

Co-creación de conocimiento para la inclusión del enfoque de servicios de los ecosistemas en la ordenación del territorio del País Vasco

M. Onaindia^{1,*}, L. Peña¹, B. Fernández de Manuel¹, L. Méndez¹, M. Viota¹, I. Ametzaga-Arregi¹

(1) Cátedra UNESCO sobre Desarrollo Sostenible y Educación Ambiental. Departamento de Biología Vegetal y Ecología, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), 48940, Leioa, País Vasco.

* Autor de correspondencia: M. Onaindia [miren.onaindia@ehu.es]

> Recibido el 13 de enero de 2020 - Aceptado el 27 de febrero de 2020

Onaindia, M., Peña, L., Fernández de Manuel, B., Méndez, L., Viota, M., Ametzaga-Arregi, I. 2020. Co-creación de conocimiento para la inclusión del enfoque de servicios de los ecosistemas en la ordenación del territorio del País Vasco. *Ecosistemas* 29(1):1934. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1934>

El tipo de desarrollo sostenible al que aspiramos necesita, entre otras cosas, una base de conocimiento científico, acuerdos sociales y decisiones políticas que encaminen la gestión hacia una ruta de sostenibilidad. Por lo tanto, es fundamental identificar el conocimiento necesario para la parte política y técnica, y el tipo de ciencia que se requiere desarrollar para este fin. El objetivo de este estudio es analizar el trabajo desarrollado a través de una comunidad de práctica, que contribuye a una eficiente colaboración entre la investigación y la gestión. La experiencia de trabajo transdisciplinar está basada en un enfoque holístico y colaborativo entre equipos de la universidad y equipos técnicos de la administración pública a diferentes escalas. El objeto de estudio de esta comunidad de práctica es la aplicación del enfoque de los servicios de los ecosistemas a políticas de ordenación territorial. Se analiza la co-creación de conocimiento para la aplicación de políticas orientadas a la gestión sostenible del territorio. Como resultado del trabajo colaborativo se ha incluido el enfoque basado en servicios de los ecosistemas en las Directrices de Ordenación Territorial de la Comunidad Autónoma del País Vasco, lo que tiene como consecuencia que los diferentes departamentos de la Administración, y a diferentes escalas, deberán implementar acciones para el mantenimiento de los servicios de los ecosistemas y la promoción de una infraestructura verde local. Los resultados demuestran que los puentes entre ciencia y gestión pueden ser exitosos para establecer directrices de gestión con base científica.

Palabras clave: comunidad de práctica; trabajo transdisciplinar; infraestructura verde; áreas multifuncionales

Onaindia, M., Peña, L., Fernández de Manuel, B., Méndez, L., Viota, M., Ametzaga-Arregi, I. 2020. Co-creation of knowledge for the inclusion of the ecosystem services approach in the landscape management planning in the Basque Country. *Ecosistemas* 29(1):1934. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1934>

The type of sustainable development to which we aspire needs, among other things, to be based on scientific knowledge, social agreements and political decisions that direct management towards a sustainability path. Therefore, it is essential to identify the knowledge needed by the political and technical community and the type of science that is required to be developed for this purpose. The objective of this study was to analyze the work developed through a community of practice, which is contributing to an efficient collaboration between researchers and managers. The transdisciplinary work experience is based on a holistic and collaborative approach between university teams and public administration technical teams at different scales (Government, County Councils, Town-halls). The object of study of this community of practice is the application of the Ecosystem Services Approach in land management policies. The aim is the sustainable development of the territory based on the co-creation of knowledge for the application in policies. Because of the collaborative work, the approach based on ecosystem services has been included in the Guidelines for Territorial Planning of the Autonomous Community of the Basque Country. This means that all the different departments of the Administration at different scales must implement actions to maintain ecosystem services and the promotion of a local green infrastructure. The results show that the bridges between science and management can be successful in establishing scientific-based management guidelines.

Key words: community of practice; transdisciplinary work; green infrastructure, multifunctional areas

Introducción

Los retos ambientales y sociales que marca el cambio global en la nueva era del *Antropoceno* (Steffen et al. 2011) plantean grandes desafíos para la comunidad investigadora, los tomadores de decisiones y las organizaciones de la sociedad civil en general. Para hacer frente a esta problemática se necesita una investigación y un enfoque orientado a la solución de problemas, que proporcione una comprensión más profunda de la naturaleza y de las interacciones naturaleza-sociedad.

Las causas del cambio global son varias y resulta difícil separar los efectos de cada una de ellas. Por ejemplo, en el caso de los ecosistemas terrestres, el cambio de uso del suelo es un motor importante que actúa simultáneamente con el cambio climático, impactando sobre la biodiversidad y los procesos ecosistémicos (Duarte 2006). Por esta razón, se considera cada vez más importante la necesidad de aplicar una gestión sostenible del territorio, en especial en áreas muy antropizadas.

Los grandes programas internacionales de investigación reconocen la necesidad de abordar la crisis ambiental desde la

perspectiva del estudio de los sistemas complejos adaptativos (Reyers et al. 2018), asumiendo la vinculación de los ecosistemas con los sistemas humanos, como es el marco de los socio-ecosistemas (Wu 2013). En este contexto, la vinculación entre las funciones de los ecosistemas y el bienestar humano se desarrolla a través del enfoque de los servicios de los ecosistemas (SE), que son los “beneficios que las poblaciones humanas obtienen, directa o indirectamente, de las funciones del ecosistema” (MEA 2005). Este concepto se interpreta también como las “contribuciones de la naturaleza al bienestar de las personas”, ya que el mantenimiento del bienestar humano depende en gran medida de ellas (Díaz et al. 2018). Los SE pueden ser de provisión, como el abastecimiento de alimentos y de agua, servicios de regulación, como el control de inundaciones, y servicios culturales, como el recreo.

Las contribuciones de los SE al bienestar humano han sido ampliamente reconocidas en las últimas décadas, sin embargo, su implementación en políticas y actuaciones es escasa. Aunque el Enfoque basado en los Servicios de los Ecosistemas (EbSE) ha generado una considerable cantidad de conocimiento para apoyar la formulación de políticas de gestión sostenible del territorio, dicho conocimiento solo ha impregnado lentamente las políticas (Reyers et al. 2015; Carmen et al. 2018). En esta línea, Europa se puede considerar pionera al haberse propuesto una Estrategia de Infraestructura Verde (IV) aplicable a todos los estados europeos (Liquete et al. 2015). La IV se define como una red planificada de áreas naturales y semi-naturales, que contribuyen a la generación de múltiples SE, tanto en áreas naturales como rurales y urbanas (Naumann 2011). La Comunicación de la Comisión Europea *Infraestructura verde: mejora del capital natural de Europa* (2013) plantea las bases para una estrategia de la UE sobre IV que contribuya a conservar y mejorar el capital natural.

El concepto de IV se incorpora al ordenamiento jurídico español en la Ley 33/2015, de 21 de septiembre, por la que se modifica la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. Esta Ley establece que el Ministerio para la Transición Ecológica, con la colaboración de las Comunidades Autónomas y de otros Ministerios implicados, elabore, en un plazo máximo de tres años, una *Estrategia estatal de infraestructura verde, y de la conectividad y restauración ecológicas*. Establece también que las comunidades autónomas desarrollarán sus propias estrategias. Para ello, se han elaborado las bases científico-técnicas para la Estrategia estatal de infraestructura verde y de la conectividad y restauración ecológicas (Valladares et al. 2017). En el caso de España, los gobiernos autonómicos pueden desempeñar un papel crucial en la implementación de una IV eficaz utilizando enfoques científicos/técnicos de apoyo a las políticas de gestión sostenible del territorio, bajo el EbSE.

En el País Vasco, área altamente urbanizada y con un paisaje muy fragmentado en el que los ecosistemas naturales están muy degradados, es de especial importancia realizar una gestión sostenible del territorio teniendo en cuenta los SE. Para ello, es necesario incluir el EbSE en las políticas de ordenación del territorio. Además, la valoración y el cartografiado de los SE se consideran requerimientos esenciales para la implementación del concepto de los SE en la toma de decisiones sobre la planificación y la gestión sostenible del territorio, así como para el desarrollo de una IV. En este contexto, el objetivo del presente trabajo es analizar la implementación del EbSE en la ordenación del territorio del País Vasco. La generación de conocimiento en este proceso se ha llevado a cabo a través de la colaboración trans-disciplinaria de políticos, técnicos y científicos, denominada *Comunidad de Práctica*, como metodología de funcionamiento para facilitar el diálogo constructivo entre científicos y no científicos (Schneider et al. 2009). Esta *Comunidad de Práctica*, tiene un gran potencial para mejorar el discurso de los SE en la sociedad. Además, se propone una metodología para el desarrollo de una IV regional con el EbSE para su consideración en la ordenación territorial.

Metodología

Área de estudio

El País Vasco es una comunidad autónoma situada en el Norte de España, con una superficie de 7200 km², que incluye los territorios de Bizkaia, Gipuzkoa y Araba. Tiene una población de 2 200 000 habitantes, donde más del 50% de la población vive en Bizkaia cuya densidad de población es de 520 habitantes/km². Geográficamente, el País Vasco se encuentra en el límite de las regiones biogeográficas del Atlántico y el Mediterráneo. Como consecuencia, Bizkaia y Gipuzkoa tienen un clima templado y húmedo con ligeras oscilaciones térmicas (temperatura promedio: 12.5°C), distribución uniforme de las precipitaciones durante todo el año (precipitación media anual de 1500 mm). En contraste, Araba tiene un clima más mediterráneo con mayores oscilaciones térmicas (temperatura promedio: 4°C en invierno y 20°C en verano), menos precipitación (precipitación anual promedio de 850 mm) que se concentra en otoño y primavera, y heladas más frecuentes. Las diferencias en el clima y la topografía han dado lugar a diferentes usos del suelo en las dos regiones. Mientras que las plantaciones de madera cubren el 45% del área de Bizkaia y Gipuzkoa, el 26% de Araba se caracteriza por presentar monocultivos intensivos de patatas, cereales y vides (Gobierno Vasco 2009). Esto ha dado lugar a un paisaje muy fragmentado, en el que los ecosistemas naturales representan un porcentaje pequeño de su situación potencial (Fig. 1).

Creación de una comunidad de práctica para la implementación del EbSE en la ordenación del territorio

Para la implementación del EbSE en la ordenación del territorio se creó una comunidad de práctica (CP) trans-disciplinaria en el año 2008, entendida como un conjunto de personas con un interés común y cuyo objetivo es obtener conocimiento relacionado con un campo específico (Wenger 2000). Esta CP se creó con el objetivo de integrar el diálogo científico, político, técnico y social y obtener, de esta manera, conocimiento científico que resulte de utilidad en las políticas de conservación y gestión sostenible del territorio. Por tanto, está formada por la comunidad científica, personal técnico y político de las administraciones públicas (decisores/gestores) y asociaciones, coordinada por la Cátedra UNESCO sobre Desarrollo Sostenible y Educación Ambiental de la Universidad del País Vasco. La composición de la CP ha ido variando y aumentando a lo largo del tiempo, como se puede ver en la Tabla 1, dependiendo de la disponibilidad y del interés despertado por los distintos departamentos del Gobierno Vasco y la Diputación Foral de Bizkaia. La participación en la CP ha sido de 45 personas y en el caso de responsables políticos de 5 personas.

El proceso de trabajo de la CP consiste en reuniones anuales sistemáticas y en talleres y seminarios abiertos, tanto a los actores implicados como a otros agentes interesados (Tabla 1). Todos los talleres se basaron en enfoques de co-aprendizaje y co-producción de conocimiento destinados a generar resultados basados en el intercambio entre las personas involucradas, lo que se puede asimilar al concepto de aprendizaje social (Hegger et al. 2012). Al adoptar este enfoque, se establece un espacio basado en el diálogo abierto y orientado a desarrollar la capacidad de los participantes para aprender y expresar sus intereses y construir resultados por consenso (Medema et al. 2017).

Esta experiencia de funcionamiento desarrollada se identifica con el esquema que se ha propuesto para sistemas de conocimiento trans-disciplinarios, que implica cinco fases: *movilizar, trasladar, negociar, sintetizar* y *aplicar* (Tengö et al. 2017). *Movilizar* significa poner el conocimiento disponible desde los diferentes sistemas de conocimiento/agentes, de forma que se pueda compartir. *Trasladar* implica hacer comprensible la información entre distintos sistemas de conocimiento, para permitir la comprensión mutua. *Negociar* significa establecer las convergencias entre conocimientos respecto a los objetivos perseguidos, en el caso de conflictos pueden permanecer algunas divergencias. *Sintetizar* supone estable-

Tabla 1. Esquema de la actividad de la Comunidad de Práctica.
Table 1. Scheme of the activity of the Community of Practice.

Fecha (año)	Comunidad de Práctica. Agentes implicados (reuniones mensuales)	Objetivos prioritarios	Hitos relevantes
2008	Universidad del País Vasco (UPV/EHU)	Definición de los Ecosistemas relevantes	Comienzo proyecto Evaluación de los Ecosistemas del milenio (EEM) de Bizkaia
	Universidad Autónoma de Madrid (UAM)		
	Diputación Foral de Bizkaia (DFB): Departamento de Medio Ambiente	Adopción de los SE relevantes	Colaboración con EEM España (UAM)
	UNESCO Etxea		
	UNESCO UN	Bilbao, Urdaibai, Urkiola	UNESCO y UNESCO Etxea
2009	UPV/EHU, UNESCO Etxea	Fortalecimiento redes internacionales	Aceptación en SGA
2011	Comunidad de Práctica, Comisión interdepartamental	APLICABILIDAD: resultados a la gestión sostenible del territorio	Comienzo proyecto EEM del País Vasco
	Gobierno Vasco: Urdaibai, Biodiversidad (Estrategia Europea de Biodiversidad 2020)		Reunión Internacional en Bilbao SGA
2013	Consejo Asesor de Política territorial	Asesoramiento a las decisiones en materia de ordenación del territorio (OT)	
2014	Gobierno Vasco: Departamentos de Administración y Planificación Territorial Medio Ambiente, Patronato de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai (RBU), Servicio de Cartografía ORDENACIÓN TERRITORIAL y planeamiento URA (Agencia del agua) Información Ambiental	Talleres con OT y URA: 22 personas	
	UPV/EHU	Taller a personal técnico municipal (ayuntamientos, comarcas, Diputaciones forales, Iñobe. UPV/EHU, Ingurugela): 23 personas. Taller con técnicos del Patronato de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai: 6 personas	
2015	Integración proyecto EEM Bizkaia y EEM País Vasco	APLICABILIDAD: resultados a la OT sostenible	Escala global y estudios locales
	Se integran los departamentos de OT y FUNDACIÓN HAZI/Agricultura	Establecer EbSE para la renovación del PRUG de la RBU	Guía metodológica para el cartografiado de SE
2016	Funcionamiento conjunto: Universidad, GV y DFB (Departamentos de Medio Ambiente y OT)	Establecer criterios de EbSE para la renovación del PTP de Bilbao metropolitano	
2017/2018	Funcionamiento conjunto: Universidad, GV y DFB (Departamentos de Medio Ambiente y OT)	Desarrollo de metodología para el cartografiado de SE y para la identificación de los componentes de la IV	
2019	Funcionamiento conjunto: Universidad, GV y DFB (Departamentos de Medio Ambiente y OT)	Incluir criterios de EbSE en las DOT del País Vasco	Aprobación DOT Euskadi
		Difundir los EbSE en políticas de gestión, planes y estrategias	Desarrollo de una guía práctica para la formulación de planes y programas territoriales

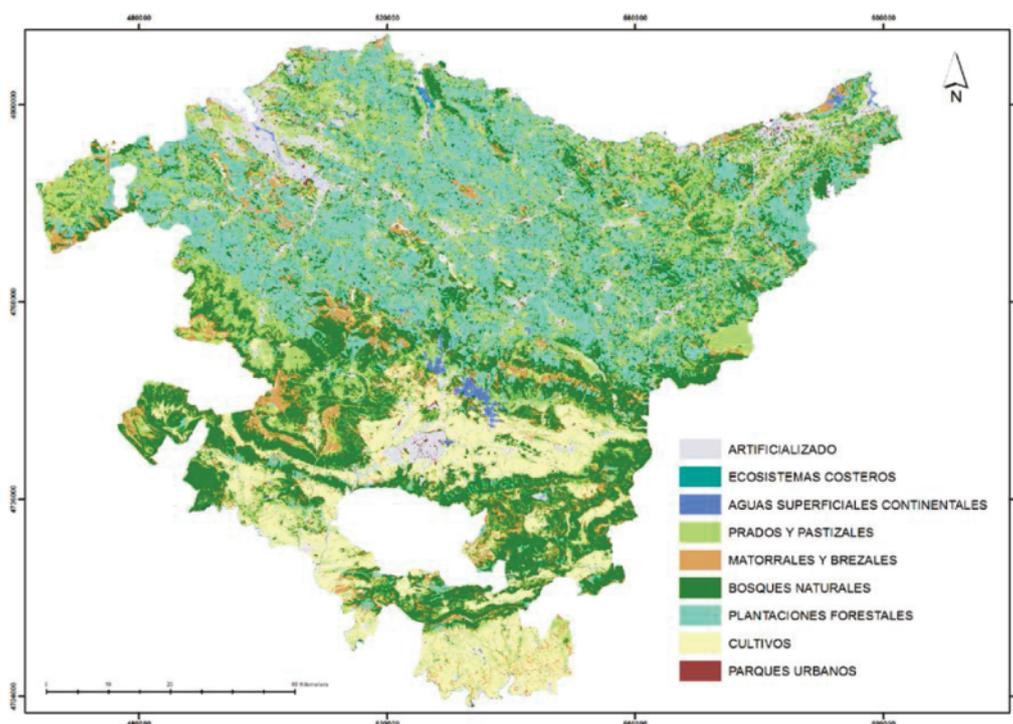


Figura 1. Distribución de los ecosistemas en el País Vasco.

Figure 1. Distribution of the ecosystems of the Basque Country.

cer un conocimiento común, aunque se mantiene la integridad de cada sistema de conocimiento. *Aplicar* es la última fase, en la que el conocimiento creado es utilizable para la toma de decisiones para los actores involucrados (Fig. 2).

Propuesta de infraestructura verde regional desarrollada con el EbSE

Para proponer una IV regional es necesario identificar las áreas multifuncionales proveedoras de SE a esta escala. Para ello, en primer lugar, hay que identificar los servicios prioritarios en el territorio, valorarlos en función de la capacidad que tienen los diferentes ecosistemas en su provisión y cartografiar su distribución espacial para, posteriormente, solapar los SE y, así, poder identificar las áreas multifuncionales proveedoras de SE.

En el caso del País Vasco, la CP consideró como SE prioritarios, siguiendo las directrices que marca Europa para el cartografiado de la IV europea (Liquete et al. 2015), consideró los siguientes cinco SE prioritarios; a saber, (1) el mantenimiento del hábitat, (2) la regulación de la calidad del aire, (3) almacenamiento de carbono, (4) la regulación hídrica y (5) la polinización. La distribución espacial de estos SE fue cartografiada siguiendo la metodología que se detalla en Onaindia et al. (2018) y Peña et al. (2018).

Los factores que se tuvieron en cuenta para evaluar el servicio de mantenimiento del hábitat son la riqueza de especies de plantas vasculares nativas, el estado sucesional de los ecosistemas y, asimismo, de las áreas protegidas y de interés natural. Aquellos ecosistemas que se encuentran en un estado sucesional más avanzado tienen 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. En el caso de los espacios protegidos o con cierto interés natural, han sido declarados con esa figura, configurando la red Natura 2000 de Euskadi, debido a la importancia que poseen para el mantenimiento de la biodiversidad (flora y fauna) o el mantenimiento de sus hábitats singulares.

En el caso de la regulación de la calidad del aire, se tuvo en cuenta la concentración media anual de NO₂ en el aire y la velocidad seca de deposición de este contaminante en la vegetación, la cual posee cierta capacidad para capturar los contaminantes del aire. Nos basamos en la medida del NO₂, porque es un contaminante acuciante en la mayoría de las principales áreas urbanas y periurbanas de España (Baró et al. 2016).

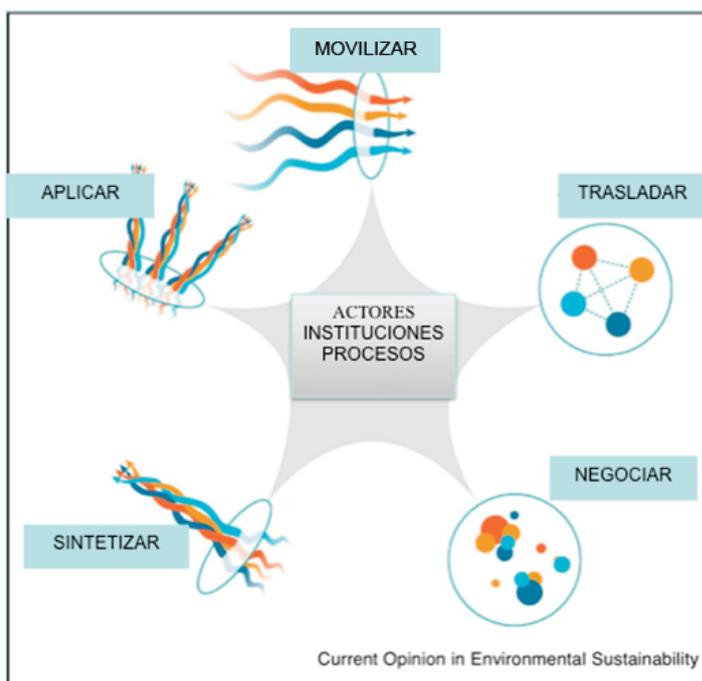


Figura 2. Esquema de funcionamiento para sistemas de conocimiento trans-disciplinares que implica cinco fases: movilizar, trasladar, negociar, sintetizar y aplicar (elaboración propia basado en Tengö et al. 2017).

Figure 2. Operation scheme for trans-disciplinary knowledge systems that involves five phases: mobilize, translate, negotiate, synthesize and apply (own elaboration based on Tengö et al. 2017).

Para el servicio de almacenamiento de carbono, se estimó la cantidad de carbono almacenado en la biomasa (viva y muerta) y el suelo para los diferentes ecosistemas, ya que tanto la vegetación como el suelo actúan como almacén o sumidero de carbono. Para cartografiar el servicio de regulación hídrica, por su parte, se ha evaluado la capacidad de los ecosistemas para regular y retener el agua, teniendo en cuenta tanto la intercepción 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. En periodos de fuertes lluvias la vegetación amortigua la caída de lluvia en el suelo y ralentiza su flujo, favoreciendo su infiltración en el subsuelo. En consecuencia, se reduce la escorrentía superficial y favorece la descarga laminada de los ríos.

Por último, para evaluar el servicio de polinización se estimó la probabilidad de abundancia de polinizadores en el área, en concreto la abeja silvestre, teniendo en cuenta la disponibilidad de hábitat para anidar y de alimento y su distancia de desplazamiento.

El software utilizado para el geo-procesamiento fue ArcMap 10.3 (ESRI 2016) y los datos básicos de los usos del suelo utilizados para el cartografiado son los del Sistema Europeo de Información sobre la Naturaleza (EUNIS) desarrollado por la Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA 2002) a escala 1:10 000 (Gobierno Vasco 2009). Todos los SE se clasificaron en cinco rangos: contribución muy alta, alta, media, baja y muy baja/nula. Estos rangos se definieron utilizando el de cortes naturales de Jenks (Reyers et al. 2009; O' Farrell et al. 2010), excepto para el mantenimiento del hábitat.

Para la propuesta de IV, se consideraron principales todas aquellas áreas multifuncionales que presentaron un valor alto o muy alto para esos SE, y secundarias, aquellas áreas multifuncionales que mostraron un valor alto o muy alto para cuatro de esos SE.

Resultados

Distribución de los SE, áreas multifuncionales y propuesta de una IV

La evaluación y cartografía de los SE mostró una distribución espacial fragmentada de los mismos, coherente con la fragmentación de los ecosistemas en el territorio estudiado, sobre todo de los ecosistemas naturales (Fig. 3-7) (la cartografía desarrollada se encuentra disponible en el visor de GeoEuskadi y puede descargarse usando: <ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia>). Una vez realizadas las superposiciones espaciales de las zonas de alto valor para la provisión de SE, se obtuvieron las áreas multifuncionales, cuyos elementos principales de la IV fueron, predominantemente, bosques naturales, y los secundarios: pastizales, arbustos y brezales (Fig. 8). Por otra parte, las áreas con escasa o nula provisión de SE correspondieron mayoritariamente a áreas urbanas, minas y canteras.

Inclusión del EbSE en las Directrices de Ordenación Territorial del País Vasco

El trabajo desarrollado dentro de la CP ha tenido como consecuencia directa la integración del EbSE en la revisión y nuevas Directrices de Ordenación Territorial de la Comunidad Autónoma del País Vasco (DOT), aprobadas recientemente por el Decreto 128/2019 (País Vasco 2019). El artículo 4 establece una serie de directrices en materia de IV y SE, donde se definen los elementos que componen la IV, así como sus características, resaltando que debe frenar la pérdida de biodiversidad y mitigue los efectos de la fragmentación territorial, con el fin de reforzar los servicios que ofrece la naturaleza. El citado artículo también hace referencia a que la valoración de los SE contendrá información sobre el alcance y estado de los mismos, de los servicios que estos prestan y de su valor.

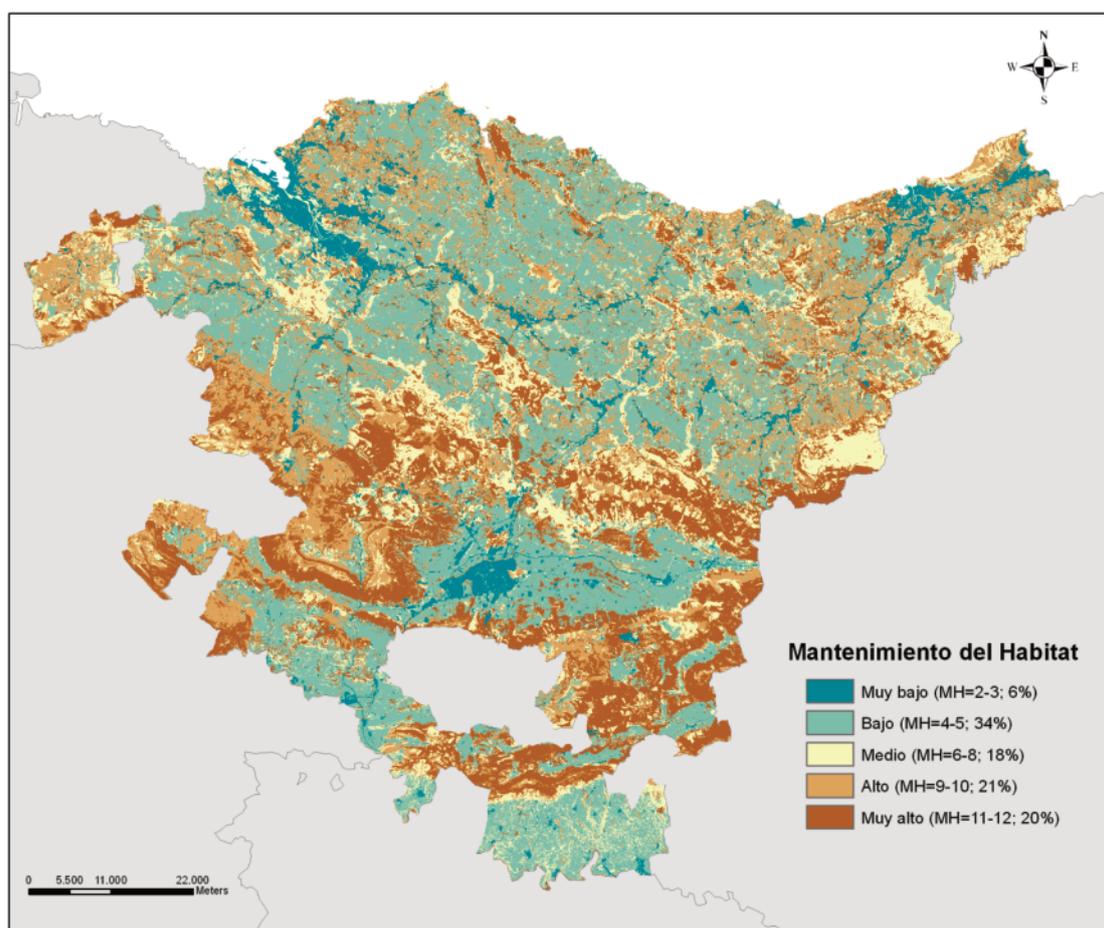


Figura 3. Distribución espacial del servicio de mantenimiento del hábitat.

Figure 3. Spatial distribution of the habitat maintenance service.

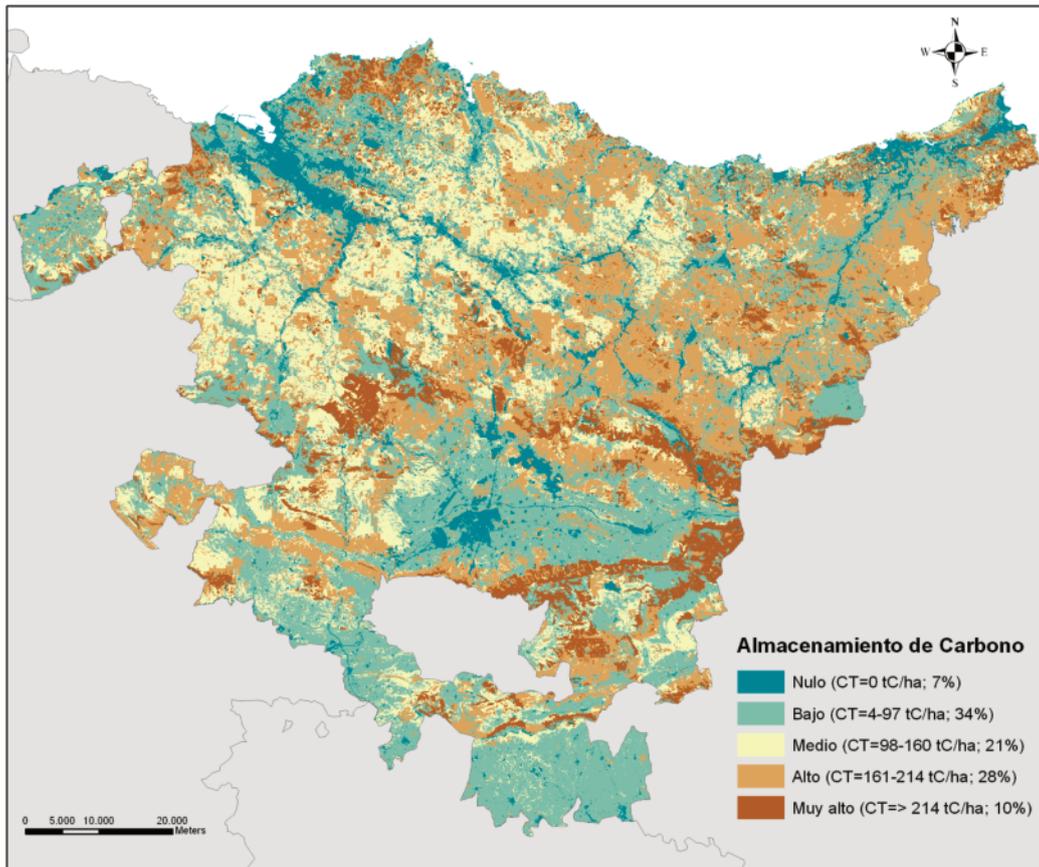


Figura 4. Distribución espacial del servicio de almacenamiento de carbono.

Figure 4. Spatial distribution of the carbon storage service.

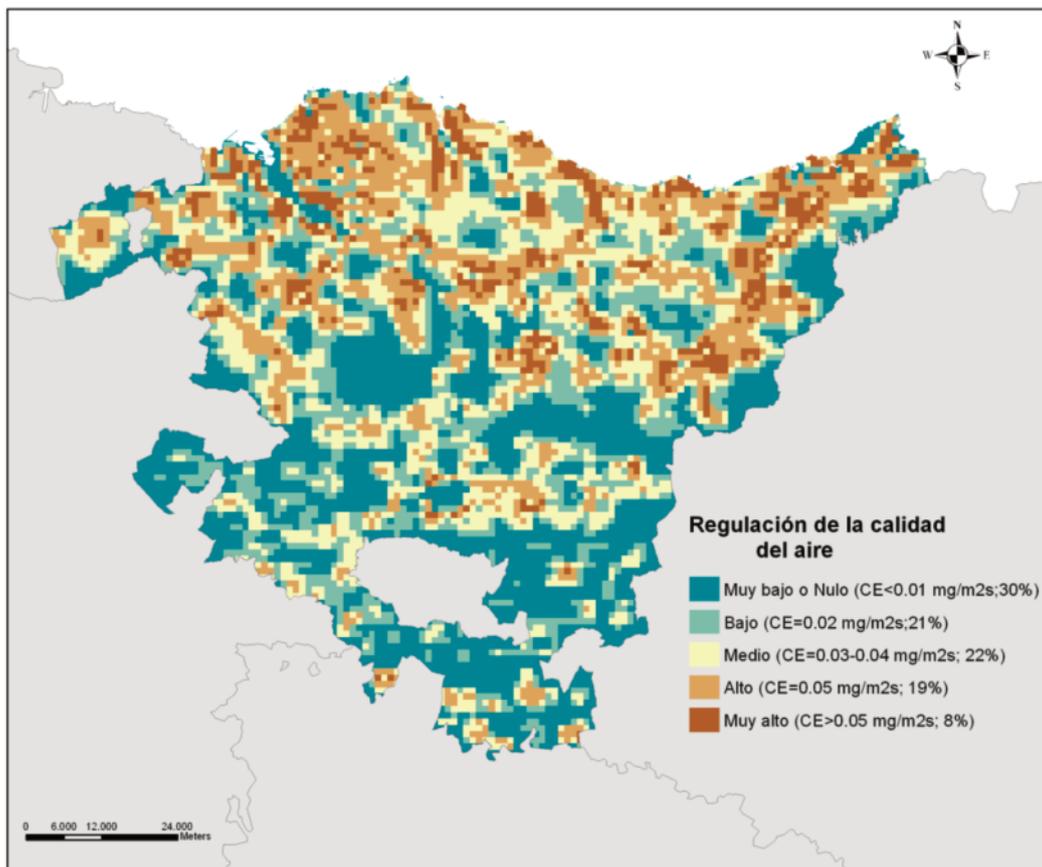


Figura 5. Distribución espacial del servicio de regulación de la calidad del aire.

Figure 5. Spatial distribution of the air quality regulation service.

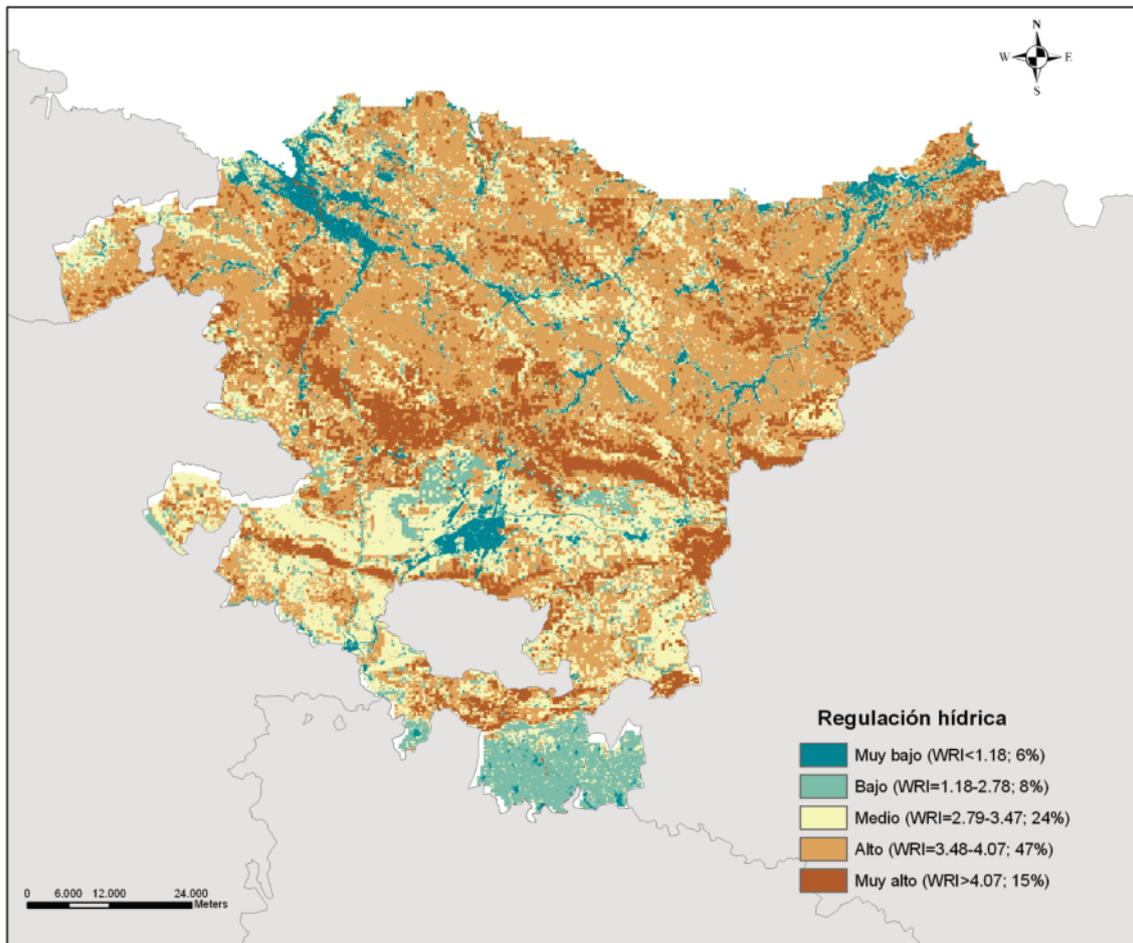


Figura 6. Distribución espacial del servicio de regulación hídrica.

Figure 6. Spatial distribution of the water control service.

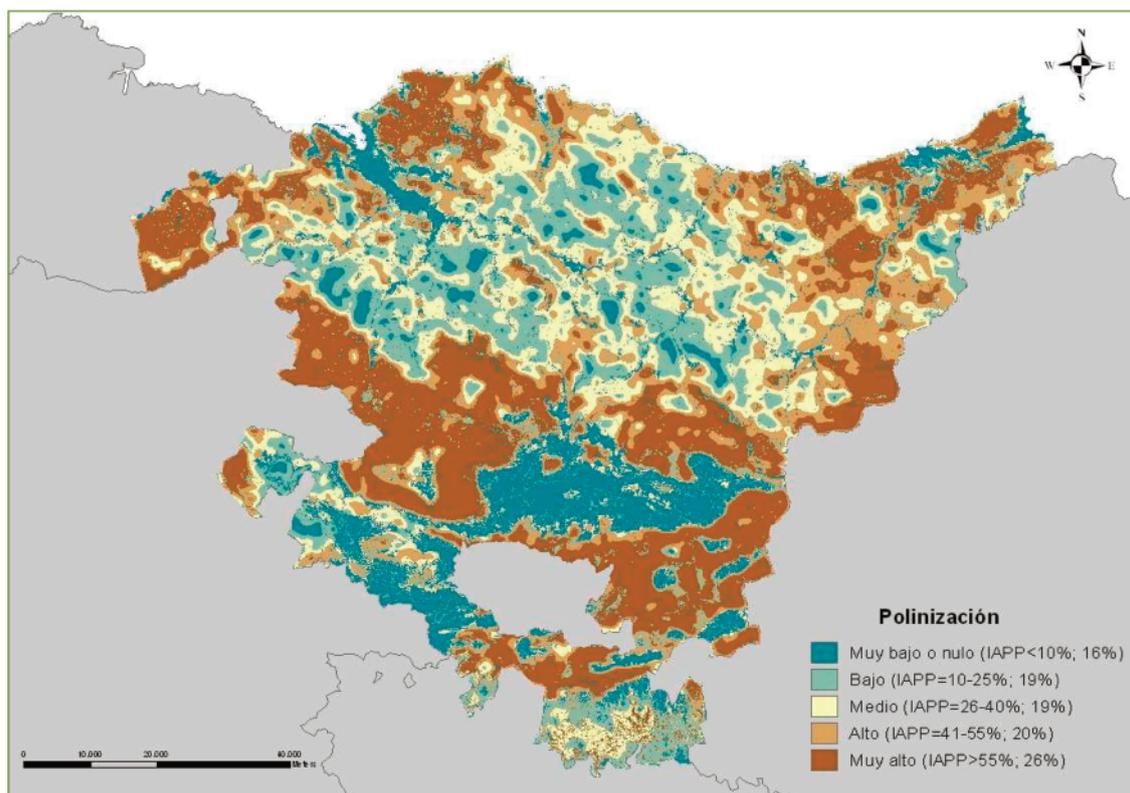


Figura 7. Distribución espacial del servicio de polinización.

Figure 7. Spatial distribution of the pollination service.

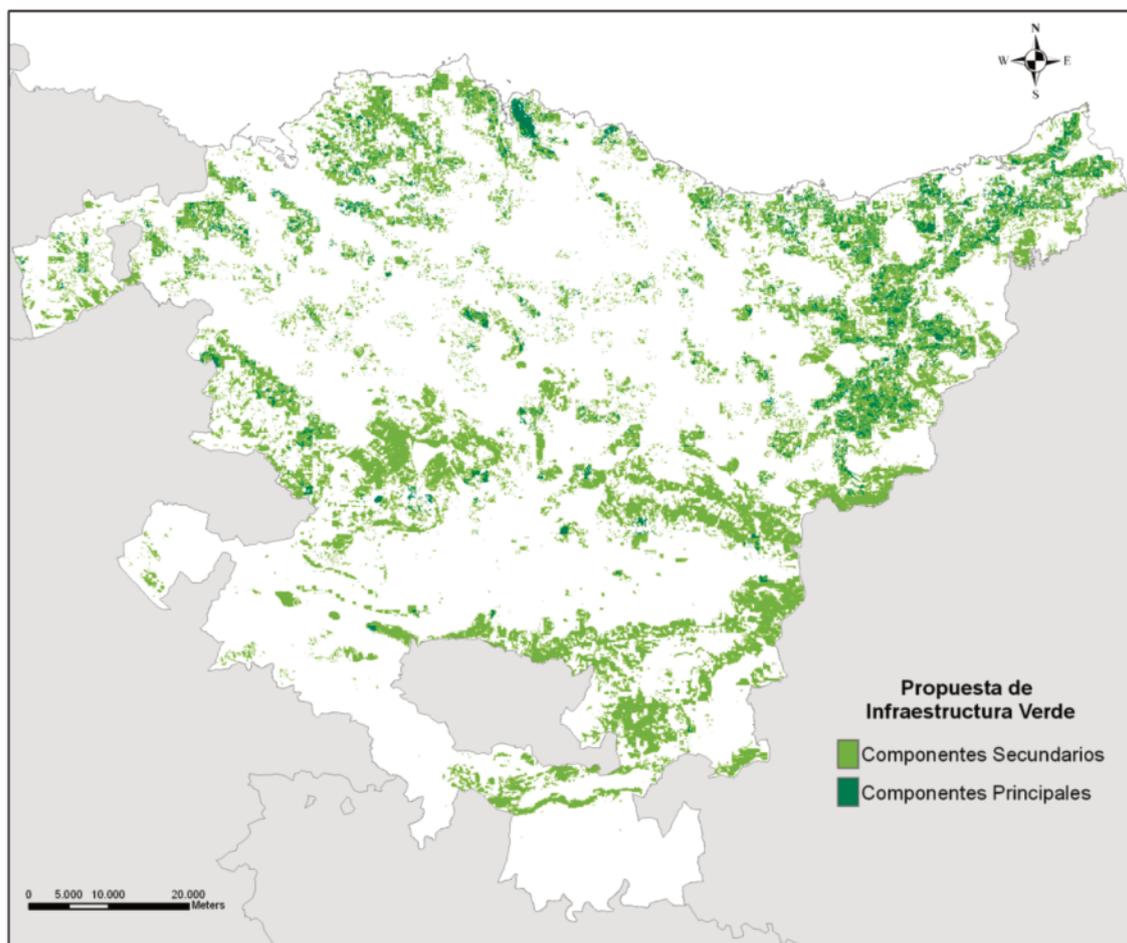


Figura 8. Mapa de la IV del País Vasco basado en SE.

Figure 8. Map of the green infrastructure of the Basque Country based on ecosystem services.

Las actuales DOT reconocen como espacios a incluir en la IV, las zonas Natura 2000, los corredores ecológicos y *otras áreas de interés*. Estas denominadas *áreas de interés* son básicamente los *espacios multifuncionales*, o áreas proveedoras de múltiples SE. Por tanto, la evaluación y cartografiado realizada ha supuesto incluir estos espacios multifuncionales en la IV (Fig. 9).

Hay que destacar que, a través del Consejo Asesor de Política Territorial del Gobierno Vasco, órgano en el que varias personas de la CP han participado, se ha contribuido a la elaboración y aprobación del documento final de las DOT. Las aportaciones realizadas están principalmente relacionadas con la terminología y con la metodología de evaluación de los SE en el País Vasco. Las fichas metodológicas sobre el cartografiado de SE están incluidas como anexo en las DOT (Fig. 10).

Discusión

Un nuevo enfoque para la ordenación sostenible del territorio

Como define la Estrategia Estatal de Infraestructura Verde, y de la Conectividad y Restauración Ecológicas, la conservación de la IV es crucial para *asegurar la conectividad ecológica y la funcionalidad de los ecosistemas, la mitigación y adaptación al cambio climático, la desfragmentación de áreas estratégicas y la restauración de ecosistemas degradados*. Por este motivo, el EbSE presentado en este estudio puede ser una herramienta muy útil para los gestores/decisores del territorio, ya que permite identificar los elementos más relevantes de la IV como requisito previo para su definición y diseño. Una metodología similar fue utilizada por Li-quete et al. (2015) para cartografiar IV a escala europea, pero como explican las y los autores, *el estudio de caso europeo no ha sido diseñado para ser aplicado a escala local*, y recomiendan ajustar

su metodología para estudios regionales. La metodología presentada aquí es un ejemplo de la adaptación a una escala de trabajo local de la metodología europea, y proporciona información relevante para la toma de decisiones a escala regional/local. Identificar, promover y preservar una IV tienen el potencial de proporcionar una amplia gama de beneficios, incluidos los ecológicos, económicos y sociales (Barbati et al. 2013). En este sentido, se espera que la conservación de los componentes principales de la IV del País Vasco contribuya al mantenimiento de los servicios de regulación, que de manera general están siendo degradados, en muchas ocasiones a favor exclusivamente de los SE de aprovisionamiento.

Un nuevo paradigma para la ciencia: la sostenibilidad

Ante la situación de crisis global en la que nos encontramos, necesitamos definir una nueva manera de crear conocimiento para la sostenibilidad. Desde la definición de desarrollo sostenible, en el denominado *Informe Brundtland* en el año 1987, este término se refiere a la necesidad de un desarrollo económico y social en equilibrio con la conservación de la naturaleza, y que no ocasione al agotamiento de los recursos naturales. Esta idea necesitó de los siguientes veinte años hasta comenzar a construir una nueva ciencia, capaz de conectar el conocimiento y los métodos de muchas disciplinas en un nuevo conjunto conceptual y práctico (Kates 2011). Es en la década de los 2000 cuando la Ciencia de la Sostenibilidad se convierte en centro de gran interés, a través de la colaboración científica entre diferentes investigadores y centros de investigación (Brettencourt y Kaur 2011). En los últimos años, ha habido una evolución creciente a un modo más transformador y orientado a la solución de problemas reales, contribuyendo a transformaciones concretas hacia la sostenibilidad (Miller et al. 2014), y basada en la biosfera (Tengö et al. 2017).

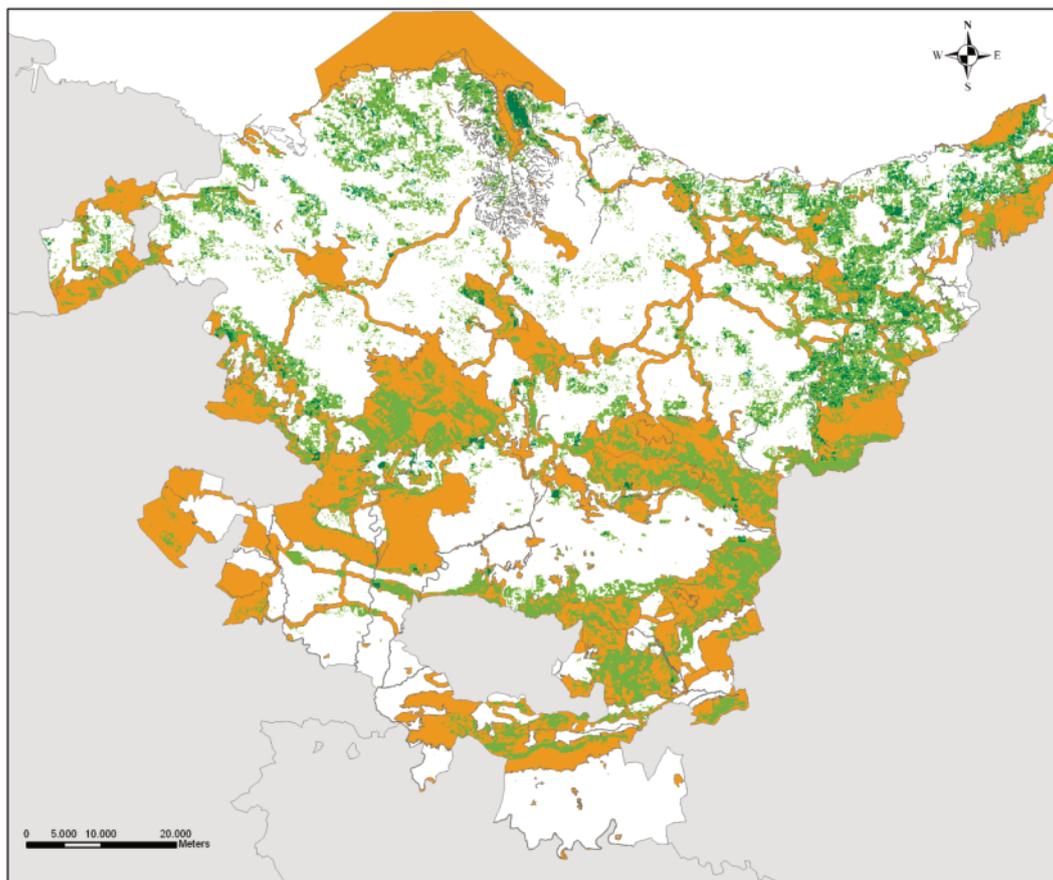


Figura 9. Integración de la propuesta de IV para el País Vasco, incluyendo áreas Natura 2000 y corredores ecológicos (en rojo) y los espacios multifuncionales proveedores de SE (en verde).

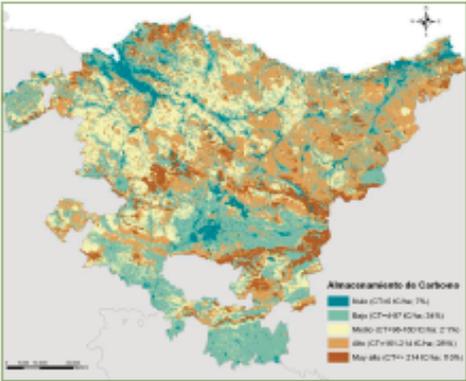
Figure 9. Integration of the green infrastructure proposal for the Basque Country, including Natura 2000 areas and ecological corridors (red) and the multifunctional areas that provide ecosystem services (green).



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, biomasa muerta y suelo.

El 38% de la CAPV posee una importancia alta o muy alta para el servicio de regulación de almacenamiento de carbono.



Almacenamiento de Carbono
 Max (CT=487 tC/ha, 7%)
 Baj (CT=47 tC/ha, 34%)
 Medio (CT=198-400 tC/ha, 27%)
 Alta (CT=487-1442 tC/ha, 29%)
 Muy alta (CT=1442-314 tC/ha, 3%)

PROXY	METODO	DATOS UTILIZADOS
Contenido de carbono total	CT= CBv + CBm + CS	Contenido de carbono en biomasa viva:
	CT= Contenido de C total del ecosistema (tC/ha)	Sistemas no forestales y Bosque de ribera: Bibliografía (Fonseca et al., 2012; Serrano et al., 2016; Juhos & Tökel, 2012)
	CBv= Contenido de C en biomasa viva (tC/ha)	Sistemas Forestales: Fórmula del IPCC (2003)
	CBm= Contenido de C en biomasa muerta (tC/ha)	<u>Volumen tronco con corteza:</u> Inventario Forestal de la CAPV para el año 2011
	CS= Contenido de C en el suelo (tC/ha)	<u>Factor de expansión de la biomasa:</u> Bibliografía (Montero et al., 2005)
	CBv= V CC² FEB * (1 + R) * Dm * FCms	<u>Relación raíz/vástago:</u> Bibliografía (Montero et al., 2005)
	VCC= Volumen tronco con corteza (m ³ /ha)= Existencias maderables con corteza (m ³)/ Superficie ocupada por cada especie (ha)	<u>Densidad de la madera:</u> Inventario Forestal Catalán (CPF 2004) y de las tablas de producción para los montes españoles (Madrigal et al., 1999)
	FEB= Factor de expansión de la biomasa	<u>Fracción de carbono en la materia seca:</u> Bibliografía (Montero et al., 2005)
	R= Relación raíz/vástago	Contenido de carbono en biomasa muerta:
	Dm= Densidad de la madera (tms/m ³)	<u>Volumen de madera muerta:</u> Inventario Forestal de la CAPV para 2011 y 2005
	FCms=Fracción de C en materia seca (gC/gms)	Contenido de carbono en el suelo:
	CBm= V² Dm * FCms	Inventario de carbono orgánico almacenado en los 30 primeros centímetros del suelo de la CAPV 1:25.000 (Nelker, 2004).
	V= Volumen de madera muerta (m ³ /ha)	

Figura 10. Ficha metodológica sobre el cartografiado del servicio de almacenamiento de carbono incluido como anexo en las DOT.

Figure 10. Methodological sheet on the mapping of the carbon storage service included as an annex in the DOT.

Sin embargo, para realizar verdaderamente las transformaciones hacia escenarios de sostenibilidad, se necesita mucho más que la ciencia y la investigación de sostenibilidad orientada a soluciones. La disposición y la capacidad para transformar de las organizaciones académicas, gubernamentales y privadas, lucrativas y no gubernamentales sin fines de lucro, para usarlas en operaciones generadoras de conocimiento, aún son bastante escasas (Wiek y Lang 2016). Por esta razón el desarrollo de enfoques EbSE y su vocación trans-disciplinar (con la colaboración de los actores sociales implicados) puede ser clave en el camino hacia la sostenibilidad.

Para construir resiliencia socio-ecológica, el conocimiento necesita estar entroncado en un contexto institucional que permita su aplicación y, asimismo, en el aprendizaje de la experiencia a lo largo del tiempo (Berkes and Folke 1998). En este contexto, la universidad tiene un importante papel en conectar la ciencia con la práctica y desarrollar visiones que impliquen el compromiso social (Keeler et al. 2017).

Conclusiones

Los resultados indican que los puentes entre ciencia y gestión pueden ser exitosos para establecer directrices de decisión/gestión con base científica. Entre las condiciones necesarias para llegar a la implementación de los resultados de la investigación, se incluyen el trabajo conjunto de investigadores, gestores y tomadores de decisiones, que lleva a la facilitación de intercambios de conocimiento y a la generación de un entendimiento compartido y a la aplicación de los resultados.

En este caso, se ha incluido el EbSE en las DOT de la Comunidad Autónoma del País Vasco, lo que tiene como consecuencia que los diferentes departamentos de la Administración, y a diferentes escalas, deberán implementar acciones para la promoción de una IV local. En este sentido, la escala de la Administración local puede tener implicaciones claves para implementar acciones que fomenten la transición hacia una gestión sostenible del territorio.

Agradecimientos

Este documento es producto del trabajo en colaboración entre personal investigador de la universidad y personal técnico de la administración pública vasca. Agradecemos la colaboración de todas las personas que han colaborado en este trabajo a lo largo del tiempo, que ha sido clave para la consecución de los resultados presentados. Por parte de la Administración Pública, agradecemos especialmente al personal del Departamento de Sostenibilidad y Medio Natural de la Diputación Foral de Bizkaia, y del Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda del Gobierno Vasco. Han sido fundamentales las aportaciones de Iosu Madariaga, Marta Iturrizarria, Xabier Arana y Rafael Sánchez.

Además de las personas miembros de la CP, ha habido colaboraciones puntuales, que agradecemos por suponer un importante beneficio al documento final.

Referencias

Barbati, A., Corona, P., Salvati, L., Gasparella, L. 2013. Natural forest expansion into suburban countryside: Gained ground for a green infrastructure? *Urban Forestry and Urban Greening* 12: 36–43

Baró, F., Palomo, I., Zulian, G., Vizcaino, P., Haase, D., Gómez-Baggeth, E. 2016. Mapping ecosystem service capacity, flow and demand for landscape and urban planning: A case study in the Barcelona metropolitan region. *Land Use Policy* 57: 405–417.

Berkes F., Folke C. 1998. *Linking social and ecological systems. Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*. Cambridge University Press, New York, Estados Unidos.

Brettencourt, L.M.A., Kaur, J. 2011. Evolution and structure of Sustainability Science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United State of America* 108 (49): 19540–19545.

Carmen, E., Watt, A., Carvalho, L., Dick, J., Fazey, I., Garcia-Blanco, G., et al. 2018. Knowledge Needs for the Operationalisation of the Concept of Ecosystem Services. *Ecosystem Services* 29: 441–451.

Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson, R.T., Molnár, Z., et al. 2018. Assessing nature's contributions to people. *Science* 19 (6373): 270–272.

Duarte, C. M., Alonso S., Benito, G., Dachs, J., Montes, C., Pardo Buendía, M., Ríos, A. F., Simó, R., Valladares, F. 2006. *Cambio Global. Impacto de la Actividad Humana sobre el Sistema Tierra*. Colección divulgación, CSIC, Madrid, España. 167 p.

EEA (European Environmental Agency) 2002. *EUNIS Hábitat Classification*. European Topic Centre on Nature Protection and Biodiversity, Paris, Francia. <http://eunis.eea.europa.eu/>.

ESRI 2016. *ArcMap 10.3. Redlands*. Environmental Systems Research Institute, California, Estados Unidos.

Gobierno Vasco. GeoEuskadi 2009. *Cartografía de hábitats* (nomenclatura europea EUNIS). <ftp://ftp.geo.euskadi.net/cartografia/>

Hambler, C. 2004. *Conservation. Studies in Biology*. Cambridge University Press, Nueva York, Estados Unidos.

Hegger, D., Lamers, M., Van Zeijl-Rozema, A., Dieperink, C. 2012. Conceptualising Joint Knowledge Production in Regional Climate Change Adaptation Projects: Success Conditions and Levers for Action. *Environmental Science and Policy* 18: 52–65.

Kates R.W. 2011. *From the Unity of Nature to Sustainability Science: Ideas and Practice*, Paper No. 218. Harvard University, Center for International Development Working. Cambridge, MA, Estados Unidos.

Keeler, B.L.R., Chaplin-Kramer, A.D., Gerry, P.F.E., Addison, C., Bettigolo, I.C., Burke, L., et al. 2017. Society is ready for a new kind of science-is academia? *BioScience* 67 (7): 591–592.

Liquete, C., Kleeschulte, S., Dige, G., Maes, J., Grizzetti, B., Olah, B., Zulian, G. 2015. Mapping green infrastructure based on ecosystem services and ecological networks: A Pan-European case study *Environmental Science and Policy* 54: 268–280.

MEA (Millenium Ecosystem Assessment) 2005. *Ecosystem and Human Well-Being: Synthesis*. Island Press. Washington DC, Estados Unidos.

Medema, W., Adamowski, J., Orr, C., Furber, A., Wals, A., Milot, N. 2017. Building a Foundation for Knowledge Co-Creation in Collaborative Water Governance: Dimensions of Stakeholder Networks Facilitated through Bridging Organizations. *Water (Switzerland)* 9(1), 60.

Miller, T.R., Wiek, A., Sarewitz, D., Robinson, J., Olsson, L., Kriebel, D., Loorbach, D. 2014. The future of sustainability science: A solutions-oriented research agenda. *Sustainability Science* 9: 239–246.

Naumann, S., McKenna, D., Kaphengst, T., Pieterse, M., Rayment, M. 2011. *Design, Implementation and Cost Elements of Green Infrastructure projects*. Final report to the European Commission, Bruselas, Bélgica.

Onaindia, M., Fernández de Manuel, B., Rodríguez-Loizaga, G., Peña, L., Madariaga, I., Palacios-Agúndez, I., Ametzaga-Arregi, I. 2018. Land use efficiency through agrológica capacity and ecosystem services analysis approach. *Land Use Policy* 78: 650–661.

O'Farrell, P.J., Reyers, B., Le Maitre, D.C., Milton, S.J., Egoh, B., Maherry, A., Colvin, C., Atkinson, D., De Lange, W., Bignaut, J.N., Cowling, R.M. 2010. Multi-functional landscapes in semiarid environments: implications for biodiversity and ecosystem services. *Landscape Ecology* 25: 1231–1246.

País Vasco 2019. Decreto 128/2019, de 30 de julio, por el que se aprueban definitivamente las Directrices de Ordenación Territorial de la Comunidad Autónoma del País Vasco. *BOPV (País Vasco)* nº 181, 4315. Disponible en: <http://www.euskadi.eus/bopv2/datos/2019/09/1904315a.pdf>

Peña, L., Onaindia, M., Fernández de Manuel, B., Ametzaga-Arregi, I., Casado-Arzuaga, I. 2018. Analysing the synergies and trade-offs between ecosystem services to reorient land use planning in metropolitan Bilbao (Northern Spain). *Sustainability* 10: 4376.

Reyers, B., O'Farrell, P.J., Cowling, R.M., Egoh, B.N., Le Maitre, D.C., Vlok, J.H.J. 2009. Ecosystem services, land-cover change, and stakeholders: finding a sustainable foothold for a semiarid biodiversity hotspot. *Ecology and Society* 14 (1): 38.

Reyers, B., Nel, J.L., O'Farrell, P.J., Sitas, N., Nel, D.C. 2015. Navigating Complexity through Knowledge Coproduction: Mainstreaming Ecosystem Services into Disaster Risk Reduction. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112 (24): 7362–7368.

- Reyers, B., Folke, C., Moore, M-L., Biggs, R., Galaz, V. 2018. Social-Ecological Systems Insights for Navigating the Dynamics of the Anthropocene. *Annual Review of Environment and Resources* 43: 267-289.
- Schneider, F., Ledermann, T., Rist, S., Fry, P. 2009. Social Learning Processes in Swiss Soil Protection—The “From Farmer–To Farmer” Project. *Human Ecology* 37 (4): 475–489.
- Steffen, W., Grinevald, J., Crutzen, P., McNeill, J. 2011. The Anthropocene: conceptual and historical perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 369 (1938): 842–867.
- Tengo, M., Hill, R., Malmer, P., Raymond, Ch. M., Spierenburg, M., Danielsen, F., Elmqvist, T., Folke, C. 2017. Weaving knowledge systems in IPBES, CBD and beyond—lessons learned for sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 26-27: 17-25.
- Valladares, F., Gil, P., Forner, A. 2017. *Bases científico-técnicas para la Estrategia estatal de infraestructura verde y de la conectividad y restauración ecológicas*. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, España. 357 pp.
- Wenger, E. 2000. Communities of Practice and Social Learning Systems. *Organization* 7: 225–246.
- Wiek, A., Lang, D.J. 2016. Transformational Sustainability Research Methodology. En: Heinrichs H., Martens P., Michelsen G., Wiek A. (eds) *Sustainability Science*. Springer, Dordrecht, Países Bajos.
- Wu, J. 2013. Landscape sustainability science: ecosystem services and human well-being in changing landscapes. *Landscape Ecology* 28: 999-1023.