

GESTION DE LA INFRAESTRUCTURA VERDE TERRITORIAL: HACIA UNA METODOLOGÍA DE ESTUDIO A PARTIR DE LOS DATOS TERRITORIALES

Anxo Méndez Villar¹, Francisco Castillo Rodríguez², Manuel Borobio Sanchiz³

RESUMEN

El presente trabajo recoge dos experiencias distintas realizadas sobre el estudio de la Infraestructura Verde a diferentes escalas, atendiendo a la provisión de Servicios ecosistémicos. La sostenibilidad territorial es una de las principales preocupaciones en los planes y programas de la Unión Europea, para los cuales la Infraestructura verde juega un papel clave mediante la provisión de servicios ecosistémicos y la creación de hábitats para la biodiversidad conectados con el medio natural. Nuestro objetivo es resaltar el trabajo realizado y los resultados obtenidos en dos lugares (Santiago de Compostela y Cantabria) a dos escalas diferentes (municipal y regional) para avanzar en la construcción de una estrategia de trabajo que permita sentar las bases de una secuencia metodológica que sistematice y agilice la praxis del diseño y gestión de una Infraestructura Verde partiendo de la información territorial disponible como punto de partida para la planificación y gestión de los potenciales desarrollos que se pudieran dar en el territorio.

Palabras clave: Infraestructura Verde, Servicios Ecosistémicos, Cartografía, Ecosistemas Urbanos, Ecología del paisaje

SUMARIO

1. Introducción. La infraestructura verde y la planificación territorial. 2. El marco conceptual. La infraestructura verde y los servicios ecosistémicos. 2.1. Características de una Infraestructura Verde. 2.1.1. Multifuncionalidad. 2.1.2. Multiescalaridad. 2.2. La selección de los servicios ecosistémicos elegidos para los ensayos. 3. Ensayo a supramunicipal en la planificación a escala territorial. 3.1. Reflexión previa. 3.2. La propuesta de 2018 del PROT (PROT 2018). 3.2.1. Sistema de asentamientos. 3.2.2. Elementos de la IV de Cantabria. 3.3. Infraestructura verde a nivel local. Hacia un nuevo reparto de papeles. 4. Estudio de Santiago de Compostela. Cuantificación y mapeado de servicios ecosistémicos. 4.1. Introducción al estudio. 4.2. Metodología empleada. 4.2.1. Servicios ecosistémicos. 4.2.2. Análisis estadísticos empleados. 4.3. Resultados obtenidos. 4.3.1. Servicios ecosistémicos a lo largo del municipio. 4.3.2. Estructura espacial. 5. Conclusiones y propuesta. 6. Referencias.

1. Introducción. La infraestructura verde y la planificación territorial

El concepto de Infraestructura Verde se fragua en el seno de la denominada ecoplanificación o planificación ecológica. En su gestación podríamos citar numerosos autores de referencia (F. Law Oliste, Winston Sporn, Cedria Price, Patrick Jodes, Lewis Mumford), pero, disuadidos de realizar una prolija relación de las figuras que le han ido dando forma, hemos querido dejar

constancia en esta introducción del reconocimiento al trabajo pionero de Ian McHarg (1969), al que muchos consideran uno de los padres de la ecología del paisaje. El autor estableció en su obra más emblemática -Design with nature- el principio de que los procesos naturales que acontecen en la matriz biofísica han de ser el punto de partida de la ordenación territorial. En dicho libro podemos encontrar ya el embrión del concepto de servicios ecosistémicos.

¹ Biólogo investigador por la Universidad de Santiago de Compostela

² Geógrafo. Doctor en Geografía Física experto en clima

³ Arquitecto urbanista. Abtemas, taller de estudios ambientales y sociales. Profesor en la Facultad de Geografía e Historia de la Universidad de Santiago de Compostela.

El término Infraestructura Verde se acuña en el ámbito académico en la década de los noventa del pasado siglo (Firehock. 2010). Desde entonces ha propiciado numerosas definiciones, entre las que se encuentra la realizada por la Unión Europea, que la considera una de las metas que hay que alcanzar en la estrategia europea de biodiversidad. Hasta el punto de que la institución europea publicó en mayo del 2013 una estrategia propia sobre la Infraestructura Verde (SWD, 2013, 155 final). En dicho documento se considera que la Infraestructura Verde puede ser “un marco estratégico para dar soluciones integradas a múltiples retos”. Su naturaleza estratégica deriva de su capacidad de contribuir a políticas y acciones determinantes en materia de conservación de la biodiversidad, gestión del riesgo de catástrofes y mitigación y adaptación al cambio climático. La reciente literatura científica coincide en afirmar que la Infraestructura Verde es una de las herramientas más factibles y viables económicamente para conseguir mitigar y adaptar los territorios a los riesgos derivados de los escenarios de cambio climático. Los méritos de esta infraestructura residen en su capacidad para contribuir a mantener los ecosistemas sanos, reducir la fragmentación de hábitats, impulsar la conectividad y restaurar ecosistemas. Una Infraestructura Verde permite mejorar la calidad y funcionalidad ecológica global de la matriz biofísica.

La Infraestructura Verde (IV) se erige hoy día en una pieza vertebradora en la restauración ecológica y en las denominadas Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN). Término, este último, que engloba todo el paquete de medidas interrelacionadas para enfrentarse al desafío de la crisis ambiental derivada de la pérdida de la biodiversidad y la amenaza del cambio climático. En la IV convergen los esfuerzos en materia de conservación del capital natural-biodiversidad y la mitigación y adaptación a los escenarios de cambio climático. Por ello, existe cierto consenso en la comunidad científica al respecto de la importancia de esta infraestructura en una renovada ordenación territorial de

carácter integral, inspirada en los principios de la sostenibilidad.

En el presente capítulo queremos presentar los resultados obtenidos en dos ensayos realizados a escalas diferenciadas: La ciudad de Santiago de Compostela y su entorno y el territorio de la Comunidad Autónoma de Cantabria. La coincidencia en el tiempo de ambos trabajos nos permitió transferir algunas de las reflexiones de escala territorial que se estaban alcanzando durante el desarrollo del

Plan Regional de Ordenación Territorial de Cantabria (PROT), a un trabajo de investigación a escala local en Santiago de Compostela. La simultaneidad de los ensayos nos facilitó avanzar en la propuesta de una secuencia metodológica que sistematiza y agiliza la praxis del diseño y gestión de una Infraestructura Verde, mediante la información territorial disponible -cartográfica y bibliográfica-.

Durante el desarrollo de ambos trabajos intentamos dar respuesta a algunos interrogantes claves para alcanzar el objetivo implícito de construir una secuencia coherente de trabajo, partiendo de la información territorial disponible. Dichas cuestiones fueron, entre otras, las siguientes: ¿Una Infraestructura Verde es sólo un inventario cartográfico de espacios y/o elementos o va más allá? Es decir, ¿cómo podemos llegar a expresar cartográficamente el funcionamiento de los ecosistemas? ¿Cómo se aborda, por ejemplo, la conectividad ecológica desde la cartografía? O ¿cómo “cuantificar” las propiedades, valores y funciones ecológicas? ¿Cómo recoger el inventario y cualificación de los servicios ecosistémicos? A todos estos interrogantes hemos intentado dar respuesta en los ensayos que se recogen en el presente trabajo.

2. El marco conceptual. La infraestructura verde y los servicios ecosistémicos

La Infraestructura Verde se define como aquella red de zonas naturales y seminaturales y de

otros elementos ambientales que está planificada, diseñada y gestionada de manera estratégica para la prestación de una gama de servicios ecosistémicos (European Commission, 2013). En esta definición, por lo tanto, encontramos aquellos espacios considerados espacios verdes (o azules en el caso de los ecosistemas acuáticos), presentes en los entornos rurales y urbanos en contraposición con la tradicional “infraestructura gris” (entendida como las construcciones artificiales antrópicas), los cuales son en general monofuncionales y no proveen a la sociedad de beneficios ambientales o ecológicos (Dirección General de Medio Ambiente, 2014).

Por otro lado, el concepto de servicio ecosistémico (abreviado como SE) se refiere a todas aquellas contribuciones directas e indirectas de los ecosistemas al bienestar humano, alejándose de las tendencias más economicista que los define como todo aquello que el medio ambiente le reporta a la humanidad un beneficio medido de forma monetaria (Montes, Santos Martín y Benayas, 2011). Bajo este enfoque, los ecosistemas han de entenderse como un capital natural con integridad ecológica propia y resiliente que mantiene sus funciones y su capacidad de generar un flujo de servicios a la humanidad. En un mundo en el que, además, más de la mitad de la población vive en ciudades (Gómez-Baggeth y Barton, 2013), el mantenimiento de las funciones ecológicas en estas se vuelve un tema de vital importancia para la sostenibilidad de la vida. No se deben entender las ciudades como entidades aisladas de la naturaleza, sino que son permeables y dependientes de los flujos de materia, energía e información del medio natural adyacente (TEEB, 2011). Son los espacios más dependientes de la salud y funcionalidad de los ecosistemas.

2.1. Características de una Infraestructura Verde. Multiescalaridad y multifuncionalidad

En ecología se insiste en la necesaria coherencia ecológica de los territorios para garantizar

su funcionalidad. Así, la Directiva Europea de Hábitats recomienda a los países de la Unión establecer una adecuada gestión de aquellos elementos del paisaje que por su particular estructura lineal y continua o por su papel de enlace resultan, todos ellos, fundamentales para garantizar la biodiversidad. Por tanto, conectividad y coherencia son dos atributos consustanciales al diseño y posterior gestión de la infraestructura verde ya que permiten reducir la fragmentación y la pérdida de hábitat, y con ello, incrementar la resiliencia territorial gracias a la preservación de los procesos biogeoquímicos regenerativos de los ecosistemas. A continuación, queremos subrayar dos características diferenciales de la IV frente a otras propuestas de planificación territorial. Se trata de la multifuncionalidad y multiescalaridad.

2.1.1. Multifuncionalidad

La IV debe convertirse en un proyecto integral que va más allá de la conservación de la biodiversidad, ya que contempla un amplio abanico de objetivos, no sólo medioambientales -conservación y refuerzo de las funciones ecológicas para garantizar los servicios ecosistémicos, sino sociales, económicos y culturales. Hablamos de una planificación que abandona su sesgo sectorial para apostar decididamente por unos postulados sistémicos y multipropósito. Una planificación orgánica que requiere, por lo ambicioso de la propuesta, una aproximación multidisciplinar.

En el marco de la Infraestructura Verde, los servicios ecosistémicos suelen ser la unidad de trabajo básica con la que se establece su multifuncionalidad. En contraposición a la infraestructura gris, la IV provee a la ciudadanía de un elevado número de servicios ecosistémicos que garantizan la sostenibilidad ambiental de los territorios. Para garantizar dicha provisión, los ecosistemas deben tener un grado de conectividad mínimo entre sí mismos y los ecosistemas circundantes, permitiendo su funcionamiento y resiliencia (Dirección General de Medio Ambiente, 2014). Existe cierto consenso en

que estas dos características (multifuncionalidad y conectividad) son fundamentales para el establecimiento de una Infraestructura Verde funcional (Rolf, Peters, Lenz y Pauleir, 2018).

Estos servicios, no solo son entendidos como cuestiones medioambientales, sino que también atañen a procesos socioeconómicos, en especial en las ciudades y áreas pobladas. Así, por ejemplo, los sistemas agrícolas periurbanos y rurales, además de los beneficios ambientales derivados de la vegetación, presentan una serie de valores socioeconómicos potencialmente beneficiosos para el conjunto de la población local como es la reducción de las food miles (distancia que ha de recorrer la comida desde su lugar de producción hasta el lugar de su consumo) o la creación de agricultura comunal o cooperativa (Rosa y Privitera, 2013). Podemos definir este tipo de agricultura como aquella dentro de (intraurbana) o en la franja urbana (periurbana) de un asentamiento que genera, procesa y distribuye productos alimenticios y otros materiales bióticos, (re)usa recursos, materiales y servicios dentro de y alrededor del área urbana y devuelve los productos para su autoconsumo y para la provisión del área urbana (Mougeot, 2000).

2.1.2. Multiescalaridad

La escala contribuye a ordenar el conocimiento y acotar las acciones y la gestión de un determinado territorio (Castillo y Borobio, 2018). Pero sabemos que en cualquiera de ellos conviven formas y procesos que operan a escalas muy dispares. Por ello, el análisis territorial exige una aproximación multiescalaridad. Una de las principales virtudes de la Infraestructura verde es la intrínseca multiescalaridad que posee, tanto a nivel analítico como propositivo, facilitando su encaje en diferentes contextos territoriales. Toda IV está compuesta por diversos elementos de diferente tipología y alcance espacial, desde pequeños elementos como los cierres de setos integrados en la trama agraria, hasta amplios ecosistemas, tales como bosques, ríos, humedales, etc. Por tanto, hay que

asegurar la coherencia multiescalar en la planificación y gestión de las infraestructuras verdes en el marco de una planificación estratégica no sectorial.

¿Por qué nos centramos en la IV vegetal? Si bien es cierto que la infraestructura gris es portadora de cientos de metros de organismos fotosintéticos, nos centramos en las masas vegetales ya que son de las que sufren acción directa de la gestión local/municipal y de las cuales existe una gran cantidad de bibliografía. Los organismos colonizadores, a pesar de contribuir, entre otras cosas, a la fijación de carbono atmosférico no pueden ser gestionados y su variabilidad es muy grande (dependiendo de la orientación, recepción de luz solar...) por lo que está fuera de nuestras posibilidades cuantificar dicha aportación. Consideraremos nulo el aporte de SE de la infraestructura gris ya que el objetivo es valorar la IV vegetal.

Los suelos son otro factor a tener en cuenta en la planificación de la infraestructura verde, sin embargo, suponen un elemento muy variable y poco estudiado en el caso de las áreas urbanas. Debido a esta laguna de conocimiento y falta datos disponibles en los suelos de las ciudades y regiones periurbanas, junto con la dificultad de la actuación sobre ellos por parte de las administraciones, solo se consideraron los efectos de la Infraestructura Verde vegetal sobre el suelo. Entendemos que hay otros elementos en los ecosistemas que proveen de servicios ecosistémicos, pero nos centramos en la vegetación por su alta provisión de servicios y por ser un elemento sobre el cual se puede actuar con mucha más facilidad en los diferentes niveles administrativos.

2.2. La selección de los servicios ecosistémicos elegidos para los ensayos

Existen diferentes formas de organizar los servicios ecosistémicos de los cuales se ha seguido el propuesto por la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EME) para ambos proyectos. El EME que considera 3 tipos esenciales de servicios ecosistémicos: I) SE de abastecimiento,

II) SE de regulación y III) SE culturales o de recreo.

Los servicios ecosistémicos de abastecimiento son aquellas contribuciones directas e indirectas al bienestar humano derivadas de la estructura biótica y geótica de los ecosistemas, siendo los fundamentales aquellos que proveen al ser humano de alimentos (agricultura, ganadería, apicultura, acuicultura, etc.), materias primas de carácter biótico (madera, fibras, etc.) o geótico (sal, minerales, etc.), así como energías renovables y la información genética y bioquímica contenida en la biodiversidad.

Por otro lado, si atendemos al propio funcionamiento del ecosistema, las contribuciones directas e indirectas de las que la humanidad se beneficia son los llamados servicios ecosistémicos de regulación. Encontramos en esta categoría la regulación del clima y la calidad del aire, el ciclo del agua y la regulación de la calidad hídrica, la polinización y el control biológico de especies y, de formas más general, la resiliencia de los ecosistemas.

Por último, podemos entender que la naturaleza provee de manera intangible a las personas de experiencias por el contacto directo con los ecosistemas. Se consideran servicios ecosistémicos culturales o de recreo a las actividades recreativas, la educación ambiental, la identidad cultural y religiosa, el ecoturismo o el conocimiento científico. Este tipo de servicios son más complejos de medir y evaluar debido a su carácter subjetivo. A nuestro entender su desarrollo se debe hacer de forma alineada con los procesos participativos puestos en marcha desde las políticas de paisaje de los diferentes países de la Unión Europea. Entre ellos España, donde se han desarrollado un elevado número de catálogos de paisaje en los que se han puesto en marcha mecanismos para obtener la visión que la sociedad tiene de sus paisajes, aportando una experiencia que debe ser objeto de consideración y análisis para su inclusión en estos procesos de evaluación de los servicios ecosistémicos.

3. Ensayo a supramunicipal en la planificación de escala territorial.

3.1. Reflexión previa

Uno de los objetivos perseguidos en la propuesta del documento para aprobación inicial del año 2018 del Plan Regional de Ordenación Territorial de Cantabria (PROT 2018) es el desarrollo de un sistema equilibrado y policéntrico de ciudades con el que redefinir las relaciones entre el ámbito rural y el urbano y, a su vez, la protección del medio natural y la gestión del patrimonio territorial (Borobio Sanchiz et al., 2018). Tal y como se hiciera en las Directrices de Ordenación del Territorio de Galicia (Borobio Sanchiz et al., 2014) se establecieron dos ejes fundamentales en la propuesta: la eficiencia ambiental como base de la resiliencia territorial y, por otro lado, la cohesión social, evaluada en términos de igualdad, bienestar y calidad de vida. De esta forma, el Patrimonio Territorial se concibe como el agregado del patrimonio natural, entendido como el soporte biofísico de la actividad humana, y el patrimonio cultural, como legado de las formas de relación de la sociedad con su entorno. La convergencia de ambas dimensiones cuaja en el concepto de paisaje, entendido como la expresión formal del modo en que una sociedad se ha integrado, o no, con el entorno en el que se asienta.

La elección del lugar es la primera decisión que marca la relación existente entre un territorio y sus habitantes. Esa decisión debería estar fundamentada en la búsqueda de un equilibrio entre la eficiencia ambiental y la cohesión social, sin embargo, no siempre fue así e, igual que ahora, a lo largo de la historia las decisiones se han visto condicionadas por la oportunidad que las circunstancias brindaban. Ello explicaría por qué, en ocasiones, el sitio adecuado para la fundación de un asentamiento humano no fue siempre el mejor desde el punto de vista ambiental o social. Encontrándonos, con carácter general, que “al lado de pueblos y ciudades que han ido evolucionando de forma muy lenta, con

adaptaciones sucesivas a las condiciones del sitio, surgen formas arquitectónicas y de asentamiento absolutamente descontextualizadas y, normalmente, fruto de la necesidad de hacer las cosas cada vez con mayor rapidez. Poco a poco esta segunda forma de hacer ciudades y edificios ha ido tomando carta de naturaleza y, a día de hoy, es complicado relacionar las nuevas extensiones urbanas con un clima concreto, con un territorio específico o con una cultura determinada”. (Fariña Tojo et al., 2013)

Esta afirmación cobra especial importancia en regiones como Cantabria cuyas estructura, geofísica y social, ha terminado derivando en un desequilibrio territorial entre la zona litoral y el interior. En la actualidad sigue presentando varios procesos de cambio asociados a la concentración progresiva de población, infraestructuras, servicios básicos y actividades económicas en los municipios costeros liderados por la centralidad de la ciudad de Santander. Sin embargo, estos procesos no son exclusivos de las zonas de costa o de la escala regional. También se dan, si cabe con un mayor impacto relativo, en las áreas de influencia de las ciudades y núcleos de población que, bajo el espejismo de una energía y capacidad de desplazamiento ilimitadas, han proyectado sus expectativas de crecimiento en las zonas apartadas de las tramas urbanas, provocando una elevada fragmentación territorial y social. Quienes actúan así cuentan, por un lado, con la complicidad del marco legislativo que es cada vez más laxo y permisivo en los procesos de autorización de licencias para las nuevas construcciones en el suelo rústico y, por otro, con la perversión del problema de la despoblación, especulando con intervenciones que ponen en riesgo la eficiencia ambiental a favor de una supuesta dinamización demográfica para potenciar la cohesión social.

Como ya se anticipaba en el documento del PROT de 2018, “este tipo de desarrollo urbano genera significativos problemas de sostenibilidad dado que implica un mayor consumo de suelo, la necesidad de la administración de

ofertar servicios y equipamientos en áreas más extensas y una gran dependencia de sus habitantes del vehículo privado para realizar cualquier actividad cotidiana”.

Llevamos años insistiendo en la necesidad de reorientar las tendencias del urbanismo. Una disciplina científica, una política y una acción planificadora heredadas de la Revolución industrial, en la que el bienestar se asociaba con desarrollo, y éste a un crecimiento ilimitado, basado en la quimera de una energía barata e ilimitada y en la ilusión de que la tecnología siempre nos daría respuestas y alternativas a los diferentes escenarios a los que, como especie nos enfrentamos. La realidad actual se ha encargado de mostrarnos de manera descarada la magnitud del error cometido. La crisis actual exige una comprensión profunda de las dinámicas que operan en cada territorio. Exige entender sus esencias e intentar recuperar la integración con las lógicas de la proximidad, accesibilidad y eficacia de los sistemas locales es la base de la propuesta desarrollada. Este reto ya se recogía en la obra: en “Ciudades en evolución” en el que la región urbana se concibe como un instrumento para la educación de la ciudadanía desde el entendimiento de la identidad del lugar en el que se implanta (Geddes, 1915). Es hora de dar el paso de las musas al teatro y trascender la visión erudita y preclara De Geddes, para asumir la urgencia de su puesta en práctica necesidad. De seguir por este camino, de transformación y ocupación del territorio, asumiendo el crecimiento por el crecimiento, de espaldas a las dinámicas naturales y los servicios ecosistémicos que nos sustentan, entraremos en colisión con la capacidad de regeneración del territorio como ya adelantó, en cierta medida, Jean Gottmann en 1964 en la obra *Megalópolis* (Gottmann, 1964). El riesgo de obviar estos principios es elevado, pues compromete la supervivencia de nuestra especie.

3.2. La propuesta de 2018 del PROT (PROT 2018)

La propuesta del PROT 2018 define un Modelo Territorial basado en la imprescindible integración de dos modelos: el del desarrollo y gestión de los asentamientos y el de la eficiencia ambiental (Figura 1). Por ello, era necesario encontrar un sistema que permitiera reconducir la actual relación que los sistemas de ordenación y vertebración territorial y urbana mantienen con la naturaleza y la cultura. Un esfuerzo que resulta determinante en el actual escenario de adaptación ante los retos derivados del cambio climático.

Asumiendo que no se puede planificar el modelo de asentamientos sin considerar la matriz biofísica que lo soporta y, al mismo tiempo, comprendiendo que para hacer una propuesta viable y aplicable de infraestructura verde es necesario acometer el estudio previo del modelo de organización y vertebración territorial, pues sin estos, se puede concluir en un excelente trabajo académico de difícil o imposible aplicación.

Con este enfoque se concretó la estructura del modelo territorial sobre tres elementos clave: Organización territorial (OT), Vertebración territorial (VT) y Patrimonio territorial (PT), que podrían aproximarse a sociedad, economía y medio ambiente. Como ya se ha apuntado se consideró sobre la base de que cualquier modelo de asentamientos es inviable sino se concibe integrado con la mejora de la eficiencia ambiental. Se asume, por tanto, que la protección medioambiental debe regir la ordenación territorial y urbanística, promoviendo la utilización sostenible de los recursos naturales, la integración de los requerimientos de conservación y el uso sostenible del patrimonio natural, así como la aplicación del principio de precaución en las intervenciones en los espacios naturales y en las especies silvestres.

No es objeto de este artículo ahondar en todos los elementos del modelo. Nos centraremos en los dos elementos ya citados. Por un lado, dentro del Patrimonio natural en la Infraestructura

verde que, atendiendo a los servicios ecosistémicos, se plantea como la infraestructura básica territorial, mediante la lectura integrada de las dinámicas naturales y antrópicas en el sistema de asentamientos. Por otro lado, dentro de la Organización Territorial, nos centraremos en el Sistema de asentamientos, pues es clave para ofrecer una perspectiva diferente a la hora de definir el papel que pueden jugar los pequeños municipios, de estructura más rural o agraria, en las políticas y reparto de inversiones, reconociéndoles el valor que tienen para el buen funcionamiento de los municipios más urbanizados e industrializados.

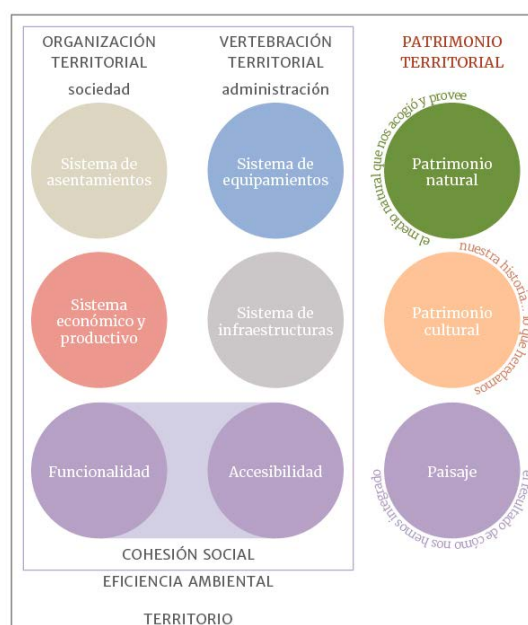


Figura 1 Esquema del modelo territorial del PROT.

3.2.1. Sistema de asentamientos.

El sistema de asentamientos es, a escala territorial, un componente más que ha contribuido a lo largo de la historia a modelar los elementos con los que hoy en día hemos de conformar la infraestructura verde. En Cantabria, al igual que en muchos otros territorios, el proceso de construcción histórica del territorio "ha dado lugar a un modelo de ocupación formado por una gran cantidad de pequeños asentamientos, barrios, pueblos o villas vinculados a la gestión tradicional del territorio. Un paisaje singular modelado por la abundancia y dispersión de

estas pequeñas agrupaciones de población, íntimamente relacionadas con su entorno, gracias a un conocimiento que atendía a reglas y criterios precisos. Los procesos contemporáneos de transformación territorial se extienden sobre este mosaico mostrando un evidente cambio de los patrones y prioridades de ocupación previos. La rápida transformación que se está produciendo en este patrimonio territorial acentúa la necesidad de conocer y revisar criterios que permitan la gestión de sus valores.” (de Diego Celis et al., 2019).

La propuesta de clasificación realizada atiende a parámetros clásicos, como densidad, renta y

y centralidad de servicios; orientados por lo general, a establecer un sistema jerárquico de nodos territoriales agrupados en este caso en: Ciudades, Asentamientos intermedios, Centros locales y pequeños asentamientos, tal y como puede verse en la Figura 2. Pero, además, junto a estas variables, se inventariaron la totalidad de los asentamientos de Cantabria, caracterizándose desde una mirada integral, enlazando la herencia territorial actual con las necesidades presentes y su gestión futura (de Diego Celis et al., 2019).

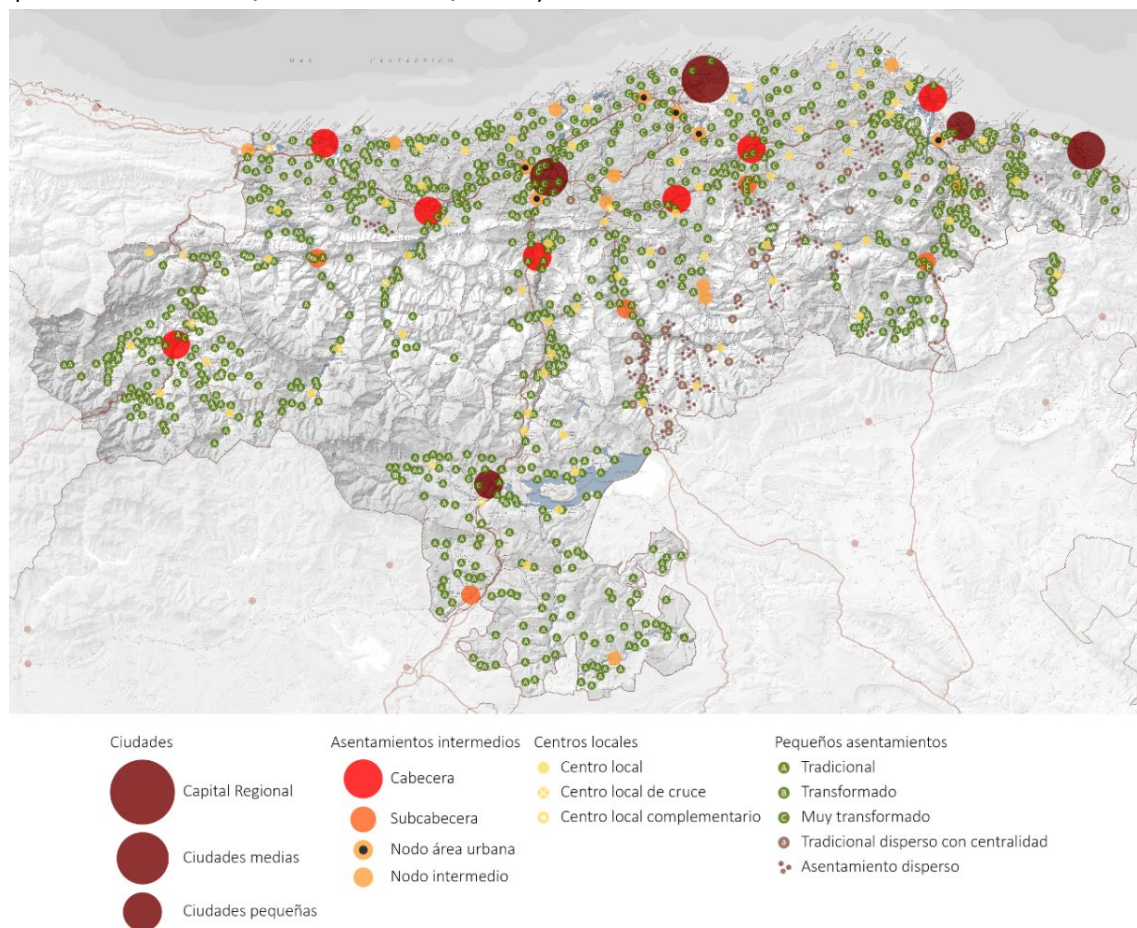


Figura 2 Sistema de asentamientos PROT 2018. Elaborado a partir de los datos del PROT

Esta caracterización se realiza con una triple finalidad: La primera de carácter administrativo, enfocada a la ordenación y a facilitar el establecimiento de reglas básicas que permitan preservar sus valores, tanto culturales como ambientales, cubriendo así la totalidad de los servicios ecosistémicos, es ahí donde residen la segunda

y tercera finalidad, en la comprensión del patrimonio cultural que ha conformado el paisaje en segundo lugar y en la caracterización del patrimonio natural como proveedor de dichos servicios en tercer lugar.

Teniendo en cuenta todas las singularidades históricas y la complejidad derivada de los procesos

de transformación contemporáneos uno de los aspectos más determinantes de trabajo fue la definición del concepto de núcleo y en concreto, para el caso que nos ocupa, los pequeños asentamientos. Para llevarla a cabo se partió de trabajos previos, se consideró la clasificación morfológica y, a partir de ellas, se evolucionó con el grado de transformación sufridos y las relaciones territoriales con otros asentamientos próximos. Se generó una cartografía detallada partiendo de las series históricas de información catastral y las ortofotografías aéreas, para analizar tendencias y el grado de consolidación. Este parámetro es de vital importancia a la hora de determinar la capacidad de un asentamiento de crecer dentro de sus límites antes de ocupar nuevos suelos, alterando las relaciones con otros asentamientos y el entorno más próximo. En este sentido, para cada asentamiento, se caracterizó el contexto territorial y, de este modo, reconocer los elementos condicionantes del soporte físico, caracterizadores de sus valores y determinantes de su capacidad de acogida.

Con toda esta información se llevó a cabo una ficha de cada asentamiento de las que se deducen regímenes diferenciados, según sea su cla-

clasificación, atendiendo, por un lado, a la extensión de aquellos pequeños núcleos que apenas se han transformado, y por otro, a los que han sido transformados con mayor intensidad y se encuentran inmersos en dinámicas de mayor complejidad. Es en estos últimos donde, fruto de las condiciones descritas, resulta más necesario identificar y delimitar áreas de proximidad que puedan resultar compatibles con los objetivos y criterios del Modelo Territorial, al objeto de lograr una ordenación racional que pueda permitir una cierta extensión de los asentamientos y evitar la urbanización difusa de su entorno. Para ello se ha identificado y delimitado, en los asentamientos transformados y muy transformados, áreas para su crecimiento compatibles con el modelo territorial, en base a criterios de proximidad, continuidad y proporcionalidad, grado de transformación, condiciones geográficas y valores territoriales, morfología, infraestructuras y carácter de los mismos, ajustando las delimitaciones a unidades territoriales y geográficas reconocibles y con límites precisos, evitando, de esta manera, la discrecionalidad de las delimitaciones en base a la parcela (Figura 3).



3.2.2. Elementos de la IV de Cantabria

Para dar cumplida respuesta a tales objetivos y en base a los postulados que lo orientan consideramos que la infraestructura verde debía convertirse en una pieza básica para la ordenación y gestión del territorio a todas las escalas de intervención. Atendiendo a la definición de

EME, se concretó la IV sobre los servicios ecosistémicos de conservación de la biodiversidad, conectividad ecológica, almacenamiento y captura de carbono, abastecimiento de alimentos, almacenamiento, suministro y regulación de los flujos de agua o defensa del litoral. (Figura 4)

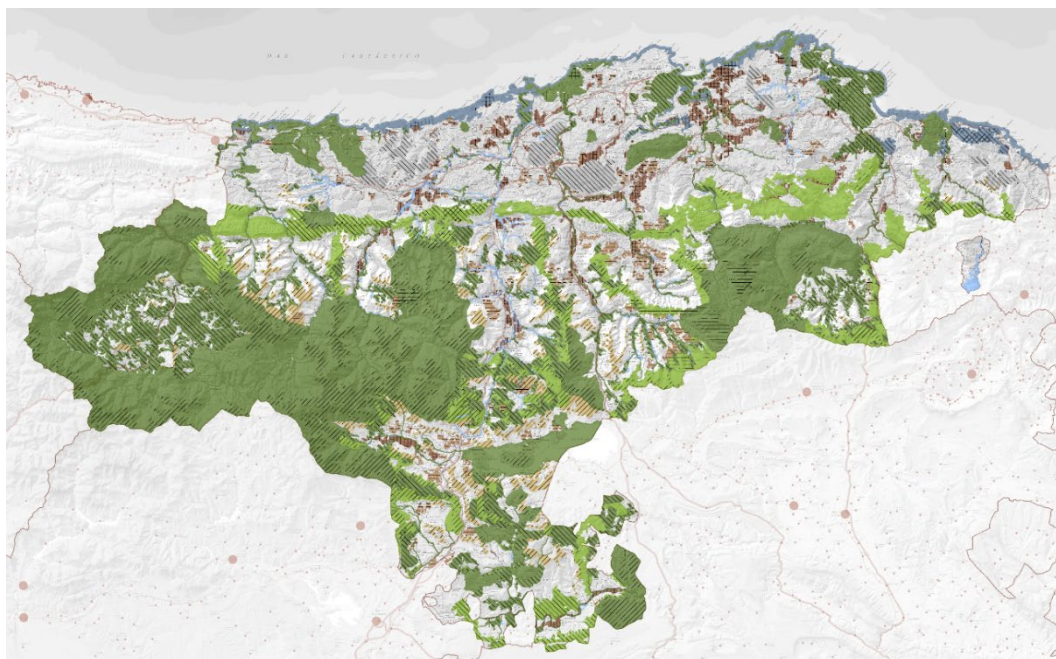


Figura 4. Infraestructura verde propuesta PROT 2018. Elaborado a partir de los datos del PROT

Conectividad ecológica y fomento de la biodiversidad

En este bloque se incorporan aquellos elementos y teselas que son esenciales para preservar la variabilidad genética de las especies y los ecosistemas. No quiere decir esto que no tengan otras funciones o presten otros servicios, sino que son piezas clave que contribuyen a reducir la fragmentación provocada por los asentamientos y las infraestructuras en la escala territorial, asociada a las cuencas.

Alcanza una superficie cercana a 273.000 Has lo que supone cerca del 51% de Cantabria en los que el PROT 2018, establece que debe propiciarse el mantenimiento del buen estado ecológico de los territorios, en particular apoyando las prácticas agrícolas, ganaderas y forestales sostenibles, y facilitarse la permeabilidad de las infraestructuras, de los ríos y de las barreras naturales.

Núcleos

Los núcleos están constituidos por la Red Autonómica de Espacios Naturales Protegidos de Cantabria, en la que están incluidos los espacios de la Red Natura 2000, bosques naturales, espacios acuáticos relevantes, bosques de ribera, así como otro conjunto de formaciones naturales, biotopos y hábitats que no forman parte de la mencionada Red, pero si son consideradas áreas territoriales asociadas a biotopos bien conservados (trabajo elaborado por Ecoestudios Cantábricos en el año 2015 para el Gobierno de Cantabria). Atendiendo a la cartografía de estos elementos y la información disponible en los citados estudios se llega a alcanzar 36% del total de la Comunidad. Toda esta superficie se considera que cumple funciones primordiales como espacios núcleo de conservación y reservorios de biodiversidad y se incorporan para:

- Fomentar la protección, conservación y recuperación de los ecosistemas presentes en dichos espacios.
- Promover acciones de desarrollo socioeconómico para los habitantes de estos espacios y zonas de influencia socioeconómica, fomentando un uso sostenible de los recursos, así como el mantenimiento de las prácticas tradicionales de gestión sostenible del territorio.
- Incentivar las actividades que potencien los servicios ecosistémicos atendidos por estos núcleos, en particular los de secuestro de carbono cuando están estructurados a partir de ecosistemas forestales.
- Excluir dichos espacios del desarrollo urbano y productivo, teniendo su ocupación un carácter excepcional, justificado por su objetivo y la falta de alternativas, y cuando sea compatible con la función o los servicios ecosistémicos prestados.

Conectores

Se definen para potenciar los biotopos existentes mediante la implantación de otros de menor resistencia a los movimientos de la fauna, en condiciones de compatibilidad ecológica. En ellos se debe de fomentar las repoblaciones forestales, especialmente con especies autóctonas, para evitar su pérdida de funcionalidad.

Atendiendo a la multiescalaridad mencionada y, conforme con las características del medio biofísico de Cantabria, se definen tres niveles de aproximación, todos ellos de igual importancia.

- Regional o territorial, entendido como elemento con una implantación geográfica que rebasa el ámbito de la cuenca hidrográfica o que, estando ligados a alguno de estos territorios de referencia, trascienden a los mismos en un contexto al menos supraprovincial.
- El nivel de cuenca, que incluye la infraestructura verde a una escala de la cuenca hidrográfica, y los elementos asociados a las mismas, los núcleos, aunque los mismos se concentren en un solo municipio.

- El nivel local. No se incluye su representación gráfica, pero sí los criterios que han de incluirse en la planificación local para su definición, e incorporación en la estructura general diseñada.

Dan soporte a los ecosistemas integrados en los Núcleos de Relevancia Ambiental y conectan a éstos a través de los dos niveles definidos, el Regional y el de Cuenca. Necesariamente han de complementarse con el nivel Local. De su cartografiado se deduce que el 15% de la superficie de Cantabria puede desempeñar esta función. Su delimitación debe entenderse como áreas de movimiento en cuyas orlas debe facilitarse la proliferación de otros biotopos, con especial atención a la mejora y respeto de la vegetación presente en los cursos de agua.

Los servicios de abastecimiento de alimentos

El mantenimiento del uso agropecuario del territorio con aptitudes y vocación para la producción alimentaria y de materias primas es un objetivo estratégico y han de ser preservados con independencia de su capacidad para prestar simultáneamente otros servicios ecosistémicos. En este sentido el PROT 2018, establecía que estos suelos delimitados por razón de su alta productividad, su interés para el vacuno de leche, o su singularidad como pasto de montaña, deberán ser considerados en los instrumentos de planificación urbanística, asignándoles a tal efecto la clasificación y régimen de usos más adecuada a su naturaleza, de tal forma que quedarán protegidos y, con carácter general, excluidos de la presión del crecimiento urbano e industrial. Esta consideración debería ser atendida de forma directa en el conjunto de prados, pastizales y tierras de cultivo identificadas y delimitadas, hasta una superficie aproximada de 93.000 Has, lo que supone el 17%.

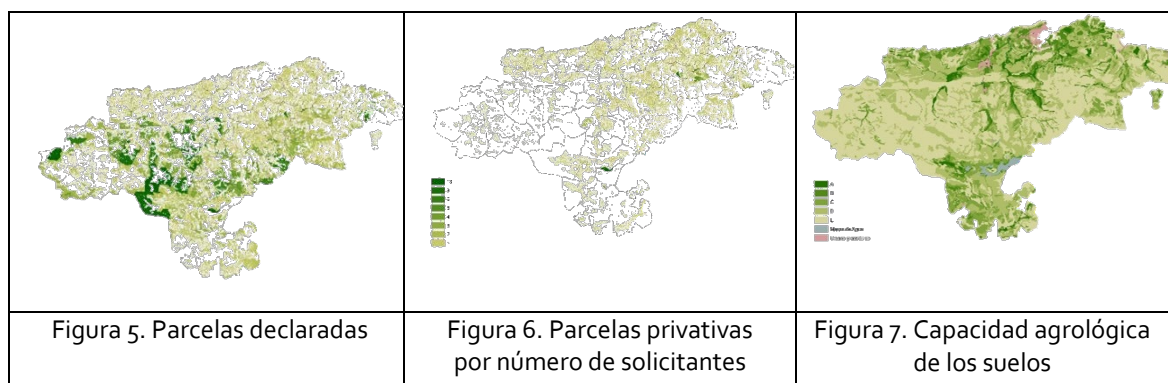
Considerando que el planeamiento debe de preservar de la urbanización y transformación estos suelos, y que su ocupación debería tener un carácter excepcional; se refuerza la necesidad de establecer sistemas de medición y evaluación que permitan ponderar las cualidades y

vocación productiva de los diferentes ámbitos frente a las necesidades de transformación de dichos suelos, ya sean construcciones aisladas o procesos de expansión urbanística.

Es en este punto dónde se hizo un mayor esfuerzo en el PROT 2018, pues para cada uno de los tres tipos se estableció una metodología propia, a partir de los datos y registros históricos asociados a la actividad agraria y ganadera, acudiendo a las fuentes oficiales y declaraciones de cada productor, agricultor o ganadero, y organizando la información a nivel de subparcela catastral.

De este modo se procesó la totalidad del territorio de Cantabria con el objetivo de delimitar áreas continuas de terreno rústico de Cantabria

con buenas condiciones agrológicas y de usos actuales para la producción agraria y ganadera. Se basa en el uso de varias fuentes de información oficiales que cubren todo el territorio rural de la región y la gran mayoría de sus sistemas productivos: la base de datos del Sistema de información geográfica de parcelas agrícolas (SIGPAC), la declaración de superficies de la PAC y el Sistema de Trazabilidad Animal SITRAN. Se manejaron series históricas de 13 años del SIGPAC, se cruzaron con los datos de los solicitantes privados de la PAC y los recintos declarados, identificando y diferenciando aspectos, como si es pasto comunal o no, el número de solicitantes y la aptitud del suelo según las clases A, B, C, D y E de la FAO. (Figuras 5, 6 y 7)



Para concluir se realiza el análisis con las clasificaciones del suelo realizadas por el planeamiento urbanístico. Llama especialmente la atención la existencia de solicitudes sobre suelos urbanos consolidados, equivalente a un 6'16% de la superficie solicitada. Así mismo hay que remarcar que cerca del 90% de la superficie solicitada es suelo rústico.

Suelos de alta productividad

Son los suelos identificados por su capacidad agrológica que conforman espacios continuos de suficiente dimensión para la concentración de la actividad profesional, este grupo de suelos es el de mayor interés y valor, por incluirse en él los de mayor potencial agrario y ganadero. Están situados en ámbitos de la zona litoral y de los fondos de valle. Su incorporación a la infraestructura verde no se agota en la escala

regional, sino que debe ser completada en la escala local (con independencia de otras posibilidades derivadas del desarrollo de las competencias sectoriales) Se ha identificado un 3,25% del suelo de Cantabria. (Figuras 8 y 9).

Tal y como se dice en la memoria del PROT 2018 son el resultado de considerar el potencial derivado de atribuirles su pertenencia a las clases A o B, según la tipología de la FAO para la potencialidad agraria (Figura 7), asociando las limitaciones para su uso agrícola, y valorando la mejora de esa potencialidad originada por haber formado parte de procesos de concentración parcelaria. Se tuvo en cuenta la necesidad de agregar espacios continuos de dimensión mínima, en función de las zonas en que se encontrasen, así como el contacto con las zonas más antropizadas del territorio.

Estos suelos cobran especial relevancia en las zonas periurbanas y en las áreas intersticiales, muchas veces de reducida dimensión, que requieren de un análisis de mayor detalle, para su incorporación a la infraestructura verde local. Estas zonas intermedias, se encuentran, por lo general sometidas a tensiones derivadas de su contacto con los suelos urbanos.

De interés de vacuno de leche.

Estos suelos se han delimitado en solución de continuidad, en áreas compactas, suficientemente grandes, de alto interés como base territorial para el mantenimiento y promoción de explotaciones de vacuno de leche, con alta disponibilidad de superficie forrajera concentrada en un área geográfica reducida. Se ha tenido en cuenta, además, que estén declaradas por ganaderos de leche en un porcentaje significativo. Estos suponen el 3,38% del suelo de Cantabria. (Figuras 8 y 10)

Para ellos el PROT 2018 establece que se evitará la extensión de los cultivos forestales y se incentivará la producción forrajera, como medida de apoyo al sector y contribución a la viabilidad futura de las explotaciones lecheras, se preservan para la obtención de recursos alimenticios para el ganado procedentes de la propia explotación.

De los puertos y pastos de montaña

En el grupo de pastos de montaña de la infraestructura verde regional, se han cartografiado los pastos de Cantabria catalogados como pastos en régimen común que presentan un carácter singular por su uso y funciones productivas, basado en la selección de aquellas unidades de pasto que presentan una cobertura mayoritariamente herbácea y que son aprovechados por un número significativo de ganaderos y cabezas de ganado.

Las unidades de pasto han sido delimitadas y fragmentadas atendiendo a su tamaño, con un mínimo requerido, y tomando como referencia elementos topográficos considerados relevantes en la compartimentación espacial de los mismos (ríos y canales, divisorias de

aguas, barrancos, etc.); debido a que rara vez existen límites artificiales (cierres) entre los pastos comunales de las diferentes entidades titulares (municipios y juntas vecinales), se ha considerado esta división muy útil desde un punto de vista funcional y ajustada al movimiento que realiza el ganado durante la estación de pastoreo. de mayor dimensión con coberturas herbáceas, atendiendo al número de ganaderos o cabezas de ganado. Estos suponen el 11,64% del suelo de Cantabria (Figuras 8 y 11).

Los pastos de montaña incluidos en la infraestructura verde mantendrán su utilización estacional para la ganadería y el aprovechamiento comunal, recogiendo en las ordenanzas que regulen su gestión el carácter preferente de su aprovechamiento como recurso pastable. Los gestores de dichos espacios comunales pastables adoptarán las medidas necesarias para mantener en adecuado estado la vegetación herbácea, realizando las labores agrícolas y de desbroce pertinentes para evitar la extensión del sustrato arbustivo y el riesgo de incendios forestales, aplicando las medidas que pudieran estar establecidas en los correspondientes Planes de Prevención y Lucha Contra Incendios Forestales aprobados.

Los servicios ecosistémicos de regulación

El PROT 2018 se consideraron por un lado los servicios de almacenamiento y captura de carbono que, con algo más de 69.000Has, llega a un 13% de la superficie de Cantabria, y por otro, los servicios de regulación de fluvial y costera que con algo más de 21.000 Has llega al 4% de la superficie de la comunidad. Siendo objeto de una cartografía específica los primeros (Figura 12), pues los segundos se encontraban en su mayoría en el análisis de inundabilidad del litoral y en los conectores fluviales de la infraestructura azul.

Los servicios de almacenamiento y captura los prestan principalmente las formaciones vegetales arboladas terrestres, que actúan como sumideros de gases y en especial de CO₂, contribuyendo a la lucha contra el cambio climático.

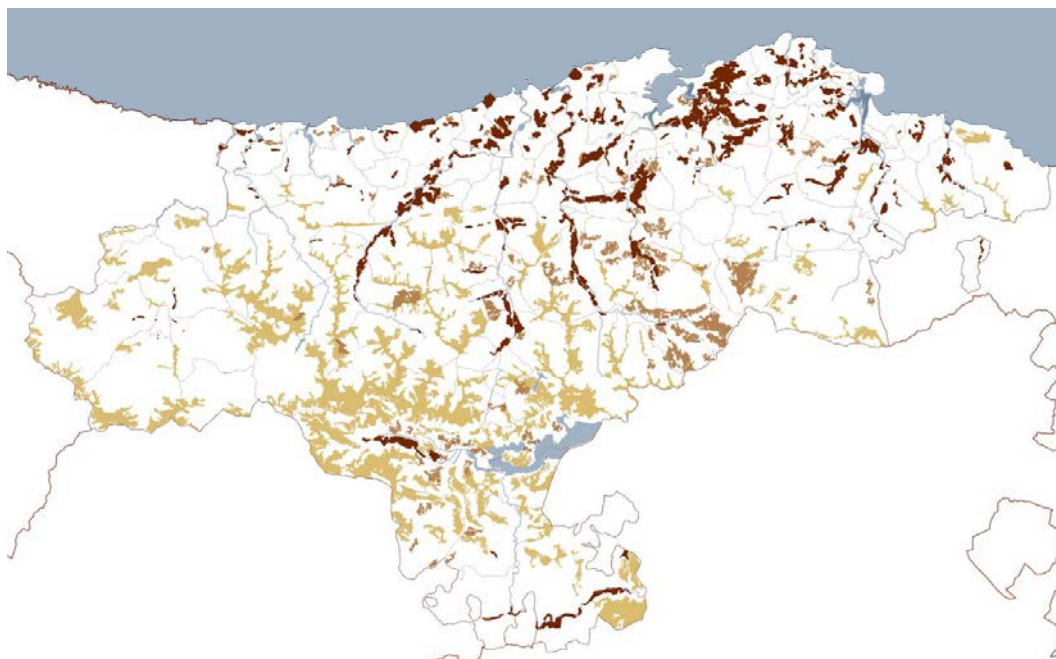


Figura 8. Servicios ecosistémicos de abastecimiento



Figura 9. Suelos de alta productividad



Figura 10. Suelos vacuno de leche

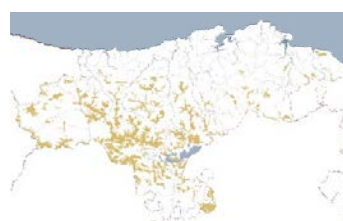


Figura 11. Suelos pastos de montaña

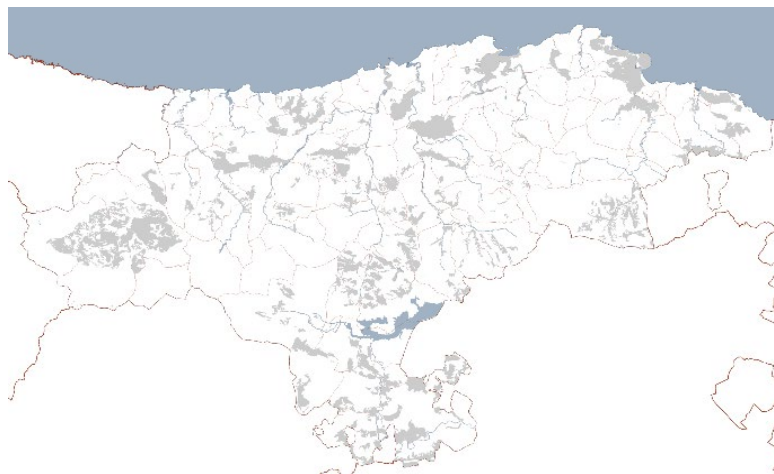


Figura 12. Servicios ecosistémicos de regulación. Sumidero de CO₂

Como veremos en el caso de estudio de Santiago, obtener información sobre los sumideros de carbono vegetales es fundamental a la hora de aplicar la metodología desarrollada para la infraestructura verde local.

La importante superficie forestal de la Comunidad Autónoma, tanto sus bosques y formaciones naturales, como los cultivos forestales, cumple un papel fundamental como sumidero de carbono. Las actuaciones de preservación y

extensión de los suelos con aptitudes y vocación forestal, y de mejora de su productividad, generadoras al mismo tiempo de riqueza y empleo, son instrumentos adecuados para aprovechar la funcionalidad de los ecosistemas de cara a la protección ambiental, la reducción de la contaminación, y la lucha contra el cambio climático.

3.3. Infraestructura verde a nivel local. Hacia un nuevo reparto de papeles

Tal y como se expuso al principio, llegados a este punto, ninguno de los elementos incorporados en la IV regional tendrán sentido si no se interviene en los puntos dónde necesariamente hemos de garantizar los flujos de intercambio de materia y energía, la conectividad entre los diferentes elementos y componentes. Por ello, en el PROT 2018, se establecía la necesidad de complementar estas grandes áreas delimitadas a nivel regional, mediante su desarrollo a escala local, conformando una red continua y coherente a su escala de intervención, cuya ordenación e integración se preveía mediante el planeamiento urbanístico municipal, al que se encomendaba concretar la ordenación de los ámbitos delimitados en la infraestructura verde regional atendiendo a las funciones ecosistémicas señaladas para ellos.

Más allá de la obligación que podría suponer un documento normativo u otro, se impone la necesidad de reconocer los elementos desde la lectura de los servicios ecosistémicos que prestan, atendiendo a las diferentes dinámicas y procesos que se derivan de sus relaciones.

Aproximarse a los servicios ecosistémicos desde todas las escalas a través de la infraestructura verde facilitará, en primer lugar, valorar los escenarios probables derivados del cambio climático, aproximándonos a una mayor capacidad para reconducir y poner en marcha actuaciones que permitan una mejor integración de las actividades humanas, y urbanas, en su entorno más próximo.

En segundo lugar, el desarrollo de una estrategia para la infraestructura verde, entendida

como la infraestructura para gestionar la adaptación al cambio de las especies, incluida la humana, en sus ecosistemas y vertebrar actuaciones, permitirá trascender de los límites administrativos y jurídicos a la hora de planificar y actuar en cada clase de suelo, desarrollando acciones coherentes y consecuentes con los valores y funciones identificados.

Esa capacidad para desdibujar las fronteras es el primer paso para entender que el sistema de asentamientos, organizado y vertebrado para la prestación de los servicios básicos tradicionales, debe ampliar su horizonte y balancear los esfuerzos para integrar entre dichos servicios los servicios ecosistémicos aportados por aquellos territorios que, tradicionalmente, se han considerado periféricos o marginales.

Estos territorios, tal y como se puede apreciar en las siguientes gráficas son, con diferencia, los que aportan la mayor parte de la energía necesaria para el funcionamiento del sistema, convirtiéndose, por lo tanto, en espacios críticos de cara a garantizar el bienestar y equilibrio en las áreas más urbanas y sus entornos.

En las siguientes gráficas (Figuras 13 y 14) puede apreciarse el aporte de superficie relativo a la superficie total de cada ayuntamiento, en el que con una inmensa diferencia se aprecia el esfuerzo de los centros locales reconocidos en el sistema de asentamientos frente al aporte de las ciudades.

Si de este análisis comparativo, basado sólo en el cómputo de las superficies de usos que prestan determinados servicios ecosistémicos, ya podemos deducir la importancia capital del papel que prestan y prestarán en el futuro los pequeños asentamientos; era obvio que podríamos enriquecer sustancialmente el estudio con la ponderación detallada de tales servicios. Una ponderación basada en la importancia relativa que cada uno de ellos tiene en la mejora del bienestar de las áreas más urbanas. No pudiendo continuar con los trabajos de Cantabria para evolucionar el modelo desarrollado por la decisión de retirarlo del orden del día de la

CROTU de 31/1/2018, la oportunidad de comprobar esta hipótesis nos lo brindó el trabajo de investigación que se realizó en el área de Santiago de Compostela. En ella el análisis se hace más preciso y complejo. A modo de

ejemplo, en el caso de la valoración del ciclo del carbono era evidente el necesario cotejo no sólo, del potencial papel de sumidero de estos núcleos, sino también su aporte de emisión.

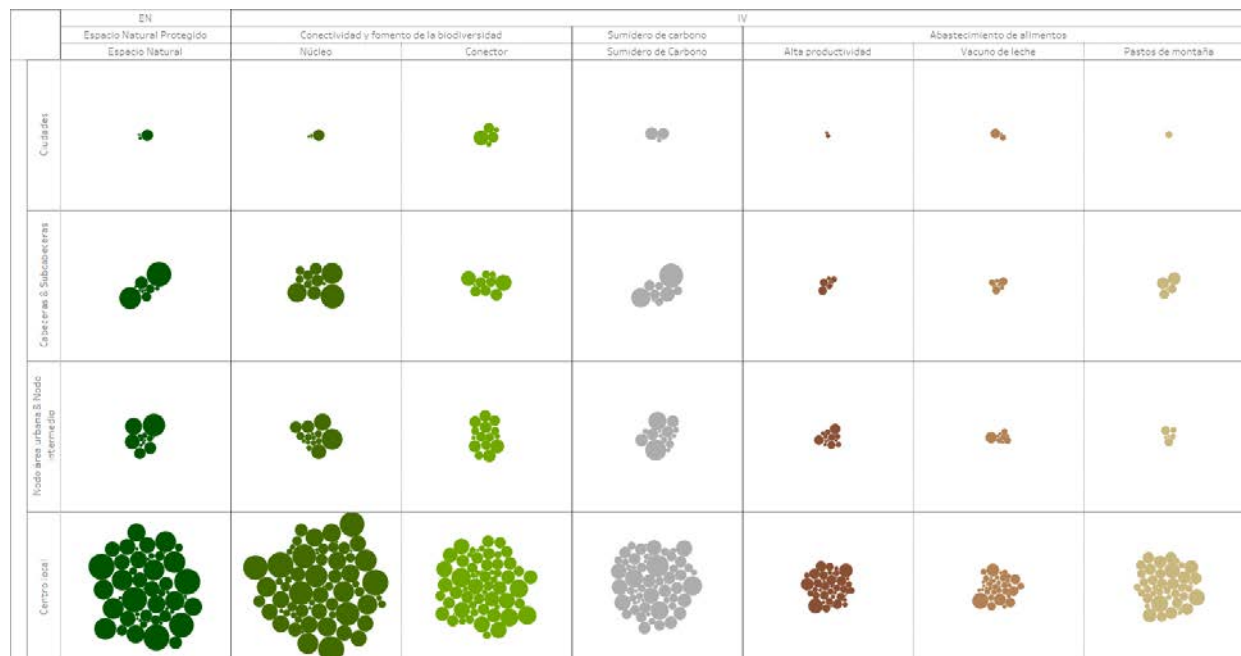


Figura 13 Matriz de superficie total de los servicios ecosistémicos prestados por cada municipio.

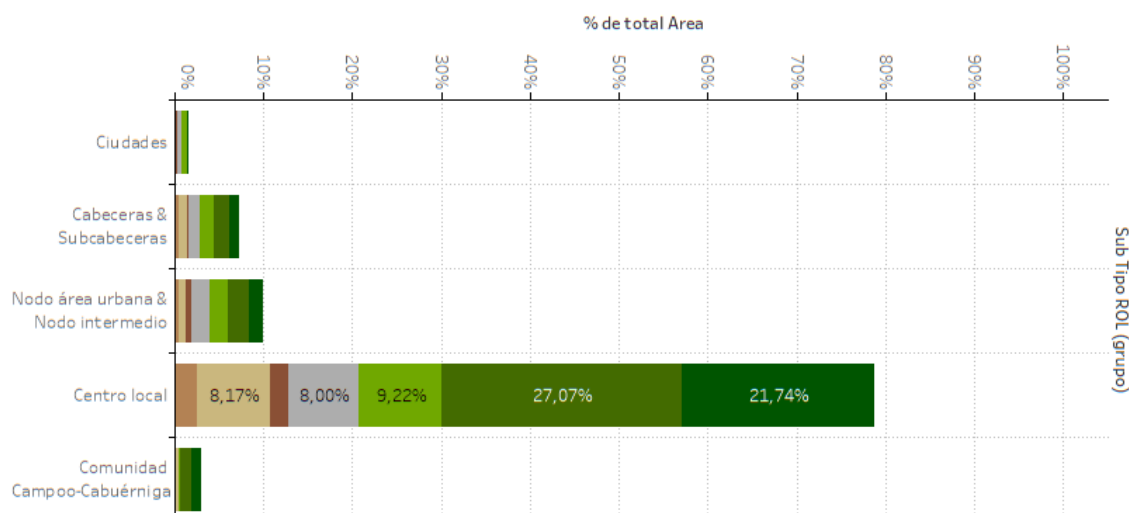


Figura 14 Reparto de cada servicio ecosistémico por tipo de asentamiento definido.

4. Estudio de Santiago de Compostela. Cuantificación y mapeado de Servicios ecosistémicos a escala municipal

4.1. Introducción al estudio

El objetivo de este ensayo fue el análisis del estado de la Infraestructura Verde urbana en el

municipio en relación con la provisión de servicios ecosistémicos, obteniendo una sistematización sencilla para el análisis de la Infraestructura Verde municipal que ayuda a detectar sus puntos fuertes y débiles y, de este modo, colaborar en la optimización de los planes y proyectos ambientales del municipio.

La conectividad de los hábitats que se generan dentro de la Infraestructura Verde juega un papel fundamental en la sostenibilidad y resiliencia de las áreas urbanas (Thompson y González, 2017) y, por ende, de la sostenibilidad ambiental de la ciudad, especialmente en el escenario de cambio global en el que vivimos. La planificación y gestión de las áreas verdes urbanas se ve a menudo limitada por los recursos disponibles, haciendo que construir una red ecológica óptima que, además, esté conectada con el entorno de la ciudad, sea una tarea complicada. No obstante, entender la organización de dicha conectividad dentro del marco territorial y municipal permitirá tener una mejor visión, más global, lo cual permitirá una adecuada gestión de los recursos (Zhang et al., 2018) y garantizar el mantenimiento de la provisión de servicios ecosistémicos ante el Cambio Climático (Rosa y Privitera, 2013).

La decisión de hacer el ensayo en Santiago de Compostela se fundamenta en parámetros como superficie, población e información disponible. Siendo el quinto municipio más poblado de Galicia con 97.260 habitantes, según los datos del INE de 2019, con una superficie aproximada de 220 km², es el municipio gallego con más superficie verde (parques y jardines) y uno de los más verdes de España. Además de estas características, cuenta con una cartografía en detalle, entre la que se incluye la hidrografía, vial, construcciones y la cubierta terrestre. La disponibilidad de información detallada y la gran abundancia de espacios verdes hace a Santiago de Compostela el municipio ideal para la realización de este proyecto.

Esta metodología se basa en la cartografía de origen y sigue los principios inicialmente propuestos por Derkzen et al. (2015) para la cuantificación de servicios ecosistémicos mediante el uso de Infraestructura Verde cartografiada. De esta manera, la metodología permite ser adaptada no solo a la realidad geográfica del área en cuestión, si no al formato y extensión de los datos de origen. Ya que las políticas de

uso de suelo y de gestión medioambiental deben hacerse teniendo en cuenta el continuo urbano-rural (Larondelle y Haase, 2013) e integrando los alrededores rurales en las mismas para aumentar la eficacia y sostenibilidad de la Infraestructura Verde y sus servicios ecosistémicos en el ámbito urbano (Rolf et al., 2018), se consideró estudiar el municipio de Santiago de Compostela en su conjunto. Determinamos, por lo tanto, que el área administrativa de la ciudad de Santiago de Compostela haría la función de zona urbana, mientras que el resto del municipio se consideró zona rural, debido a la gran presencia de pequeñas viviendas y explotaciones familiares y parcelas agrarias y forestales enmarcadas dentro de un continuo desde el centro urbano que disminuye la presencia antrópica pero que nunca deja de presentar usos y explotaciones diversas por parte de la población.

4.2. Metodología empleada

La zona de estudio se dividió entre la zona de área urbana, entendida como la superficie que ocupa la ciudad de Santiago de Compostela tal y como viene definida en la cartografía del Xeoportal de Santiago de Compostela (Concello de Santiago de Compostela -IDEE, 2019), y área rural. Con esta división se pretende no solo estudiar el municipio en su conjunto, con sus áreas periurbana y rural incluidas, sino establecer las diferencias entre ambas en cuanto a su provisión de servicios ecosistémicos, resaltando el papel de los núcleos rurales y espacios periurbanos en las políticas de Infraestructura Verde. A partir de la información disponible en el Xeoportal de Santiago de Compostela (Concello de Santiago de Compostela -IDEE, 2019), se procedió a reclasificar los tipos de parcelas de infraestructuras urbanas en nuevas clases acordes a los objetivos del trabajo. En la Tabla 1 se pueden observar las tipologías finales junto con la descripción de estas.

Tabla 1 Tipologías de Infraestructuras urbanas en Santiago de Compostela

Tipo	Tipología ¹	Descripción	Área urbana (km²)	Área rural (km²)
Verde	Arbolado	Superficie cubierta, al menos en un 25%, por especies forestales arbóreas y cultivos leñosos que ocupan el terreno durante largos períodos y no necesitan ser replantados.	0,055	85,146
	Matorral	Superficies cubiertas por vegetación arbustiva de especies leñosas, cuya parte aérea no llega a diferenciarse en tronco y copa, y su altura no supera los 5 m. Se incluyen además superficies de cortafuegos cuya vegetación se asemeja al matorral.	3,256	30,719
	Herbáceas	Pastos formados por comunidades herbáceas espontáneas susceptibles de riego, siega o aprovechadas a diente en pastoreo extensivo.	0,196	43,274
	Agrícola	Tierras labradas y/o trabajadas con el fin de obtener algún tipo de aprovechamiento o producción agrícola, destinada o no al autoconsumo.	3,85	29,766
	Arbolado urbano	Superficie de vegetación incluida en zona urbana, que ha sido plantada de forma artificial o que, siendo espontánea o natural, ha sufrido un proceso de ordenación o se realizan en ella trabajos de jardinería.	2,429	0,006
	Jardín	Recinto en el interior de una población destinado a prados, jardines y arbolado para recreo y ornato de carácter público o privado.	2,892	1,72
Azul	Agua	Superficies, naturales o artificiales, cubiertas por agua.	0,123	1,375
Gris	Suelo desnudo	Superficies naturales de suelo desnudo, con escasa o nula vegetación.	0,397	0,186
	Construcciones	Elementos artificiales contruidos (edificios, carreteras, sendas, viales, ...).	11,486	19,602

4.2.1. Servicios ecosistémicos

Para la realización de este proyecto, seleccionamos un total de 14 servicios ecosistémicos, agrupados en los 3 grandes grupos funcionales, dada su relevancia para el bienestar humano y la sostenibilidad ambiental de la ciudad. Para el propósito de este trabajo, nos centraremos en los servicios derivados de la vegetación, ya que es el elemento fundamental de la Infraestructura Verde urbana (Tabla 2)

Como cada servicio ecosistémico tiene su magnitud y unidades características, se procedió

a ponderar todos los SE en una escala de 0 a 1, sin considerar la importancia de ninguno sobre otro, tal y como proponen Derksen et al. (2015) y Dobbs, Kendal y Nitschke (2014). Finalmente, la provisión de SE por parte de la Infraestructura Verde será indicada por m². Como se indicó en el apartado anterior, para estudiar de manera conjunta la multifuncionalidad y la conectividad de la Infraestructura Verde, se consideró la conectividad ecológica como un servicio ecosistémico de abastecimiento.

¹ Las tipologías fueron extraídas y modificadas del Xeoportal de Santiago de Compostela (año 2017) (Concello de Santiago de Compostela -IDEE, 2019).

Tabla 2 Lista de los servicios ecosistémicos urbanos empleados, sus indicadores, mecanismo de acción y datos empleados

Función	Servicio	Indicador	Mecanismo	Datos empleados	Unidades
Abastecimiento	Agraria	Superficie agraria	Áreas destinadas a la producción de alimentos.	Parcelas agrarias	m ²
	Madera	Superficie silvícola	Áreas destinadas a la producción de madera.	Parcelas silvícolas	m ²
	Provisión de hábitat	Conectividad estructural	Las áreas vegetadas permiten la presencia de comunidades vegetales y permite la mejor función y supervivencia de dichas comunidades.	IV.Urbana	Índice de Conectividad Ecológica
Regulación	Purificación del aire	CO reducido por la Infraestructura Verde urbana	Reducción de los niveles de CO por parte de la vegetación	IV.Urbana	g/ m ² año
		O ₃ reducido por la Infraestructura Verde urbana	Reducción de los niveles de O ₃ por parte de la vegetación	IV.Urbana	g/ m ² año
		NO ₂ reducido por la Infraestructura Verde urbana	Reducción de los niveles de NO ₂ por parte de la vegetación	IV.Urbana	g/ m ² año
		SO ₂ reducido por la Infraestructura Verde urbana	Reducción de los niveles de SO ₂ por parte de la vegetación	IV.Urbana	g/ m ² año
		PM ₁₀ reducido por la Infraestructura Verde urbana	Reducción de los niveles de PM ₁₀ por parte de la vegetación	IV.Urbana	g/ m ² año
		PM _{2,5} reducido por la Infraestructura Verde urbana	Reducción de los niveles de PM _{2,5} por parte de la vegetación	IV.Urbana	g/ m ² año
	Secuestro de Carbono	CO ₂ secuestrado por la vegetación (CO ₂ sobre el suelo)	Reducción del CO ₂ , que influye en el efecto de isla de calor y el proceso de Cambio Climático.	IV.Urbana	kg/m ² Carbono
	Reducción de ruido	Rango de decibelios atenuados	Atenuación del ruido por parte de masas de vegetación (no filas de vegetación individual).	IV.Urbana	dB(A) 100/ m ²
	Retención de escorrentía	Escorrentía retenida por la IV. Urbana	Retención del agua de escorrentía por parte de la vegetación y el suelo vegetado, que no llega a la red de colectores de la ciudad.	IV.Urbana	L/ m ²
	Enfriamiento	Potencial de enfriamiento de cada tipo de IV	Reducción de la temperatura media por parte de la vegetación mediante la evapotranspiración.	IV.Urbana	Fracción de peso
Culturales	Recreación	Índice de recreación	La Infraestructura Verde urbana permite a la población la realización de diversas actividades recreativas y culturales como pasear, pasear perros, correr, ...	IV.Urbana	Índice de recreación

Servicios de abastecimiento y conectividad ecológica

Entendemos los servicios ecosistémicos de abastecimiento como aquellos que proveen al ser humano de manera directa o indirecta de materiales o productos bióticos o geóticos.

Para este trabajo, dado el énfasis puesto en la vegetación de la Infraestructura Verde urbana y rural, consideraremos la producción agrícola y silvícola como dos de los servicios ecosistémicos de esta categoría. Aquellas parcelas de la categoría "Agrícola" serán puntuadas con 1

para el caso de la producción agrícola, mientras que aquellas parcelas de aprovechamiento forestal de la categoría "Arbolados" serán puntuadas con 1 para la producción silvícola.

En este estudio entendemos la conectividad estructural de los hábitats verdes como un servicio ecosistémico de abastecimiento dentro del estudio realizado en Santiago de Compostela, entendido como la provisión de hábitat que permite que se mantenga una biodiversidad en las áreas urbanas o rurales y una conexión de estas con las áreas naturales de manera. Para el cálculo de la conectividad estructural seguimos la metodología propuesta por Marulli y Mallarach (2005) mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica basada en principios de ecología de paisaje, permitiendo la extrapolación de los resultados a planificación regional o estrategias de gestión ambiental o de evaluación de impacto ambiental. Esta metodología se basa en el cálculo de la presencia de barreras ambientales y la posterior conectividad estructural de las parcelas de territorio en función de su tipología y la presencia de dichas barreras.

Primero es necesario estudiar la presencia de barreras. Podemos definir una barrera como un elemento del paisaje que impide o restringe el flujo de materia, energía e información a través de la matriz de parcelas de hábitat o a través de zonas ecológicas importantes. Las barreras, por lo tanto, serían aquellos elementos cuya impermeabilidad a rutas biológicas, acceso a recursos, flujo genético u otros procesos biológicos o evolutivos es muy elevada (McRae, Hall, Beier y Theobald, 2012). Mediante la metodología usada, se obtuvo un Índice de Efecto Barrera (BEI), asignando a cada pixel de la zona de estudio (1 m²) un valor del índice BEI en función de la tipología de Infraestructura Verde Urbana que varía de 0 a 10, desde un impacto nulo a un impacto crítico. Consideraremos barreras de impacto negativo a aquellas barreras con valores de BEI superiores a 5 (barreras antrópicas que reducen mucho la permeabilidad ecológica), entendiendo que los valores inferiores

corresponden a barreras asumibles para una adecuada unión entre el medio natural y un uso sostenible del mismo (zonas naturales, arbolados forestales, parcelas agrícolas, o mosaicos urbanos o rurales de baja densidad). Una vez obtenido el efecto que producen las barreras sobre el medio se puede proceder al cálculo del Índice de Conectividad Ecológica (ECI, por sus siglas en inglés) empleando I) la tipología de infraestructura encontrada en el área de estudio y II) la superficie de impedancia subyacente, que corresponde con el efecto de barrera, obteniendo una superficie de costes de distancia para cada tipología que, de manera acumulativa, nos dará el ECI. Este índice será empleado como uno de los servicios eco-sistémicos elegidos para el estudio, incluido dentro del grupo de servicios de abastecimiento al servir como indicador de la provisión de hábitat para la biodiversidad urbana (Dobbs et al., 2014).

Servicios de regulación y recreo

En cuanto a los servicios ecosistémicos de regulación, se utilizaron 10 servicios ecosistémicos que regulan el medioambiente urbano mediante el propio funcionamiento del ecosistema, siendo estos la purificación del aire, el almacén de carbono, la reducción de ruido, la retención de escorrentía y el enfriamiento del medio, cuyos valores, tal y como plantean Derkzen et al., 2015, que fueron extraídos de diferentes fuentes bibliográficas tal y como establece Derkzen et al. (2015)

El último grupo de servicios ecosistémicos son aquellos relacionados con la estética, recreación o espiritualidad que la naturaleza tiene para el ser humano. Dado que cada vez la naturaleza está más alejada de las ciudades, la Infraestructura Verde sirve de reconexión de la ciudadanía con el mundo natural. La presencia de parques urbanos dota a los habitantes de oportunidades de relajación, paseos o deportes al aire libre (Daniel et al., 2012). Además, pasar tiempo en espacios verdes es beneficioso para la salud física y mental de la población (Derkzen et al., 2015).

Existen diferentes formas de medir los servicios ecosistémicos de recreo y estéticos. Sin embargo, para este trabajo nos centra-remos en la propuesta metodológica de Derkzen et al. (2015). La atracción que siente la ciudadanía hacia las diferentes tipologías de infraestructuras puede entenderse con las siguientes generalizaciones: la población suele preferir I) los paisajes vegetados algo más que los acuáticos en zonas urbanas o antropizadas, II) las tipologías más “naturales” frente a las más “artificiales”, III) variaciones en la vegetación y espacios abiertos. Dado que los parques suelen satisfacer estas generalizaciones en un alto grado, se consideró que el valor de recreación es el doble para aquellas tipologías incluidas dentro de parques municipales (Derkzen et al., 2015). Se creó un índice basado en esas generalizaciones, que varía entre 1 y 3 en función de la cantidad de artículos encontrados que referencien las características deseadas (Derkzen et al., 2015).

4.2.2. Análisis estadísticos empleados

Una vez obtenidos todos los ráster de cada uno de los servicios ecosistémicos, se procedió a calcular una serie de índices para trabajar con la provisión de estos por parte de la Infraestructura Verde y poder estudiar su estructuración espacial mediante análisis estadísticos, como proponen Dobbs et al. (2014). Se elaboraron 4 índices a partir de la suma de diferentes servicios ecosistémicos: I) Índice de SE de abastecimiento, II) Índice de SE de regulación, III) Índice de SE de recreo y IV) Índice de SE total (resultante de la suma de la totalidad de servicios).

Para estudiar las diferencias entre las áreas urbana y rural, realizamos un muestreo aleatorio de 1.000 puntos y aplicamos una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para estudiar si los conjuntos de datos siguen la misma distribución (es decir, pertenecen a la misma población) o no, debido a que los datos no siguen una distribución normal ni presentan homogeneidad de varianzas (homocedasticidad), tras realizar la prueba de Kolmogorov-Smirnov (normalidad) y el test de Levene (homocedasticidad).

Para entender la estructuración de la provisión de servicios ecosistémicos a nivel municipal se realizaron diversos análisis de agregación con el fin de detectar áreas de alta o baja provisión de servicios (Gi* de Getis-Ord) (Dobbs et al., 2014; Dobbs, Escobedo y Zipperer; 2011). Considerar el uso de múltiples servicios ecosistémicos conjuntamente nos permite conocer la superficie de menor provisión para llevar a cabo políticas de mejora de estas y a su vez detectar aquellas áreas con un mayor impacto en el aporte de servicios ecosistémicos y evitar su degradación en el futuro.

Estudiamos si existen diferencias entre las 2 divisiones del área de estudio (superficie urbana y superficie rural) en cuanto a su agregación local (presencia o no de puntos calientes de baja o alta provisión de servicios ecosistémicos) con una prueba de independencia de chi-cuadrado, contrastando la hipótesis de que las variables se distribuyen de manera diferente entre las diferentes zonas de estudio.

4.3. Resultados obtenidos

4.3.1. Servicios ecosistémicos a lo largo del municipio

Los resultados obtenidos tras la elaboración de los índices de servicios ecosistémicos, derivados de la estandarización y suma de los servicios individuales, se pueden observar en la Figura 15. Los mapas se encuentran en formato ráster, indicando el valor del índice por cada metro cuadrado de superficie (resolución de píxel). Para el desarrollo de este trabajo se consideró el mismo peso para cada servicio, sin juzgar la importancia mayor o menor que cada uno podría tener con relación al resto. Con la ayuda de estos mapas podemos entender mejor la estructuración espacial de dichos servicios y su beneficio para la salud humana y ambiental.

A simple vista, se puede observar una clara tendencia a una mayor concentración de valores bajos dentro de los límites del área urbana de Santiago de Compostela (excepto para el servicio

ecosistémico de recreo, para el cual los parques municipales son los puntos de mayor valor recreacional). No obstante, para conocer si estas diferencias son significativas, y para analizar las

diferencias entre la zona de ribera, podemos estudiar los resultados del muestreo y el análisis de Kruskal-Wallis (Tabla 3)

Tabla 3 Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para la comparación entre las superficies urbana y rural

	SE total	SE de abastecimiento	SE de regulación	SE de recreo
H de Kruskal-Wallis	393,027	549,039	379,451	162,425
Grados de libertad	1	1	1	1
Significación	1,77E-87	2,04E-121	1,64E-84	3,34E-37

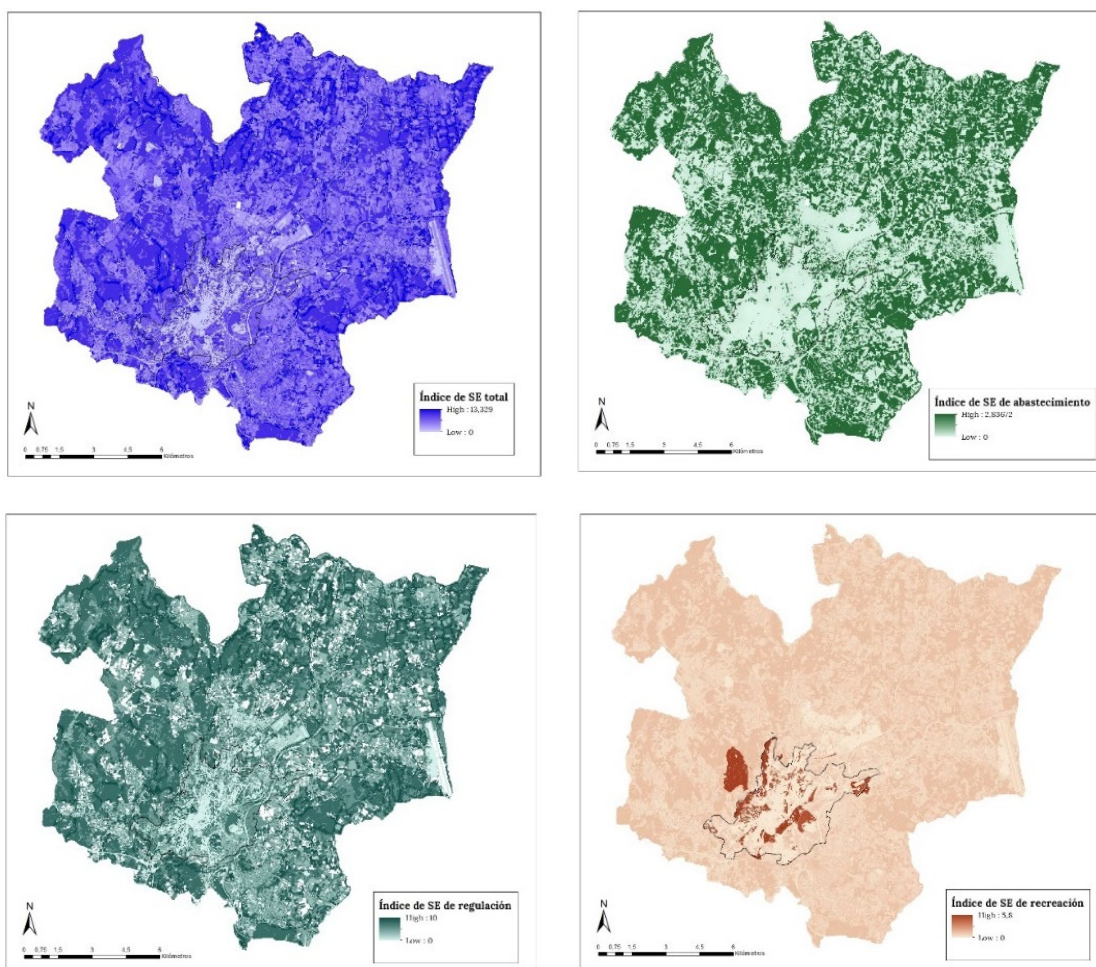


Figura 15. Mapas de los índices de Servicios Ecosistémicos (SE) en el municipio de Santiago de Compostela. La línea negra indica el límite del área urbana.

Se encontraron diferencias significativas entre la provisión de servicios ecosistémicos para los 4 índices de SE de ambas superficies (para un nivel de significación de 0,05), lo cual indica que ambas áreas difieren en la distribución de sus servicios ecosistémicos. Para mejor visualización, se realizaron gráficas Boxplot de los dife-

rentes índices de SE, como se observan en la Figura 16.

La mayor diferencia se manifiesta en los servicios ecosistémicos de abastecimiento, ya que la producción de alimentos, por ejemplo, aumenta conforme nos alejamos del centro de la ciudad (Kroll, Müller, Haase y Fohrer, 2012). El

índice de SE de abastecimiento muestra una amplitud baja en los valores de la superficie urbana, debido a la falta de suelo agrícola y forestal y a la baja conectividad ecológica de las zonas muy antropizadas, siendo atípicos los valores altos de provisión de estos servicios para aquellos casos de huertas urbanas o suelo agrícola de autoconsumo en las zonas periurbanas.

En cuanto a los servicios ecosistémicos de recreo, a pesar de que se observa un valor medio

mayor en la superficie rural, aproximadamente el 25% de los valores de la superficie urbana están por encima de esta media, debido a una mayor cantidad y área de parques municipales en el ámbito urbano, los cuales tienen una mayor aportación para el índice de SE de recreo al tratarse de zonas culturales y recreacionales apreciadas por la ciudadanía (Derkzen et al., 2015).

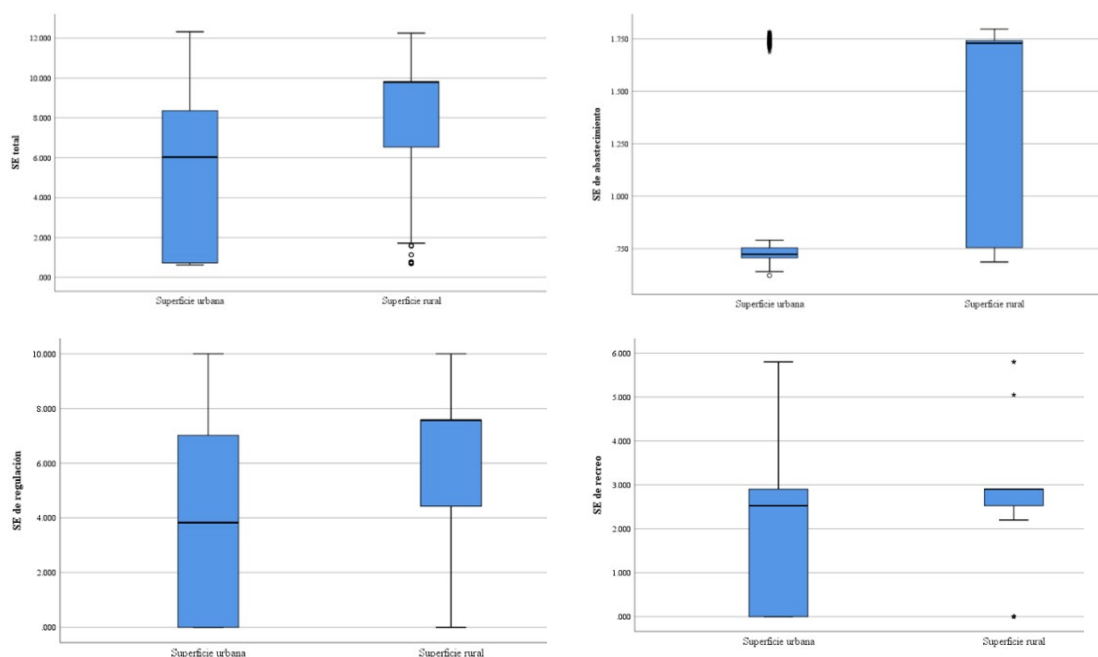


Figura 16. Boxplots de los diferentes Índices de Servicios ecosistémicos para las áreas urbana y rural

Las zonas urbanas, en comparación con las rurales, destacan por una menor provisión de servicios ecosistémicos generada por una mayor superficie ocupada por construcciones artificiales. Las zonas rurales, por su parte, son las que arrojan valores más altos de servicios ecosistémicos, dado que las tipologías que dominan (arbolados, matorrales y agrícolas) son las que mayores valores de secuestro de carbono, reducción de la escorrentía o provisión de hábitat tienen, y cuyos valores aumentan conforme se alejan del centro de la ciudad (Larondelle y Haase, 2013). La cuantificación de los servicios ecosistémicos municipales es, de forma última, dependiente de la configuración, tipología y estructuración (Andersson et al., 2015) de la Infraestructura Verde que los provee, y explica la heterogeneidad que se observa entre áreas.

4.3.2. Estructura espacial

Para estudiar la estructuración espacial de la Infraestructura Verde con relación a su provisión de servicios ecosistémicos se empleó un análisis de agregación local que nos permite realizar un mapeado de presencia de puntos calientes de alta o baja provisión mediante el uso del análisis de punto caliente (G_i^* de Getis-Ord) a través del estudio de los valores de servicios ecosistémicos de cada entidad en un conjunto de entidades vecinas (Getis y Ord, 2010). Se considerará que existe un punto caliente en aquellos casos en los que una parcela y sus parcelas vecinas presenten valores altos o bajos de servicios ecosistémicos. Los mapas resultantes de los análisis locales de G_i^* de Getis-Ord se muestran en la Figura 17 para los diferentes

índices de servicios ecosistémicos. Estas figuras ponen de manifiesto la presencia de áreas de concentración de valores bajos de provisión

de servicios ecosistémicos, o puntos fríos, alrededor de la ciudad de Santiago de Compostela.

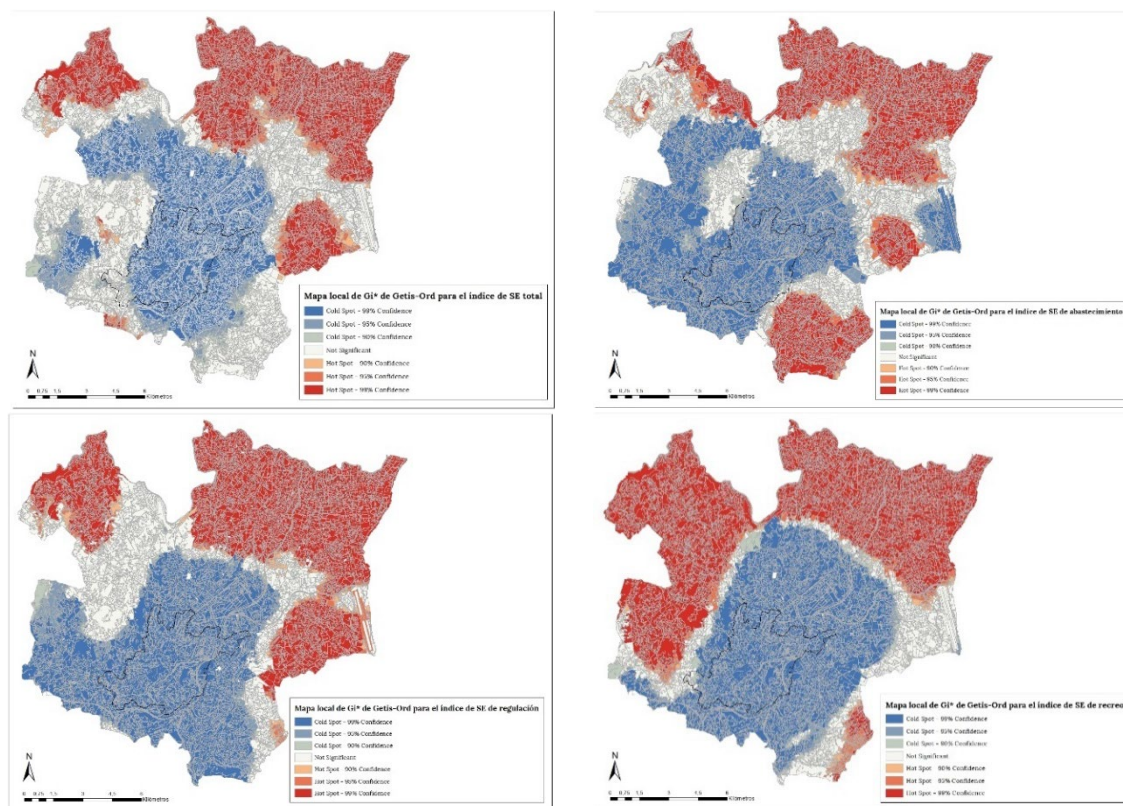


Figura 17 Mapas del estadístico local de Gi* de Getis-Ord en el municipio de Santiago de Compostela para los diferentes índices de Servicios Ecosistémicos (SE). La línea negra indica el límite del área urbana.

Los mapas reflejan influencia del área urbana en los servicios ecosistémicos circundantes, resaltando la necesidad de trabajar en la Infraestructura Verde periurbana como nexo entre el núcleo urbano y la periferia municipal, de manera que se reduzca la superficie de puntos fríos. En cuando a las áreas de concentración de valores altos de provisión de servicios ecosistémicos, o puntos calientes, se puede observar como para todos los índices hay una tendencia de agregación de altos valores en la periferia del municipio, especialmente en el norte, donde hay una menor superficie de núcleos rurales. El nivel de confianza con el que se determina la presencia de dichos puntos es del 99% para la mayoría de las parcelas, siendo esta confianza menor (95% o 90%) para algunas parcelas en las periferias de los cúmulos de puntos calientes o fríos.

La comparativa entre las superficies urbana y rural de la Tabla 4 muestra diferencias significativas entre las frecuencias de valores de provisión de servicios ecosistémicos para los 4 índices de SE entre el área urbana y rural (para un nivel de significación de 0,05). No encontramos zonas de puntos calientes dentro del área urbana, si aparecen en el área rural, lo que combinado con la concentración de puntos fríos en la ciudad explica las diferencias encontradas.

El mapeado de múltiples servicios ecosistémicos bajo análisis de agregación espacial proporciona una herramienta muy interesante para la detección de áreas de alta o baja provisión servicios y el estudio de la heterogeneidad espacial de los mismos (Dobbs et al., 2014). Podemos observar cómo diferentes configuraciones paisajísticas y ecosistémicas (áreas de ribera y superficies urbanas y rurales) pueden diferir o

coincidir en el aporte de servicios ecosistémicos. De esta manera, la detección de puntos fríos en diferentes zonas puede servir para priorizarlas en las políticas de gestión ambiental y mejorar el bienestar ambiental y humano. Este estudio muestra las sinergias entre servicios ecosistémicos derivadas de la multifuncionalidad de la Infraestructura Verde. Además, a diferencia de la propuesta metodológica de Derksen et al. (2015), consideramos cómo los sue-

los agrícolas ayudan a no infravalorar los servicios ecosistémicos de provisión a nivel municipal, siendo además necesario trascender de los límites urbanos y trabajar la Infraestructura Verde en su dimensión periurbana ampliando el foco y escala de análisis a la dimensión territorial de carácter supramunicipal poniendo en valor las relaciones entre los ámbitos rurales y urbanos.

Tabla 4 Resultados de la prueba de chi-cuadrado de Pearson para la comparación entre las áreas urbana y rural en el municipio de Santiago de Compostela

Índice de SE	Chi-Cuadrado de Pearson	Grados de libertad	Significación
SE total	935,516	2	7,17E-204
SE de abastecimiento	861,45	2	8,68E-188
SE de regulación	932,557	2	3,15E-203
SE de recreo	861,449	2	8,68E-188

5. Conclusiones y propuesta

Se ha de superar la visión tradicional de los modelos territoriales para poder integrar en ellos de manera orgánica, las estrategias de conservación del patrimonio territorial –tanto natural como cultural-. Para esta urgente convergencia de miradas, la Infraestructura Verde y la caracterización de los servicios ecosistémicos de los territorios a múltiples escalas, constituyen dos herramientas imprescindibles.

En este sentido conviene recordar la propuesta del Grupo de Trabajo sobre Rehabilitación que, en el marco del CONAMA 2018, planteaban “un modelo que parta de la necesidad de generar espacios de concertación entre administraciones, con compromisos medibles y estables a medio plazo, y entendiendo la escala municipal como la escala productora de modelos, de innovación y, por tanto, la que marca las necesidades en la organización técnica y financiera de los planes” (Casanovas et al., 2018).

Por tanto, debemos seguir profundizando en metodologías operativas para el diseño y gestión de las Infraestructuras Verdes, así como

para la caracterización y seguimiento de los servicios ecosistémicos. En relación con este último concepto, debemos dejar claro que nuestra propuesta pretende no caer en una mera monitorización del espacio natural integrado en la antroposfera.

Hemos pretendido explicar las claves de una secuencia metodológica de trabajo, ensayada en dos realidades territoriales diferenciadas y a escalas de análisis necesariamente distintas, El ensayo en Santiago de Compostela y su entorno próximo muestra cómo resolver la cuantificación y el análisis de diversos servicios ecosistémicos, tanto en el ámbito urbano como en el rural, a través de la información disponible, en su mayoría, en portales institucionales, sin requerir de proyectos costosos de generación de información ad hoc, a los que la mayoría de los municipios no pueden acceder. Esta “aproximación metodológica” permite cierto grado de plasticidad con la información, ya que se puede ajustar a la resolución que se disponga, a diferentes fuentes de datos y a las capacidades del equipo usado para su procesamiento,

aunque se recomienda el mayor detalle posible para aumentar la fiabilidad de los resultados. Hemos demostrado, además, como dicha secuencia soporta bien los obligados ajustes que imponen los cambios de escala. En la escala territorial de la Comunidad de Cantabria, hubo que resolver la forma diferenciada con la que dar respuesta a qué servicios ecosistémicos son más relevantes a la escala de trabajo requerida.

Resulta evidente que cada nivel de actuación exige resolver la cuestión de qué funciones de la infraestructura verde son clave en el ámbito local, en el ámbito municipal y en el regional. La forma de caracterizar, clasificar y medir, los diferentes elementos que ofrecen los servicios ecosistémicos variarán en función de la escala, debiéndose desarrollar y completar la estructura de forma global para poder intervenir de manera puntual. Consideramos capital acertar en la manera de caracterizar y medir los componentes de la infraestructura verde y en la valoración de los servicios ecosistémicos. Aunque para los estudios realizados se consideró que el peso relativo de cada servicio ecosistémico era el mismo, esta metodología permitirá dar mayor o menor importancia a cada tipo de servicio en función de cómo estén evolucionando, así como de las necesidades que, en cada momento se tenga la zona de aplicación. De esta manera se pueden conseguir valoraciones que atiendan a las particularidades de cada territorio, al enfoque preciso de cada proyecto y a la visión que el equipo tenga a la hora de realizar su análisis.

6. Referencias

Andersson, E., McPhearson, T., Kremer, P., Gomez-Baggethun, E., Haase, D., Tuvendal, M., y Wurster, D. (2015). Scale and context dependence of ecosystem service providing units. *Ecosystem Services*, 12, 157-164.

Borobio Sanchiz, M., Lombera Cagigas, J. M., González Pérez, S., & Vega de la Torre, J. J. (2018). Propuesta de integración de la

Así, de la misma manera que históricamente las sociedades conformaron el paisaje mediante la culturización del territorio, se debe entender que, en adelante, se apliquen mejoras tecnológicas que busquen modos de uso del suelo más eficiente atendiendo a su dinámica, ya sea natural, agraria o urbana, mediante la medición, evaluación y regulación de las relaciones y los flujos de intercambio de materia y energía entre los elementos que componen el sistema. Para ello se deben de poner en marcha mecanismos que permitan alcanzar una gestión dinámica e integrada del territorio.

Entre ellos entendemos fundamental la elaboración de cartografías y sistemas de información geográfica que, a cada escala, permitan la identificación, localización y evaluación de las variables que condicionan el correcto funcionamiento de los servicios ecosistémicos. En clave operativa, existe un objetivo previo que consiste en detectar las necesidades de información básica de partida. Es decir, qué necesidad y qué mejoras se deben satisfacer en cuanto a cartografía disponible (que elementos hay que modificar o añadir para obtener mejores estudios). Un trabajo que es necesario abordar, pues con él se estará trabajando también en el desarrollo de medidas inteligentes para la mitigación y adaptación al cambio climático en el contexto de territorios más resilientes frente a los riesgos ambientales. En este sentido queremos recordar la necesidad de avanzar en procesos mixtos que combinen inteligencia artificial, la mirada experta y gestores locales.

Infraestructura Verde en los instrumentos de planificación y gestión territorial. Una visión desde la experiencia del Plan de Cantabria. In CONAMA 2018 (Ed.), RUMBO 2030 (p. 19). CONAMA 2018.

Borobio Sanchiz, M., Pérez-Alberti, A., Castillo Rodríguez, F., Pérez Gulin, M., & Payán Pérez, M. (2014). Planificación, gestión y buen gobierno del paisaje. El caso gallego. In Fundicot (Ed.), Relatoría, Ponencias y comunicaciones. Actas del VII

- Congreso Internacional de Ordenación del Territorio (pp. 59–77).
- Casanovas, X., Cuchí, A., Mas Herrero, J., & Rubio del Val, J. (2018). Informe GTR Ciudades. Por un cambio en las políticas públicas de fomento de la rehabilitación residencial: los municipios, pieza clave en un marco de cooperación institucional.
- Castillo, F. y Borobio, M. (2018). Una mirada multiescalar y sistémica en los estudios de impacto e integración paisajística. Planur-e. 12 ISSN 2340-8235
- Concello de Santiago de Compostela – IDEE (2019). Xeportal IDE Santiago de Compostela. Recuperado de: <http://xeportal.santiagodecompostela.gal/xeportal/santiago/#/Inicio> (27/05/2019)
- de Diego Celis, Á., Borobio Sanchiz, M., Quedo Aja, N., & Villamor Cantera, J. (2019). Estudio y análisis del sistema de pequeños asentamientos de Cantabria. In FUNDICOT (Ed.), ACTAS FINALES del IX CIOTIX CIOT (Issue 1, pp. 1021–1035). FUNDICOT.
- Dobbs, C., Escobedo, F. J., y Zipperer, W. C. (2011). A framework for developing urban forest ecosystem services and goods indicators. *Landscape and urban planning*, 99(3-4), 196-206.
- Dobbs, C., Kendal, D., y Nitschke, C. R. (2014). Multiple ecosystem services and disservices of the urban forest establishing their connections with landscape structure and sociodemographics. *Ecological Indicators*, 43, 44-55.
- Daniel, T.C., Muhar, A., Arnberger, A., Aznar, O., Boyd, J.W., Chan, K.M.A., Costanza, R., Elmqvist, T., Flint, C.G., Gobster, P.H., Grêt-Regamey, A., Lave, R., Muhar, S., Penker, M., Ribe, R.G., Schauppenlehner, T., Sikor, T., Soloviy, I., Spierenburg, M., Taczanowska, K., Tam, J. y von der Dunk, A. (2012). Contributions of cultural services to the ecosystem services agenda. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(23), 8812-8819.
- Derkzen, M. L., van Teeffelen, A. J., y Verburg, P. H. (2015). Quantifying urban ecosystem services based on high-resolution data of urban green space: an assessment for Rotterdam, the Netherlands. *Journal of Applied Ecology*, 52(4), 1020-1032.
- Dirección General de Medio Ambiente (Comisión Europea) (2014). Construir una Infraestructura Verde para Europa. Bruselas, Bélgica: Unión Europea.
- European Commission (2013). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Green Infrastructure (GI)—Enhancing Europe’s Natural Capital. COM (2013) 249 Final, Bruselas, Bélgica: Unión Europea.
- Fariña Tojo, J., Fernández Áñez, V., Gálvez Huerta, M. Á., Hernández Aja, A., & Urrutia del Campo, N. (2013). Manual de Diseño Bioclimático Urbano (Instituto Politécnico de Bragança, Ed.; 1st ed.).
- Firehock, K. (2010). A short history of the term green infrastructure and selected literature. Green Infrastructure Center.
- Geddes, P. (1915). *Cities in Evolution* (Williams & Norgate, Ed.).
- Getis, A., y Ord, J. K. (2010). The analysis of spatial association by use of distance statistics. En *Perspectives on Spatial Data Analysis* (pp. 127-145), Heidelberg, Berlin: Springer.
- Gómez-Baggethun, E., y Barton, D. N. (2013). Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics*, 86, 235-245.
- Gottmann, J. (1964). *Megalopolis. The Urbanized Northeastern Seaboard of the United States* (MIT Press, Ed.). MIT Press.
- <https://mitpress.mit.edu/books/megalopolis>
- Instituto Nacional de Estadística (INE) (2019). Coruña, A. Población por municipios y sexo. Recuperado de: <http://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=2868> (27/05/2019).
- Kroll, F., Müller, F., Haase, D., y Fohrer, N. (2012). Rural–urban gradient analysis of ecosystem services supply and demand

- dynamics. *Land use policy*, 29(3), 521-535.
- Larondelle, N., y Haase, D. (2013). Urban ecosystem services assessment along a rural-urban gradient: A cross-analysis of European cities. *Ecological Indicators*, 29, 179-190.
- La Rosa, D., y Privitera, R. (2013). Characterization of non-urbanized areas for land-use planning of agricultural and green infrastructure in urban contexts. *Landscape and Urban Planning*, 109(1), 94-106.
- Marulli, J., & Mallarach, J. M. (2005). A GIS methodology for assessing ecological connectivity: application to the Barcelona Metropolitan Area. *Landscape and urban planning*, 71(2-4), 243-262.
- McHarg, I. L., & American Museum of Natural History. (1969). *Design with nature*. New York: American Museum of Natural History.
- McRae, B. H., Hall, S. A., Beier, P., y Theobald, D. M. (2012). Where to restore ecological connectivity? Detecting barriers and quantifying restoration benefits. *PLoS one*, 7(12), e52604.
- Montes, C., Santos Martín, F y Benayas. J. (coord.) (2011). *La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de España. Síntesis de resultados*. Madrid, España: Fundación Biodiversidad, Ministerio de Medio Ambiente.
- Mougeot, L. J. (2000). Urban agriculture: Definition, presence, potentials and risks, and policy challenges. Cities feeding people series; rept. 31. En *International Workshop on Growing Cities Growing Food: Urban Agriculture on the Policy Agenda*. La Habana, Cuba: RUAF Foundation.
- Rolf, W., Peters, D., Lenz, R., y Pauleit, S. (2018). Farmland—an Elephant in the Room of Urban Green Infrastructure? Lessons learned from connectivity analysis in three German cities. *Ecological indicators*, 94, 151-163.
- The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) (2011). *TEEB Manual for Cities: Ecosystem Services in Urban Management*. Recuperado de: www.teebweb.org
- Thompson, P. L., y Gonzalez, A. (2017). Dispersal governs the reorganization of ecological networks under environmental change. *Nature Ecology & evolution*, 1(6), 0162.
- Zhang, Z., Meerow, S., Newell, J. P., y Lindquist, M. (2019). Enhancing landscape connectivity through multifunctional green infrastructure corridor modelling and design. *Urban Forestry & Urban Greening*, 38, 305-317.