

Guía metodológica para el cartografiado de los Servicios de los Ecosistemas de Euskadi



Guía metodológica para el cartografiado de los Servicios de los Ecosistemas de Euskadi

Elaborado por: Cátedra UNESCO sobre Desarrollo Sostenible
y Educación Ambiental de la UPV
www.ehu.es/cdsea/
iraunkortasun.katedra@ehu.es

Año: 2018

Financiado por: Gobierno Vasco y Diputación Foral de Bizkaia

ÍNDICE

LOS SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS.....	1
CARTOGRAFIADO DE SERVICIOS.....	1
1. UNIDADES AMBIENTALES.....	1
2. SELECCIÓN DE PROXIES.....	4
3. METODOLOGÍA PARA EL CARTOGRAFIADO DE LOS PROXIES	
3.1 SERVICIOS DE PRODUCCION.....	7
3.1.1 Abastecimiento de alimentos (agricultura y ganadería).....	7
3.1.2 Abastecimiento de madera.....	13
3.2 SERVICIOS DE REGULACIÓN.....	14
3.2.1 Mantenimiento del hábitat.....	14
3.2.2 Almacenamiento de carbono.....	20
3.2.3 regulación de la calidad del aire.....	25
3.2.4 Regulación hídrica.....	28
3.2.5 Polinización.....	32
3.3 SERVICIOS CULTURALES.....	36
3.3.1 Recreo.....	36
3.3.2 Disfrute estético del paisaje.....	43
4. BIBLIOGRAFÍA.....	49

LOS SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS

La diversidad natural y los servicios de los ecosistemas están estrechamente ligados. Existen claras evidencias de que los cambios en la diversidad natural están repercutiendo directa o indirectamente sobre el bienestar humano, ya que comprometen el funcionamiento de los ecosistemas y su capacidad de generar servicios esenciales para la sociedad (alimento, amortiguación de inundaciones, recreo, etc.).



CARTOGRAFIADO DE SERVICIOS

La cuantificación y el cartografiado de los servicios de los ecosistemas se consideran requerimientos esenciales para la implementación del concepto de los servicios de los ecosistemas en la toma de decisiones sobre la planificación y la gestión sostenible del territorio. Conocer la distribución espacial de los diferentes servicios ofrece una información muy importante para identificar zonas claves a conservar y/o restaurar que deben formar parte de la red de infraestructuras verdes.

1. UNIDADES AMBIENTALES

Las unidades ambientales son un conjunto de ecosistemas de carácter operativo utilizadas para valorar y cartografiar los servicios que los ecosistemas proporcionan a la sociedad. Su identificación se realiza mediante la agrupación de todos los hábitats EUNIS presentes en Euskadi, teniendo en cuenta distintos factores (estructura, naturalidad, uso, etc.). Así, se identificaron un total de 27 unidades ambientales (Tabla 1; Figura 1). Para ello, se utilizó el mapa EUNIS 1:10.000 (Servicio de descarga ftp geoEuskadi: CT_HAB_EUNIS_2009_10000_ETRS89.zip).

UNIDADES AMBIENTALES	CÓDIGOS EUNIS	ÁREAS (ha)
1. Humedales costeros	A2.511; A2.63C; A2.636; A2.651; A2.654; A2.658	343
2. Hábitats costeros	B1.1; B1.21; B1.31; B1.32; B1.42; B2; B2.12; B3.11; B3.23; B3.31	887
3. Aguas superficiales continentales	C1; C1.(X); C1.1; C1.32; C1.33; C1.34; C1.6; C1.66; C2; C2.12; C2.12(X); C2.3; C2.4	2.093
4. Humedales interiores	C3.2; C3.21; C3.22; C3.23; C3.24; C3.26; C3.42; C3.52; C3.55; D1.2; D2.3; D4.11; D4.14; D4.15; D5.11; D5.13; D5.21; D5.24; D5.3; D6.21; D6.23; E3.1; E3.1(X); E3.2; E3.41; E3.51; E3.52; E5.6; E6.1; E6.11; E6.13(X)	1.653
5. Pastizales	E1.26; E1.27; E1.31; E1.42; E1.53; E1.53(X); E1.6; E1.72; E1.72(X); E1.73; E1.91; E1.A	29.519
6. Prados	E2.11; E2.11(X); E2.13(X); E2.13(Y); E2.21	90.486
7. Matorrales y arbustos atlánticos (no brezales)	E5.31(X); E5.31(Y); F3.11(X); F3.11(Y); F3.13; F3.15(X); F3.15(Y); F4.21(X); F5.21(Y); F6.11(Z)	13.887
8. Matorrales y arbustos mediterráneos (no brezales)	E5.33; F2.23; F3.12(X); F3.12(Y); F3.22; F5.132; F5.21(X); F5.22; F5.246; F6.11(X); F6.11(Y); F6.12	7.324
9. Brezales y setos	F4.12; F4.21(Y); F4.22; F4.23(X); F4.231; F4.237; F7.44(X); F7.44(X1); F7.44(X2); F7.44(Y); F7.44(Y2); F7.44(Z); FA.1; FA.3	42.807
10. Bosques de ribera	F9.12(X); F9.12(Y); F9.2(X); F9.2(Y); G1.21; G1.21(X); G1.21(Y); G1.21(Z); G1.31; G1.33	6.027
11. Hayedos	G1.62; G1.64; G1.66	49.162
12. Bosques atlánticos de frond. (dominados por <i>Quercus</i>)	F3.17; G1.77(T); G1.7B1; G1.7D; G1.82; G1.86; G1.86(X); G1.91; G1.92; G1.A1; G1.A1(X); G1.A1(Y); G1.A4; G1.B2; G4.(V); G4.(X); G4.(Y); G4.(Z); G4.C; G4.E; G5.61; G5.62	71.740
13. Bosques mediterráneos de frondosas	G1.71; G1.77(V); G1.77(X); G1.77(Y); G1.77(Z); G1.7B2; G2.121(X); G2.124(X); G2.124(Y); G2.124(Z)	36.539
14. Encinares cantábricos	G2.11; G2.121	7.419
15. Bosque natural de coníferas	G3.49; G3.71; G3.74; G5.63	12.989
16. Plantaciones de frondosas	G1.C(X); G1.C(Y); G1.C1; G1.C2; G1.C3; G2.83(X); G4.F; G5.72; G5.75; G5.81*	11.521
17. Plantaciones de eucalipto	G2.81; G5.73; G5.81*	12.758
18. Plantaciones de coníferas	G3.F(L); G3.F(M); G3.F(N); G3.F(O); G3.F(P); G3.F(Q); G3.F(R); G3.F(S); G3.F(T); G3.F(U); G3.F(V); G3.F(X); G3.F(Y); G3.F(Z); G5.74; G5.82	181.407
19. Vegetación de roquedos	H2.52; H2.6; H2.64; H3.1; H3.1(X); H3.2	4.302
20. Monocultivos intensivos	I1.1; I1.1(X); I1.5	65.384
21. Monocultivos inte. arbóreos	FB.4; G2.91; G1.D(X); G1.D3	18.142
22. Huertas y viveros	I1.2	3.581
23. Parques y jardines	I2.1; I2.2; I2.3	1.864
24. Háb. degradados; invasoras	A2.627; E5.43(X); E5.6(X); H5.31; H5.5; H5.6	2.304
25. Zonas de extracción industrial: minas y canteras	J3.2; J3.3	2.147
26. Urbanos y otros relacionados	E2.6; J1; J2; J4; J4.1; J4.2; J4.3; J4.4; J4.5; J4.6; J4.7; J5.1; J6	43.704
27. Embalses y balsas de agua	J5.3	2.830

Tabla 1. Unidades ambientales, códigos EUNIS que agrupan y área. *La G5.81 aparece en plantaciones de eucalipto cuando en las notas del mapa EUNIS lo identificaba con eucalipto.

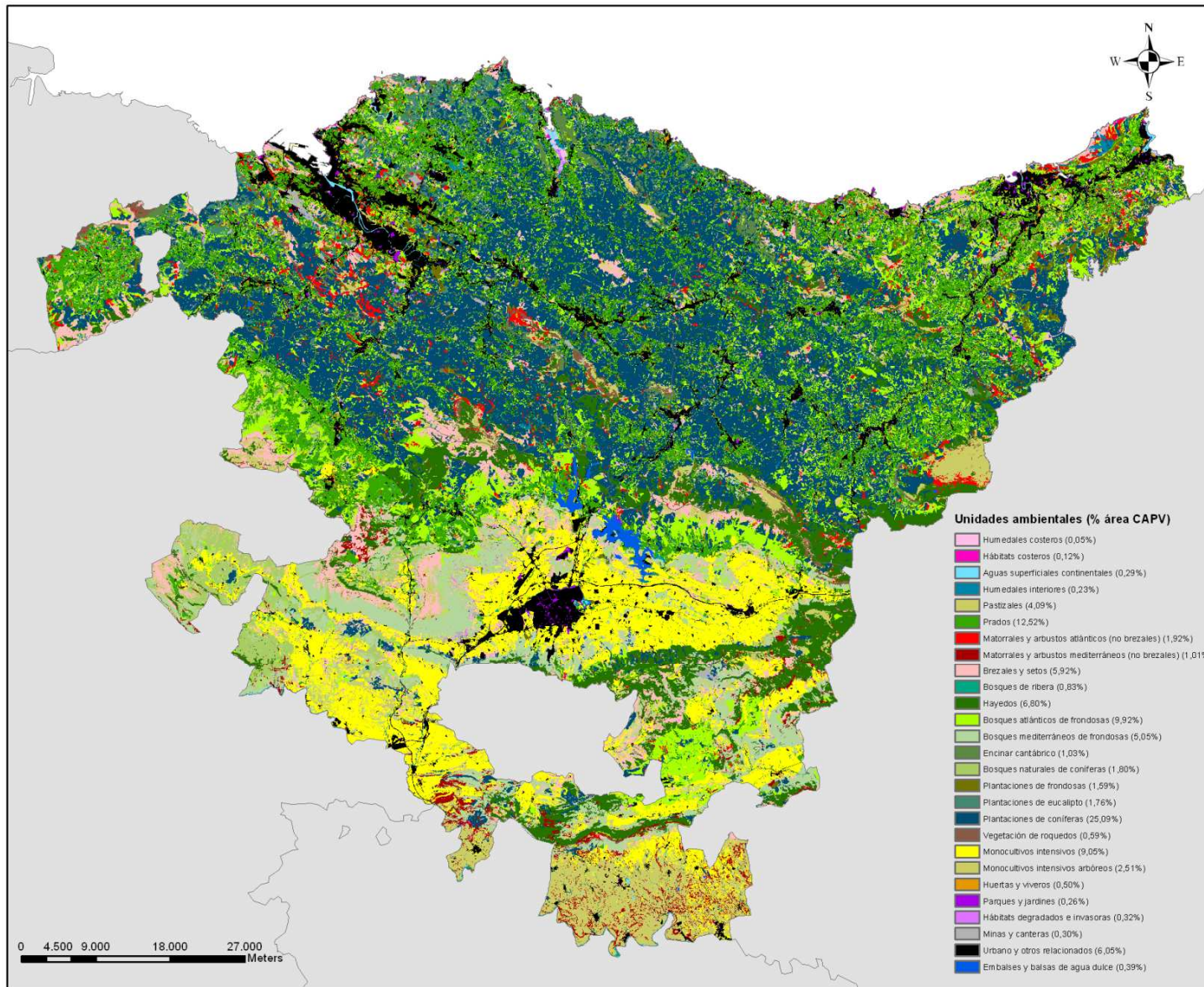


Figura 1. Mapa de unidades ambientales de Euskadi.

2. SELECCIÓN DE PROXIES

Para cartografiar la los servicios de los ecosistemas en Euskadi (Tabla 2, 3 y 4) ha sido seleccionado un proxy para cada uno en función de la información y la cartografía disponible.

SERVICIOS DE ABASTECIMIENTO	PROXIES	MÉTODOS
Abastecimiento de alimentos (agricultura y ganadería)	Rendimiento medio de alimentos para el ser humano (agricultura y ganadería)	<p>RA= P/S</p> <p>RA= Rendimiento medio cultivo agrícola que produce alimento para el ser humano (Tm/ha)</p> <p>P= Producción anual del cultivo agrícola (Tm)</p> <p>S= Superficie que ocupa cada cultivo agríc. (ha)</p> <p>RG= P/S</p> <p>RG= Rendimiento medio del ganado sacrificado (Tm/ha)</p> <p>P= Peso en canal total medio del ganado sacrificado (Tm)</p> <p>S= Superficie que ocupan los pastos donde se alimenta el ganado (ha)</p>
Abastecimiento de madera	Crecimiento anual de los ecosistemas forestales proveedores de madera	Crecimiento anual ($m^3 \text{año}^{-1} \text{ha}^{-1}$) obtenidos del LIDAR 2008 y 2012 calculado por HAZI

Tabla 2. Proxies y métodos seleccionados para mapear los servicios de abastecimiento.

SERVICIOS DE REGULACIÓN	PROXIES	MÉTODOS
Mantenimiento del hábitat	Índice de mantenimiento del hábitat	<p>MH= R + S + P</p> <p>MH= Índice de mantenimiento del hábitat</p> <p>R = Riqueza de especies de plantas vasculares autóctonas</p> <p>S = Estado sucesional</p> <p>P = Espacios protegidos o áreas de interés natural</p>

Tabla 3. Proxies y métodos seleccionados para mapear los servicios de regulación.

SERVICIOS DE REGULACIÓN	PROXIES	MÉTODOS
Almacenamiento de carbono	Contenido de carbono (C) total	<p>CT= CBv + CBm + CS CT= Contenido de C total (tC/ha) CBv= Contenido de C en biomasa viva (tC/ha) CBm= Contenido de C en biomasa muerta (tC/ha) CS= Contenido de C en el suelo (tC/ha)</p> <p>CBv= VCC * FEB * (1 + R) * Dm * FCms VCC= Volumen tronco con corteza (m³/ha) FEB= Factor de expansión de la biomasa R= Relación raíz/vástago Dm= Densidad de la madera (tms/m³) FCms=Fracción de C en materia seca (tC/tms)</p> <p>VCC= EMCC/S EMCC= Existencias maderables con corteza de la especie (m³) S= Superficie ocupada por especie (ha)</p> <p>CBm= V * Dm * FCms V= Volumen de madera muerta (m³/ha) Dm= Densidad de la madera (tms/m³) FCms=Fracción de C en materia seca (tC/tms)</p>
Regulación de la calidad del aire	Capacidad de eliminación del NO ₂ del aire	<p>CE NO₂= C NO₂ * Vd NO₂ CENO₂= Capacidad de eliminación del NO₂ del aire (µg/m²s) CNO₂= Concentración media anual de NO₂ en el aire (µg/m³) VdNO₂= Velocidad seca deposición del NO₂ en las hojas (ms⁻¹)</p>
Regulación hídrica	Índice de retención de agua	<p>WRI = (W_{Rv}R_v + W_{Rgw}R_{gw} + W_{Rs} R_s + W_{slope} Slope + W_{WB} R_{WB}) * (1- R_a/100) WRI = Índice de retención de agua WRv,WRgw, WRsv, Wslope, WWB= Pesos asignados a cada variable Rv= Intercepción por la vegetación Rgw = Permeabilidad del suelo Rs = Capacidad de almacenamiento del suelo Slope =Pendiente RWB = Sistemas acuáticos Ra = Impermeabilización del suelo</p>
Polinización	Índice de abundancia de polinizadores anidando	<p>Modulo de polinización del programa InVEST</p>

Tabla 3 (cont). Proxies y métodos seleccionados para mapear los servicios de regulación.

SERVICIOS CULTURALES	PROXIES	MÉTODOS
Recreo	Índice de recreo	<p>$R = PR + CR$</p> <p>R = Índice de recreo PR = Potencial para el recreo CR = Capacidad para el recreo</p> <p>$PR = N + P + A + G + R$</p> <p>N = Índice de naturalidad P = Grado de protección A = Presencia de masas de agua superficiales (ríos, lagos, aguas de transición, aguas costeras y embalses) G = Patrimonio geológico de interés turístico R = Presencia de cimas (montañas)</p> <p>$CR = A + I$</p> <p>A = Accesibilidad I = Presencia de infraestructuras artificiales (áreas recreativas, bodegas, museos, parques temáticos, parques ecológicos, parques provinciales, centros de interpretación, centros temáticos y centros BTT) y naturales (cuevas y zonas de escalada), hitos paisajísticos y puntos de observación de aves</p>
Disfrute estético del paisaje	Índice estética del paisaje	<p>$EP = P + R + Pa + A + HP - EN$</p> <p>EP = Índice estética del paisaje P = Percepción de la sociedad R = Tipo de relieve Pa = Diversidad de paisajes A = Presencia de masas de agua superficiales HP = Influencia de hitos paisajísticos EN = Influencia de elementos negativos</p>

Tabla 4. Proxies y métodos seleccionados para mapear los servicios culturales de los ecosistemas.

3. METODOLOGÍA PARA EL CARTOGRAFIADO DE SERVICIOS

3.1 SERVICIOS DE PRODUCCIÓN

3.1.1. ABASTECIMIENTO DE ALIMENTOS (agricultura y ganadería)

Los ecosistemas terrestres de Euskadi abastecen a la población de una gran cantidad de alimentos, algunos de los cuales son silvestres (setas, caza, frutos, etc.) y otros muchos cultivados (agricultura y ganadería).

En este proyecto para el cálculo del servicio de abastecimiento de alimentos en Euskadi se han tenido en cuenta únicamente los alimentos cultivados obtenidos tanto de la agricultura como de la ganadería.

ABASTECIMIENTO DE ALIMENTOS (cultivos agrícolas)

Para cartografiar el servicio de abastecimiento de alimentos (cultivos agrícolas) en Euskadi se ha utilizado como proxy el rendimiento medio de los principales cultivos agrícolas que producen alimento para el ser humano calculado mediante la siguiente fórmula:

$$RA = P/S$$

Donde:

RA= Rendimiento medio del cultivo agrícola ($Tmha^{-1}$)

P = Producción anual del cultivo agrícola (Tm)

S= Superficie que ocupa cada cultivo agrícola (ha)

Los datos de rendimiento medio de los diferentes cultivos agrícolas han sido calculados utilizando la estadística agraria del Gobierno Vasco para los tres Territorios Históricos para el periodo 2000-2016 (Tabla 5).

En el caso de Araba para calcular el rendimiento medio de los cultivos de cereal, patata y remolacha se tuvieron en cuenta los datos de producción y superficie de los cereales (maíz, trigo, cebada, avena y centeno), de la patata total y de la remolacha azucarera. En el caso de Bizkaia y Gipuzkoa únicamente se cultiva maíz como cereal y no se cultiva remolacha azucarera, así que para calcular el rendimiento medio de los cultivos de cereal y patata se tuvo en cuenta únicamente los datos del maíz y de la

patata total. Para calcular el rendimiento medio del resto de cultivos en los tres Territorios Históricos se tuvieron en cuenta los datos de producción y superficie de los siguientes cultivos:

- *Huertas y viveros*: lechuga, tomate, pimiento, puerro, col, coliflor, ajo, cebolla, guisantes, habas y judías verdes.
- *Cultivo de frutales*: manzana, peral, kiwi y nogal.
- *Viñedos*: uva transformada.

Para el caso del cultivo de aceituna (olivar) y de almendras no se poseen datos de producción, por lo que se ha utilizado como dato aproximado los datos de los nogales en Araba, por ser un cultivo similar y porque estos cultivos sólo se dan en este Territorio Histórico. En el caso de los terrenos arados desnudos o en barbecho, se les ha otorgado un valor de servicio bajo por no conocer el cultivo que estaba plantado o se iba a plantar.

Tipos de Cultivos	Rendimiento medio (Tm ha ⁻¹)		
	BIZKAIA	GIPUZKOA	ARABA
Cultivos de cereal, patata y remolacha	12,75	12,68	19,91
Huertas y viveros	15,76	16,25	18,96
Cultivos de frutales	7,62	9,12	11,06
Viñedos	5,90	8,35	6,37
Cultivos de maíz	3,07	3,27	3,64
Cultivos de manzana	8,91	4,85	11,01
Cultivos de kiwi	10,75	13,05	12,32
Cultivos de nogales	3,37	8,37	12,14
Olivar	-	-	12,14
Cultivos de almendros	-	-	12,14

Tabla 5. Datos de rendimiento medio (Tmha⁻¹) para cada tipo de cultivo y cada Territorio Histórico de Euskadi para el periodo 2000-2016.

Para el cartografiado de este servicio se tomó como base cartográfica las unidades ambientales elaboradas dentro del proyecto. Así, se seleccionaron las unidades ambientales correspondientes a monocultivos intensivos, huertas y viveros y plantaciones de frondosas para asignarle el valor correspondiente y al resto de

unidades ambientales se les asignó un valor nulo para el servicio. En el caso de los monocultivos intensivos se utilizó el mapa EUNIS 1:10.000 (Servicio de descarga ftp geoEuskadi: CT_HAB_EUNIS_2009_10000_ETRS89.zip) y el mapa de Vegetación 1:10.000 (Servicio de descarga ftp geoEuskadi: CT_VEGETACION_10000_ETRS89.zip) para identificar el tipo de cultivo (Viñedos, Olivar, terrenos arados desnudos o en barbecho y monocultivos intensivos en el mapa EUNIS y cultivos de cereal, patata y remolacha en el mapa de Vegetación del País Vasco) y asignarle el valor correspondiente a cada cultivo (Tabla 6). En el caso de las plantaciones de frondosas se utilizó el mapa EUNIS 1:10.000 (Servicio de descarga ftp geoEuskadi: CT_HAB_EUNIS_2009_10000_ETRS89.zip) para identificar las plantaciones de almendros y las plantaciones de otros frutales, y asignarle el valor correspondiente a cada cultivo (Tabla 6), mientras que al resto de Hábitats de esta unidad se les asignó un valor nulo para el servicio. Además, se utilizó el mapa de Territorios 1:5.000 (Servicio de descarga ftp geoEuskadi: CB_TERRITORIOS_5000_ETRS89.zip) para identificar los cultivos que pertenecen a cada Territorio Histórico.

Previa a la asignación de los valores correspondientes, todas aquellas manchas que poseían varios hábitats (alguno relacionado con los cultivos agrícolas) fueron revisadas mediante ortofoto para identificar y redibujar concretamente la mancha que poseía el hábitat requerido. También fueron revisadas todas las manchas identificadas como "*Terrenos arados desnudos o en barbecho*" para comprobar el uso real que poseían. También se revisaron aquellas manchas en las que en las notas aparecían algunos de los hábitats buscados o en las que se identificaban algunos tipos de cultivos específicos como maíz, manzanos, kiwi o nogales, para adjudicarles así el tipo de cultivo específico que poseía la mancha y asignarle su valor correspondiente.

Una vez calculado el rendimiento medio de los principales cultivos agrícolas de Euskadi que producen alimento para el ser humano se definen 5 rangos de valores (Servicio Muy alto, Alto, Medio, Bajo y Nulo) utilizando el método de cortes naturales de Jenks para determinar los puntos de corte de cada rango (sin tener en cuenta el valor nulo). Al no existir un criterio preestablecido en la bibliografía para definir los rangos de valores, se seleccionó este método porque establece los cortes de manera que la diferencia dentro del grupo es mínima y la diferencia entre grupos es máxima.

Hay que tener en cuenta que este método de clasificación no responde a ningún aspecto ecológico, por lo que la aceptación o modificación de los puntos de corte queda en manos del criterio de expertos. En la Tabla 6 se muestran los puntos de corte obtenidos para cartografiar el servicio de abastecimiento de alimentos (cultivos agrícolas).

Rendimiento medio del cultivo agrícola (RA) (Tm ha ⁻¹)	Servicio de abastecimiento de alimentos (cultivos agrícolas)
Sistemas no productivos	Nulo
<5	Bajo
5-6	Medio
7-12	Alto
>12	Muy alto

Tabla 6. Valor del servicio asignado a cada rango del rendimiento medio (Tmha⁻¹).

ABASTECIMIENTO DE ALIMENTOS (ganadería)

Para cartografiar el servicio de abastecimiento de alimentos (ganadería) en Euskadi se ha utilizado como proxy el rendimiento medio del ganado sacrificado calculado mediante la siguiente fórmula:

$$RG = P/S$$

Donde:

RG= Rendimiento medio del ganado sacrificado (Tmha⁻¹)

P = Peso en canal total medio del ganado sacrificado (Tm)

S= Superficie que ocupan los prados y pastizales de los que se alimenta el ganado (ha)

Los datos de peso en canal total del ganado sacrificado para las diferentes clases de ganado han sido obtenidos de la estadística oficial sobre sacrificio del ganado del Gobierno Vasco para los tres Territorios Históricos para el periodo 1997-2008. Conociendo el peso en canal total del ganado sacrificado para las diferentes clases de ganado en cada Territorio Histórico y la procedencia de dicho ganado se calcula un

valor medio para el periodo 1997-2008 del peso en canal total medio de cada clase de ganado sacrificado en cada Territorio Histórico, el cual se muestra en la Tabla 7. Sólo se ha contabilizado aquellas clases de ganado que se alimentan de los prados y pastizales del País Vasco (bovino, ovino, caprino y equino y cuya procedencia era el País Vasco).

Los datos de superficie que ocupan los prados y pastizales de los que se alimenta el ganado en los tres Territorios Históricos (Tabla 7) han sido calculados a partir del mapa EUNIS 1:10.000 y del mapa de Territorios 1:5.000 (Servicio de descarga ftp geoEuskadi: CT_HAB_EUNIS_2009_10000_ETRS89.zip y CB_TERRITORIOS_5000_ETRS89.zip). Para calcular este dato se tuvieron en cuenta todos los prados y los pastizales (Ver Tabla 1).

El rendimiento medio del ganado sacrificado para cada Territorio Histórico calculado se muestra en la Tabla 7.

Clases de ganado	Peso en canal total medio (Tm)		
	BIZKAIA	GIPUZKOA	ARABA
Bovino	5.337	7.386	2.325
Ovino	82	366	340
Caprino	0	6	3
Equino	29	58	60
TOTAL	5.449	7.815	2.727
	Superficie (ha)		
Prados y pastizales	42.616	39.951	37.596
	Rendimiento (Tm ha ⁻¹)		
	0,13	0,20	0,07

Tabla 7. Datos de peso en canal total medio (Tm) para cada clase de ganado sacrificado y para cada Territorio Histórico de Euskadi para el periodo 1997-2008. Datos sobre superficie (ha) que ocupan los prados que sirven de alimento para el ganado y datos de rendimiento medio (Tmha⁻¹) calculado para los tres Territorios Históricos.

Para el cartografiado de este servicio se tomo como base cartográfica los prados anteriormente mencionados, a los cuales se les asignó el valor correspondiente (Tabla 7) y al resto de unidades ambientales se les asignó un valor nulo para el servicio.

Una vez calculado el rendimiento medio del ganado sacrificado de Euskadi se definen 4 rangos de valores (Servicio Muy alto, Alto, Medio y Nulo) (Tabla 8) para cartografiar el servicio de abastecimiento de alimentos (ganadería).

Rendimiento medio del ganado (RG) (Tm ha ⁻¹)	Servicio de abastecimiento de alimentos (ganadería)
No prados o pastizales	Nulo
0,07	Medio
0,13	Alto
0,20	Muy alto

Tabla 8. Valor del servicio asignado a cada valor del rendimiento medio (Tmha⁻¹).

Una vez calculado el abastecimiento de alimentos mediante cultivos agrícolas y ganadería, se obtuvo el mapa del servicio de abastecimiento de alimentos (agricultura y ganadería) mediante la unión de ambos mapas. Este mapa representa la capacidad de cada área para el abastecimiento de alimentos para el ser humano (Figura 2).

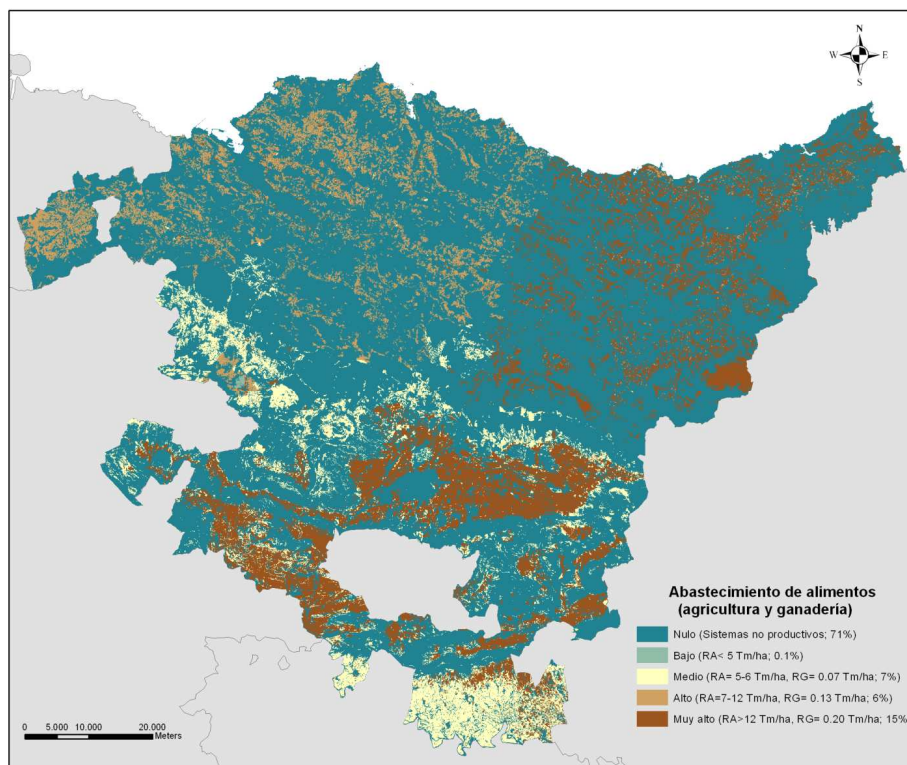


Figura 2. Mapa del servicio de abastecimiento de alimentos (agricultura y ganadería).

3.1.2 ABASTECIMIENTO DE MADERA

Los ecosistemas forestales de Euskadi abastecen a la población de madera que es utilizada para muchos usos (muebles, papel, leña, etc.).

Para cartografiar el servicio de abastecimiento de madera en Euskadi se ha utilizado como proxy el crecimiento anual ($\text{m}^3\text{año}^{-1}\text{ha}^{-1}$) calculado por HAZI por medio de los vuelos LIDAR del 2008 y 2012 en las parcelas del Inventario Forestal Nacional (IFN) 2011 (Capa del ftp geoEuskadi: Crecimiento_anual_2012.zip). Este crecimiento viene dado en 5 rangos: $0-5 \text{ m}^3\text{año}^{-1}\text{ha}^{-1}$, $5-10 \text{ m}^3\text{año}^{-1}\text{ha}^{-1}$, $10-15 \text{ m}^3\text{año}^{-1}\text{ha}^{-1}$, $15-20 \text{ m}^3\text{año}^{-1}\text{ha}^{-1}$ y $>20 \text{ m}^3\text{año}^{-1}\text{ha}^{-1}$.

Para el cartografiado de este servicio se ha tomado como base cartográfica las unidades ambientales elaboradas dentro del proyecto. Así, se seleccionaron las unidades ambientales correspondientes a plantaciones de coníferas, plantaciones de eucalipto, plantaciones de frondosas, hayedos, bosques atlánticos de frondosas, bosques mediterráneos de frondosas, encinar cantábrico y bosque natural de coníferas. A las unidades ambientales correspondientes a plantaciones forestales se les asignó un valor bajo cuando el crecimiento anual se encuentra dentro del rango de $0-5$ y de $5-10 \text{ m}^3/\text{ha-año}$, medio para el rango $10-15 \text{ m}^3/\text{ha-año}$, alto para el rango de $15-20 \text{ m}^3/\text{ha-año}$ y muy alto para el rango $>20 \text{ m}^3/\text{ha-año}$. A los bosques naturales mencionados se les asignó un valor bajo para el servicio, independientemente de su crecimiento, porque aunque si bien en algunas áreas se extraen pequeñas cantidades su finalidad no es la producción de madera. Al resto de unidades ambientales (todas no forestales) se les asignó un valor nulo para el servicio.

En la Tabla 9 se muestran los rangos de valores del crecimiento anual en relación con el valor del servicio de abastecimiento de madera asignado.

Crecimiento anual ($\text{m}^3\text{año}^{-1}\text{ha}^{-1}$)	Servicio de abastecimiento de madera
Sistemas no forestales	Nulo
<10	Bajo
10- 15	Medio
15-20	Alto
> 20	Muy alto

Tabla 9. Valor del servicio asignado a cada rango de la tasa de crecimiento anual.

En la Figura 3 se representa la capacidad de cada área para el abastecimiento de madera.

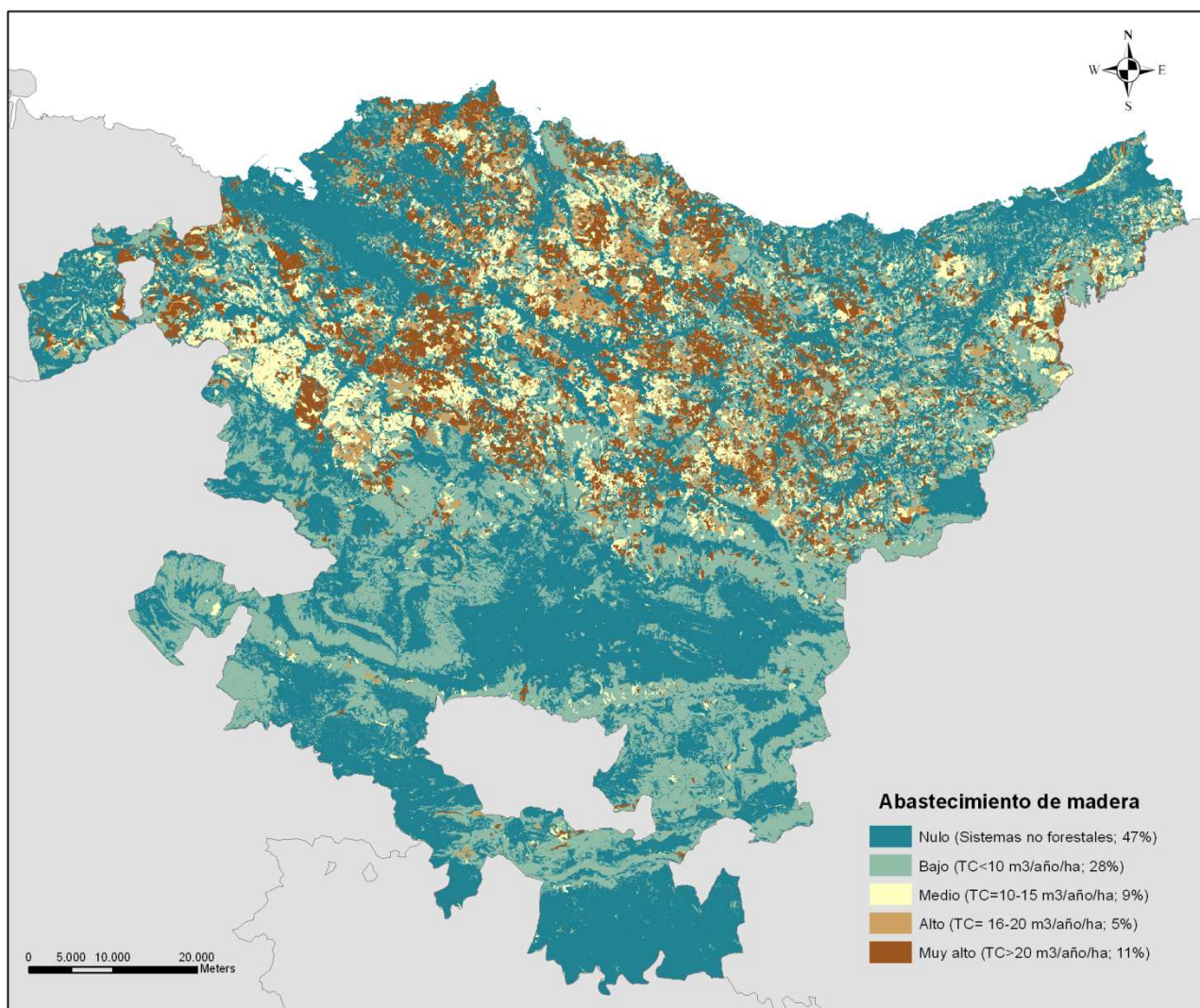


Figura 3. Mapa del servicio de abastecimiento de madera.

3.2 SERVICIOS DE REGULACIÓN

3.2.1 MANTENIMIENTO DEL HABITAT

Los diferentes ecosistemas ofrecen las condiciones adecuadas o hábitats para alimentarse, reproducirse, descansar o vivir de un determinado número de especies de flora, fauna o microorganismos autóctonos. Por lo que, la conservación de estos hábitats es necesaria para la supervivencia de estas especies.

Para cartografiar el servicio de mantenimiento del hábitat en Euskadi se ha utilizado como proxy el índice de mantenimiento del hábitat calculado mediante la siguiente fórmula (Onaindia et al., 2013; Sharp et al., 2016; Peña et al., 2017):

$$MH = R + S + P$$

Donde:

MH= Índice de mantenimiento del hábitat

R = Riqueza de especies de plantas vasculares autóctonas

S = Estado sucesional

P = Espacios protegidos o áreas de interés natural

Aquellos ecosistemas que se encuentren en un estado sucesional más avanzado tendrán una mayor cantidad de hábitats y una mayor riqueza de especies en general (Hamblen, 2004), y de plantas vasculares autóctonas en particular, las cuales sirven de alimento y de cobijo a muchas otras especies. Así, en algunos casos aunque la riqueza de especies de plantas vasculares autóctonas es reducida, la diversidad de especies animales o microorganismos es elevada debido a que son ecosistemas con un estado sucesional avanzado o maduro, como es el caso de los humedales o de los sistemas acuáticos, por lo que es necesario tener en cuenta también este factor. Los otros aspectos a tener en cuenta son el grado de protección o de interés natural que posee el área, ya que aquellos espacios declarados como protegidos o con cierto interés natural es debido a la importancia que poseen para el mantenimiento de la biodiversidad (flora y fauna) o el mantenimiento de sus hábitats singulares.

Riqueza de especies de plantas vasculares autóctonas

Para calcular la riqueza de especies únicamente se ha tenido en cuenta el número de especies de plantas vasculares autóctonas, ya que los datos de otros grupos como briófitos, invertebrados, mamíferos, hongos, etc. en Euskadi son escasos. Además, muchas de estas especies se encuentran asociadas a un determinado tipo de vegetación. Estos datos para cada unidad ambiental se han obtenido de la bibliografía (Tabla A1). Los datos han sido clasificados en 5 rangos en base al número

de especies de plantas vasculares autóctonas que poseen: 1= <5 especies; 2=5-25 especies, 3=26-50 especies, 4=51-75 especies y 5=>75 especies (Tabla 10).

Unidades Ambientales	Riqueza de especies de plantas vasculares autóctonas	Estado sucesional
Humedales costeros	3	5
Hàbitats costeros	3	5
Aguas superficiales continentales	2	5
Humedales interiores	3	5
Pastizales	3	3
Prados	4	3
Matorrales atlànticos	2	4
Matorrales mediterràneos	3	4
Brezales y setos	3	4
Bosques de ribera	5	5
Hayedos	4	5
Bosques de frondosas	5	5
Encinares cantàbricos	5	5
Bosques naturales de coníferas	4	5
Plantaciones de frondosas	3	2
Plantaciones de eucalipto	2	2
Plantaciones de coníferas	3	2
Vegetación de roquedos	4	5
Monocultivos intensivos arbóreos y no arbóreos	2	2
Huertas y viveros	2	2
Parques y jardines	2	2
Hàbitat degradados y especies invasoras	1	2
Zonas de extracción industrial: minas y canteras	1	1
Urbano y otros relacionados	1	1
Embalses y balsas de agua dulce	2	2

Tabla 10. Valores asignados a cada unidad ambiental en función de la riqueza de especies de plantas vasculares autóctonas que posee cada una y su estado sucesional. Riqueza de especies: 1= <5 especies; 2= 5-25 especies, 3 = 26-50 especies, 4= 51-75 especies y 5= >75 especies; Estado sucesional: 5 = unidades en etapas de sucesión finales, 4= en etapas de sucesión intermedias avanzadas, 3= intermedias iniciales, 2= en etapas iniciales, y 1= no se encuentran en ninguna etapa de sucesión natural-semiatural.

Estado sucesional

La vegetación potencial de la mayor parte de Euskadi está constituida por bosques naturales, excepto en la zona costera donde son los hábitats costeros los que constituyen la vegetación potencial (Aseguinolaza et al., 1988). Los pastizales-prados y matorrales se corresponden con la primera y segunda etapa de sucesión, respectivamente (Biurrun et al., 2009). Siguiendo este criterio, se asignaron valores del 1 al 5 a las unidades ambientales, asignando el valor 5 a las unidades en etapas de sucesión finales, 4= en etapas de sucesión intermedias avanzadas, 3= intermedias iniciales, 2= en etapas iniciales, y 1 a las unidades que no se encuentran en ninguna etapa de sucesión natural-seminatural. Los valores asignados a cada unidad ambiental se muestran en la Tabla 10.

Espacios protegidos o Áreas de interés natural

En Euskadi se han declarado diferentes áreas de interés natural debido a la presencia de especies de fauna y flora relevantes o hábitats y paisajes singulares en el que este servicio cobra cierta relevancia. Algunas se encuentran protegidas bajo la figura de Biotopo Protegido, Red Natura 2000 y Hábitat de Interés Comunitario y otras no poseen ningún tipo de protección o poseen otro tipo de protección diferente al anteriormente mencionado como son las Áreas de Interés Naturalístico y corredores ecológicos incluidos en las Directrices de Ordenación Territorial del País Vasco (DOT), Zonas declaradas de protección de especies acuáticas significativas desde el punto de vista económico del Registro de Zonas Protegidas con presencia en la CAPV recogidas en respuesta al Artículo 24c Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica y en relación con la Directiva 2006/113/CE relativa a moluscos y vida piscícola, Zonas húmedas del Registro de Zonas protegidas (zonas húmedas incluidas en la Lista del Convenio de Ramsar, en el Inventario Español de Zonas Húmedas de acuerdo con el Real Decreto 435/2004, de 12 de marzo, y otras zonas húmedas), Áreas de interés especial establecidas en los decretos y órdenes forales por las que se aprueban los correspondientes planes de gestión de las especies de fauna y flora amenazada y especies necrófagas. Además, existen Sistemas Agrarios y Forestales de Alto Valor Natural que ofrecen hábitats a especies de interés ligadas a las actividades primarias,

las cuales son importantes para el mantenimiento de la biodiversidad (López de Munain Marin, 2013). Así, los bosques son el hábitat de muchas especies animales y de insectos que acuden a los pastizales a realizar diferentes tareas, principalmente a alimentarse. Algunos de estos ejemplos son los ciervos que viven en los bosques y se alimentan en los pastizales, o aves que cazan insectos o zorros que cazan roedores en estos espacios. Se considera que para que un continuo forestal o de pastizales funcionen como un sistema donde un alto grado de elementos bióticos o abióticos interactúan y que haya grandes niveles de biodiversidad, el tamaño mínimo ha de ser de 100 ha (Iragui Yoldi et al., 2010). En el caso concreto de los Sistemas de Alto Valor Agrario tipo 1, han sido consideradas por HAZI como aquellos pastos y pastizales que posean una superficie continua mayor a 100 ha o se encuentran colindantes a Sistemas Forestales de Alto Valor Natural, los cuales se corresponden con una superficie continua mayor a 100 ha de un sistema formado por bosques, matorrales, brezales y vegetación de roquedos. Se considera que la biodiversidad de los pastos y pastizales se enriquece por la presencia cercana de Sistemas de Alto Valor Forestales, por lo que se han considerado como Áreas de Interés Natural. Teniendo en cuenta estos criterios, las áreas protegidas se han valorado con un 2, las áreas de interés natural no protegidas con un 1 y el resto con un 0. Para ello, se han utilizado las siguientes capas obtenidas del servicio de descarga ftp geoEuskadi: CT_0713GOtrasFigurasProtección.shp; RN2000_ES21_25000_ETRS89.zip; HAB_INT_COMUNIT_2012_10000_ETRS89.zip; URA0704LProteccionVidaPiscicola.zip; DOT_otros_esp_interes_A_200000_ETRS89.zip; URA0711GZonasHumedas.zip; DOT_corr_ecolog_A_200000_ETRS89.zip; URA0705GMarisqueoZonificacion.zip; FAUNA_AMENAZADA_PG_25000_ETRS89.zip; PG_NECROFAGAS_25000_ETRS89.zip; PLANES_RECUP_FLORA_1000_ETRS89.zip). En el caso de los Sistemas Agrarios y Forestales de Alto Valor Natural, han sido identificados utilizando la capa de unidades ambientales del proyecto.

Una vez calculado el índice de mantenimiento del hábitat se definen 5 rangos de valores (Servicio Muy alto, Alto, Medio, Bajo y Muy bajo) utilizando el método de cortes naturales de Jenks para determinar los puntos de corte de cada rango. Al no existir un criterio preestablecido en la bibliografía para definir los rangos de valores, se seleccionó este método porque establece los cortes de manera que la diferencia dentro del grupo es mínima y la diferencia entre grupos es máxima. Hay que tener en

cuenta que este método de clasificación no responde a ningún aspecto ecológico, por lo que la aceptación o modificación de los puntos de corte queda en manos del criterio de expertos. En la tabla 11 se muestran los puntos de corte obtenidos para cartografiar el servicio de mantenimiento del hábitat.

Índice de mantenimiento del hábitat (MH)	Mantenimiento del hábitat
2-3	Muy bajo o nulo
4-5	Bajo
6-8	Medio
9-10	Alto
11-12	Muy alto

Tabla 11. Valor del mantenimiento del hábitat asignado a cada rango del índice de mantenimiento del hábitat.

En la figura 4 se representa la importancia de cada área para el servicio de mantenimiento del hábitat.

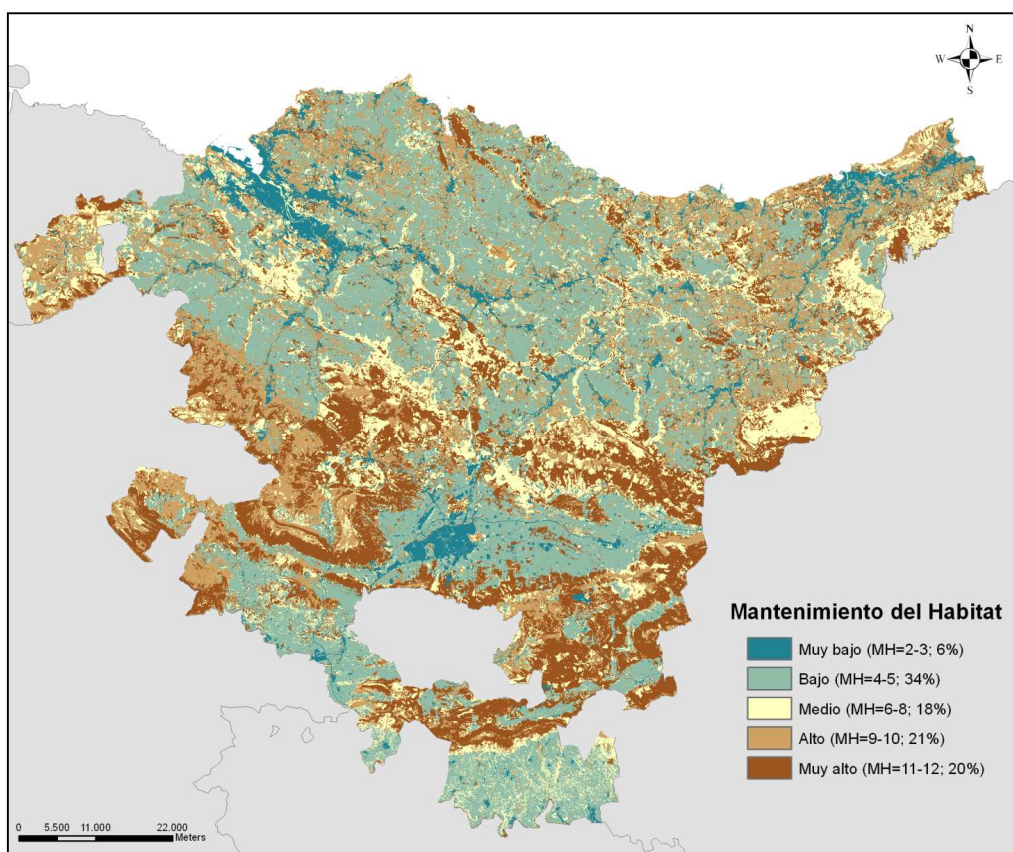


Figura 4. Mapa del servicio de mantenimiento del hábitat.

3.2.2 ALMACENAMIENTO DE CARBONO

La vegetación actúa como almacén o sumidero de carbono al extraer CO₂ de la atmósfera y fijar el carbono en su biomasa. El almacenamiento de carbono en el ecosistema se encuentra distribuido principalmente en tres compartimentos: biomasa viva (troncos, hojas, ramas y raíces), biomasa muerta (ramas y frutos, hojarasca, tocones) y suelo (humus y materia orgánica).

Para cartografiar el servicio de almacenamiento de carbono en Euskadi se ha utilizado como proxy el índice de contenido de carbono total calculado mediante la siguiente fórmula:

$$CT = CBv + CBm + CS$$

Donde:

CT= Contenido de carbono total del ecosistema (tC/ha)

CBv= Contenido de carbono en la biomasa viva (tC/ha)

CBm= Contenido de carbono en la biomasa muerta (tC/ha)

CS= Contenido de carbono en el suelo (tC/ha)

Contenido de carbono en la biomasa viva

Para los **ecosistemas no forestales** el contenido de carbono en la biomasa viva se considera igual a 0, ya que este contenido de carbono se considera despreciable con respecto al carbono almacenado por los sistemas forestales, excepto para los matorrales, brezales y setos, monocultivos arbóreos y parques. En el caso de estas unidades ambientales, aunque muchos autores consideran despreciable el contenido de carbono almacenado en su biomasa viva con respecto al carbono almacenado por los sistemas forestales, otros autores consideran que juegan un importante papel para este servicio (Daryanto et al., 2013, Brunoria et al., 2016). Por ejemplo, en parcelas españolas de *Pinus sylvestris* L., se ha observado que los matorrales pueden almacenar entre 1-2% del carbono total (García del Barrio, 2000), mientras que en bosques más abiertos, como las dehesas (*Quercus ilex* L.), la contribución de los matorrales es mayor, correspondiendo al 20-29% (Ruiz-Peinado et al., 2013). Además, Montero y Serrada (2013), utilizando modelos para distintas asociaciones arbustivas

calcularon que los matorrales en los bosques españoles almacenan el 8,2% del carbono almacenado. Así, para Euskadi como no se dispone de datos sobre el contenido de carbono en la biomasa viva de las unidades ambientales mencionadas arriba, este dato se ha obtenido de la bibliografía (Matorrales: 10-20tC/ha (Fonseca et al., 2012); Parques: 10-30tC/ha (Serrano et al., 2016) y Monocultivos arbóreos: 1,58-5,86tC/ha (Juhos & Tökei, 2012)) (Tabla 12).

Para los **ecosistemas forestales** el contenido de carbono en la biomasa viva se ha calculado mediante la siguiente fórmula (IPCC, 2003):

$$CBv = VCC * FEB * (1 + R) * Dm * FCms$$

Donde:

CBv= Contenido de carbono en la biomasa viva (aérea y subterránea) (tC/ha)

VCC= Volumen del tronco con corteza de la especie (m³/ha)

FEB= Factor de expansión de la biomasa (para incluir ramas y hojas)

R= Relación raíz/vástago (para incluir la raíz)

Dm= Densidad de la madera (tms/m³)

FCms= Fracción de carbono en la materia seca (tC/tms)

$$VCC = EMCC/S$$

Donde:

VCC= Volumen del tronco con corteza de la especie (m³/ha)

EMCC= Existencias maderables con corteza de la especie (m³)

S= Superficie ocupada por cada especie (ha)

Los datos del volumen del tronco con corteza de cada especie han sido obtenidos del Inventario Forestal de Euskadi para el año 2011. Los datos de la densidad de la madera para cada especie han sido obtenidos del Inventario Forestal Catalán (CPF 2004) y de las tablas de producción para los montes españoles (Madrigal et al., 1999) y el factor de expansión de la biomasa, la relación raíz/vástago y la fracción de carbono en la materia seca se han obtenido de la bibliografía (Montero et al., 2005). El

contenido de carbono en la biomasa viva calculado para cada unidad ambiental se muestra en la Tabla 12.

Unidades Ambientales	VCC (m ³ /ha)	FEB	R	Dm (t ms/m ³)	FCms (t/tms)	CBv (tC/ha)
Bosques de ribera	-	-	-	-	-	74
Hayedos	180	1,40	0,91	0,69	0,48	160
Bosques atl. de frondosas	176	1,50	0,28	0,71	0,48	115
Bosques med. de frondosas	64	2,20	0,49	0,79	0,48	80
Encinares cantábricos	44	2,80	0,88	0,90	0,48	100
Bosques naturales de coníferas	143	1,40	0,27	0,55	0,51	71
Plantaciones de frondosas	162	1,50	0,28	0,71	0,48	106
Plantaciones de eucalipto	145	1,40	2,80	0,60	0,48	222
Plantaciones de coníferas	216	1,20	0,25	0,49	0,51	81
Matorrales y setos	-	-	-	-	-	15
Monocultivos arbóreos	-	-	-	-	-	4
Parques y jardines	-	-	-	-	-	20
Resto de unidades	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0

Tabla 12. Valores de volumen del tronco con corteza (VCC), factor de expansión de la biomasa (FEB), relación raíz/vástago (R), densidad de la madera (Dm), fracción de carbono en la materia seca (FCms) y contenido de carbono en la biomasa viva (CBv) asignados a cada unidad ambiental.

Contenido de carbono en la biomasa muerta

El contenido de carbono en la biomasa muerta se ha calculado mediante la siguiente fórmula:

$$CBm = V * Dm * FCms$$

Donde:

CBm= Contenido de carbono en la biomasa muerta (aérea y subterránea) (tC/ha)

V= Volumen de madera muerta (m³/ha)

Dm= Densidad de la madera (tms/m³)

FCms= Fracción de carbono en la materia seca (tC/tms)

Los datos del volumen de madera muerta de cada especie han sido obtenidos del Inventario Forestal (IF) de Euskadi para el año 2011, a excepción del matorral que ha sido obtenido del IF de Euskadi para el año 2005 (Tabla 13). Para el resto de unidades ambientales se considera que el valor es despreciable frente al resto.

Unidades Ambientales	V (m ³ /ha)	Dm (t ms/m ³)	FCms (t /tms)	CBv (tC/ha)
Bosques de ribera	13,0	0,71	0,48	4,4
Hayedos	9,8	0,69	0,48	3,2
Bosques atl. de frondosas	12,0	0,71	0,48	4,1
Bosques med. de frondosas	4,7	0,79	0,48	1,8
Encinares cantábricos	2,4	0,90	0,48	1,0
Bosques naturales de coníferas	8,6	0,55	0,51	2,4
Plantaciones de frondosas	8,8	0,71	0,48	3,0
Plantaciones de eucalipto	5,1	0,60	0,48	1,5
Plantaciones de coníferas	10,1	0,49	0,51	2,5
Matorrales y setos	0,4	-	-	0
Monocultivos arbóreos	-	-	-	0
Parques y jardines	-	-	-	0
Resto de unidades	-	-	-	0

Tabla 13. Valores de volumen de madera muerta (V), densidad de la madera (Dm), fracción de carbono en la materia seca (FCms) y contenido de carbono en la biomasa muerta (CBm) asignados a cada unidad ambiental.

Contenido de carbono en el suelo

El contenido de carbono en el suelo ha sido obtenido a partir del mapa "Inventario de carbono orgánico almacenado en los 30 primeros centímetros del suelo" de Euskadi 1:25.000 (Neiker, 2004).

Una vez calculado el contenido de carbono total se definen 5 rangos de valores (Servicio Muy alto, Alto, Medio, Bajo y Nulo) utilizando el método de cortes naturales de Jenks para determinar los puntos de corte de cada rango, sin tener en cuenta el valor 0 (nulo). Al no existir un criterio preestablecido en la bibliografía para definir los rangos de valores, se seleccionó este método porque establece los cortes de manera que la diferencia dentro del grupo es mínima y la diferencia entre grupos es máxima. Hay que tener en cuenta que este método de clasificación no responde a ningún aspecto ecológico, por lo que la aceptación o modificación de los puntos de corte queda en manos del criterio de expertos. Con la metodología utilizada para el cartografiado de carbono en el suelo algunas de las unidades ambientales no han sido suficientemente representadas, como es el caso de los humedales costeros, por lo que basándonos en la bibliografía se le da un valor de almacenamiento de carbono final Bajo (Maes et al., 2014; Nahlik & Fennessy, 2016).

En la Tabla 14 se muestran los puntos de corte obtenidos para cartografiar el servicio de almacenamiento de carbono.

Contenido de carbono total (tC/ha)	Servicio de almacenamiento de carbono
<4	Nulo
4-97	Bajo
98-160	Medio
161-214	Alto
> 214	Muy alto

Tabla 14. Valor del servicio asignado a cada rango del índice de contenido de carbono total.

En la figura 5 se representa la importancia de cada área para el servicio de almacenamiento de carbono.

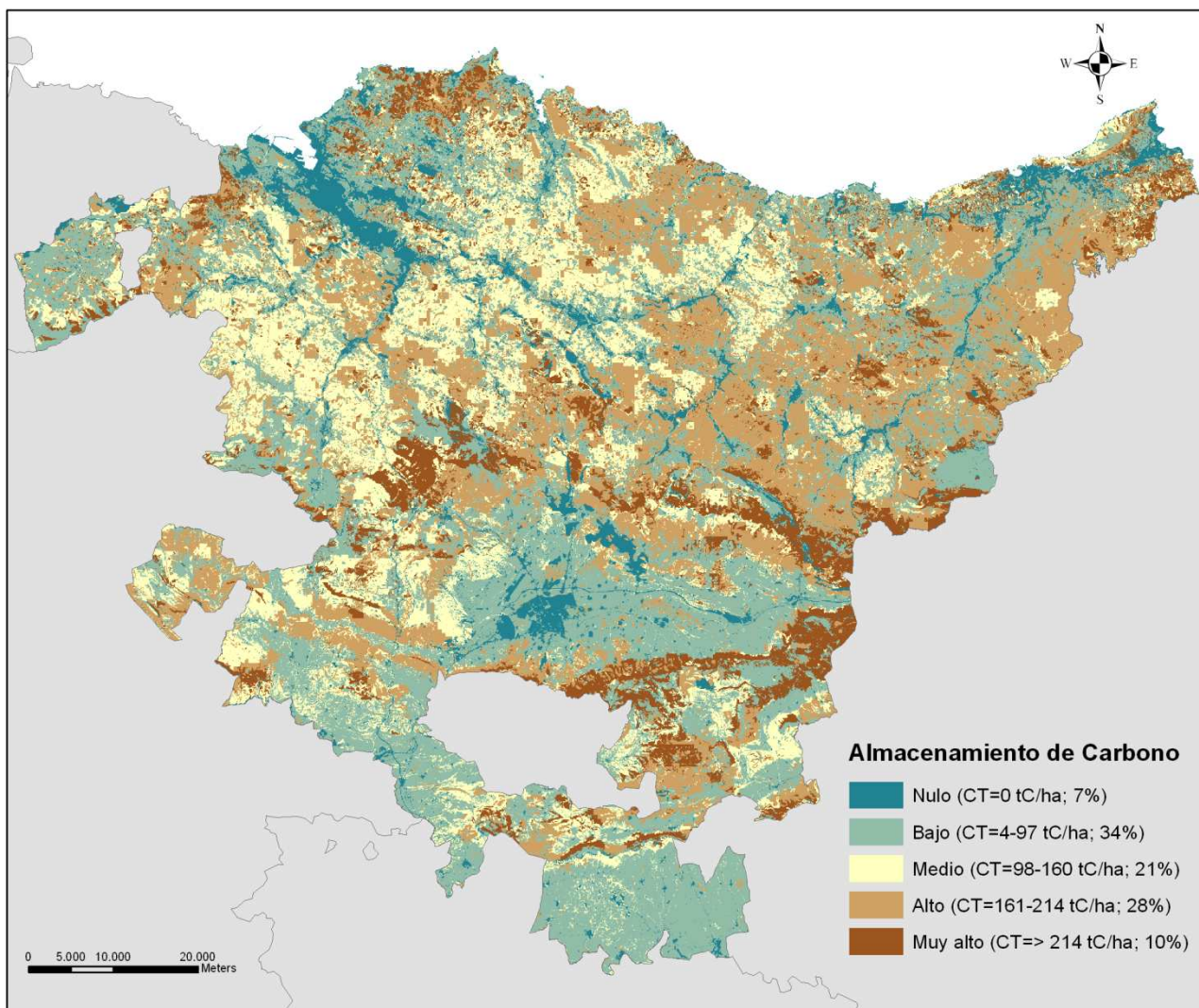


Figura 5. Mapa del servicio de almacenamiento de carbono.

3.2.3 REGULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

La vegetación posee cierta capacidad para capturar los contaminantes del aire, la cual puede calcularse en función del índice de área foliar o la apertura de los estomas que posea cada una, en base al contaminante que se esté analizando.

Para cartografiar el servicio de regulación de la calidad del aire en Euskadi se ha utilizado como proxy la capacidad de eliminación del NO₂ del aire que poseen los ecosistemas calculado mediante la siguiente fórmula:

$$CE\ NO_2 = C\ NO_2 * Vd\ NO_2$$

Donde:

C_{NO_2} = Capacidad de eliminación del NO_2 del aire ($\mu g/m^2s$)

C_{NO_2} = Concentración media anual de NO_2 en el aire ($\mu g/m^3$)

$V_{d_{NO_2}}$ = Velocidad seca de deposición del NO_2 en las hojas (ms^{-1})

Los datos utilizados para ello han sido el mapa de distribución de la concentración media anual de NO_2 para Euskadi para el año 2016 calculado mediante kriging en cuadrículas de 1km X 1km por el área de calidad del aire del Gobierno Vasco (CA_LIMITES2016_1X1KM_REC.shp) y los datos de velocidad de deposición del NO_2 para cada tipo de vegetación obtenidos de la bibliografía (Flechard et al., 2011; Su et al., 2009; Zhang et al., 2004 y 2009; MAPPLE model Project) (Tabla 15). En las cuadrículas de 1km X 1km anteriormente mencionadas se calculó la velocidad de deposición media de la vegetación presente en esas celdas para posteriormente aplicar la fórmula.

Unidades Ambientales	Velocidad seca de deposición del NO_2 (m/s)	Unidades Ambientales	Velocidad seca de deposición del NO_2 (m/s)
Humedales	0,0002	Encinares cantábricos	0,0028
Hábitats costeros	0,0000	Coníferas	0,0009
Agua superficiales o balsas de agua	0,0000	Vegetación de roquedos	0,0000
Pastizales y prados	0,0011	Monocultivos intensivos	0,0010
Matorrales	0,0006	Parques y jardines	0,0003
Fronosas	0,0013	Urbano	0,0000

Tabla 15. Valores de la velocidad seca de deposición del NO_2 (m/s) para cada tipo de vegetación.

Una vez calculado la capacidad de eliminación del NO_2 del aire por la vegetación en cada celda se definen 5 rangos de valores (Servicio Muy alto, Alto, Medio, Bajo y Nulo) utilizando el método de cortes naturales de Jenks para determinar los puntos de corte de cada rango. Al no existir un criterio preestablecido en la bibliografía para definir los rangos de valores, se seleccionó este método porque establece los cortes

de manera que la diferencia dentro del grupo es mínima y la diferencia entre grupos es máxima. Hay que tener en cuenta que este método de clasificación no responde a ningún aspecto ecológico, por lo que la aceptación o modificación de los puntos de corte queda en manos del criterio de expertos.

En la Tabla 16 se muestran los puntos de corte obtenidos para cartografiar el servicio de regulación de la calidad del aire.

Capacidad de eliminación del NO ₂ del aire (mg/m ² s)	Servicio de regulación de la calidad del aire
< 0,002	Nulo
0,003-0,007	Bajo
0,008-0,010	Medio
0,010-0,014	Alto
> 0,014	Muy alto

Tabla 16. Valor del servicio asignado a cada rango del índice de la capacidad de eliminación del NO₂ del aire.

En la figura 6 se representa la importancia de cada área para la regulación de la calidad del aire

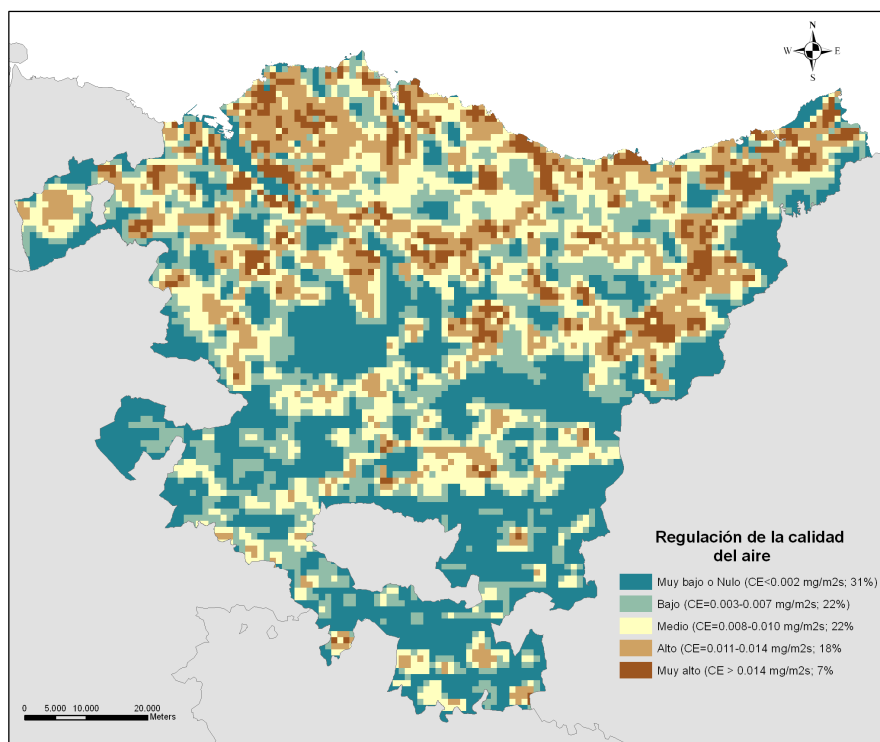


Figura 6. Mapa del servicio de regulación de la calidad del aire.

3.2.4 REGULACIÓN HÍDRICA

En periodos de fuertes lluvias la vegetación amortigua la caída de lluvia en el suelo y ralentiza su flujo, favoreciendo su infiltración en el suelo, reduciendo la escorrentía superficial y dando tiempo a la descarga de los ríos.

Para cartografiar el servicio de regulación hídrica se ha utilizado como proxy el índice de retención de agua. Este indicador evalúa la capacidad de los ecosistemas para regular y retener el agua. Es adimensional y tiene en cuenta tanto la interceptación por la vegetación, como la capacidad del suelo para retener el agua, la capacidad relativa del suelo y la roca para permitir la percolación del agua, la pendiente y la impermeabilización del suelo (Figura 7).

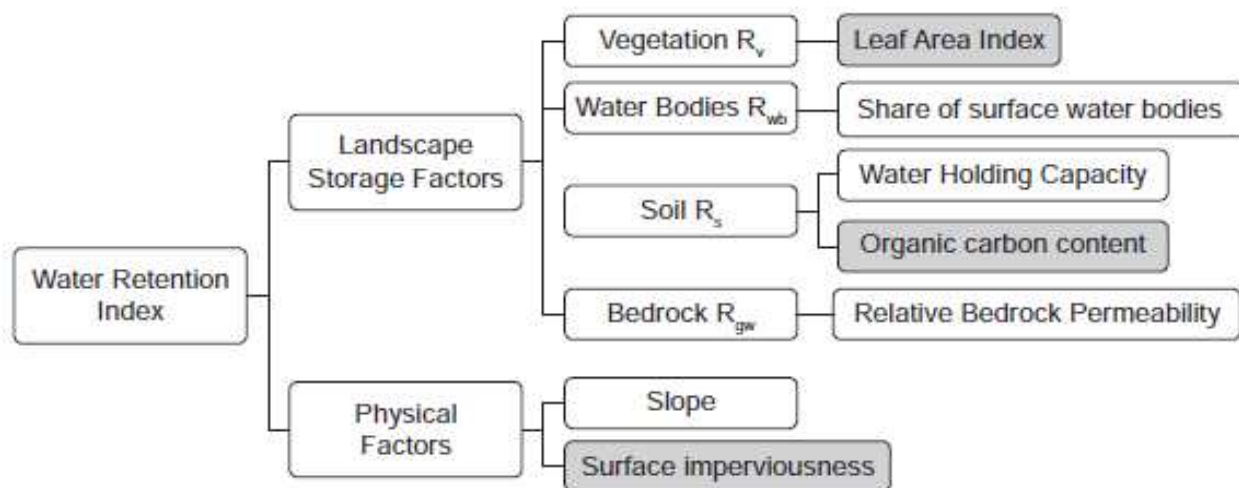


Figura 7. Metodología para calcular el índice de retención de agua

La fórmula utilizada para calcular el índice de retención del agua (WRI) fue:

$$WRI = (W_{Rv}R_v + W_{Rgw}R_{gw} + W_{Rs}R_s + W_{slope} Slope + W_{WB} R_{WB}) * (1 - R_a/100)$$

Donde:

WRI = Índice de retención de agua

$W_{Rv}, W_{Rgw}, W_{Rs}, W_{slope}, W_{WB}$ = Pesos asignados a cada variable

R_v = Interceptación por la vegetación

R_{gw} = Permeabilidad del suelo

R_s = Capacidad de almacenamiento del suelo

Slope = Pendiente

R_{WB} = Sistemas acuáticos

R_a = Impermeabilización del suelo

Intercepción por la vegetación

Para calcular este factor se ha utilizado el índice de área foliar (LAI) de mayo de 2018 (adimensional) a una resolución de 285 m en formato raster obtenido del Copernicus Global Land Service. Esos valores han sido estandarizados de 0-10.

Permeabilidad del suelo

Para calcular la permeabilidad del suelo se han utilizado las capas K_s (Capacidad de infiltración del suelo (cm/h)) y K_p (Capacidad de percolación del estrato rocoso (cm/h)) obtenidos de URA (ver más en Actualización de la evaluación de recursos hídricos de la CAPV 2010 (URA, 2014)) a una resolución de 500 m en formato raster. Ambas capas han sido sumadas para obtener un valor de permeabilidad del suelo y ese valor ha sido estandarizado de 0-10.

Capacidad de almacenamiento del suelo

Para calcular la capacidad de almacenamiento del suelo se han utilizado las capas H_u (capacidad máxima de almacenamiento estático en la capa superior del suelo (mm)) obtenida de URA (ver más en Actualización de la evaluación de recursos hídricos de la CAPV 2010 (URA, 2014)) a una resolución de 500 m en formato raster y el contenido de carbono en el suelo que ha sido obtenido a partir del mapa "Inventario de carbono orgánico almacenado en los 30 primeros centímetros del suelo" de Euskadi 1:25.000 (Neiker, 2004). Ambas capas han sido estandarizadas de 0-10 y posteriormente sumadas para obtener un valor de la capacidad de almacenamiento del suelo. Ese valor ha sido estandarizado de 0-10.

Pendiente

La pendiente ha sido obtenida utilizando el MDT descargado de geoeuskadi del año 2013 y el valor ha sido estandarizado de 0-10.

Sistemas acuáticos

En el caso de los sistemas acuáticos, a las unidades ambientales aguas superficiales y embalses se les ha dado un valor de 10 (máxima capacidad de retención de agua) y a los humedales costeros y a los humedales de interior un valor de 5 (capacidad de retención de agua media).

Impermeabilización del suelo

Se ha considerado que todas las áreas urbanas y artificializadas se encuentran impermeabilizadas, por lo que se les ha dado un valor de 0 a esta unidad y al resto de unidades ambientales un valor de 1.

Pesos asignados a cada variable

Para calcular los pesos asignados a cada variable es necesario realizar un análisis de sensibilidad. En este caso se han utilizado los pesos publicados en el artículo (Vandecasteele et al. 2016) aunque se espera realizar análisis de sensibilidad propios. Así, los valores utilizados han sido: $W_{Rv}= 0.17$, $W_{Rgw,}= 0.29$, $W_{Rsv}= 0.14$, $W_{slope}= 0.10$, $W_{WB,}= 0.28$.

Una vez calculado el índice de retención de agua se definen 5 rangos de valores (Servicio Muy alto, Alto, Medio, Bajo y Nulo) utilizando el método de cortes naturales de Jenks para determinar los puntos de corte de cada rango. Al no existir un criterio preestablecido en la bibliografía para definir los rangos de valores, se seleccionó este método porque establece los cortes de manera que la diferencia dentro del grupo es mínima y la diferencia entre grupos es máxima. Hay que tener en cuenta que este método de clasificación no responde a ningún aspecto ecológico, por lo que la aceptación o modificación de los puntos de corte queda en manos del criterio de expertos.

En la Tabla 17 se muestran los puntos de corte obtenidos para cartografiar el servicio de regulación hídrica.

Índice de retención de agua	Servicio de regulación hídrica
< 1,18	Muy bajo
1,18-2,78	Bajo
2,79-3,47	Medio
3,48-4,07	Alto
> 4,07	Muy alto

Tabla 17. Valor del servicio asignado a cada rango del índice de retención de agua.

En la figura 7 se representa la importancia de cada área para la regulación hídrica.

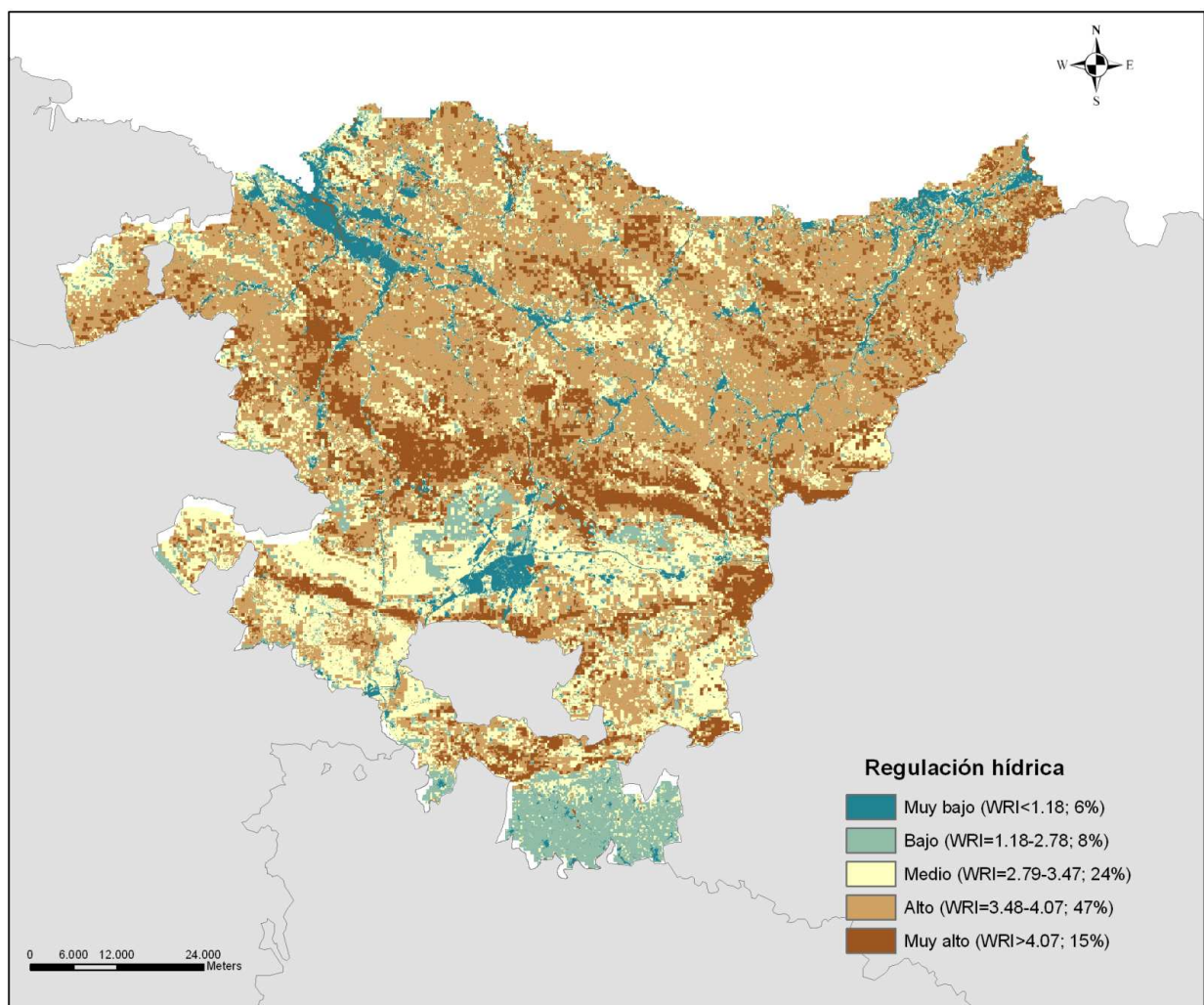


Figura 7. Mapa del servicio de regulación hídrica.

3.2.5 POLINIZACIÓN

La polinización que se realiza en los ecosistemas es realizada por el viento, los animales o el agua. Los insectos son uno de los principales polinizadores.

Para el cartografiado del servicio de polinización se ha utilizado el modulo de polinización del programa InVEST. Este modelo se centra en los insectos polinizadores silvestres, ya que este servicio es proporcionado en gran medida por los mismos. Para que los insectos polinizadores persistan en el ecosistema necesitan dos cosas: lugares adecuados para anidar y suficiente comida cerca de dichos lugares. Por ello, este modelo se basa tanto en las necesidades de recursos de los insectos (disponibilidad de hábitat para anidar y disponibilidad de alimento) como en sus distancias de desplazamiento para calcular un índice de abundancia probable de polinizadores anidando en cada zona (IAPP), que será el índice que utilizaremos como proxy para cartografiar el servicio de polinización en Euskadi. Para más información consultar: http://www.naturalcapitalproject.org/models/crop_pollination.html

Así, para el cartografiado del servicio de polinización se ha incluido en el modelo el mapa de unidades ambientales en formato raster, datos sobre la disponibilidad de hábitat para anidar y de los recursos florales de los diferentes usos del suelo, ambos expresados en un índice relativo (de 0 a 1) obtenido de la bibliografía (Zulian et al., 2013; Lonsdorf et al., 2009; Larrinaga, 2004), y datos de distancia de desplazamiento de la especie *Apis mellifera* (abeja silvestre presente en Euskadi) que fueron obtenidos también de la bibliografía. El mapa de unidades ambientales utilizado en este caso fue modificado para identificar todos aquellos hábitats de los que se disponían de datos específicos (Tabla 18). Para ello se utilizó el mapa EUNIS 1:10.000 (Servicio de descarga ftp geoEuskadi: CT_HAB_EUNIS_2009_10000_ETRS89.zip).

Las valoraciones asignadas a cada unidad ambiental en función de la disponibilidad de hábitat para anidar y de la disponibilidad de alimento se muestran en la tabla 18 y como dato de distancia media de desplazamiento de la especie *Apis mellifera* se utilizó el valor de 700 m.

Unidades Ambientales	Disponibilidad de hábitat para anidar	Disponibilidad de alimentos
Marismas y carrizales salinos	0.3	0.5
Hábitats costeros	0.3	0.1
Hábitats costeros sin vegetación (B1.21;B3.23)	0.0	0.0
Aguas superficiales continentales	0.0	0.0
Turberas y zonas fangosas	0.0	0.6
Prados	0.8	1.0
Matorrales y arbustos	1.0	0.9
Helechales	0.3	0.2
Maquis	0.9	0.8
Brezales y setos	0.9	1.0
Bosques naturales de frondosas	0.8	0.9
Bosques naturales de coníferas	0.8	0.0
Plantaciones de frondosas	0.8	0.9
Plantaciones de eucalipto	0.8	0.9
Plantaciones de coníferas	0.8	0.0
Vegetación de roquedos	0.0	0.0
Monocultivos intensivos	0.2	0.1
Viñedos	0.4	0.6
Olivar	0.5	0.5
Huertas y viveros	0.2	0.3
Parques y jardines	0.4	0.3
Hábitat degradados y especies invasoras	0.0	0.0
Formaciones de Baccharis halimifolia	0.3	0.5
Zonas de extracción industrial: minas y canteras	0.3	0.1
Urbano y otros relacionados	0.3	0.1
Cementerios	0.4	0.3
Construcciones de alta densidad	0.1	0.1
Construcciones de baja densidad	0.3	0.3
Terrenos relacionados con redes de transporte	0.3	0.3
Redes de transporte, vertederos y salinas	0.0	0.0
Embalses y balsas de agua dulce	0.0	0.0

Tabla 18. Datos asignados a cada unidad ambiental en función de la disponibilidad de hábitat para anidar (disponibilidad máxima =1 y no hay disponibilidad=0) y de la disponibilidad de alimento (100% de la superficie está cubierta de flores melíferas =1 y no hay flores melíferas=0).

Una vez corrido el modelo se obtiene el mapa del índice de abundancia probable de polinizadores anidando en cada zona y a partir del mismo se definen 5 rangos de valores (Servicio Muy alto, Alto, Medio, Bajo y Muy bajo) utilizando el método de cortes naturales de Jenks para determinar los puntos de corte de cada rango. Al no existir un criterio preestablecido en la bibliografía para definir los rangos de valores, se seleccionó este método porque establece los cortes de manera que la diferencia dentro del grupo es mínima y la diferencia entre grupos es máxima. Hay que tener en cuenta que este método de clasificación no responde a ningún aspecto ecológico, por lo que la aceptación o modificación de los puntos de corte queda en manos del criterio de expertos.

En la tabla 19 se muestran los puntos de corte obtenidos para cartografiar el servicio de polinización.

Índice de abundancia probable de polinizadores anidando en cada zona	Servicio de polinización
< 0,10	Muy bajo o nulo
0,10-0,25	Bajo
0,26-0,40	Medio
0,41-0,55	Alto
> 0,55	Muy alto

Tabla 19. Valor del servicio asignado a cada rango del índice de abundancia probable de polinizadores anidando en cada zona.

Limitaciones del Modelo

Los resultados obtenidos con el modelo InVEST son razonablemente precisos cuando se comparan con las observaciones de campo (Lonsdorf et al. 2009). Sin embargo, es necesario tener en cuenta las siguientes limitaciones:

- 1º. El modelo solo obtiene valores relativos de la abundancia de polinizadores. Debido a que los valores absolutos de la densidad de nidos, de la disponibilidad de recursos y de la abundancia de polinizadores raramente están disponibles.

2º. El modelo no incluye las dinámicas de las poblaciones a lo largo del tiempo y, por lo tanto, no puede evaluar si las poblaciones de polinizadores son sostenibles en el paisaje evaluado. Factores como las perturbaciones o las fluctuaciones de las poblaciones no son capturadas.

3º. El modelo no tiene en cuenta el tamaño de las manchas a la hora de realizar sus estimaciones de abundancia de polinizadores. Sin embargo, algunas especies necesitan un tamaño de mancha mínimo, por debajo del cual sus poblaciones no pueden persistir por largo tiempo.

4º. Existen elementos en los paisajes, como hileras de setos o pequeñas manchas de flores, que son muy importantes para el mantenimiento de las poblaciones de insectos polinizadores, ya que les ofrecen alimento; sin embargo, no pueden ser recogidas por la cartografía a menos que se haga a una escala muy detallada.

En la figura 8 se representa la importancia de cada área para la conservación de insectos polinizadores en base a la probabilidad de encontrar insectos anidando en dichas zonas.

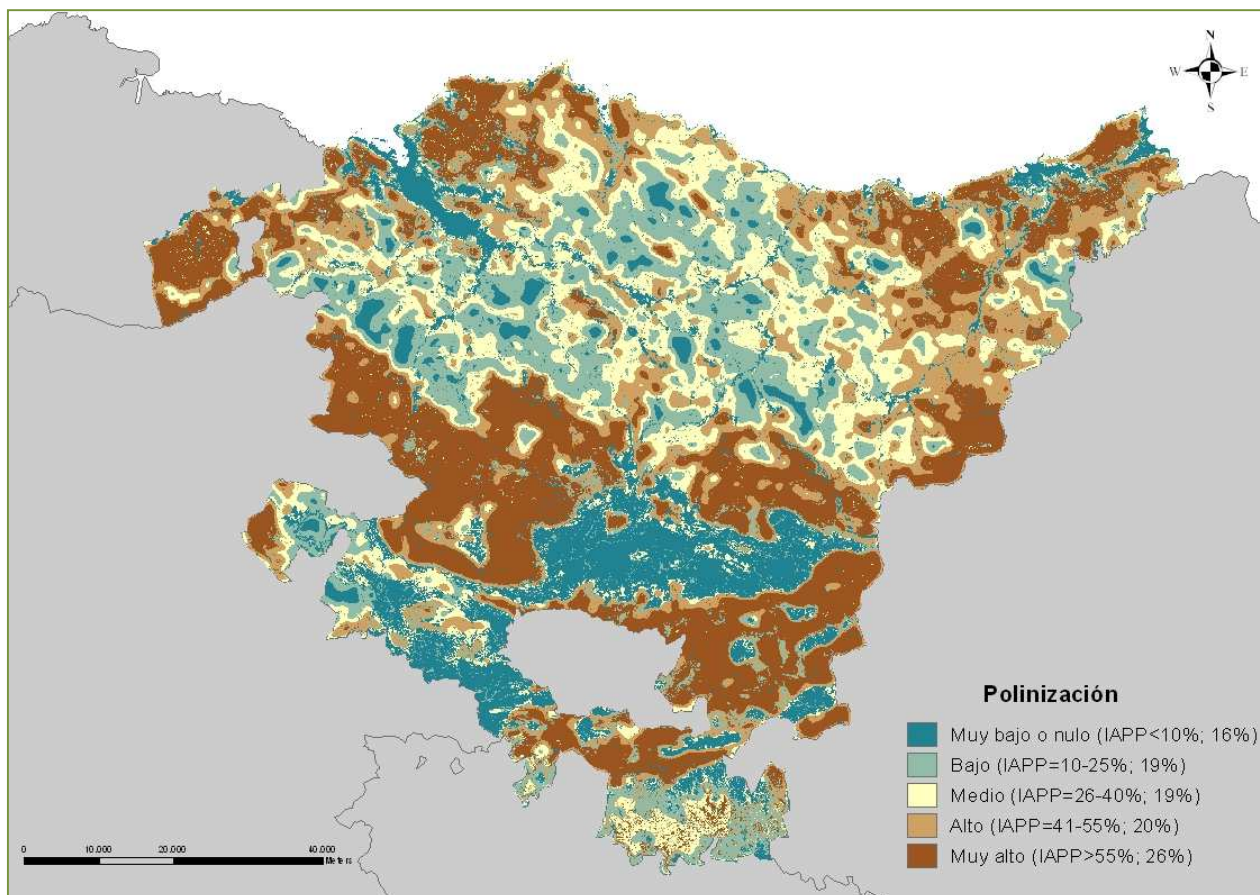


Figura 8. Mapa del servicio de polinización.

3.3 SERVICIOS CULTURALES

3.3.1 RECREO

La posibilidad de realizar actividades recreativas y de ocio al aire libre que ofrecen los distintos ecosistemas depende tanto de la capacidad que posee el territorio para el uso recreativo (infraestructuras para el recreo y la accesibilidad de los lugares a utilizar) como de su potencial (características intrínsecas) (Adamowicz et al., 2011, Casado-Arzuaga et al., 2014, Maes et al., 2011b, Nahuelhual et al., 2013).

Así, para cartografiar este servicio en Euskadi se ha utilizado como proxy el índice de recreo calculado mediante la siguiente fórmula:

$$R = PR + CR$$

Donde:

R= Índice de recreo

PR = Potencial para el recreo

CR = Capacidad para el recreo

POTENCIAL PARA EL RECREO

El potencial para el recreo se ha calculado mediante la siguiente fórmula:

$$PR = N + P + A + G + R$$

Donde:

PR = Potencial para el recreo

N = Índice de naturalidad

P = Grado de protección

A = Presencia de masas de agua superficiales (ríos, lagos, aguas de transición, aguas costeras y embalses)

G = Patrimonio geológico de interés turístico

R = Presencia de cimas (montañas)

Índice de naturalidad

El índice de naturalidad muestra el grado de influencia humana que poseen las distintas unidades ambientales y lo alejadas que están de su vegetación potencial. En general, los ecosistemas más naturales son más atractivos desde el punto de vista recreativo (Hartig and Staats, 2006; Willemen et al., 2008; Maes et al., 2011a) porque poseen una mayor biodiversidad (Maes et al., 2012) y un mayor valor estético. Así, basándonos en el estudio de Loidi et al. (2007), se asignaron valores del 1 al 7 a las distintas unidades ambientales, asignando el valor 7 a las unidades con mayor índice de naturalidad y el valor 1 a las unidades con menor índice. Los valores asignados a cada unidad ambiental se muestran en la tabla 20.

Unidades Ambientales	Índice de naturalidad	Unidades Ambientales	Índice de naturalidad
Marismas y carrizales salinos	6	Plantaciones de frondosas	3
Hábitats costeros	6	Plantaciones de eucalipto	3
Aguas superficiales contin.	5	Plantaciones de coníferas	3
Turberas y zonas fangosas	6	Vegetación de roquedos	7
Prados y setos	4	Monocultivos intensivos	1
Matorrales y arbustos	5	Huertas y viveros	1
Brezales	5	Parques y jardines	2
Bosques de ribera	7	Háb. Degradados/ sp. invas	1
Hayedos	7	Minas y canteras	1
Bosques de frondosas	7	Urbano	0
Encinares cantábricos	7	Embalses y balsas de agua	4
Bosques naturales de coníferas	7		

Tabla 20. Índice de naturalidad para cada unidad ambiental.

Grado de protección

En Euskadi existen áreas declaradas bajo la figura de Biotopo Protegido, Parque Natural, Reserva de la Biosfera, Humedal RAMSAR y Red Natura 2000, las cuales se encuentran bajo cierto grado de protección, y declaradas bajo la figura de Áreas de Interés Naturalístico y Espacios de Interés, que aunque no tienen ningún tipo de protección han sido declaradas por ser áreas de interés natural. La presencia de

paisajes, ecosistemas y especies de fauna y flora singulares han sido considerados para la declaración o protección de estas áreas, las cuales son un gran atractivo para el recreo de la sociedad. Teniendo en cuenta estos criterios, las áreas protegidas (excepto Red Natura 2000) se han valorado con un 2, las áreas dentro de Red Natura 2000, las Áreas de Interés Naturalístico y los Espacios de Interés con un 1, por considerarse que son áreas menos conocidas y con menos valor para el recreo, y al resto con un 0. En aquellas zonas donde se solapan distintos valores se acepta el de mayor valor. Así, se han utilizado los mapas de Natura 2000 1:25.0000 (RN2000_ES21_25000_ETRS89.zip), Humedales RAMSAR 1:25.0000 (Ramsar_ES21_25000_ETRS89.zip), Espacios Naturales Protegidos 1:25.0000 (ENP_ES21_25000_ETRS89.zip), Reserva de la Biosfera 1:25.0000 (MaB_ES21_25000_ETRS89.zip), Espacios de Interés 1:25.0000 (CT_ESPACIOS_INTERES_25000_ETRS89.zip) y Áreas de Interés Naturalístico de las DOT 1:25.0000 (CT_INT_NATURALISTICO_DOT_25000_ETRS89.zip). Todos los mapas han sido obtenidos del servicio de descarga ftp geoEuskadi.

Presencia de masas de agua superficiales

La presencia de masas de agua superficiales (ríos, lagos, aguas de transición, aguas costeras y embalses) es un importante atractivo para el recreo (Willemen et al., 2008; Norton et al., 2012, Maes et al., 2012), ya que en ellas se pueden realizar una gran cantidad de actividades de ocio como pescar, bañarse, navegar, hacer surf, etc. Teniendo en cuenta estos criterios, las playas se han valorado con un 3, las masas de agua con cotos de pesca o aptas para el baño y los embalses con un 2, las masas de agua sin cotos de pesca o no aptas para el baño y las aguas costeras que no son playas con un 1 y al resto con un 0. En aquellas zonas donde se solapan distintos valores se acepta el de mayor valor. Para ello, se han utilizado los mapas de Tramos de río 1:5.000 (Buffer de 25 m)(Servicio de descarga ftp geoEuskadi: URA0202LTramosRioCAPV_ETRS89.zip), Embalses 1:5000 (Servicio de descarga ftp geoEuskadi: URA0205GMasaAguaEmbalses_ETRS89.zip), Masas de agua 1:25.000 (Anteproyecto del Catálogo de Paisajes Singulares y Sobresalientes de la CAPV del 2005), Zonas de baño 2009 1:25.000 (Servicio de descarga ftp geoEuskadi) y Paisajes de influencia marina 1:25.000 (Servicio de descarga ftp geoEuskadi: CT_PAISAJE_MAR_CAT_25000_ETRS89.zip). Los cotos de pesca y las masas de agua aptas

para el baño se han obtenido de la bibliografía (Ikaur-Ekolur, 2006; Orden Foral de Bizkaia y Araba, 2013).

Patrimonio geológico de interés turístico

En Euskadi han sido identificados 150 Lugares de Interés Geológico (LIGs) con características geológicas singulares (afloramientos importantes, presencia de fósiles, estructuras singulares, etc.). Sin embargo, no todos ellos poseen un elevado interés para el recreo. Teniendo en cuenta este criterio, los LIGs con valor turístico ≥ 2 inventariados dentro de la Estrategia de Geodiversidad del País Vasco y las geozonas identificadas dentro del proyecto "Geoturismo sostenible en la CAPVI" se han valorado con un 1 y al resto con un 0. Para ello, se han utilizado los mapas de LIGs 1:25.0000 (Servicio de descarga ftp geoEuskadi: CT_LIG_25000_ETRS89.zip) y el de Geozonas y LIGs de conexión de la red GEO_BASQUE (Geozonas_ed50_v2_etr89.shp).

Presencia de cimas (montañas)

La presencia de cimas en el territorio es un importante atractivo para el recreo, ya que la sociedad vasca es muy aficionada a subir a la montaña. Teniendo en cuenta esto, la presencia de cimas y su entorno (buffer de 500 m) se han valorado con un 1 y al resto con un 0. Para ello, se ha utilizado el mapa de cimas elaborado a partir de las UTM's de los montes vascos (www.mendikat.net).

Una vez calculado el potencial para el recreo se definen 5 rangos de valores (Servicio Muy alto, Alto, Medio, Bajo y Muy bajo) utilizando el método de cortes naturales de Jenks para determinar los puntos de corte de cada rango. Al no existir un criterio preestablecido en la bibliografía para definir los rangos de valores, se seleccionó este método porque establece los cortes de manera que la diferencia dentro del grupo es mínima y la diferencia entre grupos es máxima. Hay que tener en cuenta que este método de clasificación no responde a ningún aspecto ecológico, por lo que la aceptación o modificación de los puntos de corte queda en manos del criterio de expertos.

En la tabla 21 se muestran los puntos de corte obtenidos para cartografiar el potencial para el recreo.

Potencial para el recreo	Servicio de recreo (Potencial)
≤ 2	Muy bajo o nulo
3-5	Bajo
6-7	Medio
8-9	Alto
≥ 10	Muy alto

Tabla 21. Valor asignado a cada rango del potencial para el recreo.

CAPACIDAD PARA EL RECREO

La capacidad para el recreo se ha calculado mediante la siguiente fórmula:

$$CR = A + I$$

Donde:

CR = Capacidad para el recreo

A = Accesibilidad

I = Presencia de infraestructuras, hitos paisajísticos y puntos de observación de aves

Accesibilidad

Se considera que una buena accesibilidad es necesaria para que la población pueda acceder a las zonas de recreo (Willemen et al., 2008; Maes et al., 2011a). Teniendo en cuenta este criterio, la presencia de infraestructuras lineales muy transitadas por vehículos a motor (carreteras, autopistas, etc.) en un buffer de 200 m se han valorado con un 2, la presencia de infraestructuras lineales en las que existe un uso limitado de vehículos a motor (caminos, sendas y carril bici) en un buffer de 200 m con un 1 y el resto con un 0. En aquellas zonas donde se solapan distintos valores se acepta el de

mayor valor. Para ello, se ha utilizado el mapa de ejes de la red viaria 1:5.000 (Servicio ftp geoEuskadi: BTA_TRA_EJES_REDVIARIA_L_5000_ETRS89_DICIEMBRE_2014.zip).

Presencia de infraestructuras, hitos paisajísticos y puntos de observación de aves

Se considera que una buena red de infraestructuras destinadas al ocio es necesaria para el recreo de la sociedad (Willemens et al., 2008; Maes et al., 2011a). Teniendo en cuenta este criterio, la presencia de infraestructuras artificiales (áreas recreativas, bodegas, museos, parques temáticos, parques ecológicos, parques provinciales, centros de interpretación, centros temáticos y centros BTT) y naturales (cuevas y zonas de escalada) destinadas a actividades recreativas y su entorno (buffer de 500 m) se han valorados con un 3, al igual que la presencia de hitos paisajísticos y los puntos de observación de aves y su entorno (buffer de 500 m) (De Valck et al., 2017). El resto de áreas se han valorado con un 0. Para ello, se han localizado todas estas infraestructuras en un mapa mediante sus coordenadas UTM y, en el caso de los hitos paisajísticos y los puntos de observación de aves se ha utilizado el mapa de hitos paisajísticos 1:25.000 obtenido del Anteproyecto del Catálogo abierto de Paisajes Singulares y Sobresalientes de la CAPV del 2005 (Servicio de descarga ftp geoEuskadi: CT_HITOS_PAISAJISTICOS_25000_ETRS89.zip) y el mapa de los itinerarios ornitológicos (sólo se han considerado los puntos) (Servicio de descarga ftp geoEuskadi: Itinerarios.zip), respectivamente.

Una vez calculada la capacidad para el recreo se definen 5 rangos de valores (Servicio Muy alto, Alto, Medio, Bajo y Muy bajo) utilizando el método de cortes naturales de Jenks para determinar los puntos de corte de cada rango. Al no existir un criterio preestablecido en la bibliografía para definir los rangos de valores, se seleccionó este método porque establece los cortes de manera que la diferencia dentro del grupo es mínima y la diferencia entre grupos es máxima. Hay que tener en cuenta que este método de clasificación no responde a ningún aspecto ecológico, por lo que la aceptación o modificación de los puntos de corte queda en manos del criterio de expertos.

En la tabla 22 se muestran los puntos de corte obtenidos para cartografiar la capacidad para el recreo.

Capacidad para el recreo	Servicio de recreo (Capacidad)
0	Muy bajo o nulo
1	Bajo
2	Medio
3	Alto
4-5	Muy alto

Tabla 22. Valor asignado a cada rango de la capacidad para el recreo.

Por último, una vez calculado el índice de recreo a partir de la cartografía de capacidad y potencialidad se definen 5 rangos de valores (Servicio Muy alto, Alto, Medio, Bajo y Muy bajo) utilizando el método de cortes naturales de Jenks para determinar los puntos de corte de cada rango. Al no existir un criterio preestablecido en la bibliografía para definir los rangos de valores, se seleccionó este método porque establece los cortes de manera que la diferencia dentro del grupo es mínima y la diferencia entre grupos es máxima. Hay que tener en cuenta que este método de clasificación no responde a ningún aspecto ecológico, por lo que la aceptación o modificación de los puntos de corte queda en manos del criterio de expertos.

En la tabla 23 se muestran los puntos de corte obtenidos para cartografiar el servicio de recreo.

Índice de recreo	Servicio de recreo
< 4	Muy bajo o nulo
4	Bajo
5	Medio
6	Alto
> 6	Muy alto

Tabla 23. Valor del servicio asignado a cada rango del índice de recreo.

En la figura 9 se representa la importancia de cada área para ofrecer recreo.

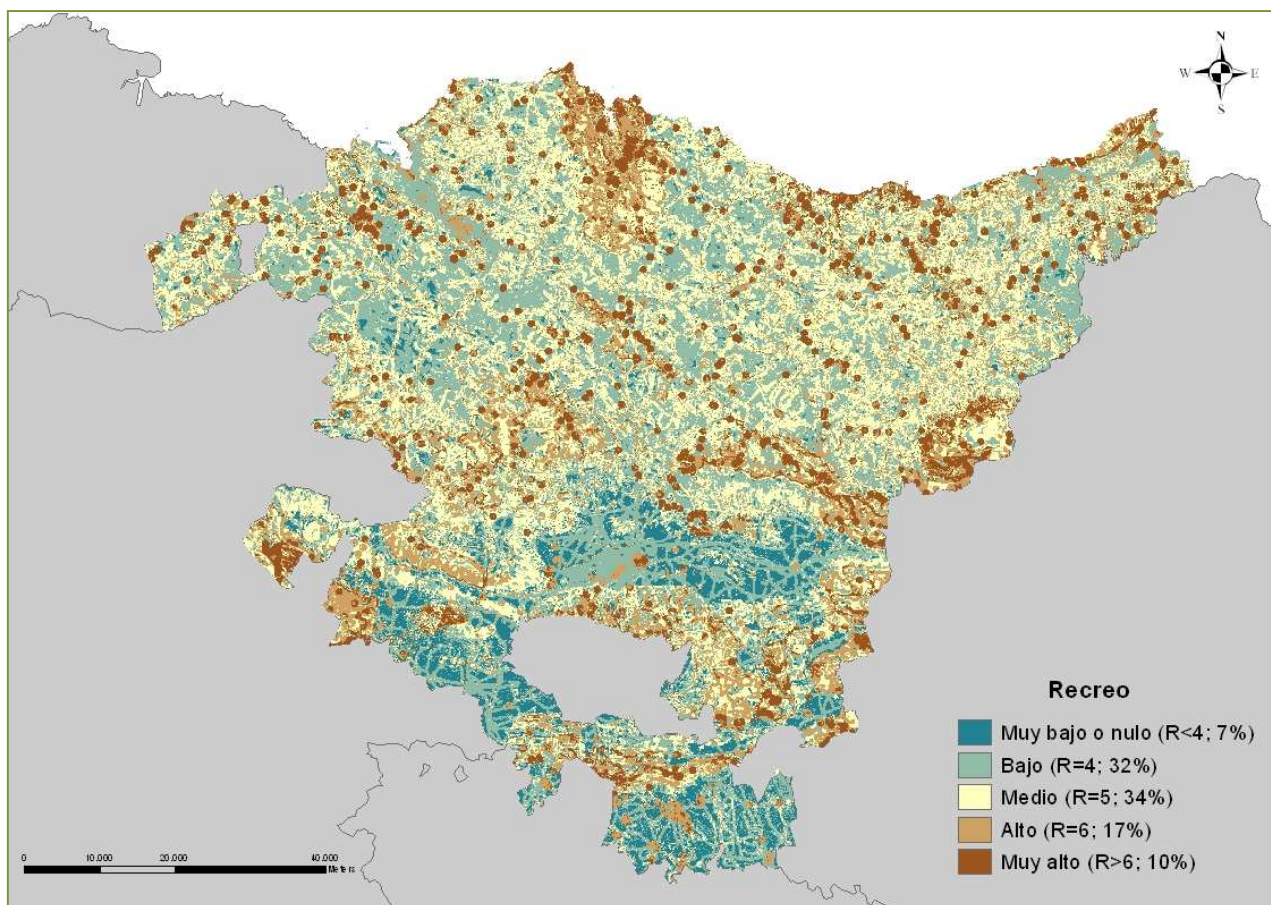


Figura 9. Mapa del servicio de recreo.

3.3.2 DISFRUTE ESTÉTICO DEL PAISAJE

El disfrute estético que ofrecen los distintos paisajes a la sociedad depende tanto de la percepción del paisaje que posea la sociedad como del tipo de paisaje y de los elementos que contenga el mismo. Así, se considera que los paisajes con presencia de masas de agua superficiales, presencia de hitos paisajísticos, relieves abruptos y paisajes diversos poseen un valor estético añadido a aquellos que no los poseen.

Así, para cartografiar este servicio en Euskadi se ha utilizado como proxy el índice estética del paisaje calculado mediante la siguiente fórmula:

$$EP = P + R + Pa + A + HP - EN$$

Donde:

EP = Índice estética del paisaje

P = Percepción de la sociedad

R = Tipo de relieve

Pa = Diversidad de paisajes

A = Presencia de masas de agua superficiales

HP = Influencia de hitos paisajísticos

EN = Influencia de elementos negativos

Percepción de la sociedad

Para calcular la percepción estética del paisaje que posee la población se ha realizado una encuesta visual online a 629 personas (Peña et al., 2015).

La encuesta recoge tanto, datos socio-demográficos para observar el sesgo que puede existir en los datos obtenidos, como valoraciones estéticas sobre las distintas unidades ambientales. Para ello, se les muestra a los encuestados una batería de 26 fotografías de diferentes unidades ambientales que tienen que valorar del 1 al 6 (prueba de ordenación por rangos o clasificación Q-sorting (Díaz, 2000)), en función de si les resulta más o menos agradable, siendo 1 nada agradable y 6 muy agradable. Las fotografías aparecen de una en una de forma aleatoria. En la batería de fotografías se han incorporado dos fotografías de cada unidad ambiental para eliminar la incertidumbre de que una fotografía haya sido mejor valorada porque es más bonita o tiene mejor calidad que otra. Los valores medios de percepción obtenidos para cada unidad ambiental se muestran en la tabla 24.

A continuación, se les muestran 6 pares de fotografías, en las que aparecen diferentes tipos de paisajes (paisajes diversos/monótonos, paisajes con presencia de masas de agua/sin presencia de masas de agua, paisajes con relieves abruptos/ relieves llanos) en la que los encuestados tiene que elegir cuál de los dos les resulta más agradable (prueba de comparación por pares de fotografías (Díaz, 2000)). Esta parte de la encuesta se realizó para corroborar que los paisajes con presencia de masas de agua superficiales, presencia de hitos paisajísticos, relieves abruptos y paisajes diversos poseen un valor estético añadido a aquellos que no los poseen.

Unidades Ambientales	Percepción	Unidades Ambientales	Percepción
Marismas y carrizales salinos	4,77	Bosques naturales coníferas	5,39
Hábitats costeros	5,12	Plantaciones de frondosas	-
Aguas superficiales contin.	5,33	Plantaciones de eucalipto	2,79
Turberas y zonas fangosas	4,07	Plantaciones de coníferas	3,70
Prados	4,92	Vegetación de roquedos	5,49
Matorrales atlánticos	4,43	Monocultivos intensivos	4,12
Matorrales mediterráneos	4,18	Huertas y viveros	4,35
Brezales y setos	4,89	Parques y jardines	3,72
Bosques de ribera	5,39	Háb. Degradados/ sp. invas	-
Hayedos	5,39	Minas y canteras	1,77
Bosques de frondosas	5,39	Urbano	3,33
Encinares cantábricos	4,96	Embalses y balsas de agua	5,22

Tabla 24. Valor medio asignado por los encuestados a cada unidad ambiental.

El porcentaje de encuestados que eligieron un tipo de paisaje frente a otro se muestra en la tabla 25.

Tipos de paisajes	Percepción
Paisaje monótono	11,4 %
Paisaje diversos	88,6 %
Paisaje con presencia de masas de agua	30,7 %
Paisaje sin presencia de masas de agua	69,3 %
Paisaje montañoso	88,4 %
Paisaje llano	11,6 %

Tabla 25. Porcentaje (%) de encuestados que eligieron cada tipo de paisaje.

Tipo de relieve

Como se ha comprobado en este y en otros estudios (Hunziker et al., 2007, 2008; Kienast et al., 2009; van Oudenhoven et al., 2012) a la sociedad les resultan más agradables los paisajes con relieves abruptos que los paisajes llanos. Sin embargo,

sólo se pueden disfrutar estéticamente de estos paisajes cuando se observan desde el punto en el que uno se encuentra. Una cuenca visual es el conjunto de áreas visibles desde un punto de observación. Así en este caso, han sido valoradas las 618 cuencas visuales en las que se ha dividido Euskadi en función del tipo de relieve que posee cada una. Para ello, se ha utilizado el mapa de cuencas visuales obtenido del Anteproyecto del Catálogo de Paisajes Singulares y Sobresalientes de la CAPV del 2005 a 1: 25.000 (Servicio de descarga ftp geoEuskadi: CT_PAISAJE_CVISUALES_CAT_25000_ETRS89.zip) y los datos del índice de relieve medio asociado a cada cuenca visual. Teniendo en cuenta este criterio, las cuencas visuales con un índice de relieve medio ≥ 32 m se han valorado con un 1 y al resto con un 0.

Tipo de paisajes

Como se ha comprobado en este y en otros estudios (Hunziker et al., 2007, 2008; Kienast et al., 2009; van Oudenhoven et al., 2012) a la sociedad les resultan más agradables los paisajes diversos que los paisajes monótonos. Sin embargo, sólo se pueden disfrutar estéticamente de estos paisajes cuando se observan desde el punto en el que uno se encuentra. Por ello en este caso, han sido valoradas las 618 cuencas visuales en las que se ha dividido Euskadi en función del tipo de paisajes que posee cada una. Teniendo en cuenta este criterio, las cuencas visuales con un índice de diversidad de paisaje medio $\geq 1,70$ se han valorado con un 1 y al resto con un 0. Para ello, se ha utilizado el mapa de cuencas visuales obtenido del Anteproyecto del Catálogo de Paisajes Singulares y Sobresalientes de la CAPV del 2005 a 1: 25.0000 (Servicio de descarga ftp geoEuskadi: CT_PAISAJE_CVISUALES_CAT_25000_ETRS89.zip) y los datos del índice de diversidad de paisaje medio asociado a cada cuenca visual.

Presencia de masas de agua superficiales

Como se ha comprobado en este y en otros estudios (Willemen et al., 2008; Norton et al., 2012, Maes et al., 2012) a la sociedad les resultan más agradables los paisajes con presencia de masas de agua superficiales (ríos, lagos, embalses, aguas costeras). Teniendo en cuenta este criterio, la presencia de masas de agua y su entorno (buffer) se han valorado con un 1 y al resto con un 0. En el caso de las aguas costeras se han tenido en cuenta los paisajes de influencia marina sin realizar ningún buffer, en el

caso de los ríos se les ha realizado un buffer de 50 m y a las masas de agua y embalses un buffer de una vez su radio. Las zonas de estos buffers que se encontraban fuera de la cuenca visual en la que se localizaba la masa de agua valorada se han valorado con un 0. Para ello, se han utilizado los mapas de Embalses 1:5.000 (URA0205GMasaAguaEmbalses_ETRS89.zip, Tramos de río 1:5.000 (URA0202LTramosRioCAPV_ETRS89.zip)), Masas de agua 1:25.000 y Paisajes de influencia marina 1:25.000 (CT_PAISAJE_MAR_CAT_25000_ETRS89.zip), ambos del Anteproyecto del Catálogo de Paisajes Singulares y Sobresalientes de la CAPV del 2005. Los mapas ha sido obtenidos del servicio de descarga ftp geoEuskadi.

Influencia de hitos paisajísticos

La presencia de hitos paisajísticos ofrece un valor estético añadido al paisaje que lo posee. Sin embargo, sólo se pueden disfrutar de ellos cuando son visibles desde el punto en el que uno se encuentra. Teniendo en cuenta este criterio, se han valorado con un 1 el área de influencia de estos hitos (áreas situadas a una distancia menor de 2 km desde la que son visibles estos hitos) y al resto con un 0. Para ello, se ha utilizado el mapa de área de influencia de los hitos paisajísticos 1:25.000 obtenido del Anteproyecto del Catálogo de Paisajes Singulares y Sobresalientes de la CAPV del 2005.

Influencia de elementos negativos

Al igual que los elementos positivos (masas de agua, hitos paisajísticos) en el paisaje ofrecen un valor añadido al mismo, los elementos negativos le restan valor estético al paisaje. En este estudio se han considerado como elementos negativos la presencia de parques eólicos, canteras activas, vertederos, carreteras y ferrocarril y sus áreas de influencia (Anteproyecto del Catálogo de Paisajes Singulares y Sobresalientes de la CAPV, 2005). Teniendo en cuenta este criterio, la influencia de parques eólicos (buffer de 4 km), canteras activas (buffer de 2 veces su radio), vertederos (buffer de 1 vez su radio), autopistas, autovías y carreteras de doble calzada (buffer de 2 km), carreteras (carreteras principales, conexiones urbanas a vías principales, otras conexiones urbanas, otras vías revestidas, vías urbanas) (buffer de 750 m) y ferrocarril y funicular (buffer de 200 m) se han valorado con un 1 y al resto con un 0. Para ello, se ha utilizado

el mapa de ejes de la red viaria 1:5.000 (BTA_TRA_EJES_REDVIARIA_L_5000_ETRS89_DICIEMBRE_2014.zip), Instalaciones P 1:5.000 (parques eólicos) (BTA_SER_INSTALACIONES_P_5000_ETRS89_DICIEMBRE_2014.zip), Elementos Construidos A 1:5.000 (vertederos y canteras activas) (BTA_EDI_ELEM_CONSTRU_A_5000_ETRS89_DICIEMBRE_2014.zip) y Vías férreas 1:5.000 (BTA_TRA_VIAS_FERREAS_L_5000_ETRS89_DICIEMBRE_2014.zip). Los mapas ha sido obtenidos del servicio de descarga ftp geoEuskadi.

Una vez calculado el índice de estética del paisaje se definen 5 rangos de valores (Servicio Muy alto, Alto, Medio, Bajo y Muy bajo) utilizando el método de cortes naturales de Jenks para determinar los puntos de corte de cada rango. Al no existir un criterio preestablecido en la bibliografía para definir los rangos de valores, se seleccionó este método porque establece los cortes de manera que la diferencia dentro del grupo es mínima y la diferencia entre grupos es máxima. Hay que tener en cuenta que este método de clasificación no responde a ningún aspecto ecológico, por lo que la aceptación o modificación de los puntos de corte queda en manos del criterio de expertos.

En la tabla 26 se muestran los puntos de corte obtenidos para cartografiar el servicio de disfrute estético del paisaje.

Índice de estética del paisaje	Servicio de disfrute estético del paisaje
< 4	Muy bajo o nulo
4	Bajo
5	Medio
6	Alto
> 6	Muy alto

Tabla 26. Valor del servicio asignado a cada rango del índice de estética del paisaje.

En la figura 10 se representa la importancia de cada área para ofrecer disfrute estético del paisaje.

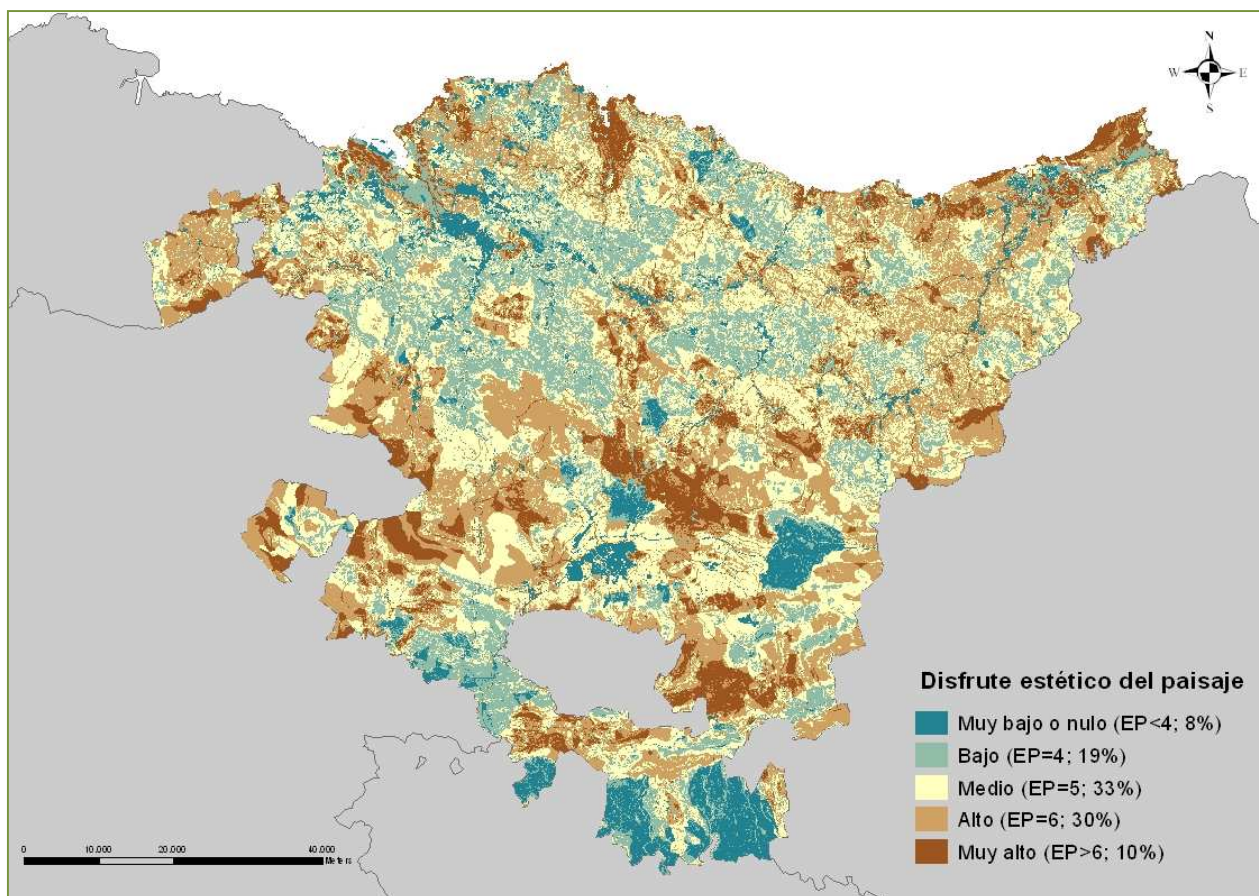


Figura 10. Mapa del servicio de disfrute estético del paisaje.

4. BIBLIOGRAFÍA

- Adamowicz, W.L., Naidoo, R., Nelson, E., Polasky, S., Zhang, J., 2011. Nature-based tourism and recreation. In: Kareiva, P., Daily, G., Ricketts, T., Tallis, H., Polasky, S. (eds). *Natural Capital: Theory and Practice of Mapping Ecosystem Services*. Oxford, Univ Press, New York.
- Amezaga, I., Mendarte, S., Albizu, I., Besga, G., Garbisu, C., Onaindia, M., 2004. Grazing Intensity, aspect, and slope effects on limestone grassland structure. *Journal of Range Management* 57: 606-612.
- Anteproyecto del Catálogo de Paisajes Singulares y Sobresalientes de la CAPV, 2005. Gobierno Vasco. Disponible en: http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/contenidos/informacion/paisaje/es_1094/adjuntos/CPSS_AP_Tomo_2.pdf
- Arnáiz and Loidi, 1981. Estudio fitosociológico de los zarzales del País Vasco. *Lazaroa* 3: 63-73.
- Arnáiz and Loidi, 1982. Estudio fitosociológico de los zarzales y espinares del País Vasco. *Lazaroa* 4: 5-16.

- Benito, I. and Onaindia, M., 1991. Estudio de la distribución de las plantas halófitas y su relación con los factores ambientales en la marisma de Mundaka-Urdaibai. Implicaciones en la gestión del Medio Ambiente. Eusko Ikaskuntza. Sociedad de Estudios Vascos. Cuadernos de la Sección de Ciencias Naturales. 116 pp.
- Birdsey, R.A., 1992. Carbon storage and accumulation in the United States forest ecosystems. USDA Forest Service General Technical Report. WO-59.
- Biurrun, I., García-Mijangos, I., Loidi, J., Campos, J.A., Herrera, M., 2009. La vegetación de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Leyenda del mapa de series de vegetación a escala 1:50.000. Gobierno vasco, Vitoria-Gasteiz, Spain, 197pp.
- Brunoria, E., Farinab, R., Biasia, R., 2016. Sustainable viticulture: The carbon-sink function of the vineyard agro-ecosystem. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 223: 10-21.
- Calviño-Cancela, M., Rubido-Bará, M., van Etten, E., 2012. Do eucalypt plantations provide habitat for native forest biodiversity? *Forest Ecology and management* 270: 153-162.
- Casado-Arzuaga, I., Onaindia, M., Madariaga, I., Verburg, P.H., 2014. Mapping recreation and aesthetic value of ecosystem services in the Bilbao Metropolitan Greenbelt (northern Spain) to support landscape planning. *Landscape Ecology* 29: 1393-1405.
- Centre de la Propietat Forestal (CPF), 2004. Annexe Indicadors dendromètrics En: Manual de redacció de plans tècnics de gestió i millora forestal (PTGMF) i plans simples de gestió forestal (PSGF). Instruccions de redacció i l'inventari forestal. Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient i Habitatge, Centre de la Propietat Forestal. Barcelona, España. Pp.221-314.
- Chen, X., Zhang, X., Zhang, Y., Wan, C., 2009. Carbon sequestration potential of the stands under the Grain for Green Program in Yunnan Province. China. *Forest Ecology and Management* 258: 199–206.
- De Valck, J., Landuyt, D., Broekx, S., Liekens, I., De Nocker, L., Vranken, L., 2017. Outdoor recreation in various landscapes: Which site characteristics really matter? *Land Use Policy* 65, 186-197.
- Dech, J.P., Robinson, L.M., Noskoj, P., 2008. Understorey plant community characteristics and natural hardwood regeneration under three partial harvest treatments applied in a northern red oak (*Quercus rubra* L.) stand in the Great Lakes-St. Lawrence forest region of Canadá. *Forest Ecology and Management* 256: 760–773.

- Díaz, E., 2000. Clasificación, cartografía y valoración por los usuarios del paisaje de lava meridional y propuestas de ordenación. *Lurralde: investigación y espacio* 23: 181-190.
- Ftp geoEuskadi. Disponible en: <ftp://ftp.geo.euskadi.net/cartografia/>
- Hartig, T., Staats, H., 2006. The need for psychological restoration as a determinant of environmental preferences. *Journal of Environmental Psychology* 26: 215-226.
- Hunziker, M., Buchecker, M., Hartig, T., 2007. Space and place—two aspects of the human-landscape relationship. In: Kienast F, Ghosh S, Wildi O (eds). *A changing world—challenges for landscape research*. Springer landscape series 8. Springer, Berlin, pp 47-62.
- Hunziker, M., Felber, P., Gehring, K., Buchecker, M., Bauer, N., Kienast, F., 2008. Evaluation of landscape change by different social groups. Results of two empirical studies in Switzerland. *Mountain Research and Development* 28(2):140-147.
- Ikaur-Ekolur, 2006. Bases para la elaboración de la directiva sobre el uso sostenible del agua en Gipuzkoa. Disponible en: <http://www4.gipuzkoa.net/oohh/web/directrices/agua/.%5Ctomo%20iv%5CDiagnostico%20y%20Carencias-ESTRATEGIA%20AGUA.pdf>
- Iragui Yoldi, U., Astrain Massa, C., Beaufoy, G., 2010. Sistemas agrarios y forestales de alto valor natural en Navarra. Identificación y monitorización. Servicio de Diversificación y Desarrollo Rural. Dirección General de Desarrollo Rural. Gobierno de Navarra. Publicado en diciembre de 2010, pp. 1-109.
- IPCC, 2003. Guía de Buenas Prácticas para las actividades de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura. Disponible en: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf.htm>.
- Juhos, K., Tökei, L., 2012. Carbon content of the biomass of vineyards and orchards in Hungary. <http://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/862096/Carbon+content+of+biomass+of+vineaeds+amd+orchards+in+Hungary.pdf/6303e567-c6c0-4926-830c-ef53aeb8da5f>
- Kienast, F., Bolliger, J., Potschin, M., de Groot, R., Verburg, P.H., Heller, I., Wascher, D., Haines-Young, R., 2009. Assessing landscape functions with broad-scale environmental data: insights gained from a prototype development for Europe. *Environmental Management* 44:1099-1120.
- Larrinaga, 2004. Tesis doctoral. Factores que afectan a la selección del fruto por parte de aves frugívoras del genero *Turdus*.
- Loidi, J., 1989. Los espinares de orla de los carrascales supramediterráneos castellano-cantábricos (Burgos). *Lazaroa* 11: 77-83.

- Loidi, J., García-Mijangos, I., Herrera, M., Berstegi, A., Darquistade, A., 1997. Heathland vegetation of the Northern-central part of the Iberian Peninsula. *Folia Geobot. Phytotax.* 32: 259-281.
- Loidi, J. and Herrera, M., 1990. The *Quercus pubescens* and *Quercus faginea* forests in the Basque Country (Spain): distribution and typology in relation to climatic factors. *Plant Ecology* 90 (1): 81-92.
- Loidi, J., Ortega, M., Orrantia, O., 2007. Vegetation Science and the implementation of the Habitat Directive in Spain: up-to-now experiences and further development to provide tools for management. *Fitosociología* 44: 9-16.
- Lonsdorf, E., Kremen, C., Ricketts, T., Winfree, R., Williams, N., Greenleaf, S., 2009. Modeling pollination services across agricultural landscapes. *Annals of Botany* 103: 1589–1600.
- López de Munain Marin, U., 2013. Sistemas agrarios y forestales de alto valor natural en la Comunidad Autónoma Vasca. Trabajo Fin de Master dentro del Máster Universitario en Ordenación Territorial y Medioambiental de la Universidad de Zaragoza.
- Madrigal, A., Álvarez, J.G., Rodríguez R., Rojo A., 1999. Tablas de producción para los montes españoles. Eds. Fundación Conde del Valle de Salazar. España.
- Maes, J., Braat, L., Jax, K., Hutchins, M., Furman, E., Termansen, M., Luque, S., Paracchini, M.S., Chauvin, C., Williams, R., Volk, M., Lautenbach, S., Kopperoinen, L., Schelhaas, M.J., Weinert, J., Goossen, M., Dumont, E., Strauch, M., Görg, C., Dormann, C., Katwinkel, M., Zulian, G., Varjopuro, R., Ratamáki, O., Hauck, J., Forsius, M., Hengeveld, G., Perez-Soba, M., Bouraoui, F., Scholz, M., Schulz-Zunkel, C., Lepistö, A., Polishchuk, Y., Bidoglio, G., 2011a. A spatial assessment of ecosystem services in Europe: methods, case studies and policy analysis - phase 1. PEER Report No 3. Ispra: Partnership for European Environmental Research.
- Maes, J., Hauck, J., Paracchini, M.L., Ratamáki, O., Termansen, M., Perez-Soba, M., Kopperoinen, L., Rankinen, K., Schägner, J.P., Henrys, P., Cisowska, I., Zandersen, M., Jax, K., La Notte, A., Leikola, N., Pouta, E., Smart, S., Hasler, B., Lankia, T., Andersen, H.E., Lavalle, C., Vermaas, T., Alemu, M.H., Scholefield, P., Batista, F., Pywell, R., Hutchins, M., Blemmer, M., Fonnesebech-Wulff, A., Vanbergen, A.J., Münier, B., Baranzelli, C., Roy, D., Thieu, V., Zulian, G., Kuussaari, M., Thodsen, H., Alanen, E.L., Egoh, B., Sørensen, P.B., Braat, L., Bidoglio, G., 2012. A spatial assessment of ecosystem services in Europe: methods, case studies and policy analysis - phase 2. Synthesis report. PEER Report No 4. Ispra: Partnership for European Environmental Research.
- Maes, J., Paracchini, M.L., Zulian, G., 2011b. A European assessment of the provision of ecosystem services: Towards an atlas of ecosystem services. Report EUR 24750 EN. Publications Office of the European Union, Luxembourg.

- Montero, G., Ruiz-Peinado, R., Muñoz, M., 2005. Monografías INIA: Serie Tierras forestales. Nº 13-2005. Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles. Ed. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). Ministerio de Educación y Ciencia. ISBN: 84-7498-512-9. Madrid.
- Montero G, Serrada R, 2013. La situación de los bosques y el sector forestal en España - ISFE 2013. SECF, Lourizán, Pontevedra, 252 pp.
- Nahlik, A., Fennessy, M., 2016. Carbon storage in US wetlands. Nature Communications. Nature Publishing Group, London, Uk, 7:1-9.
- Nahuelhual, L., Carmona, A., Lozada, P., Jaramillo, A., Aguayo, M., 2013. Mapping recreation and ecotourism as a cultural ecosystem service: an application at the local level in Southern Chile. Applied Geography 40: 71-82.
- Neiker, 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 inédito.
- Norton, L.R., Inwood, H., Crowe, A., Baker, A., 2012. Trialling a method to quantify the 'cultural services' of the English landscape using Countryside Survey data. Land Use Policy 29: 449-455.
- Onaindia, M., 1986. Estudio de la distribución de las comunidades vegetales hidrófilas en los ríos de Vizcaya. Boletín de la estación central de ecología. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación.
- Onaindia, M., 1989. Estudio fitoecológico de los encinares vizcaínos. *Estudia Oecologica* VI: 7-20.
- Onaindia, M., Benito, I., Domingo, M., 1991. A vegetation gradient in dunes of Northern Spain. Life and Environment-Vie et Milieu 41:107-115.
- Onaindia, M., G. de Bikuña, B., Benito, I., 1996. Aquatic plants in relation to environmental factors in Northern Spain. Journal of Environmental Management 46: 123-137.
- Onaindia, M., Mitxelena, A., 2009. Potential use of pine plantations to restore native forests in a highly fragmented river basin. Annals of Forest Science 66: 13-37.
- Pausa, J.C., 1994. Species richness patterns in the understorey of Pyrenean *Pinus sylvestris* forest. Journal of Vegetation Science 5: 517-524.
- Peña, L., Amezaga, I., Onaindia, M., 2011. At which spatial scale are plant species composition and diversity affected in beech forests? Annals of Forest Science 68 (8): 1351-1362.
- Peña, L., Casado-Arzuaga, I., Onaindia, M., 2015. Mapping recreation supply and demand using an ecological and social evaluation approach. Ecosystem Services 13: 108-118.

- Rockström, J., Gordon, L., Folke, C., Falkenmark, M., Engwall, M., 1999. Linkages among water vapor flows, food production, and terrestrial ecosystem services. *Conservation Ecology* 3: 5.
- Rodríguez-Loinaz, G., Amezaga, I., Onaindia, M., 2012. Does forest fragmentation affect the same way all growth-forms? *Journal of Environmental Management* 94:125-131.
- SIVIM. Disponible en: <http://www.sivim.info/sivi/>
- Tallis, H.T., Ricketts, T., Guerry, A.D., Nelson, E., Ennaanay, D., Wolny, S., Olwero, N., Vigerstol, K., Pennington, D., Mendoza, G., Aukema, J., Foster, J., Forrest, J., Cameron, D., Lonsdorf, E., Kennedy, C., Verutes, G., Kim, C.K., Guannel, G., Papenfus, M., Toft, J., Marsik, M., Bernhardt, J., Wood, S.A., and Sharp, R., 2011. InVEST 2.1 beta User's Guide. The Natural Capital Project, Stanford.
- Vandecasteele, I, Rivero, I.M. , Baranzelli, C., Becker, W., Dreoni, I., Lavalle, C., Batelaan, O., 2016. The Water Retention Index: Using land use planning to manage water resources in Europe in 22nd International Sustainable Development Research Society Conference, School of Science and Technology, Universidad de Nova de Lisboa, 13-15 July 2016.
- van Oudenhoven, A.P.E., Petz, K., Alkemade, R., Hein, L., de Groot, R., 2012. Framework for systematic indicator selection to assess effects of land management on ecosystem services. *Ecological indicators* 21: 110-122.
- Willemen, L., Verburg, P.H., Hein, L., van Mensvoort, M.E.F., 2008. Spatial characterization of landscape functions. *Landscape and Urban Planning* 88: 34-43.
- Woodbury, P.B., Smith, J.E., Heath, L.S., 2007. Carbon sequestration in the U.S. forest sector from 1990 to 2010. *Forest Ecology and Management* 241: 14-27.
- Zhang, J., Ge, Y., Chang, J., Jiang, B., Jiang, H., Peng, C., Zhu, J., Yuan, W., Qi, L., Yu, S., 2007. Carbon storage by ecological service forests in Zhejiang Province, subtropical China. *Forest Ecology and Management* 245: 64-75.
- Zulian, G., Maes, J., Paracchini, M., 2013. Linking land cover data and crop yields for mapping and assessment of pollination services in Europe. *Land* 2: 472-492.

Tabla A1. Referencias bibliográficas para el cálculo de la riqueza de especies.

UA	Valor	Nº sp	Referencias
Humedales costeros	3	36	Benito, I. 1989. Ecología de las plantas vasculares halofitas de la marisma de Mundaka (Bizkaia). Estructura de las comunidades vegetales, fitomasa y producción. Ph.D. Thesis, University of the Basque Country, Leioa.
		42	Benito, I. y Onaindia, M. 1991. Estudio de la distribución de las plantas halófitas y su relación con los factores ambientales en la marisma de Mundaka-Urdaibai. Implicaciones en la gestión del Medio Ambiente. Eusko Ikaskuntza. Sociedad de Estudios Vascos. Cuadernos de la Sección de Ciencias Naturales. 116 pp.
		16-18	Onaindia, M., Albizu, I., Amezaga, I., 2001. Effect of time on the natural regeneration of salt marsh. Applied Vegetation Science 4: 247-256.
		4-17	Ihobe, Sociedad Pública del Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco, 2010. Primera evaluación del estado de conservación de los hábitats costeros de interés comunitario en el País Vasco, Bilbao, 72 p.
Hábitats costeros	3	42	Onaindia, M., Benito, I., Domingo, M., 1991. A vegetation gradient in dunes of Northern Spain. Life and Environment-Vie et Milieu 41:107-115.
		37-42	Gallego-Fernández, J.B., Sanchez, I.A., Ley de vega de Seoane, C., 2011. Restoration of isolated and small coastal sand dunes on the rocky coast of northern Spain. Ecological Engineering 37: 1822-1832.
		9-30	IHOBE, 2010. Primera evaluación del estado de conservación de los hábitats costeros de interés comunitario en el País Vasco, Bilbao, 72 p.
Aguas superficial	2	13	Onaindia, M., G. de Bikuña, B., Benito, I., 1996. Aquatic plants in relation to environmental factors in Northern Spain. Journal of Environmental Management 46:123-137.
Humedales interiores	3	5-18	Fernández et al., 1987. Datos sobre la vegetación de las «turberas de esfagnos» galaico-asturianas y orocantábricas. Lazaroa, 7:443—47.
		8-20	Rodríguez Guitián, M.A., Ramil-Rego, P., Real, C., Díaz Varela, R., Ferreiro da Costa, F., Cillero, C., Caracterización vegetacional de los complejos de turberas de cobertor activas del SW europeo
		40	Ihobe, Sociedad Pública del Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco, 2011. Primera evaluación del estado de conservación de los hábitats hidroturbosos de interés comunitario en el País Vasco, Bilbao, 60 p.
		40	Heras, P., Infante, M. (2003/2004). La turbera cobertor del Zalama (Burgos - Vizcaya): un enclave único en riesgo de desaparición. Estudios del Museo de Ciencias Naturales de Álava 18/19: 45-53.
		14-39	Heras, P., 2004. Presencia y tipología de pequeños humedales con vegetación turfófila (turberas, trampales, esfagnales) y tofícola (fuentes petrificantes) en la nueva propuesta de los espacios Natura 2000 en la CAPV. Gobierno Vasco.
		23	Heras, P., Infante, M., 2015. Las turberas cobertor del sector oriental de la Cordillera Cantábrica, Hábitat clave para la conservación de las poblaciones españolas de <i>Eriophorum vaginatum</i> . Comunicación oral VII Congreso SEBiCoP. Vitoria, 30 Septiembre -2 Octubre, 2015.
Pastizales	3	49	Amezaga, I., Mendarte, S., Albizu, I., Besga, G., Garbisu, C., Onaindia, A. M., 2004. Grazing Intensity, aspect, and slope effects on limestone grassland structure. Journal of Range Management 57: 606-612.
		36-103	Biurrun I., García-Mijangos, I., Berastegi, A., Ambarli, D., Dembicz, I., Filibeck, G., Jandt, U., Janiová, M., Jaunatre, R., Kaçki, Z., Kuzemko, A., Pedashenko, H., Polchaninova, N.Y., Vynokurov, D., Dengler, J., 2014. Diversity of dry grasslands in Navarre (Spain). Experiences from the 7th EDGG Field Workshop, 15-24 June 2014. Bulletin of the European Grassland Group 24/25 (2014): 4-21.
		34-36	Sistema de Información de la Vegetación Ibérica y Macaronésica (SIVIM) http://www.sivim.info/sivi/
Prados	4	65	González Oreja, J.A, Garbisu, C., Mendarte, S., Ibarra, A., Albizu, I., 2001. Agroecosistemas y biodiversidad en la Reserva de la Biosfera de Urdaibai: diversidad florística de los prados. Pp: 189-203, en Guía Científica de Urdaibai. M. Onaindia, A. Ibabe, J. Unzueta (Eds.). Universidad del País vasco (UPV/EHU) ISBN 978-84-693-2945-0.
		44-56	Sistema de Información de la Vegetación Ibérica y Macaronésica (SIVIM) http://www.sivim.info/sivi/
Matorrales atlánticos	2	11-26	Loidi, J., Bascones, J., Ursua, C., Casas-Flecha, I., 1988. Revisión de los matorrales de la alianza Genistion occidentalis en las Provincias vascongadas y Navarra. Documents phytosociologiques, 11, 311-321. Arnáiz, C., Loidi, J., 1981. Estudio fitosociológico de los zarzales del País Vasco (<i>Rubus ulmifolius</i> , <i>Tamietum communis</i>). Lazaroa, 3:63-73. Arnáiz, C., Loidi, J., 1982. Estudio fitosociológico de los zarzales y espinares del País Vasco (<i>Ligustro-Rubion ulmifolius</i>). Lazaroa, 4:5-16.

UA	Valor	Nº sp	Referencias
Matorrales mediterrán	3	37 25 37-59	Loidi, J. 1989. Los espinares de orla de los carrascales supramediterráneos castellano-cantábricos. <i>Lazaroa</i> 11: 77-83. Loidi, J., Herrera, M., Olano, J. M., Silván, F., 1994. Maquis vegetation in the eastern Cantabrian coastal fringe. <i>Journal of Vegetation Science</i> , 5: 533-540. Sistema de Información de la Vegetación Ibérica y Macaronésica (SIVIM) http://www.sivim.info/sivi/
Brezales y setos	3	14 19 49 34-60	Ihobe, Sociedad Pública del Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco, 2010. Primera evaluación del estado de conservación de los hábitats costeros de interés comunitario en el País Vasco, Bilbao, 72 p. Ihobe, Sociedad Pública del Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco, 2011. Primera evaluación del estado de conservación de los hábitats hidroturbosos de interés comunitario en el País Vasco, Bilbao, 60 p. Calviño-Cancela, M., Rubido-Bará, M., van Etten, E., 2012. Do eucalypt plantations provide habitat for native forest biodiversity? <i>Forest Ecology and management</i> 270: 153-162. Sistema de Información de la Vegetación Ibérica y Macaronésica (SIVIM) http://www.sivim.info/sivi/
Bosques de ribera	5	80-90	Sistema de Información de la Vegetación Ibérica y Macaronésica (SIVIM) http://www.sivim.info/sivi/
Hayedos	4	73 55 50-67	Onaindia, M., Mitxelena, A., 2009. Potential use of pine plantations to restore native forests in a highly fragmented river basin. <i>Annals of Forest Science</i> 66: 13-37. Peña et al., 2011. At which spatial scale are plant species composition and diversity affected in beech forests? <i>Annals of Forest Science</i> , Vol 68 (8):1351-1362. Sistema de Información de la Vegetación Ibérica y Macaronésica (SIVIM) http://www.sivim.info/sivi/
Bosques de frondosas	5	79 110 58-92	Onaindia, M., Mitxelena, A., 2009. Potential use of pine plantations to restore native forests in a highly fragmented river basin. <i>Annals of Forest Science</i> 66: 13-37. Rodríguez Loinaz, G., Amezaga, I., Onaindia, M., 2012. Does forest fragmentation affect the same way all growth-forms? <i>Environmental management</i> 94: 125-131. Sistema de Información de la Vegetación Ibérica y Macaronésica (SIVIM) http://www.sivim.info/sivi/
Encinares	5	75	Onaindia, M. 1989. Estudio fitoecológico de los encinares vizcaínos. <i>Estudia Oecologica</i> VI: 7-20.
Bosques naturales coníferas	4	53 48 63	Pausas, J.C., 1994. Species richness patterns in the understorey of Pyrenean <i>Pinus sylvestris</i> forest. <i>Journal of Vegetation Science</i> 5: 517-524 Pausas, J.G., Carreras, J. 1995. The effect of bedrock type, temperature and moisture on species richness of Pyrenean Scots pine (<i>Pinus sylvestris</i> L.) forests. <i>Vegetatio</i> 116: 85-92. Sistema de Información de la Vegetación Ibérica y Macaronésica (SIVIM) http://www.sivim.info/sivi/
Plantación frondosas	3		
Plantación eucalipto	2	19-38 12-17	Calviño-Cancela, M., Rubido-Bará, M., van Etten, E., 2012. Do eucalypt plantations provide habitat for native forest biodiversity? <i>Forest Ecology and management</i> 270: 153-162. Carneiro et al., 2007. Species richness and biomass of understory vegetation in a <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. coppice as affected by slash management. <i>Eur J Forest Res</i> 126: 475-480.
Plantación coníferas	3	61 23 35 32	Onaindia, M., Mitxelena, A., 2009. Potential use of pine plantations to restore native forests in a highly fragmented river basin. <i>Annals of Forest Science</i> 66: 13-37. Amezaga, I., Onaindia, M., 2006. The effect of evergreen and deciduous coniferous plantations on the field layer and seed bank of native woodlands. <i>Ecography</i> , 20: 308-318. Calviño-Cancela, M., Rubido-Bará, M., van Etten, E., 2012. Do eucalypt plantations provide habitat for native forest biodiversity? <i>Forest Ecology and management</i> 270: 153-162. Martín-García, J1, Hervé, J2, Díez, J.J. 2006. Testing richness and diversity indexes and vascular plants assemblages as biodiversity indicators. FORSEE project
Vegetación roquedosa	4	32-71	Sistema de Información de la Vegetación Ibérica y Macaronésica (SIVIM) http://www.sivim.info/sivi/
Monocultivos intensivos	2	5-25	

UA	Valor	Nº sp	Referencias
Huertas y viveros	2	5-25	
Parques y jardines	2	5-25	Nielsen, A.B., van den Bosch, M., Maruthaveeran, S. et al., 2014. Species richness in urban parks and its drivers: A review of empirical evidence. <i>Urban Ecosystems</i> 17: 305-327.
Sp. invasor	1	3	Hejda, M., Pyšek, P., Jarošík, V., 2009. Impact of invasive plants on the species richness, diversity and composition of invaded communities. <i>Journal of Ecology</i> 97: 393-403.
Minas y Canteras	1	< 5	
Urbano	1	< 5	
Embalses y balsas agu	2	5-25	

Riqueza de especies: 1= < 5 especies; 2= 5-25 especies, 3 = 26-50 especies, 4= 51-75 especies y 5= >75 especies

