3 la mezcla de especies en toda repoblaci3n forestal. Con objeto de propiciar la madurez de las masas forestales, se propone excluir del manejo forestal entre un 5 y un 10% de la superficie de bosque para favorecer su evoluci3n natural.

Se deben evitar las cortas en 3poca de reproducci3n y respetar pies con nidos o refugios. Se recomienda asimismo, preservar 3rboles viejos, manteniendo un cierto n3mero de pies sin aprovechar tras la corta final y a lo largo del siguiente ciclo o turno forestal (5-10 pies/ha a 30 pies/ha seg3n los objetivos de cada parcela).

Aqu3 tambi3n se aplica la obligatoriedad de acometer acciones de restauraci3n de los posibles da3os en el ecosistema consecuencia de la explotaci3n (apertura de pistas, etc.) y obtener la certificaci3n forestal sostenible.

- Producciones no maderables: Las directrices se tienen que acomodar a las expectativas de valoraci3n econ3mica de dichas materias primas (casta3as, nueces, setas... quiz3s otros productos en el futuro), adoptando las recomendaciones generales de evitar la senescencia, reducir espesuras, conseguir regeneraci3n natural y estructuras irregulares y fomentar las masas mixtas.
- Protecci3n de la biodiversidad, paisaj3stica o hidrol3gica: En masas forestales de origen natural y funci3n protectora, tanto del ciclo hidrol3gico como de la biodiversidad o del paisaje, que generalmente presentan una tendencia hacia estructuras irregulares y composici3n espec3fica mixta, el objetivo principal es mantener su estabilidad mediante un mosaico de las diferentes etapas del ciclo silvogen3tico: fases de regeneraci3n, crecimiento y decadencia del bosque, con todos sus componentes relacionados.

Para ello, se recomienda aplicar cortas de regeneraci3n de entresaca por bosquetes permitiendo la incorporaci3n de nuevas especies que conduzca a masas mixtas e irregulares. Se buscar3 el aumento de la variabilidad de di3metros, de estratos de ramas y copas, de patrones de distribuci3n de pies con diferentes grados de agregaci3n, diversificaci3n de las clases de edad, etc.

Mientras se produce la regeneraci3n, los tratamientos parciales ser3n de prevenci3n de incendios: es necesario aplicar un plan de claras de rotaci3n corta y peso moderado-d3bil, desbroces selectivos por roza con la misma rotaci3n, podas de penetraci3n y adecuado tratamiento de restos, que puede ser por astillado.

Como en el caso anterior, con objeto de propiciar la madurez de las masas forestales se dise1nar3 una red compuesta por rodales de senescencia o microrreservas, y 3rboles-h3bitat, adecuadamente repartidos por la superficie, especialmente en los montes de utilidad p3blica, de manera que ejerzan como elementos conectores entre las 3reas refugio de biodiversidad:

- se propone excluir del manejo forestal entre un 5 y un 10% de la superficie de bosque para favorecer su evoluci3n natural. La superficie exenta de intervenci3n se podr3a distribuir en rodales de entre 1 a 4 ha de superficie.
- se propone conservar de forma diseminada 3rboles-h3bitat, 3rboles que presentan una mayor capacidad para acogida de fauna forestal, a la vez que mantienen el carbono almacenado en su biomasa. Como valores cuantitativos generales se recomienda dejar en monte al menos 8-10 3rboles/ ha. en pie extramaduros, de di3metro superior a 35-40 cm.

Tambi3n se pueden considerar casos de no intervenci3n, lo que permitir3 la observaci3n de la din3mica natural del bosque.

Como en el caso anterior, se respetar3n los restos de madera muerta preexistentes y, en la medida de lo posible, se incrementar3 su volumen.

En definitiva, se trata de promover un modelo de ordenaci3n forestal que potencie la heterogeneidad, la atenci3n a los elementos singulares y una gesti3n flexible de manera que permita un mayor nivel de detalle en la gesti3n y capacidad de adaptaci3n a circunstancias cambiantes, al tiempo que se favorezca la acumulaci3n de carbono org3nico en los sistemas forestales.

6 CONCLUSIONES

1.- Seg3n el IPCC el clima de la Tierra ya ha sido alterado, siendo la causa m3s probable la acumulaci3n de gases de efecto invernadero (en adelante GEI) en la atm3sfera. El IPCC predice que las emisiones continuas de GEI causar3n un mayor calentamiento y nuevos cambios en todos los componentes del sistema clim3tico y que, por lo tanto, para contener el CC, ser3 necesario reducir de forma sustancial y sostenida las emisiones de estos gases.

2.- La Estrategia Guipuzcoana de Lucha Contra el Cambio Clim3tico 2050 (EGLCC 2050), en consonancia con los objetivos de la Estrategia de Cambio Clim3tico 2050 del Pa3s Vasco (KLIMA 2050), establece el objetivo voluntario de reducir las emisiones de GEI en Gipuzkoa en al menos un 40% a 2030 y en al menos un 80% a 2050, respecto al a3o 2005. Adem3s, tiene como objetivo poder llegar a la completa descarbonizaci3n, esto es emisiones nulas o negativas, de la econom3a guipuzcoana para 2050.

3.- Algunos datos destacables del territorio guipuzcoano en relaci3n con la mitigaci3n y adaptaci3n del mismo al CC son los siguientes:

- Dos terceras partes del territorio, concretamente un 66% de su superficie (130.000 ha), son laderas con pendientes moderadas o fuertes, superiores al 30%. M3s de la mitad de esta superficie presenta pendientes superiores al 50%. As3, predominan los suelos j3venes, de perfiles poco evolucionados y horizontes poco diferenciados.

- Aproximadamente el 81% del territorio corresponde al piso colino, situ3ndose en cotas inferiores a 600 m.

- El 61% del territorio presenta cobertura arb3rea, mientras que en torno al 29% corresponde a formaciones de matorral, pastizal-matorral, pastizal y/o prados de baja altura. El 52% de la superficie con cobertura arb3rea corresponde a plantaciones forestales de con3feras, y el 48% a bosques y/o plantaciones de frondosas.

- El n3mero de explotaciones agroganaderas ha descendido de forma notable en las dos 3ltimas d3cadas. S3lo en la d3cada entre 1999 y 2009 se registr3 una baja neta de casi un 30% de las explotaciones agrarias. En Gipuzkoa existen 7.755 explotaciones forestales comerciales, con un claro predominio de explotaciones de reducida dimensi3n: 28% tienen menos de 5 ha y un 82% si se considera las que tienen menos de 20 has.

- La quinta parte del territorio tiene la catalogaci3n de Espacio Natural Protegido (ENP). Cuenta con 4 Parques naturales, 17 Zonas de Especial Conservaci3n (ZEC) y 3 Biotopos.

- El 82% del territorio guipuzcoano pertenece a propiedades privadas mientras que el 18% es suelo p3blico. Un 78% de la superficie arbolada se encuentra en terrenos de propiedad privada. En el caso de las plantaciones forestales el porcentaje de titularidad privada asciende al 80% de la superficie.

- Est3n catalogados como de utilidad p3blica un total de 91 montes con una superficie total de 34.050 ha, lo cual constituye el 17% de la superficie total de Gipuzkoa. Se trata de montes que pertenecen a un total de 40 ayuntamientos distintos, Mancomunidad de Enirio-Aralar, Parzoner3a de Gipuzkoa y 3lava, Parzoner3a de Gipuzkoa y Diputaci3n

Foral de Gipuzkoa. El 42% de la superficie de los Montes de Utilidad Pública está destinada a plantaciones forestales, en torno a 14.600 ha.

4.- Las emisiones totales de GEI en Gipuzkoa estimadas para el año 2017 fueron 6.724 kilotoneladas de CO₂ equivalente (CO₂-eq). Tomando como base el año 2005, las emisiones totales han disminuido un 21,1%. El sector primario presenta en 2017 unas emisiones de 207,0 kt de CO₂ equivalente (3% de las emisiones totales), lo que supone una reducción del 30,5% respecto a 2005. En el sector relacionado con el uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y la silvicultura, agrupadas en el sector UTCUTS, ha habido una fijación o remoción de 0,19 kt de CO₂-equivalente en el año 2017.

5- Algunos aspectos del ciclo de carbono que deben tenerse en cuenta, entre otros, a la hora de plantear criterios de gestión son los siguientes:

- En los ecosistemas agroforestales existen dos reservas principales de carbono: el carbono fijado en la biomasa y el carbono fijado en el suelo. Además, la madera muerta también puede llegar a almacenar grandes cantidades de carbono en ciertos bosques.
- Existe un notable potencial de incrementar el carbono almacenado por la biomasa forestal. Las estimaciones para Gipuzkoa señalan una cantidad de carbono almacenada entre 8.000 GgC -13.000 GgC, como resultados más fiables, y una capacidad potencial de fijación que varía entre 19.723 GgC y 39.446 GgC, dependiendo de la gestión forestal adoptada.
- En líneas generales, los bosques de frondosas presentan una mayor capacidad de fijación que las plantaciones forestales.
- Los incendios forestales también tienen consecuencias directas en las existencias de carbono, por lo que también se debe contemplar la prevención de incendios en la gestión de la superficie forestal. En este sentido se deben tener en cuenta aspectos como la inflamabilidad de la vegetación.
- El suelo es la mayor reserva de carbono orgánico de la biosfera, ya que almacena más carbono que la vegetación y la atmósfera en su conjunto.
- La materia orgánica del suelo tiende a concentrarse en los horizontes superiores del suelo, con aproximadamente la mitad del carbono orgánico del suelo (COS) en la capa superior de 30 cm. Por tanto, cualquier práctica que afecte a ese primer horizonte de suelo incide de forma notable en el carbono almacenado.
- Hay dos grupos de factores que influyen en el COS: factores naturales (clima, material parental, cobertura del suelo, vegetación y topografía), y los factores inducidos por el hombre (el uso del suelo y la gestión). En las zonas agrarias, además de la erosión por el agua y el viento, la lixiviación y los incendios forestales, las actividades que reducen de una manera más rápida el contenido de COS son las relacionadas con el exceso de pastoreo, la conversión de los pastizales, bosques y vegetación natural en tierras de cultivo y el arado profundo de los suelos cultivables, causando una rápida mineralización del COS.

- Las cantidades más altas de carbono del suelo en la CAPV se muestran en suelos de tierras forestales, en particular en tierras ocupadas por frondosas, y también en matorrales, pastizales y herbazales; se mantienen cantidades intermedias en prados y praderas, y las cantidades más bajas en tierras ocupadas por cultivos y viñedos. En tierras forestales ocupadas por pino y eucalipto de la vertiente atlántica la cantidad existente de carbono es de un 50% de su potencial de fijación o límite de saturación de carbono, mientras que es del 75% en los demás bosques atlánticos. De ahí se deduce un incremento potencial del 100% y del 33% respectivamente en comparación con el carbono orgánico actual del suelo.

- A través de prácticas de gestión encaminadas a la conservación del carbono orgánico del suelo cabría esperar, a largo plazo, un incremento notable del carbono fijado en los suelos de la CAPV, pudiendo pasar de medianas del orden de 67-71 Mg C/ha (tierras forestales), 65 Mg C/ha (prados y praderas), 31-44 Mg C/ha (cultivos), a valores del orden de 100-120, 90 y 50-60 Mg C/ha respectivamente, que equivaldría a un incremento del orden del 70%, 40% y 50% respecto al carbono orgánico presente actualmente en suelos forestales, prados y praderas, y cultivos herbáceos y leñosos, respectivamente.

6.- Según las previsiones que se realizan en la Estrategia EGLCC – Gipuzkoa Klima 2050, los principales efectos del CC previstos en el territorio de Gipuzkoa pueden agruparse en efectos en la termicidad, en las zonas costeras, en la precipitación, que generarán impactos sobre recursos hídricos, la zona costera, los ecosistemas terrestres, los recursos edáficos y los recursos agroforestales.

7.- Los sistemas naturales y agrarios son vulnerables ante los efectos del CC. Por lo tanto, se considera necesario plantear medidas que permitan mejorar la resiliencia de los ecosistemas y la capacidad de adaptación del medio rural y natural.

8.- Existen múltiples opciones para incrementar la capacidad de mitigación y de adaptación al CC mediante la gestión de los suelos y la vegetación y no hay una alternativa que se pueda aplicar de forma universal, de forma que las opciones a elegir van a depender de las condiciones edafoclimáticas y socioeconómicas en cada caso.

9.- En todo caso, en el presente informe se señalan una serie de directrices de gestión generales aplicables en el territorio guipuzcoano, basadas en el convencimiento de que una de las formas de adaptación al CC más importantes, si no la principal, consiste en el mantenimiento de ecosistemas saludables, es decir, de ecosistemas resilientes que tengan la capacidad de volver al estado ecológico considerado deseable después de una perturbación. Por ello, los criterios dirigidos a mejorar el estado de conservación de la biodiversidad y así incrementar la resiliencia de los ecosistemas cobran especial relevancia en el marco del CC.

10.- Además, el informe se centra en los sectores de agricultura, ganadería y la silvicultura, sectores estratégicos a la hora de plantearse medidas para la adaptación y mitigación frente al CC porque con su actividad sobre los suelos y vegetación, en función de las prácticas que lleven a cabo, pueden hacer que el territorio actúe como fuente o como sumidero de carbono.

7 BIBLIOGRAFÍA

- Auzmendi, G. 2019. *Mejora de la capacidad de los bosques de Gipuzkoa como sumideros de carbono*. Proyecto de investigación e innovación en materia de mitigación y adaptación al cambio climático. Ed. Departamento de Medio Ambiente y Obras Hidráulicas. Diputación Foral de Gipuzkoa. 116 pp.
- Batjes, N. H. 1996. *Total carbon and nitrogen in the soils of the world*. *European Journal of Soil Science*, 47: 151-163.
- Bolin, B., Sukumar, R., Ciais, P., Cramer, W., Jarvis, P., Kheshgi, H., Nobre, C., Semenov, S., and Steffen, W. 2000. *Global perspective*. In: *Land use, land use change and forestry*. Watson, R. T., Noble, I. R., Bolin, B., Ravindranath, N. H., Verardo, D. J. & Dokken D. J. (eds), a special report of the IPCC, Cambridge university press, pp. 23-51.
- CEDEX. 2012. *Estudio de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua. Efectos potenciales del cambio climático en las demandas de agua y estrategias de adaptación. Informe técnico*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid. 204 pp.
- Christensen, M., Hahn, K., Mountford, E. P., Ódor, P., Standovár, T., Rozenbergar, D., Diaci, J., Wijdeven, S., Meyer, P., Winter, S. y Vrska, T. (2005). Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. *Forest Ecology and Management*, 210, 267-282.
- Diputación Foral de Gipuzkoa. 2018. *Gipuzkoa Klima 2050. Estrategia guipuzcoana de lucha contra el cambio climático 2050*. Departamento de Medio Ambiente y Obras Hidráulicas de la Diputación Foral de Gipuzkoa, Donostia-San Sebastián. 371 pp.
- Dixon, R. K., Brown, S., Houghton, R. A., Solomon, A. M., Trexler, M. C. & Wisniewski, J. 1994. Carbon pools and fluxes of global forest ecosystems. *Science* 263, 185–190.
- Ekolur, 2016. *Infraestructura verde de la CAPV. Propuesta metodológica para la identificación y representación de la infraestructura verde a escala regional de la CAPV*. Gobierno Vasco-Eusko Jaurlaritza. 111 pp. Informe inédito.
- Ekolur, 2017. *Conectividad ecológica en Donostialdea-Bajo Bidasoa. Elaboración de las bases técnicas para la inclusión de los requisitos de la conectividad ecológica en la planificación territorial a escala de Unidad Funcional*. Gobierno Vasco-Eusko Jaurlaritza. 95 pp. Informe inédito.
- Europarc-España. 2012. *Criterios para la adaptación al cambio global de los espacios protegidos en el contexto del cambio global. Documento de trabajo*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Fundación Biodiversidad. Ed. Fundación Interuniversitaria Fernando González Bernáldez para los espacios naturales, Madrid. 39 pp.

- Europarc-Espa1a. 2018. *Las 3reas protegidas en el contexto del cambio global: incorporaci3n de la adaptaci3n al cambio clim3tico en la planificaci3n y gesti3n. Manual 13. Segunda edici3n, revisada y ampliada*. Ed. Fundaci3n Interuniversitaria Fernando Gonz3lez Bern3ldez para los espacios naturales, Madrid. 85 pp.
- FAO. 2017. *Soil organic carbon mapping cookbook*. <http://www.fao.org/3/I8895EN/i8895en.pdf>
- Felic3simo, A., Mu1oz, J., Villalba, C.J. & Mateo, R.G. 2011. *Impactos, vulnerabilidad y adaptaci3n al cambio clim3tico de la biodiversidad espa1ola. 1. Flora y vegetaci3n: proyecciones de las 3reas de distribuci3n potencial de la flora amenazada y las especies forestales de la Espa1a peninsular por efecto del cambio clim3tico*. PNACC Plan Nacional de Adaptaci3n del Cambio Clim3tico. Inventario Nacional de Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, Madrid. 553 pp.
- Gobierno Vasco. 2015. *Estrategia de cambio clim3tico 2050 del Pa3s Vasco*. 112 pp.
- Gobierno Vasco. 2018. *Inventario Forestal CAE 2018*.
- Gonz3lez, E.J., Veroz, O., Gil, J.A. & Ord3ñez, R. 2018. *Iniciativa 4 por mil: el carbono org3nico del suelo como herramienta de mitigaci3n y adaptaci3n al cambio clim3tico en Espa1a*. Oficina Espa1ola de Cambio Clim3tico. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentaci3n y Medio Ambiente, Madrid. 262 pp.
- Herrero, A. & Zavala M.A. 2015. *Los Bosques y la Biodiversidad frente al Cambio Clim3tico: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptaci3n en Espa1a. Documento de Síntesis*. Plan Nacional de Adaptaci3n del Cambio Clim3tico. Ministerio de Agricultura, Alimentaci3n y Medio Ambiente, Madrid. 67 pp.
- Janssens, I.A., Freibauer, A, Schlamadinger, B., Ceulemans, R., Ciais, P., Dolman, A.J., M. Heimann, M., Nabuurs, G.-J, Smith, P., Valentini, R. & Schulze, E.-D., 2005. The carbon budget of terrestrial ecosystems at country-scale – A European case study. *Biogeosciences*, 2, 15-26.
- Jobb3gy, E. G. & Jackson, R. B. 2000. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications*, 10(2), 423-436.
- IPCC. 2007. *Cambio Clim3tico 2007. Informe de Síntesis*. Contribuci3n de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluaci3n del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Clim3tico [Equipo de redacci3n principal: Pachauri, R.K. & Reisinger, A. (directores de la publicaci3n)]. Ginebra, Suiza. 104 pp.
- Lal, R. 2005. Forest soils and carbon sequestration. *Forest Ecology and Management*, 220, 242-258.
- Medina, F. 2015. *Impactos, vulnerabilidad y adaptaci3n al cambio clim3tico en el sector agrario: Aproximaci3n al conocimiento y pr3cticas de gesti3n en Espa1a*. PNACC Plan Nacional de Adaptaci3n del Cambio Clim3tico. Oficina Espa1ola de Cambio Clim3tico. Ministerio de Agricultura, Alimentaci3n y Medio Ambiente, Madrid. 49 pp.

- Murua, J.R., Albiac, J., Astorkiza, I., Eguía, B., Ferrero, A. & Moreno, J. 2016. *Libro blanco del sector de la madera*. Gobierno Vasco. 190 pp.
- Neiker-Tecnalia & IHOBE. 2004. *Estudio sobre la potencialidad de los suelos y la biomasa de zonas agrícolas, pascícolas y forestales de la CAPV como sumideros de carbono*. Informe interno.
- Neiker-Tecnalia. 2011. *Escenarios regionales de cambio climático en la CAPV: Termopluviometría anual*. Adaptaclima II. 53 pp.
- Neiker-Tecnalia. 2014. *Sumideros de carbono de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Capacidad de secuestro y medidas para su promoción*. Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno, Vitoria-Gasteiz. 212 pp.
- Pérez, S., Jandl, R. & Rubio, A., 2007. Modelización del secuestro de carbono en sistemas forestales: efecto de la elección de especie. *Ecología*, 21, 341-352.
- Puhlick, J., Weiskittel, A., Fernandez, I., Fraver, S., Kenefic, L., Seymour, R., Kolka, R., Rustad, L. & Brissette, J. 2016. Long-term influence of alternative forest management treatments on total ecosystem and wood product carbon storage. *Canadian Journal of Forest Research*, 46(11), 1404-1412.
- Rodríguez-Loinaz, G., Amezaga, I. & Onaindia, M., 2013. Use of native species to improve carbon sequestration and contribute towards solving the environmental problems of the timberlands in Biscay, northern Spain. *Journal of Environmental Management*, 120, 18-26.
- Rubio, A. & Roig, S. 2017. *Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en los sistemas extensivos de producción ganadera en España*. Plan Nacional de Adaptación del Cambio Climático. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid. 178 pp.
- Schulze, E. D., Wirth, C. & Heimann, M., 2000. Managing forests after Kyoto. *Science*, 289, 2058-2059.
- Serrada, R., Aroca, M.J., Roig, S., Bravo, A. & Gómez, V. 2011. *Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector forestal. Notas sobre gestión adaptativa de las masas forestales ante el cambio climático*. PNACC Plan Nacional de Adaptación del Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, Madrid. 129 pp.
- Tecnalia. 2011. *Cambio Climático. Impacto y adaptación en la Comunidad Autónoma del País Vasco*. Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz. 112 pp.