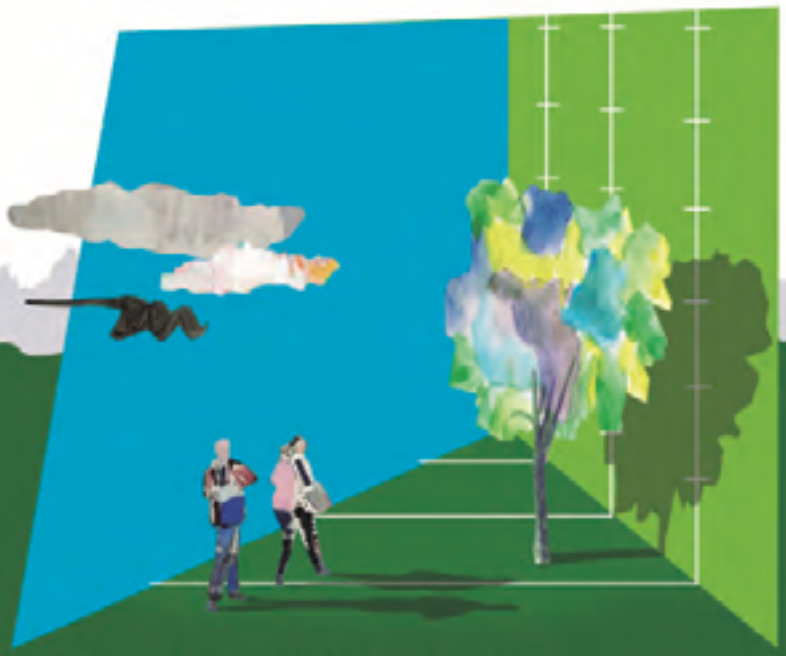
Evaluación de Servicios Ambientales del Campus de la UAM

Resumen ejecutivo



Evaluación de los **SER**vicios ambientales de los espacios verdes del **CAMPUS** de la Universidad Autónoma de Madrid

SERCAMPUS

Hacia un campus vivo, socio-ecológicamente sostenible y resiliente para el bienestar de la Comunidad Universitaria

UAM
Universidad Autónoma de Madrid

UAM
Vicerrectorado de Campus y Sostenibilidad

Laboratorio de Socio-Ecosistemas

Fundación Interuniversitaria Fernando González Bernáldez para los Espacios Naturales

Dirección del proyecto
Santiago Atrio Cerezo.

Coordinación y autores
Carlos Montes, Mateo Aguado, Alberto González-García, Javier Benayas, César López-Santiago, David Alba Hidalgo.

Contribuciones
Paula Solascasas, Mireia Díaz, Rafael Mata, Marina García-Llorente, Jorge Ortega, José A. González, Diego Zambade, Germán Palacios.

Agradecimientos
Manuel Pardo, Víctor García Díez.

Portada
Julia Morer.

Diseño y maquetación
Julia Morer.

Infografías
Alejandro Santos.

Financiación
Este estudio ha sido financiado por el Vicerrectorado de Campus y Sostenibilidad de la Universidad Autónoma de Madrid. La elaboración de este resumen ha sido financiada en 2022 por la Oficina de Sostenibilidad del Vicerrectorado de Compromiso Social y Sostenibilidad de la Universidad Autónoma de Madrid.

Este informe debe citarse
Vicerrectorado de Campus y Sostenibilidad (2021). Evaluación de los servicios ambientales de los espacios verdes del campus de Cantoblanco de la Universidad Autónoma de Madrid. Universidad Autónoma de Madrid (España).

© del texto, los/as autores/as, 2002 © de la edición, UAM ediciones 2002
Servicio de Publicaciones de la Universidad Autónoma de Madrid. Campus de Cantoblanco. 28049 Madrid.

www.uam.es/publicaciones // servicio.publicaciones@uam.es

Reservados todos los derechos. Está prohibido, bajo las sanciones penales y el resarcimiento civil previsto en las leyes, reproducir, registrar o transmitir esta publicación, íntegra o parcialmente (salvo en este último caso, para su cita expresa en un texto diferente, mencionando su procedencia), por cualquier sistema de recuperación y por cualquier medio, sea mecánico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o cualquier otro, sin la autorización previa por escrito de Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid.

ISBN: 978-84-8344-854-0
Depósito legal: M-25700-2022
DOI: *https://doi.org/10.15366/uamdocs.002*

Accede al documento completo SERCAMPUS con este código:

Comunidad de Madrid

UAM Universidad Autónoma de Madrid

Libro financiado por la Comunidad de Madrid en el marco del convenio plurianual con la UAM en su línea de actuación "Excelencia para el Profesorado Universitario" dentro del proyecto con referencia *2020-PCD027 Profesor Contratado Doctor - Departamento de Ecología*

PRESENTACIÓN

La complejidad de la crisis socioecológica global actual nos enfrenta necesariamente al reto de replantear nuestro modelo de civilización desde sus fundamentos. Necesitamos ajustar nuestros valores como sociedad a la medida de las verdaderas necesidades humanas, para reinventarnos dentro de los límites que nos marca nuestra propia viabilidad en el planeta. Nos enfrentamos al desafío de una transformación socioecológica que nos obligará a abandonar nuestros estilos de vida insostenibles, injustos e insanos, renunciando a disparatados ensueños consumistas y narcisistas de crecimiento ilimitado, antes de agotar la paciencia de la Madre Tierra.

Las universidades hemos de reivindicar el protagonismo que nos corresponde en esta transformación, recuperando el liderazgo histórico en la creación y transmisión de conocimiento para el progreso humano. En estos momentos, esta misión pivota sobre la introducción de importantes y perentorios cambios en nuestra relación con la naturaleza para mantener la salud de nuestros ecosistemas y fomentar su capacidad de producir bienes y servicios, a la vez que velamos por su distribución justa y equitativa.

Desde la creación de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) hace más de 50 años, se han llevado a cabo múltiples iniciativas académicas, de gestión y de innovación social exitosas que han dado a nuestra universidad liderazgo nacional e internacional por su excelencia docente e investigadora y a la UAM actual le toca asumir el reto de la sostenibilidad local y global. Este compromiso se cristalizó como misión urgente y prioritaria en el Plan Estratégico UAM2025 aprobado en Consejo de Gobierno (2017), que suscribe la hoja de ruta marcados por la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, cristalizada.

Ahora toca replantear nuestro papel como institución de Educación Superior trasladando los Objetivos de Desarrollo Sostenible hasta sus últimas consecuencias a la generación de conocimiento para el progreso humano, a través de la investigación y la formación, aplicadas a la innovación social y tecnológica y su transferencia al tejido social. Desde las particularidades de una comunidad humana conviviendo en un territorio concreto, nos sentimos obligados a trabajar en favor del bienestar de las personas formado parte de un planeta maravilloso pero finito. Queremos implicarnos en la construcción de otro mundo posible, más utópico que nunca por estar más al alcance de la mano, y qué mejor medio que involucrar a la comunidad universitaria en la formulación de modelos de gestión justos, solidarios y sostenibles para su propio hábitat, el campus de Cantoblanco.

La UAM gestiona un valiosísimo territorio que determina el bienestar y la salud de la comunidad educativa, asegurando las condiciones ambientales y

habitacionales adecuadas para el desarrollo académico y humano de futuras generaciones. El desafío consiste en asumir los principios de la sostenibilidad en la gestión del espacio público hasta las últimas consecuencias, convirtiendo el campus en escenario y laboratorio donde ensayar propuestas y soluciones de renaturalización y restauración ecológica, ponerlas en práctica y experimentar en las propias carnes modelos de gobernanza y economía circular que nos acerque a la deseada transición ecosocial.

El presente trabajo, SERCAMPUS, pretende sentar unas buenas bases para construir futuros modelos de gestión socioecológica del campus de Cantoblanco, partiendo del conocimiento científico de los beneficios directos e indirectos que la naturaleza que contiene aporta al bienestar de la comunidad universitaria (servicios ambientales o de los ecosistemas). Se trata de una rigurosa evaluación de nuestro capital natural que seguro servirá para guiar la planificación y gestión de estrategias de gobernanza desde la excelencia investigadora y docente de nuestra universidad y que a la vez la estimulen. Incluye también un abordaje participativo que pone en el centro el bienestar de la comunidad universitaria poniendo el foco en potenciar las relaciones naturaleza-sociedad con perspectiva agroecológica y participativa.

Para contar con garantía de éxito en la construcción de un campus cada vez más sostenible, habitable y resiliente, es necesario gestionar adecuadamente los ciclos ecológicos y potenciar el suministro de servicios ambientales, reduciendo la huella ecológica y salvaguardando nuestra viabilidad económica. La propuesta de SERCAMPUS plantea algunas soluciones basadas en la naturaleza como el manejo pastoril de áreas verdes, el compostaje del biorresiduo de la UAM o la promoción del modelo agroecológico en el campus, con vocación de laboratorio educativo, investigador y de transferencia a la sociedad.

Partiendo de la conservación de nuestra valiosa biodiversidad y la restauración ecológica de las áreas periféricas olvidadas del campus, el enfoque socioecológico de este trabajo facilitará la integración territorial de la UAM entre espacios naturales de alto valor como el Monte de Valdelatas, El Monte de El Pardo, el Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares o el Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama. Un requisito para restaurar la conectividad social y ecológica de los distritos del norte del municipio de Madrid (Fuencarral-El Pardo) y las localidades adyacentes (Alcobendas, San Sebastián de los Reyes), con todo el gradiente urbano-rural que se despliega hasta la Sierra de Guadarrama. Se abre un horizonte de cambio en alianza con proyectos públicos como Arco Verde (Comunidad de Madrid) y Bosque Metropolitano (Ayuntamiento de Madrid), que incluyen al Campus de Cantoblanco en sus planes de construcción de infraestructura verde, renaturalización urbana, y custodia del territorio.

César A. López Santiago
Delegado de la Rectora para la Sostenibilidad.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Mensajes clave

1. ¿Por qué hacer una evaluación de los servicios ambientales de los espacios verdes del Campus de Cantoblanco de la UAM?

a. La promoción de la sostenibilidad ambiental en los campus universitarios

b. Servicios ambientales y bienestar humano. Los vínculos entre naturaleza y sociedad

2. ¿Por qué en el campus de Cantoblanco de la UAM?

a. El campus de Cantoblanco de la UAM como singularidad territorial

b. Un campus con una gran superficie y variedad de espacios verdes

3. ¿Cómo contribuyen los espacios verdes del campus de la UAM al bienestar de la comunidad universitaria?

a. Una metodología integradora para evaluar los vínculos entre la UAM verde y la comunidad universitaria

b. Servicios ambientales de regulación. Los beneficios invisibles de los espacios verdes de la UAM

1. El campus de la UAM y la mitigación del cambio climático inducido. Secuestro y almacenamiento de carbono

2. Un paso para reducir el impacto de la universidad en el cambio climático. La huella de carbono de la UAM

3. La infiltración del agua en el campus de la UAM. Recarga de acuíferos

4. La generación de agua dulce en el campus de la UAM. Rendimiento de agua

5. ¿Cuánta agua gastamos? La huella hídrica de la UAM

6. Espacios verdes para el confort térmico de la comunidad universitaria. La regulación microclimática de los espacios verdes de la UAM.

7. Respirando el aire puro de la UAM. Purificación del aire y eliminación de contaminantes.

8. Las sinergias entre los servicios de regulación promueven un modelo de administración integrado del campus de la UAM.

c. Servicios ambientales culturales. Los beneficios inmateriales de los espacios verdes de la UAM

1. El perfil de los miembros de la comunidad universitaria de la UAM

2. Dónde disfrutan los miembros de la comunidad universitaria los beneficios de los espacios verdes de la UAM. Patrones espaciales de los servicios culturales evaluados.

3. No todos los miembros de la comunidad universitaria perciben y valoran de igual manera los servicios culturales del campus

4. ¿Cómo podemos avanzar hacia un campus más sostenible y resiliente en la UAM?

a. Principios y criterios para construir una UAM socioecológicamente sostenible

1. La ambientalización de la UAM: una comunidad proambiental

2. La Ecologización de la UAM: gestión integrada del campus

3. La territorialización de la UAM: campus conector en el gradiente urbano–rural Madrid Sierra de Guadarrama

b. Las unidades socioecológicas de gestión herramientas operativas para la gestión integrada del campus de la UAM

c. Propuestas para un Plan Estratégico de campus socioecológicamente sostenible y resiliente

MENSAJES CLAVE

1. La UAM asumió, en su Plan Estratégico a 2025, la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, alineándose con la Agenda Urbana y Rural en la futura gestión territorial universitaria. El éxito de esta tarea dependerá del grado de reconexión con la naturaleza que la comunidad universitaria adquiera a través de su implicación en una transformación socioecológica integral de sus estilos de vida y su medio ambiente: el Campus de Cantoblanco.

2. El campus de Cantoblanco se extiende por un entorno paisajístico privilegiado entre áreas naturales y rurales de alto valor ecológico. El 70% de sus 219 ha lo integran sus espacios ajardinados centrales y las áreas seminatural periféricas, escasamente manejadas y con gran potencial como laboratorio de innovación educativa, de investigación y de transferencia a la sociedad de soluciones territoriales sostenibles.

3. La evaluación científica y el cartografiado de los beneficios que la naturaleza integrada en el campus proporciona a la comunidad (servicios ambientales o de los ecosistemas) representan potentes herramientas para monitorizar el deseado proceso de construcción de resiliencia y sostenibilidad territorial. SERCAMPUS aporta bases estratégicas de aprendizaje e investigación para diseñar futuros planes de gestión sostenible del campus, partiendo de iniciativas comunitarias con vocación agroecológica.

4. El estudio incluye la cartografía de servicios socioculturales y cinco de regulación ecológica considerados indicadores prioritarios, constatándose que los espacios verdes del campus de Cantoblanco suministran un flujo rico y variado sobre los que cimentar el bienestar de la comunidad universitaria.

5. Se ha estimado que el campus almacena 8.092 toneladas y secuestra anualmente 124 toneladas de CO_2 equivalente. Por otro lado, se calcula una infiltración de 0,003 hm3 de agua al año en los acuíferos y 0,85 hm3 de escorrentía. El arbolado del campus eliminaría 2.404 toneladas de contaminantes al año.

6 Anualmente, el carbono almacenado en la vegetación del campus equivale a las emisiones de más de 5.000 automóviles, el secuestro de carbono a más de 100, el agua infiltrada a los acuíferos a 1/50 del consumo de una vivienda promedio, la escorrentía a la de 8 viviendas y la eliminación de contaminantes a las emisiones de más de 2.000 automóviles.

7 Los servicios socioculturales se revelan fuertemente vinculados a las áreas ajardinadas centrales, debido al escaso uso de las zonas seminaturales periféricas: la situada al oeste de la M607, formando parte del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares, y la lindante por el sur con el parque forestal de Valdelatas y por el este con Alcobendas. Por el contrario, son estas últimas las más relevantes para la regulación ecológica del campus.

8 El aislamiento entre el campus central y el periférico implica perder mucha calidad habitacional y gran parte de su potencial como laboratorio de investigación, docencia y transferencia, lo que justifica un esfuerzo de expansión del espacio socializado hacia la periferia tratar de reconectar social y ecológicamente a la UAM con el gradiente territorial urbano-rural de Madrid norte.

9 Para preservar y mejorar la integridad de los ecosistemas y la biodiversidad y potenciar los servicios de los ecosistemas del campus, se propone diseñar e implementar soluciones innovadoras basadas en la naturaleza para (1) la renaturalización de sus ajardinamientos y la restauración ecológica de los espacios no urbanizados periféricos; (2) la gestión ambiental basada en la economía circular y la dinamización agroecológica; y (3) la promoción del bienestar y la salud de la comunidad universitaria a través de su participación en los anteriores.

10 Se considera fundamental tejer alianzas estratégicas multinivel con entidades de la administración regional y local y con otras organizaciones del ámbito privado y del tercer sector, a través de procesos abiertos de participación en las acciones propuestas.

1 ¿Por qué hacer una evaluación de los servicios ambientales de los espacios verdes del Campus de Cantoblanco de la UAM?

a. La promoción de la sostenibilidad ambiental en los campus universitarios

Cada vez son más las iniciativas internacionales orientadas a fomentar la sostenibilidad en el ámbito de la educación superior, para servir de espejo, escaparate y laboratorio de soluciones para toda la sociedad, así como formar a los futuros ciudadanos que los van a implementar. En España, la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE), viene trabajando en promocionar la sostenibilidad en las universidades españolas desde hace más de 20 años y en el año 2018 acordó contribuir al desarrollo de la Agenda 2030 de la ONU. En este contexto, las universidades españolas se han comprometido a generar y transferir conocimientos acordes a los objetivos de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y hacer de sus campus, modelos de sostenibilidad.

La **sostenibilidad ambiental** surge de muchos esfuerzos iniciados desde el campo de las ciencias naturales, pero el diseño e implementación de soluciones requiere nuevas conceptualizaciones de vocación transdisciplinar, implicando sinérgicamente a las ciencias de la vida, las ciencias sociales y las humanidades. Para avanzar hacia **universidades más sostenibles** se hace necesario transcender los modelos compartimentados dominantes mediante nuevos marcos de gobernanza centrados en el bienestar y en la **sostenibilidad social y ecológica con una perspectiva holística y global.** Una universidad, como institución de educación superior y excelencia científica y humanista, ha de liderar el abordaje sistémico de los problemas multidimensionales (ambientales, económicos, sociales y de salud) de la sociedad actual. Para ello, es necesario emprender una transición hacia **estilos de vida más sostenibles, solidarios y saludables**, respetando los sistemas de soporte vital del planeta, empezando por la gestión de lo local, los campus e infraestructuras universitarios.

Muchas universidades funcionan como **pequeñas ciudades en sí mismas**, que determinan con la gestión y configuración de sus campus e instalaciones el bienestar de sus estudiantes y trabajadores/as. La satisfacción

y la calidad de vida manifestada por los/as estudiantes y profesores/as es significativamente mayor en aquellas universidades que disponen de espacios verdes y naturalizados en sus campus. Hay una correlación positiva documentada entre la tasa de utilización de los **espacios verdes** de los campus por parte de los estudiantes y sus percepciones de **calidad de vida**, lo cual redunda en la **mejora del rendimiento académico**. Por lo tanto, el fomento en los campus universitarios de los servicios ambientales que suministran estos espacios verdes, será clave para contribuir a crear entornos que faciliten **la reconexión con la naturaleza** a todos los integrantes de la comunidad universitaria, estimulando procesos de cambio proambientales y de transición hacia la sostenibilidad socio-ecológica.

Salud, sostenibilidad y Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en las universidades. Un reto impostergable.

La promoción de la sostenibilidad, y la salud y el bienestar se ha convertido en un compromiso ineludible para las universidades españolas por lo que atesoran una vasta experiencia de acción en estos ámbitos desde hace más de 20 años. En 2015 se aprobó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, cuyo eje son los **17 objetivos de desarrollo sostenible** (ODS). Es uno de los acuerdos globales más ambiciosos llamados a guiar las estrategias y acciones políticas de todos los gobiernos, empresas y organizaciones durante las próximas décadas. Las universidades tendrán un papel fundamental en este reto, para lo que tendrán que cambiar diferentes aspectos de sus sistemas de gobernanza, incluyendo las relaciones de interdependencia de sus espacios verdes y la comunidad universitaria. En concreto, la UAM tiene una enorme oportunidad a través del programa **"Agenda 2030 y los ODS en la UAM"** (ods.uam.es), con la cual la universidad se suma a contribuir a alcanzar los ODS, retomando el trabajo avanzado en estos años. Además, la UAM como referente de sostenibilidad universitaria participa en diferentes grupos de trabajo de la comisión sectorial CRUE-Sostenibilidad (https://www.crue.org/comision-sectorial/sostenibilidad/) y es sede de la Red Española de Desarrollo Sostenible (REDS) (reds-sdsn.es). La Red Española de Universidades Saludables (REUS) apuesta por la creación y promoción de los campus universitarios como entornos estratégicos promotores de la **salud de la comunidad universitaria**, favoreciendo los compromisos hacia la agenda 2030 y la consecución de los ODS.

A través de la enseñanza, las universidades poseen la enorme responsabilidad de formar a las **generaciones futuras** para gestionar los retos sociales, ambientales, económicos y tecnológicos en materia de sostenibilidad. Por lo tanto, la sostenibilidad, la salud y el bienestar son elementos fundamentales en las universidades.

La Nueva Agenda Urbana (NAU) también interpela a las universidades

En 2016, unos meses después de la aprobación de la Agenda 2030, Naciones Unidas aprobó la Nueva Agenda Urbana (NAU), recogiendo el testigo que ya la UE había lanzado para una nueva configuración del urbanismo más sostenible con su Agenda Urbana Europea. En 2019 se aprueba la Nueva Agenda Urbana Española aplicando a nuestro contexto los principios emanados en los anteriores documentos. La NAU propone un itinerario para analizar las diversas y plurales situaciones de los asentamientos urbanos en el mundo y encaminar la transición a la sostenibilidad. Si bien la NAU no es un instrumento normativo, en su propuesta destaca el listado de indicadores cuantitativos y cualitativos de seguimiento y evaluación del proceso de cambio, que visibilizarán el éxito de las respuestas.

Los campus universitarios son asentamientos donde conviven comunidades numerosas y complejas que reproducen a pequeña escala los retos de las grandes ciudades y sus relaciones urbano-rurales. La especial relevancia de las Universidades deriva de su calidad de comunidades de aprendizaje e investigación y su papel de amplificadoras de los cambios a la sociedad. Por eso, en el próximo futuro la universida tiene que afrontar estrategias compartidas de planificación y gestión socioecológica de la vida en el campus, consensuadas entre todos los actores, desde los órganos de gobierno hasta los estudiantes.

La UAM quiere estar en disposición de contribuir a la resolución de los retos de sostenibilidad urbana alineando sus actuaciones hacia el cumplimento de la NAU y la Agenda 2030. Tenemos la oportunidad para mejorar la relación de la universidad con el territorio, tanto del propio campus como de su área de influencia, amplificando sus beneficios al actuar como referentes de modelos sostenibles de urbanismo y gestión del territorio. La Evaluación de los SERvicios ambientales de los espacios verdes del CAMPUS de la Universidad Autónoma de Madrid: SERCAMPUS, pretende facilitar el desarrollo de estrategias y planes para ir estableciendo su hoja de ruta a la sostenibilidad. El campus de Cantoblanco de la UAM, por su gran El campus de Cantoblanco de la UAM, por su gran superficie de espacios verdes y estar rodeado de múltiples espacios singulares, merece espacial atención por su capacidad de suministrar servicios ambientales. Estos servicios, ponen en el centro el bienestar humano y, por lo tanto, la salud, así que la gestión y entendimiento de este flujo de servicios propiciará la vinculación entre los ODS y una comunidad con un enorme potencial transformador de la sociedad.

El campus de Cantoblanco de la UAM, por su gran superficie de espacios verdes y estar rodeado de múltiples **espacios singulares**, merece espacial atención por su capacidad de suministrar servicios ambientales. Estos servicios, ponen en el centro el **bienestar humano** y, por lo tanto, la salud, así que la gestión y entendimiento de este flujo de servicios propiciará la vinculación entre los ODS y una comunidad con un enorme potencial transformador de la sociedad.

b. Servicios ambientales y bienestar humano. Los vínculos entre naturaleza y sociedad

Cada vez más universidades evalúan los servicios ambientales que sus campus generan para vincular sus espacios verdes con el bienestar universitario, aunque, hasta el momento, son pocas las que han abordado sistemáticamente su evaluación. Los servicios ambientales o servicios de los ecosistemas se entienden **como las contribuciones directas e indirectas que los ecosistemas y su biodiversidad hacen a las diferentes componentes del bienestar humano**. Los servicios ambientales se clasifican en tres grandes categorías (Figura 1). Los servicios de abastecimiento son los productos materiales obtenidos directamente de los ecosistemas, como el alimento o el agua. Los servicios de regulación son los que se obtienen de manera indirecta a partir del funcionamiento o procesos biofísicas esenciales de los ecosistemas, como la polinización o la calidad del aire. Por último, los servicios culturales son los beneficios no materiales intangibles que la gente obtiene estando en contacto directo o indirecto con los ecosistemas a través del enriquecimiento espiritual, la identidad cultural o el disfrute estético de los paisajes.

Figura 1. *Los servicios ambientales o de los ecosistemas son los vínculos indisolubles –muchos de ellos invisibles– existentes entre los ecosistemas y la sociedad que contribuyen al bienestar humano. Visualizan desde una aproximación sistémica el rico y variado flujo de beneficios aportados por los ecosistemas, agrupados en tres tipos. Fuente: Revista Ihitza nº 22; 2014.*

Los servicios ambientales contribuyen a la calidad de vida de las personas proporcionando diferentes beneficios sobre las principales dimensiones del bienestar humano; esto es: I) los materiales básicos para una vida buena (acceso a alimentos, agua, abrigo y vivienda), II) la salud (ausencia de enfermedades físicas y psicológicas), III) las buenas relaciones sociales (familiares, amigos y redes humanas que favorecen la cohesión social), IV) la seguridad (ausencia de riesgos, peligros y amenazas), y V) la libertad de acción y elección (acceso a la educación, participación democrática, libertades civiles, derechos humanos, equidad, paridad, etc.).

Los espacios verdes urbanos y periurbanos. La presencia de naturaleza reduce la vulnerabilidad ambiental de las ciudades y los campus universitarios.

Las **ciudades** son tradicionalmente centros de demanda y de consumo actuando como sumideros de recursos naturales no renovables y servicios ambientales, así como generando residuos y contaminación. Actualmente se empiezan a percibir las ciudades y sus **áreas verdes urbanas** como unidades potencialmente suministradoras de servicios ambientales necesarios para asegurar el bienestar de sus ciudadanos.

Los **espacios verdes urbanos**, que conforman una matriz o infraestructura verde, representan hoy en día una herramienta fundamental para el incremento de la resiliencia socioecológica (capacidad de afrontar perturbaciones) en las zonas urbanas, proporcionando una variedad de espacios multifuncionales que contribuyen a fomentar la **cohesión social,** el **disfrute ciudadano** y el **sentimiento de pertenencia** a la comunidad.

Imagen 1. *Los grandes espacios verdes urbanos como el Parque del Buen Retiro de Madrid o espacios verdes más pequeños como los del campus de la UAM son esenciales para promover las diferentes componentes del bienestar humano de los madrileños y de los miembros de la comunidad de la UAM. Fuente: Google.*

2 ¿Por qué en el campus de Cantoblanco de la UAM?

a. El campus de Cantoblanco de la UAM como singularidad territorial

El campus de Cantoblanco de la UAM es uno de los campus universitarios de mayor extensión (219 hectáreas) y con más espacios verdes ajardinados y naturales de toda España. Se ubica en un lugar estratégico del gradiente urbano-rural Madrid-Sierra de Guadarrama, que aún conserva una gran superficie de paisajes multifuncionales agrosilvopastorales en distintas etapas de transición a pesar de haber experimentado una pérdida del uso tradicional. Está rodeado de espacios naturales protegidos bien conservados como el Monte de Valdelatas al sur, el Monte de El Pardo y el Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares al oeste y Soto de Viñuelas al norte (Figura 2), que mantienen muchas características originales de los ecosistemas naturales nativos, cuyo gran interés ecológico se debe tanto a su biodiversidad como a la singularidad de su fauna y flora (Imagen 2).

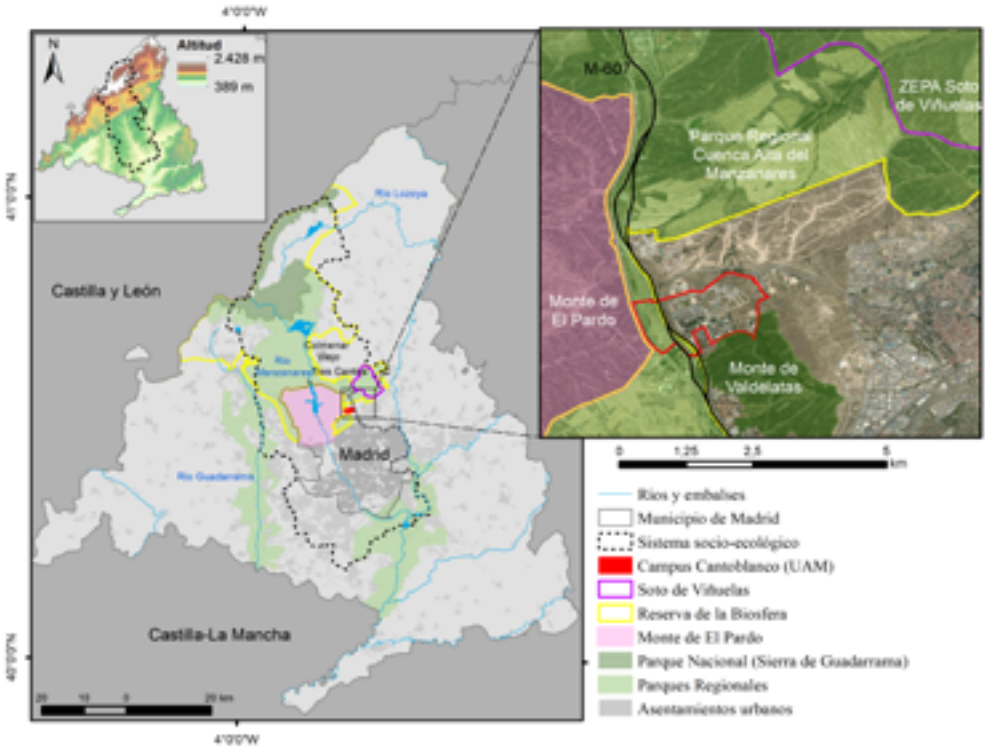


Figura 2. *Ubicación del Campus de la UAM (rojo) dentro de la Comunidad de Madrid. La línea punteada negra delimita el Sistema socioecológico Madrid–Sierra de Guadarrama en el que está integrado el campus; un área que incluye el 65 % de los grandes espacios naturales protegidos de la Comunidad de Madrid. Fuente: Elaboración propia.*

Todas estas características de su encuadre territorial y paisajístico le confieren al campus de la UAM un rol de **pieza fundamental de reconexión territorial** entre los espacios verdes urbanos y periurbanos. La Comisión Europea aprobó en el año 2013 la comunicación **"Infraestructura verde: mejora del capital natural de Europa",** en la que se sientan las bases para el desarrollo de una estrategia de la UE sobre infraestructura verde. A este respecto el **proyecto Arco Verde**, que pretende conectar los parques periurbanos y los tres grandes parques regionales existentes en la comunidad (el Parque Regional del Sureste, el Parque Regional del Curso Medio del Río Guadarrama y su entorno, y el Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares), incluye el territorio del campus dentro de las 2.300 ha de infraestructura verde de la Comunidad de Madrid. El proyecto SERCAMPUS asume en su desarrollo la necesidad de afrontar **esta estrategia desde un punto de vista multifuncional**, promoviendo la sinergia con el proyecto Arco Verde y el Bosque Metropolitano de Madrid, en la generación de múltiples servicios ambientales para el bienestar de la comunidad universitaria. Para ello, la zona del campus que forma parte del parque regional ha sido incluida en el lote 1 de actuaciones del Bosque Metropolitano de Madrid en el programa de custodia del territorio. Para un mayor detalle de las características territoriales del campus se pueden consultar los apartados 1.1.3 y 1.1.4 de SERCAMPUS.

Imagen 2. *Singularidad de los espacios verdes que rodean el campus de Cantoblanco de la UAM. Arriba a la izquierda El Monte de El Pardo, arriba a la derecha El Monte de Valdelatas, abajo a la izquierda, Soto de Viñuelas y abajo a la derecha El Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares. Fuente: Google.*

b. Un campus con una gran superficie y variedad de espacios verdes

El campus de Cantoblanco de la UAM presenta una gran cantidad y variedad de espacios verdes, tanto artificiales, como seminaturales y renaturalizados. Estos espacios están distribuidos de una forma contrastada debido a la **ausencia de un modelo integrado de planificación y gestión de la ciudad universitaria**. Esto explica que el campus central (35% de la superficie del campus) concentre prácticamente todos los espacios ajardinados, con un manejo altamente demandante de riegos. Por otro lado, el **campus periférico** (65% de la superficie del campus) recoge la mayoría de los ecosistemas seminaturales, muy poco vinculados con la actividad social de la universidad (Figura 3).

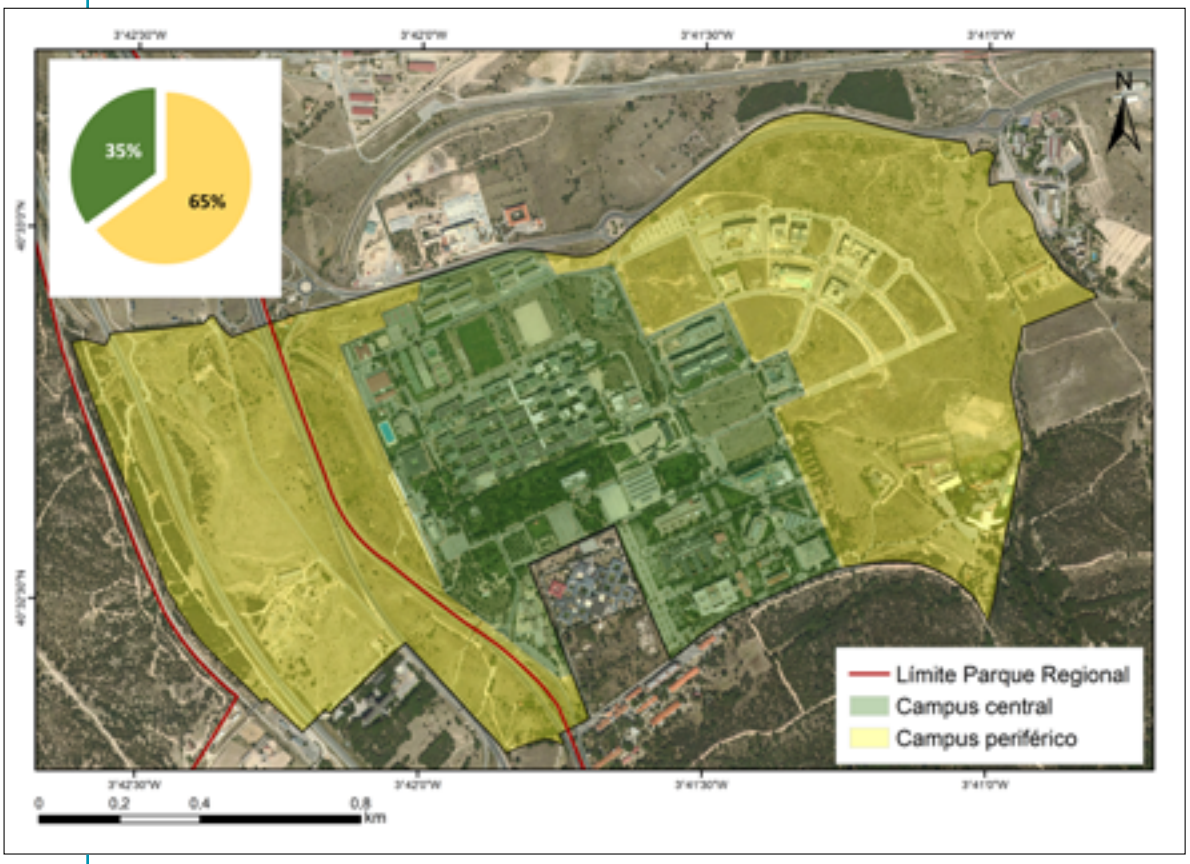


Figura 3. *Fragmentación espacial del Campus de Cantoblanco de la UAM en un Campus central y un Campus periférico en sus extremos. La UAM CENTRAL con edificios e infraestructuras concentra a la mayor parte de la comunidad universitaria y representa el 35 % de la superficie del recinto universitario (78 ha) mientras que la UAM PERIFERICA constituye el 65% de su extensión (141 ha). Fuente: elaboración propia.*

Los espacios centrales del campus, donde se desarrolla principalmente la vida de la comunidad universitaria, se caracterizan por la presencia de paseos arbolados que favorecen el uso peatonal de los espacios, **grandes**

superficies de césped y bosquetes de arbolado de jardín, que dan sombra en los periodos más calurosos (Figura 4). En este sentido, los espacios verdes se consideran **unidades suministradoras de servicios ambientales** más allá de la propia idea de jardín.

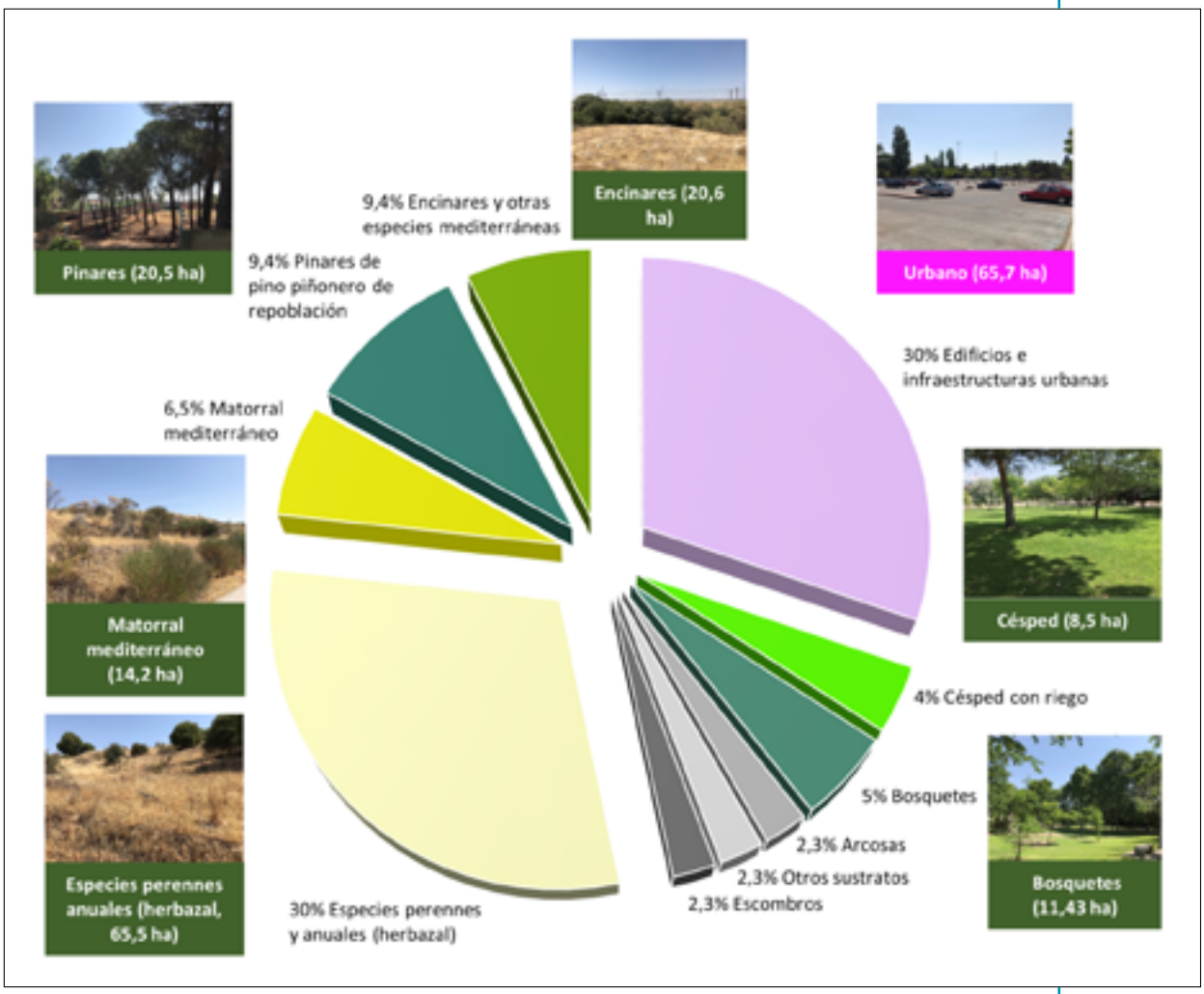


Figura 4. *Distribución de los porcentajes acompañados de imágenes de los usos y coberturas del suelo asociados a los distintos tipos de espacios verdes del campus. Fuente: elaboración propia.*

En la zona periférica se pueden encontrar **masas de encina bien conservadas** en el oeste y una zona que requiere especial atención para su restauración en la zona este, conformada principalmente por **repoblaciones de pino recientes**, pastos embastecidos de **herbáceas anuales** y retazos con árboles y **arbustos mediterráneos** (Imagen 3). En términos generales, existen dos grandes dimensiones en lo que respecta a los espacios verdes del campus, la UAM verde y la UAM urbana tal y como se muestra en la Figura 5.

Imagen 3. *Los espacios verdes del campus de Cantoblanco de la UAM. Arriba imágenes de la zona central con sus zonas ajardinadas (Fuente: Google). Abajo, imágenes de su zona periférica en el este del campus, con ecosistemas seminaturales (Fuente: Santiago Atrio).*

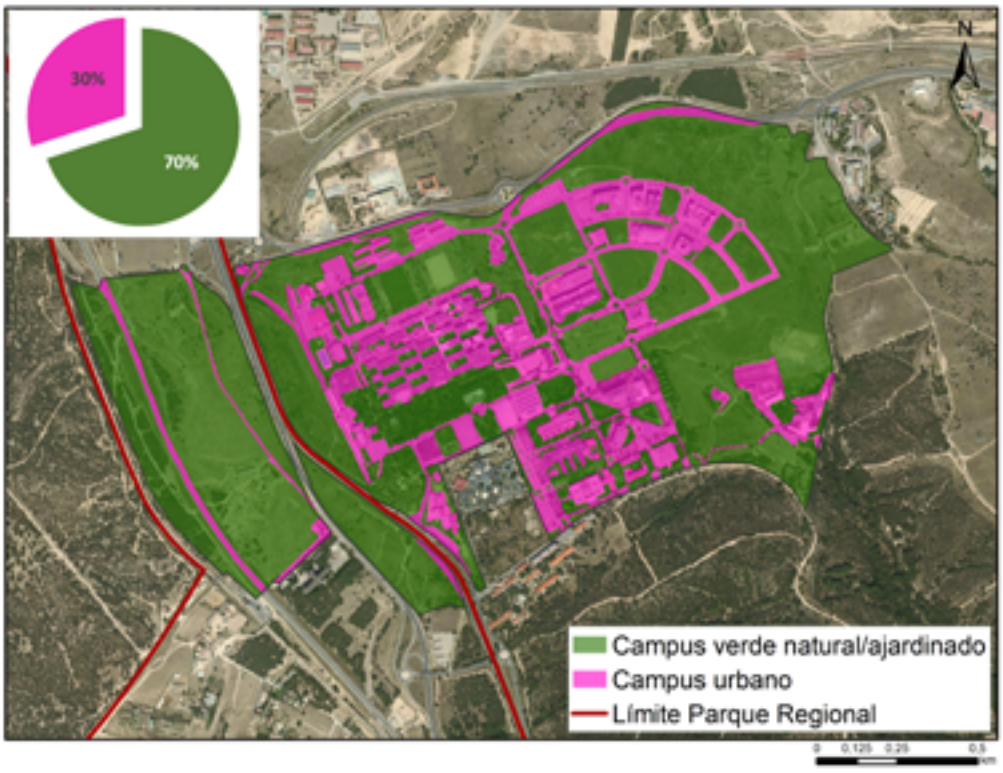


Figura 5. *División artificial del Campus de Cantoblanco de la UAM en un CAMPUS URBANO y un CAMPUS VERDE. El Campus urbano con edificios e infraestructuras fundamentalmente impermeables, representa el 30% (65,7 ha) de su superficie mientras que el Campus verde con espacios verdes ajardinados, seminaturales y renaturalizados con capacidad para suministrar servicios ambientales constituye el 70% de su extensión (153,3 ha). Fuente: elaboración propia.*

3 ¿Cómo contribuyen los espacios verdes del campus de la UAM al bienestar de la comunidad universitaria?

a. La promoción de la sostenibilidad ambiental en los campus universitarios

Los espacios verdes de la UAM suministran un **rico y variado flujo de servicios ambientales**. En este trabajo se han evaluado ocho de ellos, pero sus espacios verdes suministran muchos más servicios (Tabla 1). Los detalles metodológicos de los servicios evaluados, así como los detalles de los resultados se encuentran los capítulos 2 y 3 respectivamente de SERCAMPUS.

Tabla 1. *Servicios ambientales que suministran los espacios verdes de la UAM para el bienestar de su comunidad universitaria. En verde son los medidos en SerCAMPUS.*

ABASTECIMIENTO

- Alimentos
- Agua dulce
- Materias primas
- Origen biológico
- Acervo energético
- Energía renovable

REGULACIÓN

- **Secuestro y almacenamiento de carbono**
- **Recarga de acuíferos**
- **Rendimiento de agua**
- **Regulación de la temperatura local**
- **Purificación del arie y eliminación de contaminantes**
- Retención de nutrientes
- Control de la erosión y mantenimiento de la fertilidad del suelo
- Regulación de perturbaciones hídricas
- Regulación de plagas y enfermedades
- Polinización
- Dispersión de semillas
- Mantenimiento del hábitat de la biodiversidad

CULTURALES

- **Actividades recreativas y de ocio**
- **Educación ambiental**
- **Disfrute estético de los paisaje e inspiración**
- Identidad cultural y sentido de pertenencia
- Disfrute espiritual
- Conocimiento científico

Para evaluar y cartografiar los servicios ambientales en el Campus de la UAM se utilizaron diversas metodologías (Tabla 2). Los **servicios de regulación** se analizaron utilizando modelos contrastados como InVEST, un programa desarrollado por el proyecto Natural Capital en EEUU. También se utilizaron otros modelos alternativos desarrollados por la comunidad científica como el modelo APLIS para la recarga de acuíferos, o mediciones de campo para evaluar las diferencias entre las temperaturas en los diferentes espacios verdes del campus. Además, se utilizaron programas para la medición de otros servicios como la purificación del aire o la eliminación de contaminantes a través del programa i-Tree, desarrollado por la USDA Forest Services.

Tabla 2. *Clasificación de los ocho servicios ambientales de regulación y culturales evaluados en el Campus de Cantoblanco de la UAM con su definición y la metodología empleada para su evaluación.*

SERVICIOS AMBIENTALES EVALUADOS			DEFINICIÓN	METODOLOGÍA
REGULACIÓN	Secuestro y almacenamiento de carbono (toneladas)		Capacidad de captación del carbono atmosférico por parte de la vegetación del campus, incluyéndolo en su biomasa o en el suelo y contribuyendo con ello a la mitigación del cambio climático inducido y al disfrute de un clima favorable.	InVEST
	Recarga de acuíferos (milímetros)		Estimación del porcentaje de agua de lluvia que se infiltra en el campus en base a la capacidad de infiltración de los diferentes elementos que afectan a la recarga de los acuíferos.	APLIS
	Rendimiento de agua (milímetros)		También llamado rendimiento hídrico es la fracción superficial de la precipitación que es redistribuida en función de la vegetación y los usos del suelo del campus manifestando su capacidad para generar agua dulce. La vegetación contribuye de este modo a retener la humedad y regular su escurrimiento.	InVEST
	Regulación de la temperatura local (ºC)		Capacidad de la cubierta vegetal del campus de modificar la temperatura a escala local, atenuando las altas temperaturas del verano y las frías durante el invierno.	Medición directa con dispositivos (dataloggers)
	Purificación del aire y eliminación de contaminantes (toneladas o kilogramos)		Capacidad de la cubierta vegetal del campus de retener partículas contaminantes presentes en el aire.	i-Tree
CULTURALES	Disfrute estético de los paisajes (densidad de puntos)		Apreciación de paisajes y/o especies del campus que por su belleza o atractivo escénico generan satisfacción, placidez o disfrute en las personas.	Maptionn aire
	Actividades recreativas y de ocio (densidad de puntos)		Aptitud que tienen determinados lugares del campus para la realización de actividades de entretenimiento, ocio o recreo al aire libre.	Maptionn aire
	Educación ambiental (densidad de puntos)		Capacidad de facilitar procesos de formación, enseñanza y aprendizaje que tienen determinados lugares del campus, pudiendo contribuir a la sensibilización y concienciación ambiental	Maptionn aire

Para los **servicios culturales** se aplicaron metodologías de cartografía participativa ampliamente utilizadas en la comunidad científica. Se diseñaron encuestas a través de una plataforma interactiva llamada Maption-

naire, que permite la localización de puntos sobre un mapa para localizar diferentes servicios culturales. En las encuestas, se preguntaba a diferentes usuarios del campus sobre su vinculación con los espacios verdes, así como dónde consideraban que se suministraban los tres servicios culturales evaluados.

b. Servicios ambientales de regulación. Los beneficios invisibles de los espacios verdes de la UAM

1. El campus de la UAM y la mitigación del cambio climático inducido. Secuestro y almacenamiento de carbono

El carbono total almacenado por la vegetación del Campus de la UAM fue estimado en **8.092 toneladas**, lo que equivale a las emisiones anuales de más de 5.000 automóviles. Por su parte, el secuestro anual de carbono se estimó en **124 toneladas**, lo que equivale a las emisiones anuales de más de 100 automóviles. La Figura 6 muestra la distribución espacial del secuestro y almacenamiento de carbono. En comparación con los espacios circundantes, el campus de la UAM tiene un amplio margen de mejora en el secuestro y almacenamiento de carbono, por detrás del Monte de El Pardo con una capacidad cuatro veces superior (Figura 7).

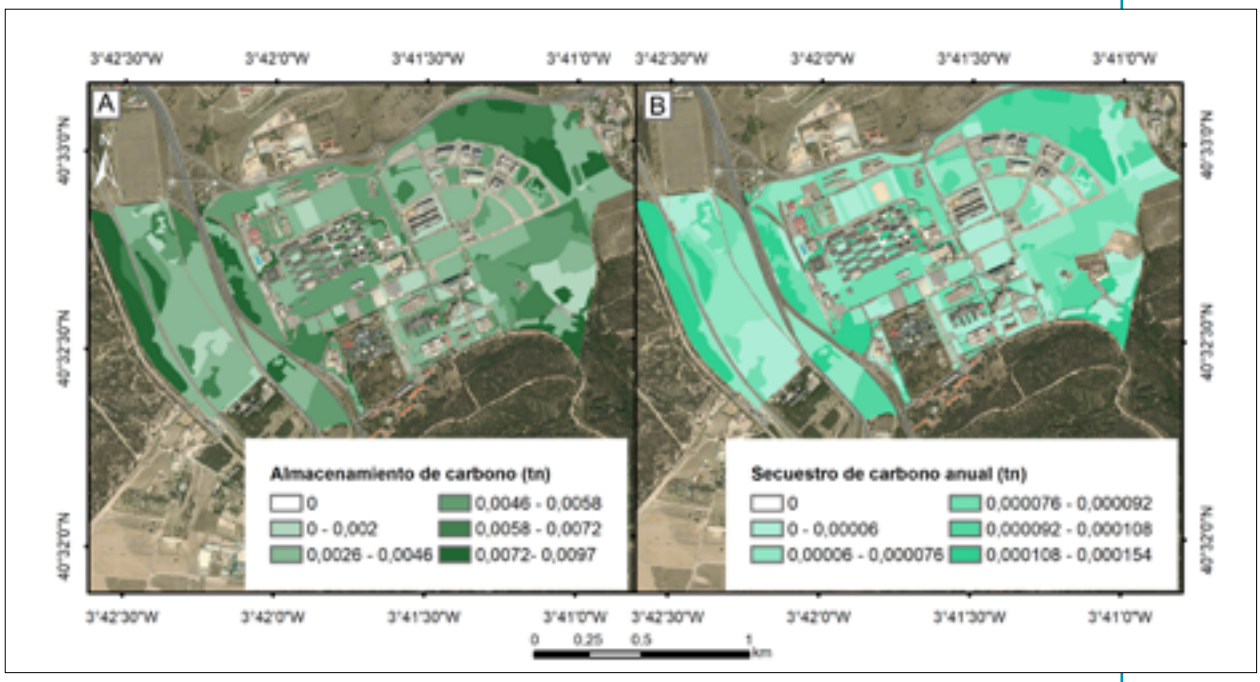


Figura 6. *Cartografía de los resultados de los modelos de almacenamiento de carbono (A) y secuestro anual de carbono (B) expresados en toneladas. Fuente: Elaboración propia.*

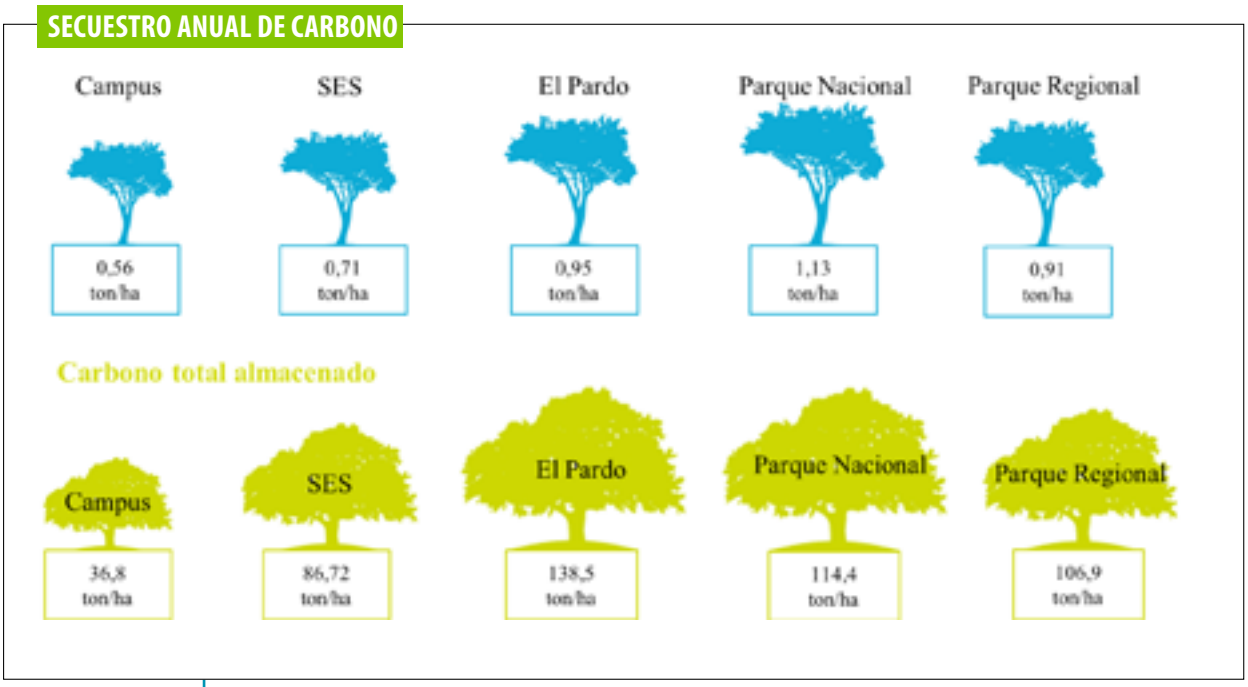


Figura 7. *Comparativa del promedio del secuestro y almacenamiento de carbono por hectárea para el Campus de la UAM en relación a los espacios naturales cercanos. SES hace referencia al Sistema Socioecológico en el que está integrado el campus de Cantoblanco de la UAM (el gradiente urbano-rural Madrid-Sierra de Guadarrama). Fuente: elaboración propia.*

En la actualidad el Campus verde de la UAM contribuye, de una **forma modesta**, a la mitigación del cambio climático inducido a través del secuestro y almacenamiento de carbono que realiza la vegetación de sus espacios verdes (seminaturales, repoblaciones y ajardinados). Si se toma como referencia los elevados valores de este servicio en los espacios naturales bien conservados que lo rodean, se podría promover un proceso de **renaturalización y/o restauración ecológica** para aumentar la superficie de espacios verdes adaptados al entorno geográfico, que incrementaría sensiblemente la capacidad de **mitigación del cambio climático inducido** por el campus verde de la UAM.

2. Un paso para reducir el impacto de la universidad en el cambio. La huella de carbono de la UAM

La **huella de carbono** es un indicador de sostenibilidad ambiental que permite medir el conjunto de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de origen antrópico que son producidas como consecuencia del efecto directo e indirecto del metabolismo de la sociedad. Esta huella, según las metodologías estandarizadas, se mide en tres alcances diferentes (Tabla 3). El **alcance 1** hace referencia al conjunto de **emisiones directas** de fuentes propias o controladas por la organización. El **alcance 2** se refiere al conjunto de **emisiones indirectas** derivadas del consumo de electricidad,

Tabla 3. *Cálculo de emisiones Alcance 1, 2, y 3 según las diferentes dimensiones analizadas. Los métodos y fuentes consultadas para el cálculo de la huella de carbono pueden consultarse en el apartado 3.1.2 de SerCAMPUS.*

ALCANCE 1	Instalaciones fijas		4.859,19 t CO_2 eq
	Desplazamientos en vehículos		9,79 t CO_2 eq
	Refrigeración/ climatización		0 t CO_2 eq
ALCANCE 2	Electicidad		9.098,78 t CO_2 eq
ALCANCE 3	Desplazamientos diarios		28.333,67 toneladas
	Desplazamientos de personal	Tren	1,97 toneladas
		Avión	797,53 toneladas
ALCANCE 1+2			13.967,75 t CO_2 eq
ALCANCE 1+2+3			43.100,95 t CO_2 eq

calefacción y refrigeración. El **alcance 3** se refiere a lo relacionado con las emisiones producidas por los **desplazamientos** en medios de transporte por los miembros de la comunidad universitaria.

Aunque la huella de carbono no ha sido registrada todavía, la UAM es la **única universidad que aparece con datos de emisiones estimados para el alcance 3**. Solamente la Escuela de Ingenieros de Montes (UPM) que sería equivalente a una facultad de la UAM aporta datos en este sentido (Tabla 4). La huella de carbono es un excelente indicador para poder establecer el nivel de **impacto que una universidad** genera debido sus actividades de consumos energéticos y sus principales desplazamientos en medios de transporte.

Sin duda, donde es más necesario aplicar políticas de gestión para la disminución de las emisiones es en el ámbito del alcance 3. Pues el **transporte representa cerca del 80% del total de emisiones** que se han calculado para la UAM. Sin embargo, los resultados obtenidos en el cálculo de la huella de carbono, solamente en el alcance 1 y 2, son **112 veces superiores a la capacidad de secuestro anual** de carbono del campus de Cantoblanco. Esta comparación de resultados pone de manifiesto la importancia de **gestionar de manera conjunta** la cantidad de CO_2 que secuestra el campus (renaturalización y restauración ecológica) y la cantidad de CO_2 que se emite con las diferentes actividades en el campus.

Tabla 4. *Estimaciones de huellas de carbono por alumno y año de distintas universidades españolas. Los métodos y fuentes consultadas para el cálculo de la huella de carbono pueden consultarse en el apartado 3.1.2 de SerCAMPUS.*

UNIVERSIDAD	AÑO	SELLO	ALCANCE	EMISIONES TOTALES (TON CO_2)	NÚMERO ALUMNOS	CO_2/ ALUMNO
Universidad de Cantabria	2014	CÁLCULO	1+2	4.725	12.909	0,366
	2015	CÁLCULO	1+2	5.859	12.654	0,463
	2016	CÁLCULO	1+2	4.690	12.342	0,380
Universidad Miguel Hernández de Elche	2013	CÁLCULO	1+2	8.165	14.926	0,547
	2015	CÁLCULO	1+2	9.160	15.215	0,602
Universidad Politécnica de Cartagena	2015	CÁLCULO	1+2	1.686	5.773	0,292
	2016	CÁLCULO	1+2	385	5.499	0,070
Universidad Politécnica de Madrid	2013	CÁLCULO	1+2	15.447	40.437	0,382
	2014	CÁLCULO	1+2	15.108	48.769	0,310
	2015	CÁLCULO	1+2	19.185	48.279	0,397
	2016	CÁLCULO Y REDUZCO	1+2+3	14.301	48.670	0,294
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Forestales y del Medio Ambiente Natural de la Universidad Politécnica de Madrid	2011	CÁLCULO	1+2	820	1.579	0,519
	2012	CÁLCULO	1+2	869	1.671	0,520
	2013	CÁLCULO	1+2	4.263	1.712	2,490
	2014	CÁLCULO Y REDUZCO	1+2+2	625	1.578	0,396
Fundación Universidad San Jorge	2012	CÁLCULO	1+2	830	1.080	0,768
	2013	CÁLCULO	1+2	556	1.168	0,476
	2114	CÁLCULO	1+2	467	1.212	0,385
	2015	CÁLCULO Y REDUZCO	1+2+3	634	1.226	0,517
	2016	CÁLCULO	1+2	601	1.226	0,490
Universidad de Vigo	2015	CÁLCULO	1+2	6.831	18.818	0,363
Universidad de Zaragoza	2016	CÁLCULO	1+2	14.266	31.422	0,454
Universidad Politécnica de Valencia	2014	CÁLCULO	1+2	18.043	44.440	0,406
	2015	CÁLCULO	1+2	19.154	46.377	0,413
	2016	CÁLCULO	1+2	18.513	40.957	0,452
	2017	CÁLCULO	1+2	17.877	40.629	0,440
Universidad Autónoma de Madrid	2018	CÁLCULO	1+2	13.958	34.286	0,407
			1+2+3	43.101	34.286	1,257

3. La infiltración del agua en el Campus de la UAM. Recarga de acuíferos

El agua total infiltrada en el Campus de la UAM se ha estimado en **0,003 hm^3 al año**, lo que equivale a 1/50 del consumo anual de una vivienda promedio en España (Figura 8). La recarga de acuíferos en el campus con respecto a otros ecosistemas del entorno es relativamente baja (menos de la mitad comparado con el Monte de El Pardo) por lo que hay un amplio margen de mejora para incrementar el suministro de este servicio (Figura 9).

El Campus de la UAM contribuye a la recarga del **acuífero terciario detrítico de Madrid** al estar situado, en gran parte, en sus zonas de recarga. En la medida en la que el suelo del campus tienda a urbanizarse se correrá el riesgo de disminuir este servicio. Por lo tanto, es fundamental enfocar los nuevos desarrollos urbanos del campus teniendo en cuenta este criterio de mejora de la recarga de acuíferos, promoviendo **estructuras que favorezcan la infiltración**, así como favorecer procesos de renaturalización y restauración ecológica de suelos y vegetación mucho menos demandante de agua que eviten la escorrentía.

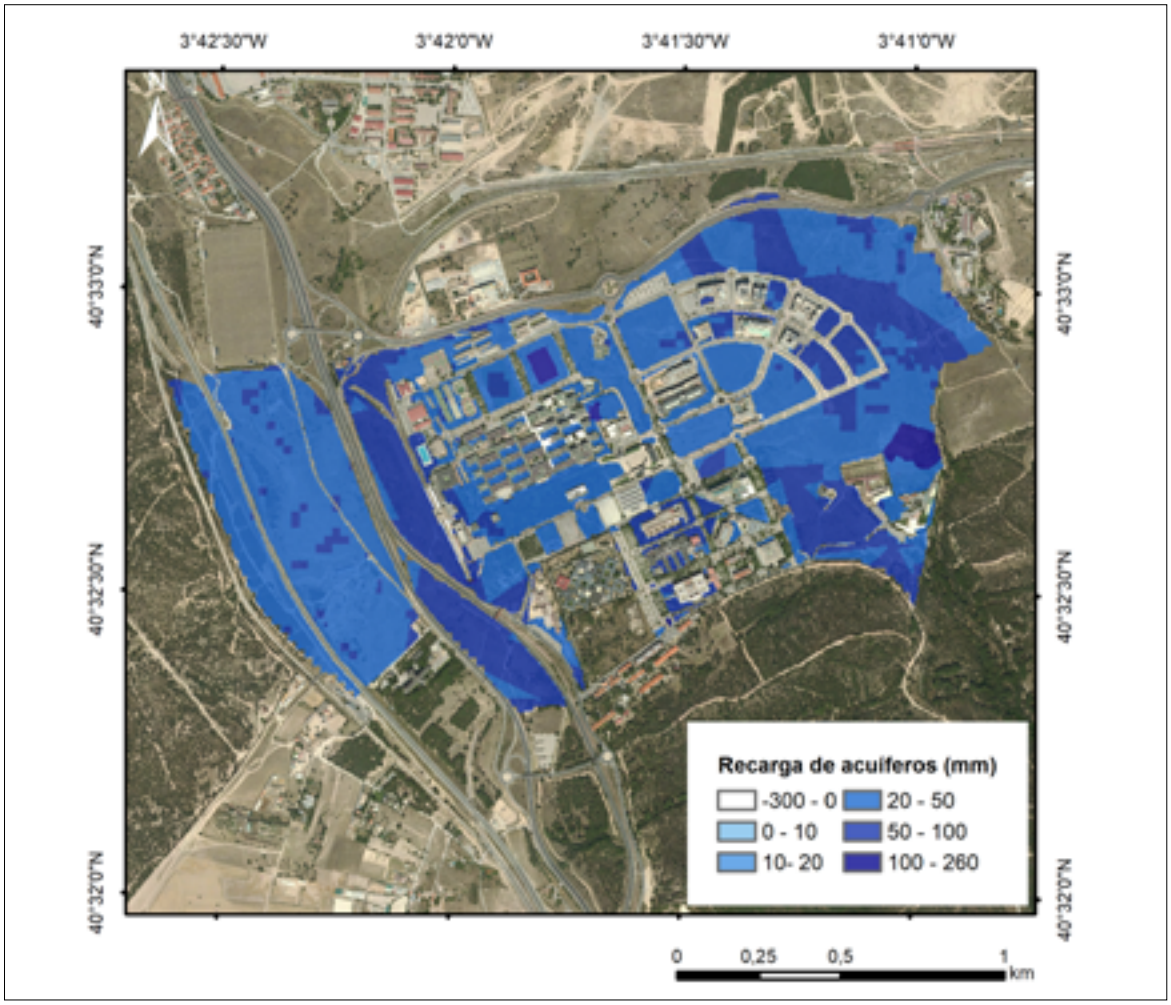


Figura 8. *Resultados del modelo de recarga de acuíferos (APLIS). El mapa representa el agua procedente de la precipitación que se infiltra en el sustrato del recinto universitario. Fuente: Elaboración propia.*

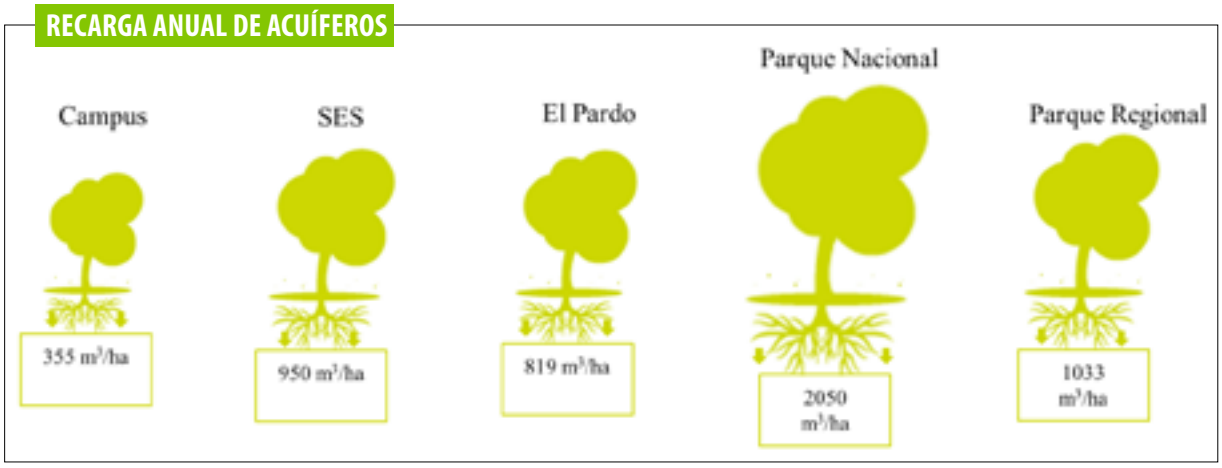


Figura 9. *Comparativa del promedio de recarga de acuíferos por hectárea con respecto a los ecosistemas del entorno. SES hace referencia al Sistema Socioecológico en el que está integrado el campus de Cantoblanco de la UAM (el gradiente urbano-rural Madrid-Sierra de Guadarrama). Fuente: Elaboración propia.*

4. La generación de agua dulce en el Campus de la UAM. Rendimiento de agua

El agua total de lluvias que es interceptada por el Campus de la UAM y redistribuida en función de la vegetación y los usos del suelo del campus ha sido estimada en **0,85 hm3 al año**. La distribución espacial del rendimiento de agua en el campus se muestra en la Figura 10. En comparación con otros ecosistemas el campus suministra una buena cantidad de agua (Figura 11) pero pueden desarrollarse estrategias referidas a las infraestructuras urbanas para aprovechar mejor este servicio muy ligado a la precipitación, así como un proceso de separación de las aguas grises y las de precipitación y su reencauzamiento hacia los arroyos naturales, evitando que entren en la depuradora y afluyan a un solo punto de vertido. También la restauración ecológica de los cauces se vería favorecida por la recuperación de estos caudales pluviales.

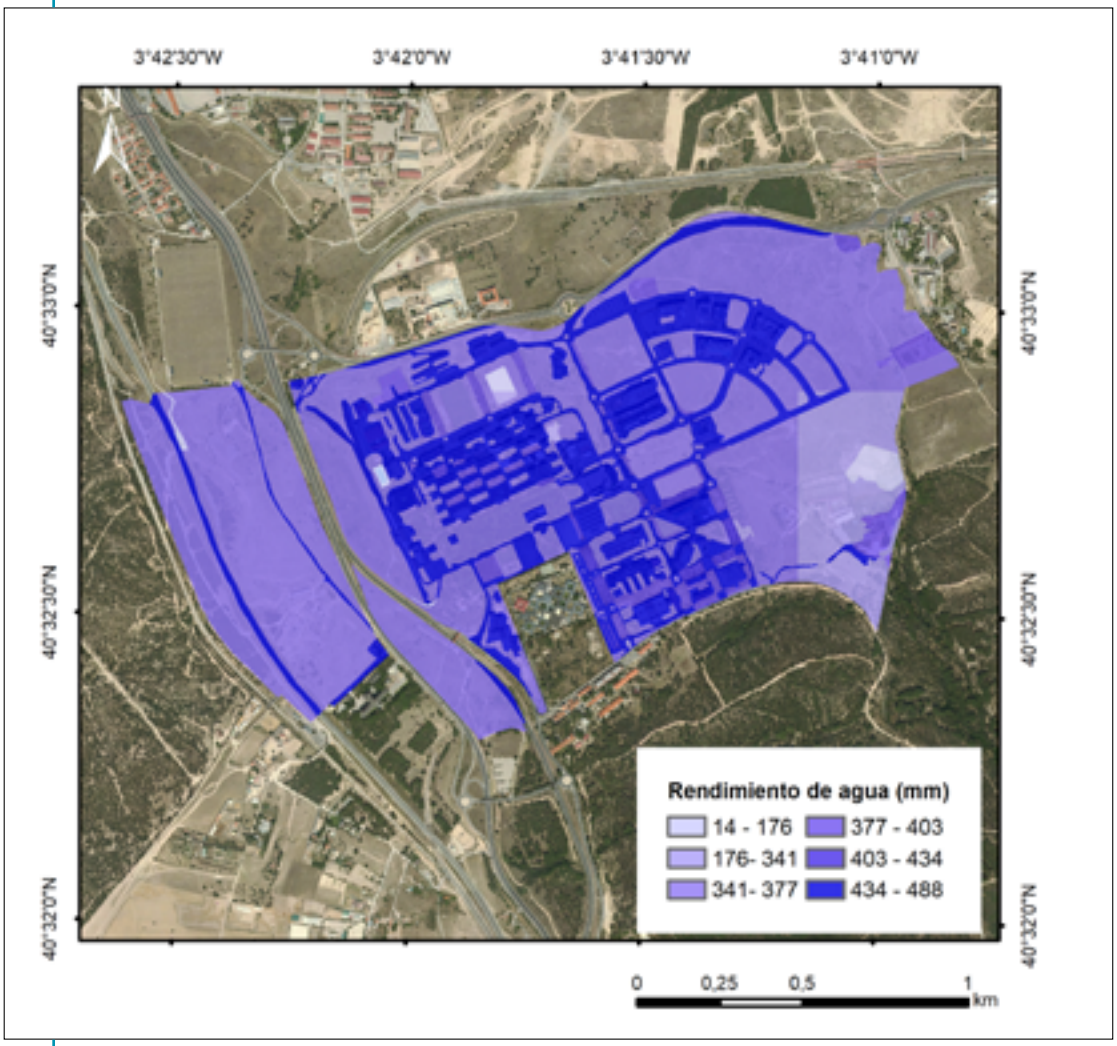


Figura 10. *Resultados del modelo de rendimiento de agua (escorrentía) (InVEST). El mapa muestra el total de agua de lluvia (en milímetros) que anualmente termina escurriendo en el Campus de la UAM, tras los efectos producidos en sus espacios verdes por el consumo y la retención de agua. Fuente: Elaboración propia.*

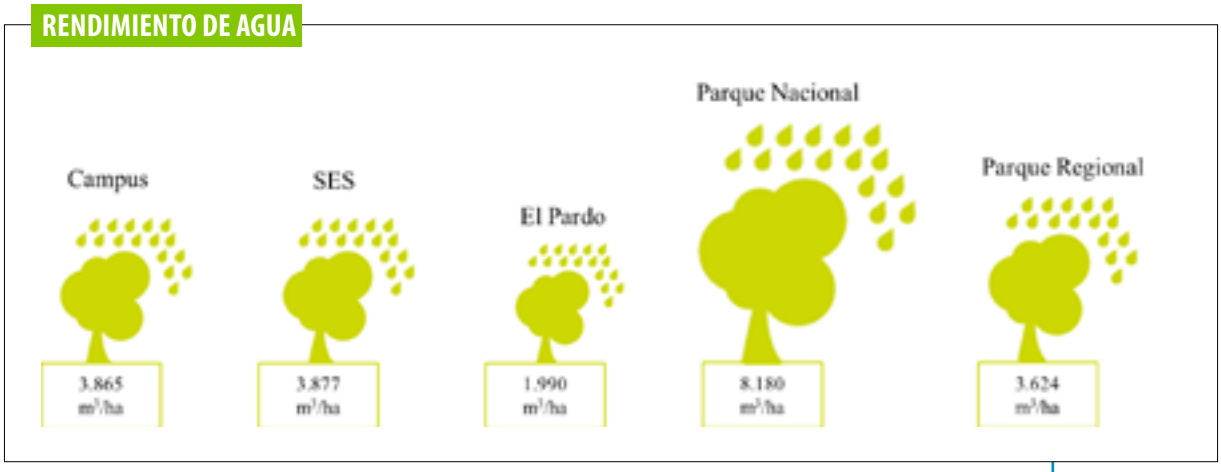


Figura 11. *Comparativa del promedio de rendimiento de agua por hectárea con respecto a los ecosistemas del entorno. SES hace referencia al Sistema Socioecológico en el que está integrado el campus de Cantoblanco de la UAM (el gradiente urbano-rural Madrid-Sierra de Guadarrama). Fuente: Elaboración propia.*

5. ¿Cuánta agua gastamos? La huella hídrica del campus de Cantoblanco de la UAM

La **huella hídrica**, al igual que sucedía con la huella de carbono, es un indicador de sostenibilidad ambiental que suele utilizarse para conocer el uso directo e indirecto de agua que realiza un consumidor o productor (Figura 12). En este sentido, la **huella azul**, se entiende como los recursos hídricos dulces que hacen falta para fabricar un producto o prestar un servicio. La **huella verde**, se entiende como aquella agua proveniente de las precipitaciones, teniendo en cuenta el volumen de agua evaporada y transpirada. Finalmente, la **huella gris**, se refiere al agua que se contamina como resultado de los procesos y actividades.

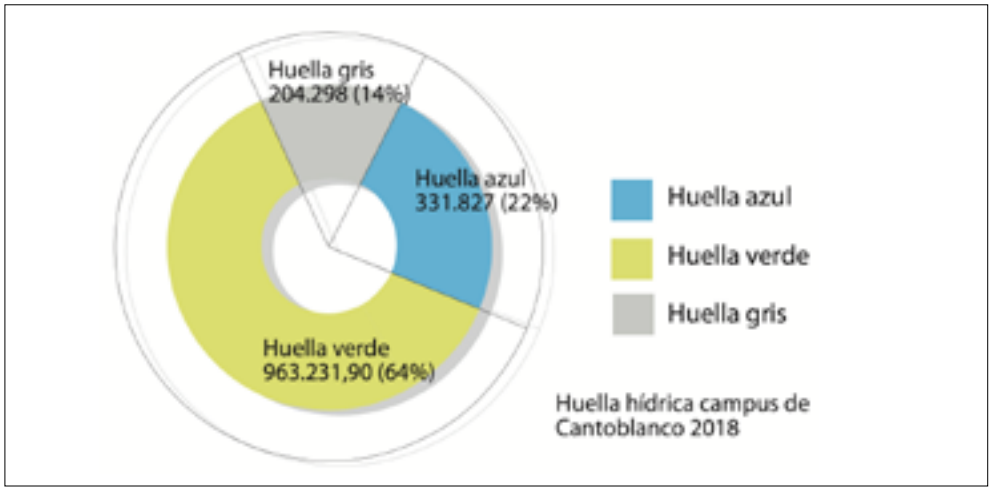


Figura 12. *Importancia relativa de cada uno de los componentes de la huella hídrica directa del campus de Cantoblanco. Fuente: Elaboración propia.*

Atendiendo a la huella hídrica, son necesarias **estrategias de aprovechamiento del agua más eficientes**, por ejemplo, captando el agua de lluvia de los tejados para su uso en actividades de la propia universidad. Además, es necesario un sistema de **contabilidad del uso de agua más preciso**, que permita desarrollar estrategias más detalladas sobre cómo se usa el agua en el campus, por ejemplo, en el riego de jardines.

6. Espacios verdes para el confort térmico de la comunidad universitaria. La regulación microclimática de los espacios verdes de la UAM.

La contribución de los espacios verdes ajardinados regados del campus central de la UAM a la **regulación de la temperatura local** es muy notable. Las zonas ajardinadas presentan microclimas con temperaturas suavizadas gracias a los bosquetes y al efecto artificial del riego (Figura 13).

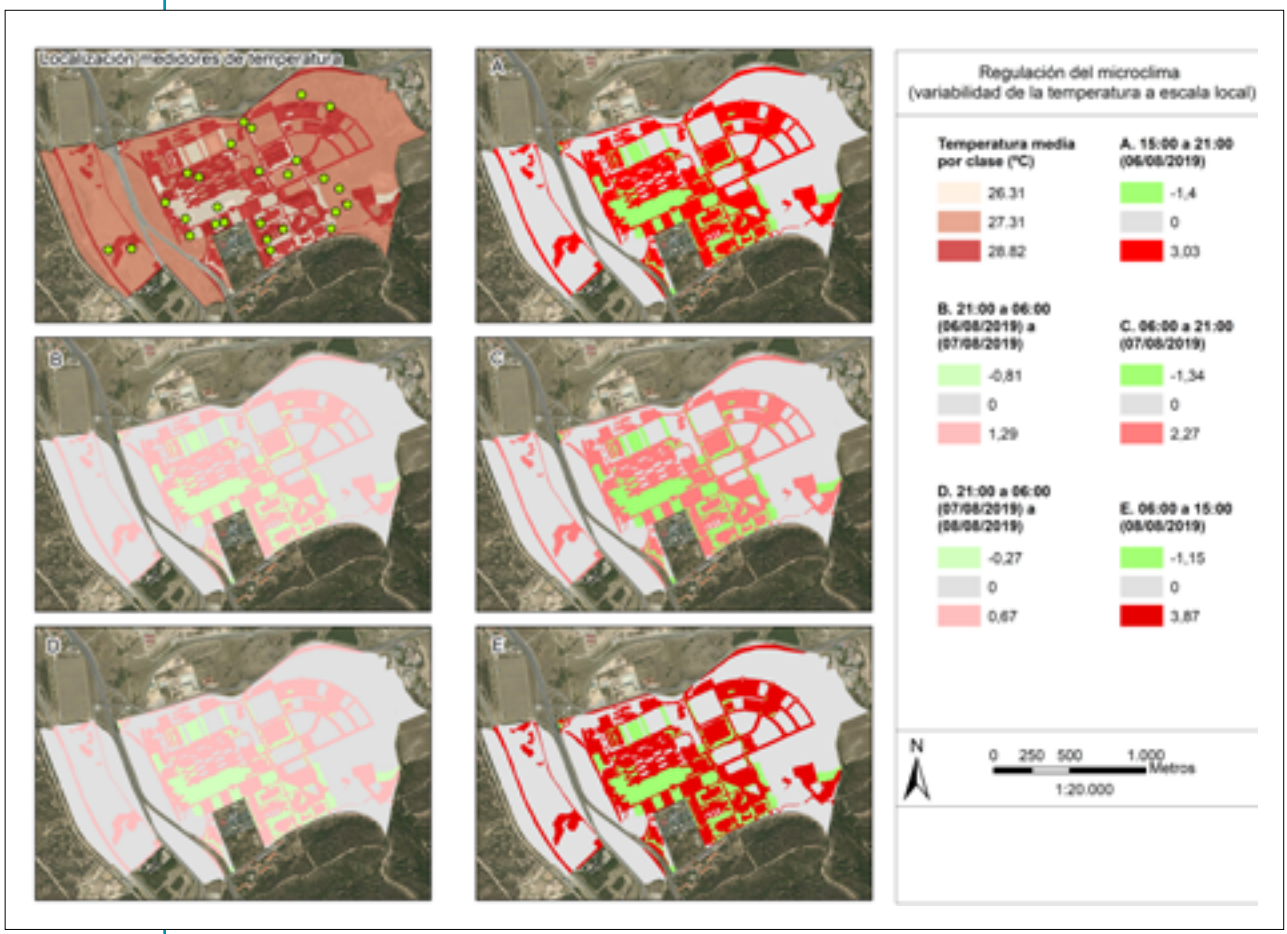


Figura 13. *Resultados del análisis del efecto de las coberturas vegetales o espacios verdes sobre la temperatura a nivel local. La temperatura media por clase muestra el promedio por cada clase del nivel 1 de usos y coberturas del suelo. Fuente: Elaboración propia.*

Sin embargo, estas temperaturas solo son de media 1ºC más bajas que las zonas con vegetación seminatural y mantenerlas implica un alto coste hídrico y económico. Las zonas urbanas y asfaltadas presentan valores de media 2,5ºC superiores a las zonas regadas y 1,5ºC superiores con respecto a las zonas seminaturales. Estas condiciones microclimáticas hacen que el campus verde cubierto de bosquetes durante el verano (5% de campus) y el césped con riego (4% del campus) en días soleados de invierno se convierta en un espacio prioritario para desarrollar diferentes tipos de actividades de ocio y docentes al aire libre (Figura 14). Queda un espacio de debate sobre la necesidad de mantener parcelas de césped altamente demandantes de agua en verano, cuando no hay apenas actividad docente ni es posible desarrollar otro tipo de actividades al aire libre por el calor. La alternativa sería cambiar las especies hacia pastizales mediterráneos que se agostan en verano, pero vuelven a reverdecer con facilidad una vez se les aplican riegos.

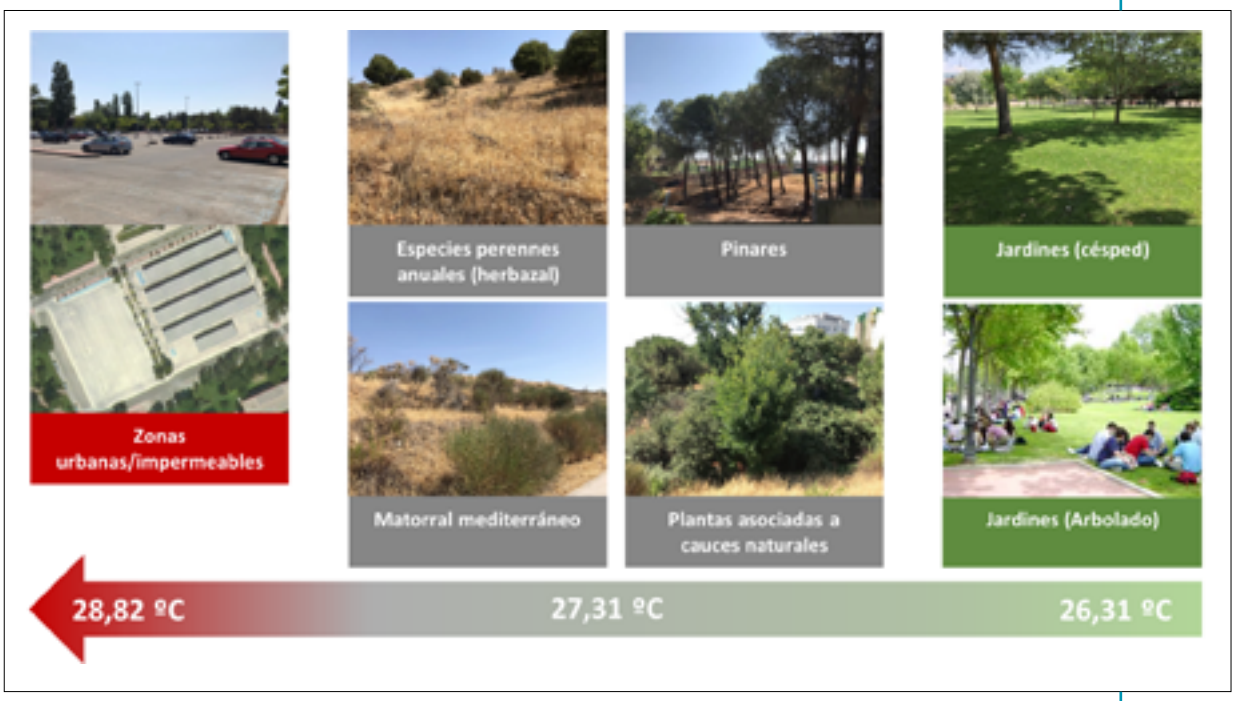


Figura 14. *Se muestra los efectos microclimáticos de los espacios verdes del Campus de la UAM comparando las diferencias de temperatura entre diferentes coberturas del suelo. Fuente: Elaboración propia.*

7. Respirando el aire puro de la UAM. Purificación del aire y eliminación de contaminantes.

La remoción de contaminantes realizada por el arbolado del Campus de la UAM ha sido estimada en **2.404 toneladas al año**, lo que equivale a las emisiones anuales de más de 2.000 automóviles (Figura 15). El pino piñonero (*Pinus pinea*) es la especie arbórea más importante en el Campus de la UAM para este servicio, debido a los 18.000 pies que existen

en el área de estudio (Figura 16). Otras especies frecuentes en el campus que contribuyen a la eliminación de contaminantes con su área foliar han sido el plátano de sombra (*Platanus hybrida*), la falsa acacia (*Robinia pseudoacacia*) y la morera (*Morus alba*). Por tanto, los espacios verdes forestales ajardinados y renaturalizados del campus central y periférico de la UAM contribuyen notablemente a la reducción de contaminantes en el aire y a

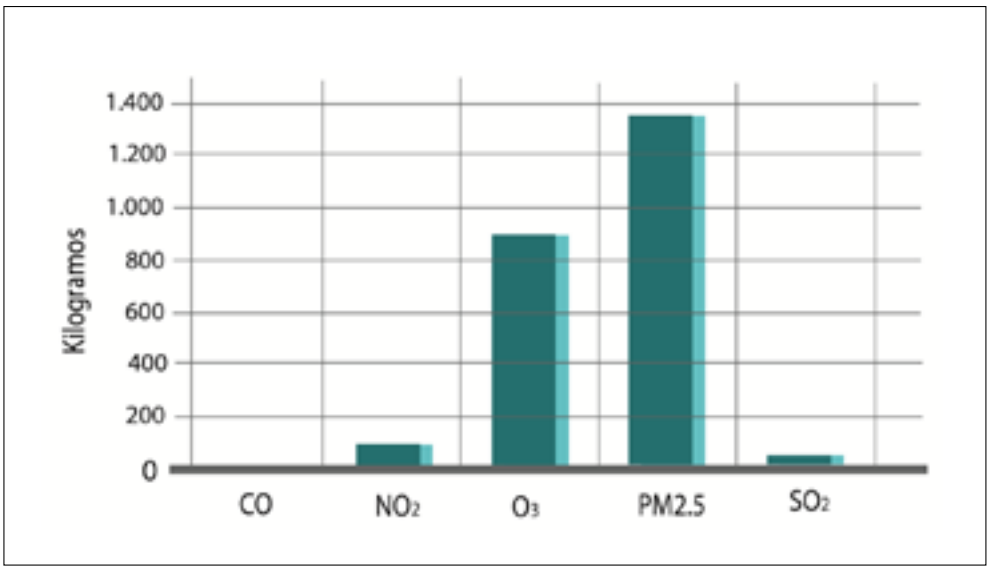


Figura 15. *Eliminación anual de contaminantes llevada a cabo por el área foliar del arbolado del Campus de la UAM. Cada columna representa el total de la sustancia removida en kilogramos en base a los datos de medición de la estación más próxima. Fuente: Elaboración propia.*

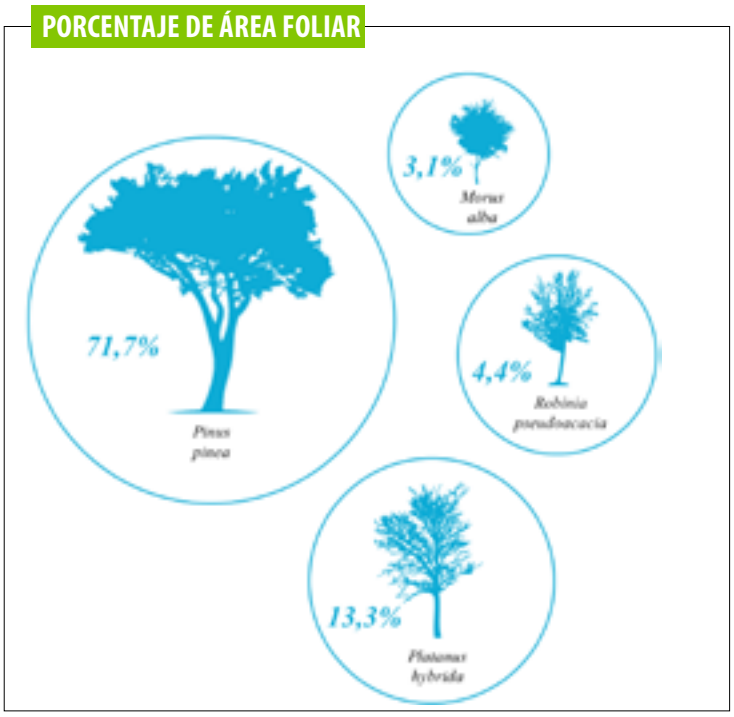


Figura 16. *Porcentaje de área foliar por especie en el arbolado del Campus de la UAM que refleja su capacidad de eliminar contaminantes del aire. Fuente: Elaboración propia.*

la producción de oxígeno. La buena gestión de los espacios verdes forestales especialmente los pinares renaturalizados del campus periférico del este y los encinares carrascales del oeste pueden incrementar este servicio, al mismo tiempo que aumentan otros si se seleccionan especies adecuadas y adaptadas al clima y el suelo. Se hace notar que algunas especies que pueden contribuir a este servicio no son autóctonas y pueden adoptar comportamiento invasor (como la Robinia o el Ailanto) y otras son altamente demandantes de agua de riego (como el Plátano).

8. Las sinergias entre los servicios de regulación promueven un modelo de administración integrado del Campus de la UAM.

Existen **importantes sinergias** entre los diferentes servicios ambientales en el campus (Figura 17). Desde el análisis de los servicios ambientales se habla de sinergias cuando **un grupo de servicios aparece reiteradamente asociado en el espacio y/o en el tiempo**, incrementando su capacidad de generar beneficios para la sociedad. Estas sinergias entre servicios ponen de manifiesto la importancia de promover una gestión integral de todos ellos y no de una forma individual, impulsando actuaciones que incrementen el suministro de varios servicios, al mismo tiempo que se reduce la demanda de otros. Se trata de gestionar conjuntamente los servicios ambientales de regulación evaluados, con el objetivo de **potenciar la administración de las sinergias** entre ellos como estrategia clave para conseguir un campus socioecológicamente sostenible que **respete los límites biofísicos** de sus ecosistemas y mantenga su capacidad de generar servicios para toda la comunidad universitaria.

Figura 17. *Representación gráfica de las sinergias positivas que se establecen entre los servicios ambientales de regulación evaluados. Fuente: Elaboración propia.*

Si bien promover las sinergias entre servicios ambientales dentro del campus es fundamental para la comunidad universitaria, el Campus de la UAM tiene en sus inmediaciones importantes espacios naturales, por lo que será necesaria una planificación más allá de los límites administrativos, que favorezca las sinergias de servicios en relación a los servicios suministrados en los diferentes espacios que rodean el campus (Figura 18). Para ello, es necesario tener en cuenta qué tipo de ecosistemas conforman estos espacios y coordinar las actuaciones dentro del campus para que estén en armonía con las dinámicas ecológicas de su entorno, por ejemplo, adaptando las estrategias de gestión de fauna y flora a la presencia de especies en esos espacios.

Figura 18. *El Suministro de los servicios de regulación debe evaluarse a diferentes escalas espaciales. En este caso en el contexto de los espacios naturales protegidos que rodean el Campus de la UAM. El círculo naranja muestra el área donde los servicios de regulación pueden ser potenciados, a escala local, para incrementar la conectividad ecológica y socioecológica entre los espacios naturales protegidos de su entorno. Fuente: Elaboración propia.*

c. Servicios ambientales culturales. Los beneficios inmateriales de los espacios verdes de la UAM

1. El perfil de los miembros de la comunidad universitaria de la UAM

Incorporar la **dimensión sociocultural de los servicios ambientales** del campus a través de técnicas de cartografía participativa se considera una herramienta fundamental para construir nuevas políticas de gestión integrada del campus urbano y verde de la UAM que incluyan la percepción de la comunidad universitaria.

La evaluación de los servicios culturales se llevó a cabo a través de la realización de un cuestionario online basado en la cartografía participativa. Tras un mes abierto al público, se lograron recopilar **2.126 cuestionarios completos, de los cuales 1.269 eran estudiantes, 456 personal docente e investigador, 287 personal administrativo, 87 personal técnico e investigador del CSIC y 27 trabajadores externos** (de un total de 30.465 estudiantes, 2.573 de personal docente investigador y 1.121 personal de administración y servicios). En la Figura 19 se resumen las características básicas de los encuestados. El perfil más característico del encuestado tipo como miembro de la comunidad universitaria de la UAM sería estudiante mujer procedente del municipio de Madrid, de menos de 30 años, que lle-

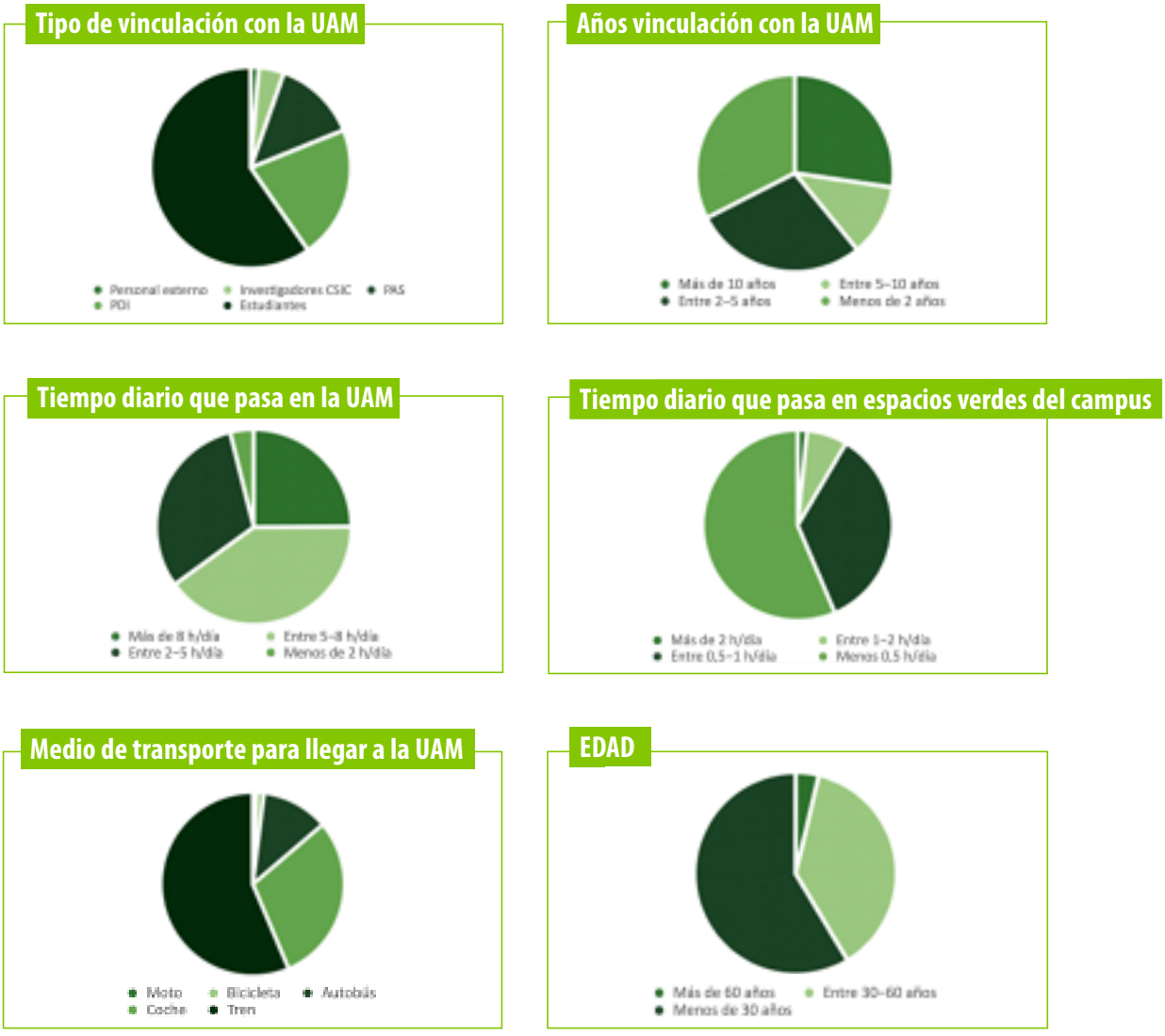


Figura 19. *Estadísticas descriptivas de los encuestados durante el estudio que podrían definir el perfil característico del individuo más representativo de la comunidad universitaria del campus de Cantoblanco de la UAM. Fuente: Elaboración propia.*

va alrededor de dos años estudiando en la universidad, que pasa entre 5 y 8 horas al día en edificios del campus y menos de una hora en sus espacios verdes y que usa el tren de cercanías para llegar a la universidad.

2. Dónde disfrutan los miembros de la comunidad universitaria los beneficios de los espacios verdes de la UAM. Patrones espaciales de los servicios culturales evaluados.

El número total de lugares señalados en el mapa por todas las personas que participaron en el cuestionario fue, para los tres servicios culturales evaluados, de **4.868 puntos**: 1.810 puntos para el disfrute estético de los paisajes, 1.828 para las actividades recreativas y de ocio, y 1.230 para la educación ambiental (Figura 20). Estos puntos se distribuían en el mapa del campus tal y como muestra la Figura 21. Todos los detalles de los resultados de los servicios culturales suministrados por el campus y los resultados de las encuestas se presentan en mayor detalle en el apartado 3.2 de SERCAMPUS.

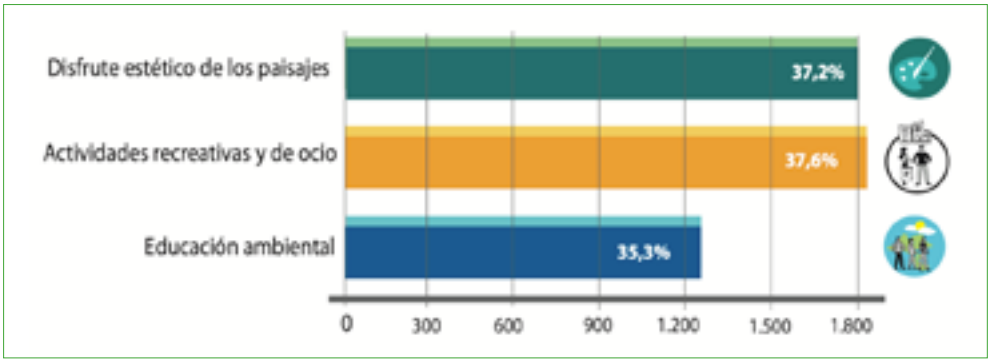


Figura 20. *Número total de puntos señalados por los encuestados dentro del mapa del Campus de la UAM en función del tipo de servicio cultural evaluado. Fuente: Elaboración propia.*

Los tres servicios culturales cartografiados mostraron **distribuciones espaciales bastante similares**, concentrándose en los espacios verdes ajardinados del campus central (Figura 21), mostrando importantes **sinergias entre ellos**. Los lugares más identificados por los usuarios por su valor estético y paisajístico fueron también los más elegidos para la educación ambiental y desarrollar actividades de ocio al aire libre. Reconocer y trabajar sobre estos ***hotspots* de servicios ambientales culturales**, al igual que sobre los de regulación y las sinergias entre ambos, resulta de gran utilidad para identificar áreas prioritarias de actuación y diseñar acciones estratégicas de gestión que ayuden a la universidad a avanzar hacia un campus más saludable, sostenible y resiliente.

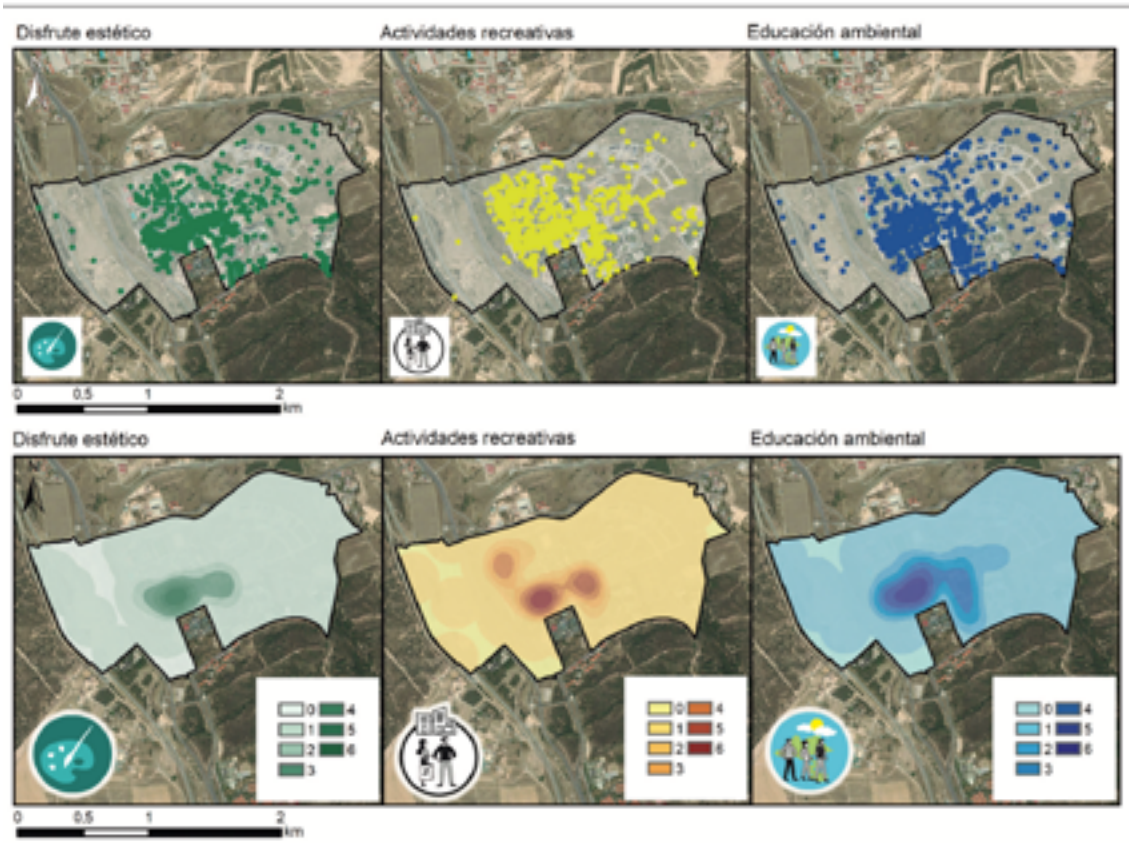


Figura 21. *Lugares señalados por los encuestados (arriba) y distribución espacial de los hotspots (abajo) de los tres servicios culturales evaluados. Fuente: Elaboración propia.*

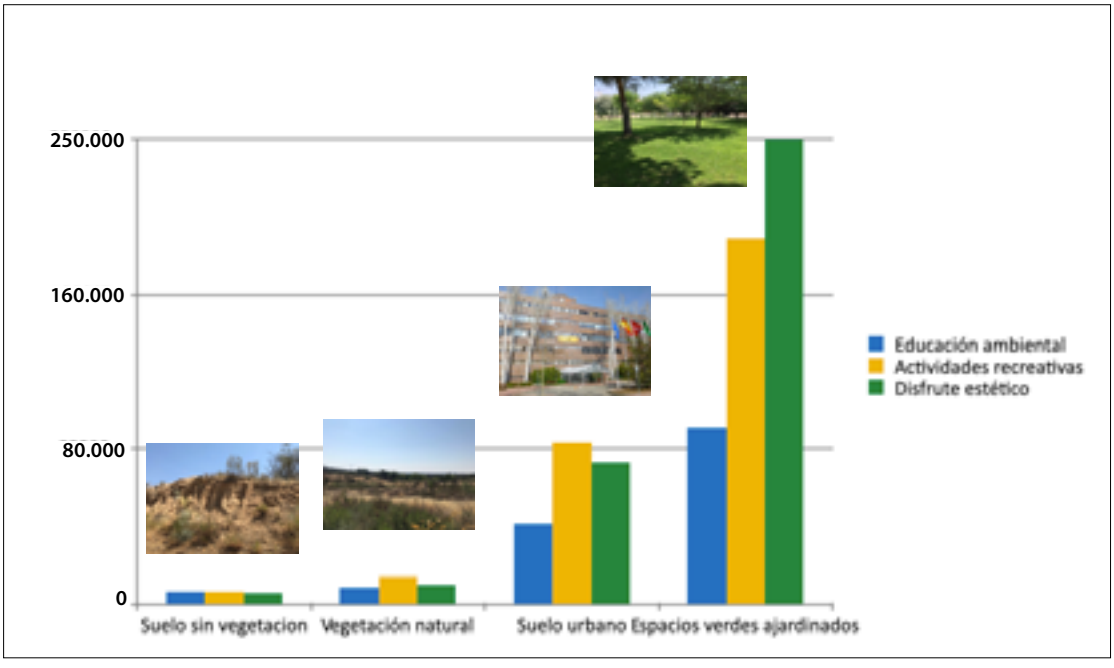


Figura 22. *Diferencias, para los tres servicios culturales evaluados, de las predilecciones mostradas por los encuestado entre los distintos tipos de espacios verdes del Campus de la UAM. Las unidades muestran el sumatorio total de los valores obtenidos en la interpolación espacial (Kernel) mostrado en la Figura 21. Fuente: Elaboración propia.*

Los **espacios verdes ajardinados**, con césped de riego, matorral de jardín y bosquetes, obtuvieron valores muy superiores al resto de espacios verdes no ajardinados del campus periférico a pesar de que ocupan el mayor porcentaje del recinto universitario (Figura 22).

3. No todos los miembros de la comunidad universitaria perciben y valoran de igual manera los servicios culturales del campus

Todos aquellos encuestados que manifestaron pasar **poco tiempo al día en contacto directo con los espacios verdes** del Campus de la UAM tendieron a valorar más bajo las contribuciones estéticas, recreativas y educativas que estos espacios realizan sobre su bienestar (Figuras 23 y 24). La valoración del disfrute estético de los paisajes mostró diferencias significativas referidas a la vinculación de los encuestados con la universidad. Fueron los trabajadores externos los que más altamente valoraron la contribución que este servicio tiene sobre el bienestar, sin embargo, representan una parte muy pequeña de las encuestas siendo 27 los encuestados (Figura 23). Este fenómeno manifiesta el efecto atractor de los espacios verdes del campus hacia personas externas a su actividad cotidiana.

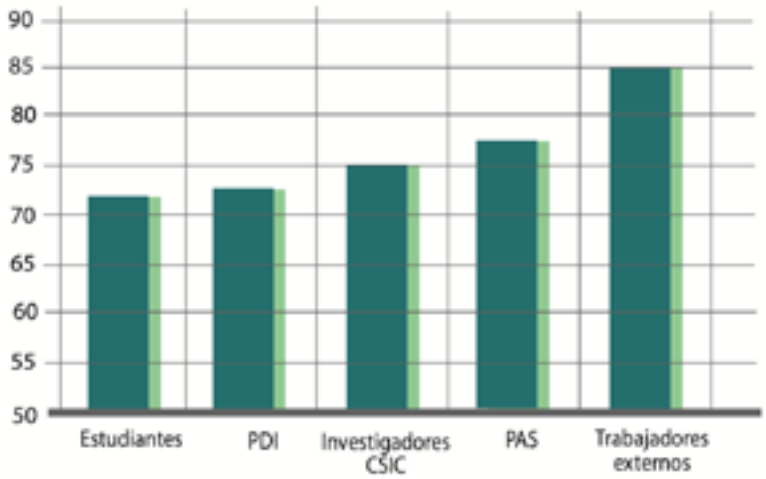


Figura 23. *Diferencias entre los distintos actores sociales de la comunidad universitaria de la UAM respecto a la contribución que sobre su bienestar tienen el disfrute estético de los paisajes del campus. Los números muestran el promedio del valor que los encuestados daban a los puntos que ponían (entre 0 y 100) por cada grupo de encuestados. Fuente: Elaboración propia.*

La educación ambiental mostró diferencias significativas en función del sexo, de manera que las mujeres tendieron a valorar la educación ambiental más altamente que los hombres (Figura 24). Los encuestados

también tuvieron la oportunidad de elegir elementos que les gustaría incorporar en el campus (Figura 25). Entre las propuestas preferidas, lo más demandado fueron **bancos y mesas al aire libre,** seguido de **un lago** y más **jardines y zonas verdes.**

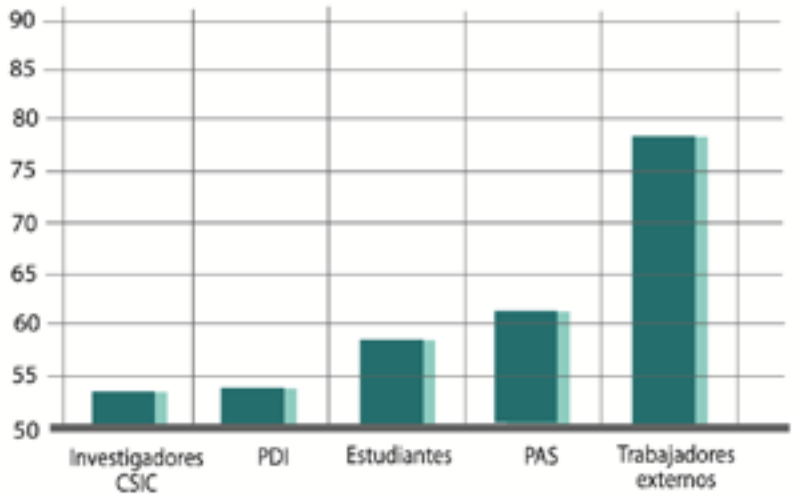


Figura 24. *Diferencias entre los distintos actores sociales de la comunidad universitaria de la UAM respecto a la contribución que sobre su bienestar tiene el servicio de educación ambiental. Los números muestran el promedio del valor que los encuestados daban a los puntos que ponían (entre 0 y 100) por cada grupo de encuestados. Fuente: Elaboración propia.*

Figura 25. *Lista de los elementos y equipamientos más demandados por los usuarios del Campus de la UAM relacionada con las mejoras que éstos desearían ir viendo en el campus durante los próximos años. Los valores representan el número de encuestados que los demandan, teniendo en cuenta que podían elegir hasta tres opciones. Fuente: Elaboración propia.*

4 ¿Cómo podemos avanzar hacia un campus más sostenible y resiliente en la UAM?

a. Principios y criterios para construir una UAM socioecológicamente sostenible

Para poder construir una **universidad saludable**, **resiliente** y **socioecológicamente sostenible** es necesario integrar tres criterios fundamentales a la hora de abordar su planificación y gestión: la ***ambientalización***, la ***ecologización*** y la ***territorialización*** de la UAM.

1. La *ambientalización* de la UAM: una comunidad proambiental

Se entiende por ***ambientalización*** el proceso por el cual se promueven conductas proambientales de su comunidad. La UAM introdujo, de forma pionera, y a través de la Oficina ECOCAMPUS (ahora **Oficina de Sostenibilidad**) el concepto-proceso de ambientalización de la universidad como una **estrategia de acción colaborativa** para forjar una comunidad universitaria que desarrolla conductas proambientales participativas para construir una universidad sostenible más allá de las mejoras tecnológicas de la gestión ambiental de los campus. Se trata de construir una conciencia ambiental compartida por el colectivo universitario.

Durante los 50 años que han pasado desde la creación de la UAM, los diferentes niveles de su arquitectura organizativa (Vicerrectorados, Facultades, Institutos, Departamentos y Servicios) han desarrollado múltiples proyectos, programas planes y estrategias que contribuyen al desarrollo de una **universidad más solidaria, saludable y sostenible**. El hecho de que estas iniciativas no hayan estado fuertemente conectadas y coordinadas entre sí, junto al insuficiente compromiso e involucración por parte de la sociedad en general y la comunidad universitaria en particular, explicaría por qué la UAM no ha conseguido niveles de ambientalización tan elevados como hubiese sido deseable.

La integración de la UAM en la Agenda 2030 y la Nueva Agenda Urbana (NAU) plantean una renovación del concepto, proponiendo el de *soste-*

nibilización como un paso más avanzado y necesario para completar el proceso de integración, unificando fuerzas con las políticas de acción solidaria, cooperación, igualdad, equidad, infraestructuras, servicios técnicos, servicios de administración, salud laboral y otras afines.

2. La *ecologización* de la UAM: gestión integrada del campus

Se entiende por ***ecologización*** de la UAM el proceso por el cual el campus se percibe como un **sistema socioecológico**, en el que se aborda la estrecha relación de interdependencia que existe entre la **dimensión natural** (ecosistemas del campus verde) y la **dimensión sociocultural** de su campus urbano (Figura 26).

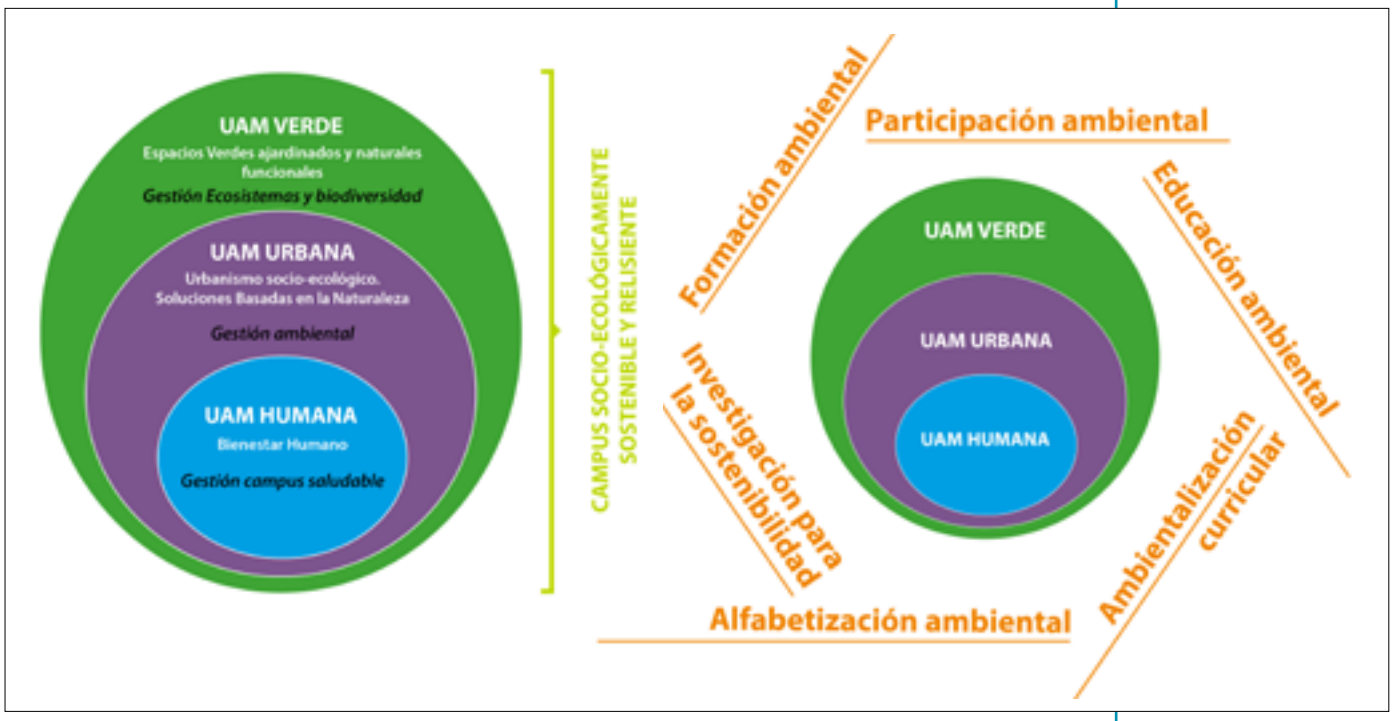


Figura 26. *Visualización del proceso de ecologización de la UAM (izquierda), aplicando la aproximación de los socioecosistemas, para construir un campus sostenible y resiliente representado por tres esferas anidadas e interdependientes. A la derecha se muestra la interacción entre la ambientalización y la ecologización, de manera que ambas son necesarias para promover la sostenibilidad socioecológica en la universidad. Fuente: Elaboración propia.*

El análisis de los servicios ambientales pone de manifiesto el papel de los espacios verdes como unidades suministradoras de servicios para el bienestar de la comunidad universitaria que vincula la *ambientalización* con la *ecologización* del campus. Siguiendo el razonamiento, la UAM podría definirse como un socioecosistema formado por la comunidad universitaria, su metabolismo urbano y sus conexiones con una gran superficie de espacios verdes con los que interactúa de diversas formas y a diversas escalas. Esta interacción se manifiesta como un flujo de servicios ambientales que los espa-

cios verdes suministran y que sus miembros demandan, gestionado a través de un sistema de gobernanza que haga al campus sostenible y resiliente.

Los procesos de *ambientalización* y *ecologización* conforman dos **pilares fundamentales** sobre los que articular el Plan Estratégico que propone SERCAMPUS (Figura 27). Para promover un **campus sostenible y resiliente**, cualquier actuación que se lleve a cabo en el recinto universitario debe respetar los **procesos ecológicos esenciales** que determinan el flujo de servicios ambientales (*ecologización*). Por otro lado, este proceso debe vincularse a la **concienciación ambiental** de las personas y estamentos de la comunidad universitaria que determine un grado suficiente de implicación en el proceso de diseño y desarrollo de los programas y acciones que conforman el Plan Estratégico (*ambientalización*).

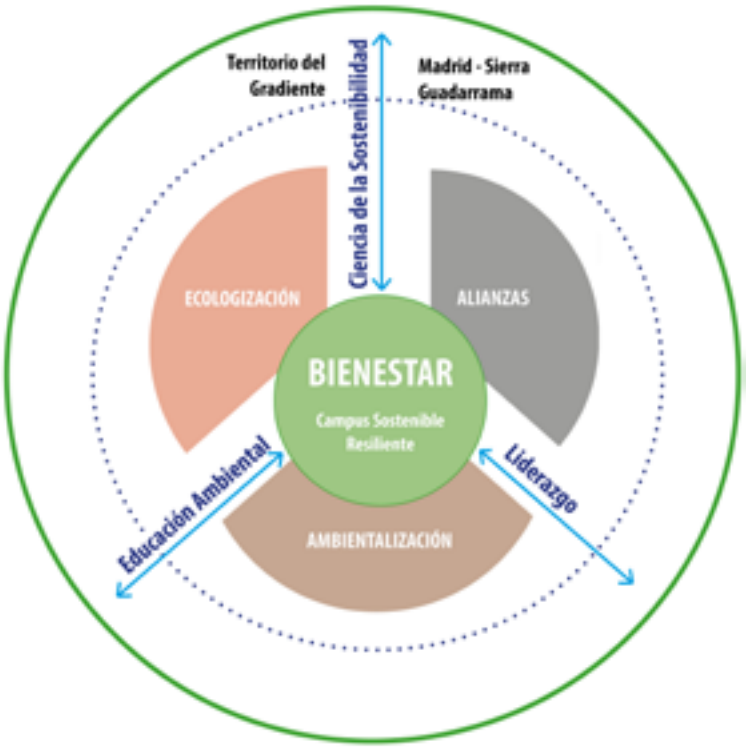


Figura 27. *Modelo conceptual del Plan Estratégico del campus socioecológicamente sostenible y resiliente propuesto en SERCAMPUS, basado en tres dimensiones y tres ejes unificadores en el contexto de la matriz territorial donde se ubica la UAM (el gradiente urbano-rural Madrid-Sierra de Guadarrama). Fuente: Elaboración propia.*

Como sinergia entre *ambientalización* y *ecologización* surgen las **soluciones basadas en la naturaleza** (NbS), entendidas como acciones innovadoras inspiradas, apoyadas o copiadas de la naturaleza para abordar desafíos sociales y ambientales concretos (Figura 28). Las NbS han de mejorar el suministro de servicios ambientales mediante alternativas menos impactantes y costosas que las soluciones de ingeniería convencional, acoplando la planificación urbanística sostenible con la actividad docente e investigadora.

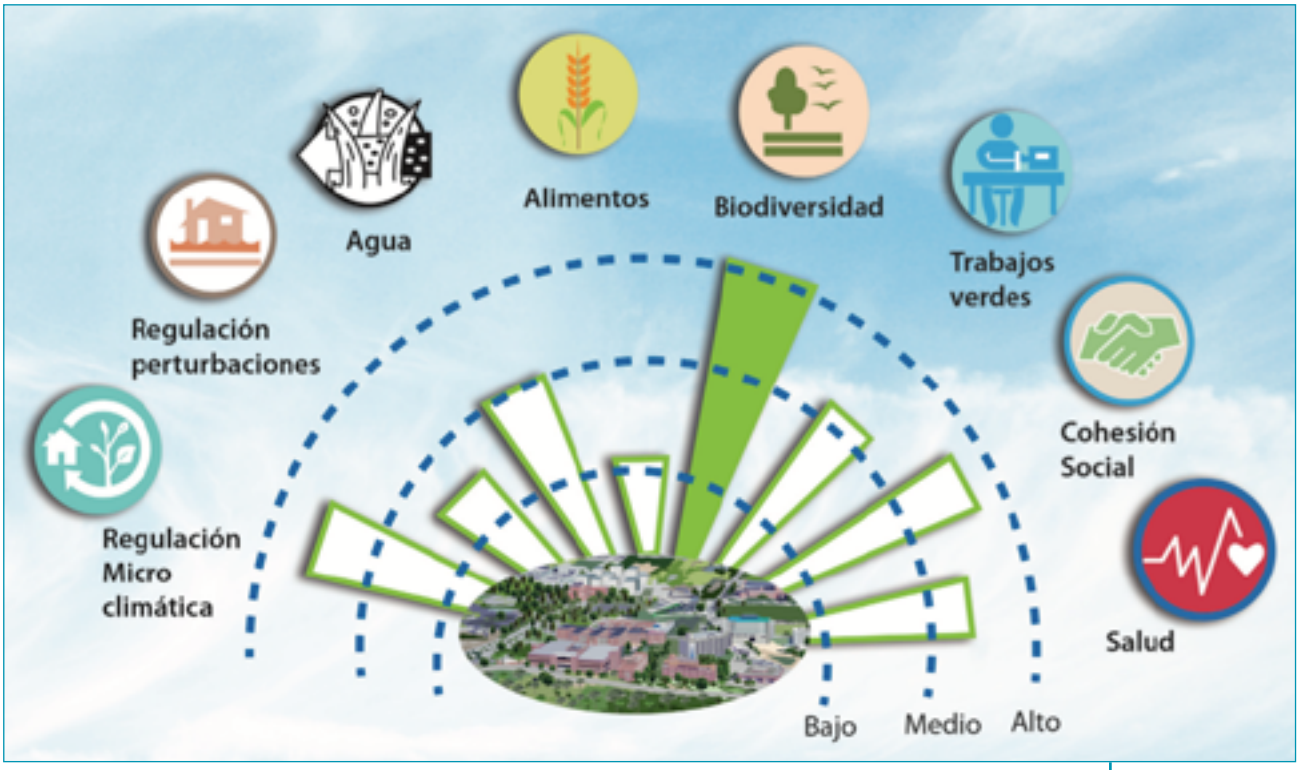


Figura 28. *Beneficios ambientales, sociales y económicos que pueden obtenerse desde un enfoque de Soluciones Basadas en la Naturaleza para el bienestar y la salud de la comunidad universitaria de la UAM asentados en los servicios que suministran sus espacios verdes ajardinados, seminaturales y renaturalizados relacionados con la conservación de la biodiversidad. Fuente: Elaboración propia.*

3. La territorialización de la UAM: campus conector en el gradiente urbano–rural Madrid Sierra de Guadarrama

La UAM, tanto por su función académica generadora de conocimiento e innovación, y transferirlos a la sociedad, como por su carácter periurbano y ubicación estratégica en el gradiente socioecológico Madrid-Sierra de Guadarrama, está llamada a cumplir un papel relevante como **agente territorial de primer orden**. Su gran potencial de liderazgo y capacidad para desarrollar sinergias con el tejido social, económico y cultural de su entorno la convierten en un **agente transformador esencial** del sistema territorial periurbano donde se ubica. A la gran permeabilidad de la UAM y el flujo de conocimientos experimentales y experienciales del territorio donde se ubica se le suma el papel conector del campus entre el flujo de servicios ambientales que suministran los ecosistemas de su entorno, incluyendo el flujo biológico de flora y fauna silvestres que conforman su biodiversidad (Figura 29).

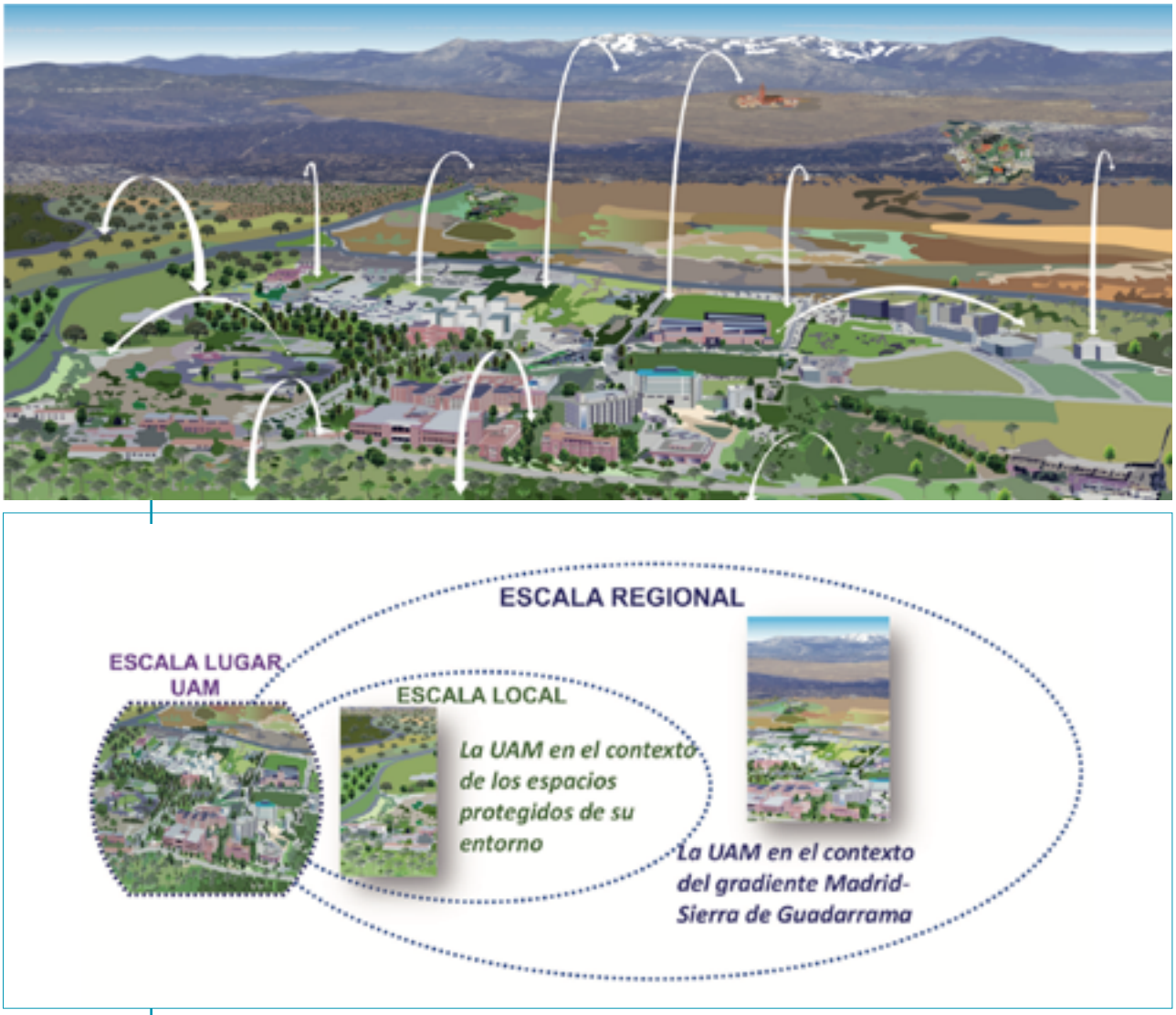


Figura 29. *El Campus de la UAM constituye un nodo fundamental en la gestión de la conectividad socioecológica del gradiente territorial Madrid-Sierra de Guadarrama. Los espacios verdes del Campus de la UAM suministran servicios ambientales para el bienestar de su comunidad y las poblaciones del entorno, a la vez que los ecosistemas del territorio suministran servicios para el bienestar de la comunidad universitaria, por lo que su evaluación y propuestas de gestión deben realizarse a diferentes escalas. Fuente: Elaboración propia.*

b. Las unidades socioecológicas: herramientas operativas para la gestión integrada del Campus de la UAM

Los **gradientes de suministro** de los servicios ambientales evaluados en SERCAMPUS revelan la dualidad existente entre el campus central y el campus periférico (Figura 30).

A través de su integración gráfica (Figura 31) se revelan los ***hotspots* de servicios**, así como las sinergias positivas de manera que se puede realizar

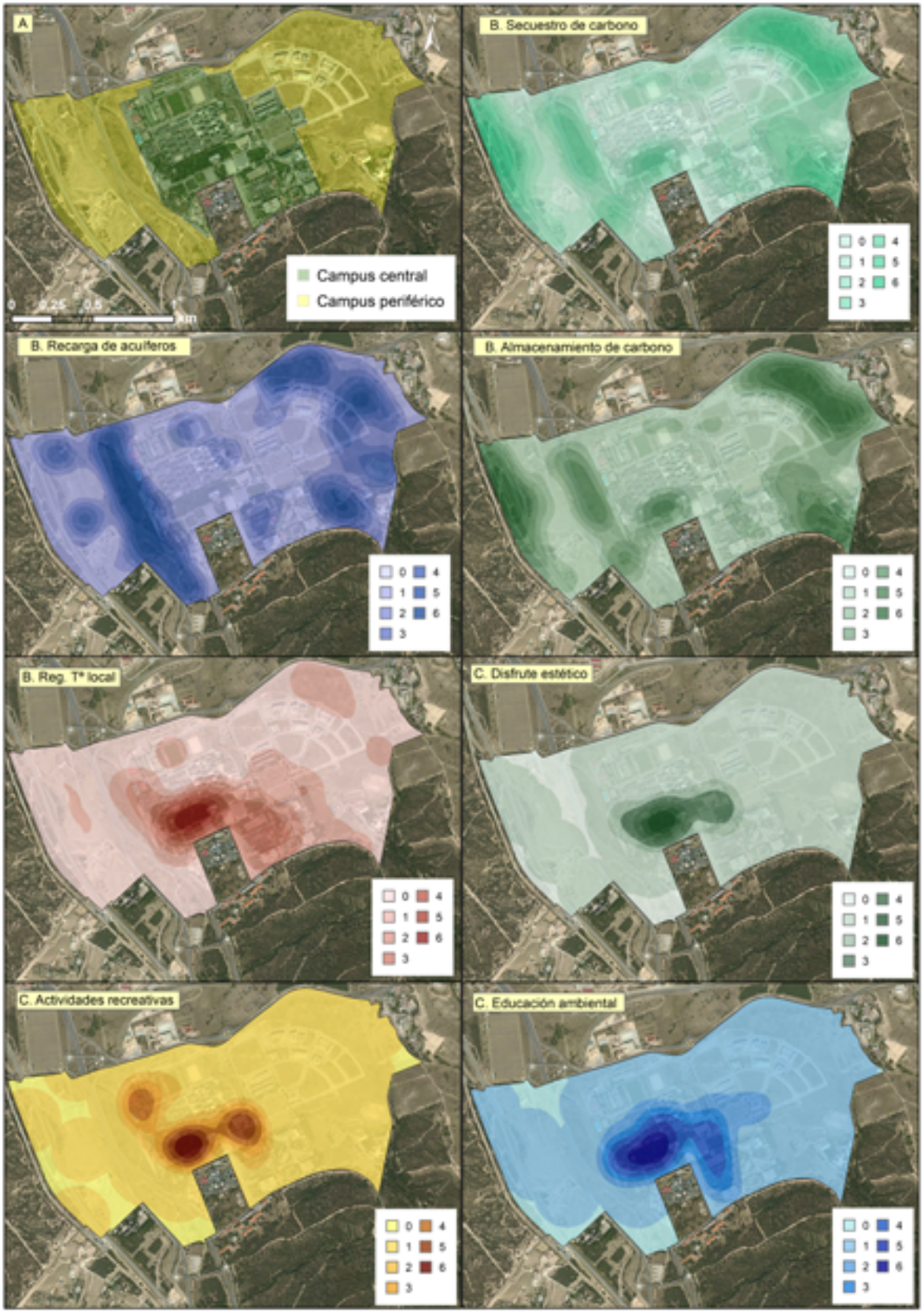


Figura 30. *Los gradientes de intensidad y hotspots de suministro de servicios de regulación (B) y culturales (C), muestran la dicotomía entre un campus central y otro periférico (A). Una planificación territorial del campus como entidad multifuncional integrada y unitaria para promover el bienestar de la comunidad universitaria permitiría su ruptura. Fuente: Elaboración propia.*

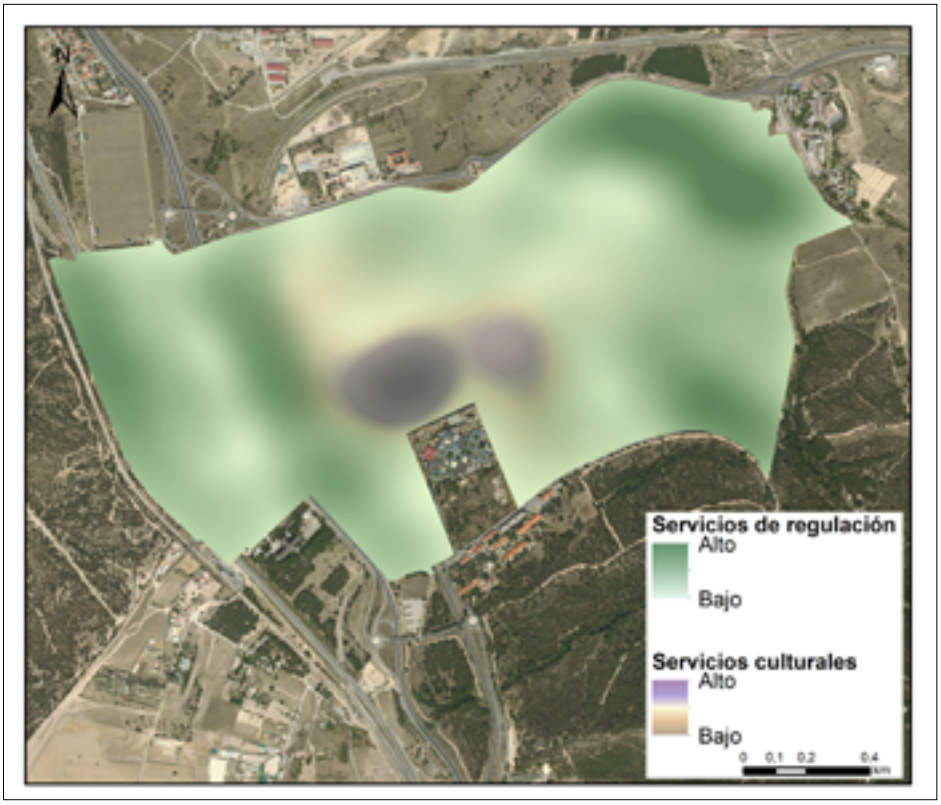


Figura 31. *Visión del recinto universitario de la UAM como una entidad territorial multifuncional que integra los gradientes, hotspots y sinergias de los servicios ambientales de regulación y culturales. Fuente: Elaboración propia.*

una **planificación integrada** e integradora de todos los espacios verdes del campus para optimizar espacialmente el flujo de servicios para el bienestar universitario **reduciendo tales dicotomías.**

La solución basada en la naturaleza más claramente favorable a la integración ecológica del campus sería una estrategia de **restauración ecológica** y **renaturalización** y **transformación agroecológica** de la zona periférica al este del campus para generar espacios más biodiversos y ecológicamente funcionales que aumente el flujo de servicios ambientales. Para que el cambio sea atractivo y verdaderamente transformador para la comunidad universitaria es necesario promoverlo mediante un **proceso colaborativo y participativo** abierto a toda comunidad en su diseño, implementación y mantenimiento. La transición socioecológica del campus también afectará a sus relaciones con el territorio circundante, y por ello deberá **involucrar a los actores sociales e institucionales del entorno**: ayuntamiento de Madrid y municipios circundantes, Comunidad de Madrid, asociaciones de vecinos, empresas, ONG, instituciones educativas… así como buscar sinergias con proyectos afines como Arco Verde y Bosque Metropolitano.

Para fomentar la multifuncionalidad del recinto universitario, SERCAMPUS propone **cuatro unidades socioecológicas** de gestión para el cam-

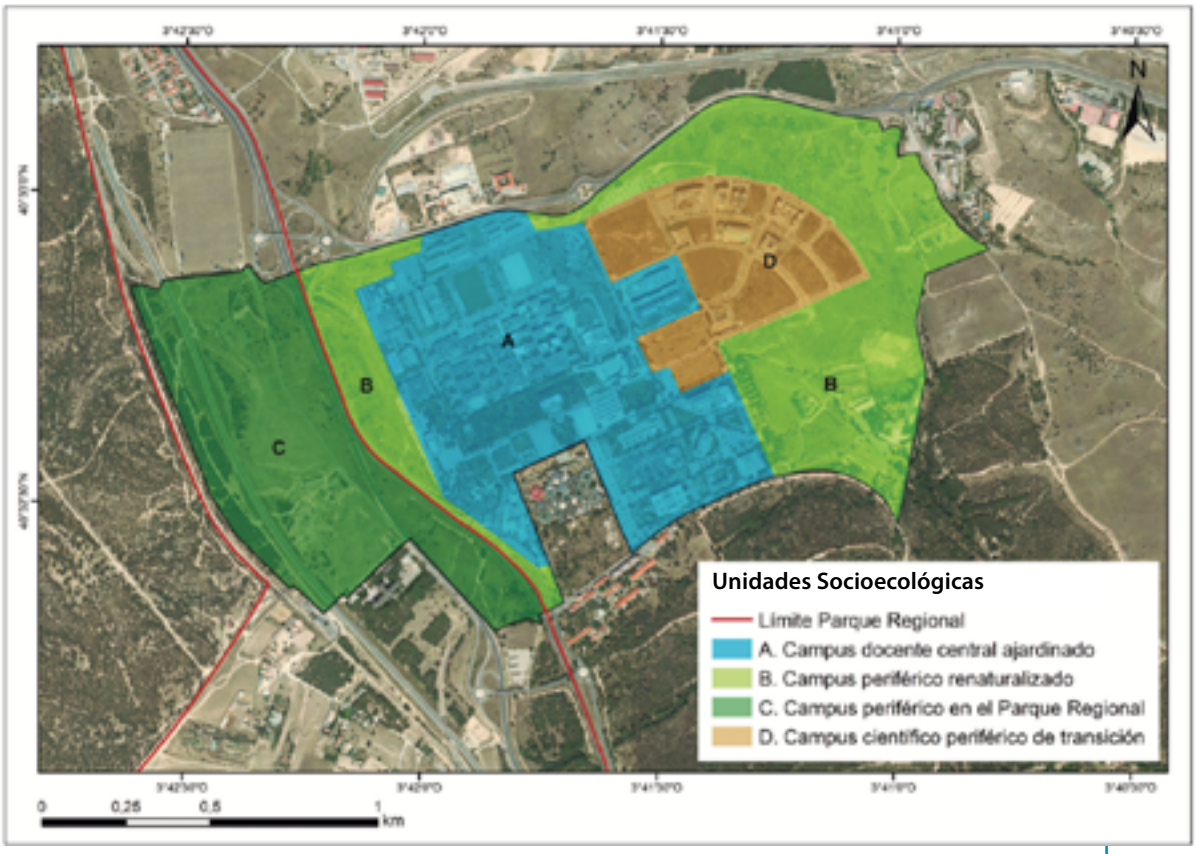


Figura 32. *Unidades socioecológicas de gestión que constituyen la herramienta fundamental para una asignación espacial, socioecológicamente coherente, de los usos del suelo del recinto universitario impulsando un modelo de gestión multifuncional, integrado y unitario. Fuente: Elaboración propia.*

pus de Cantoblanco de la UAM (Figura 32) resultado de la evaluación de servicios ambientales y su interpretación asociada a:

a) **Usos administrativo-funcionales** (presencia de facultades, centros de investigación, edificios administrativos, zonas deportivas, zonas residenciales, zonas de servicios);

b) Características de los **ecosistemas** (tipo de espacios verdes dominantes);

c) Adscripción **competencial** (jurisdicción en la gestión de usos del suelo);

d) **Accesibilidad** (grado de aislamiento en relación con las infraestructuras de movilidad).

La imagen compartimentada de unidades socioecológicas de gestión nunca debe servir para invisibilizar el carácter sistémico del campus y su función en el territorio, sino más bien orientar las posibles estrategias, adaptadas a las competencias y jurisdicción, para hacer efectiva la perspectiva multifuncional para lograr un campus resiliente, sostenible y salu-

dable. Por el contrario, las diferencias entre unidades ponen de manifiesto el enorme potencial del campus de Cantoblanco para **suministrar servicios de regulación** asignando y potenciando usos del suelo compatibles con el mantenimiento y promoción de elementos y **funciones** que generen más y mejores servicios ambientales para la comunidad universitaria (Figura 33).

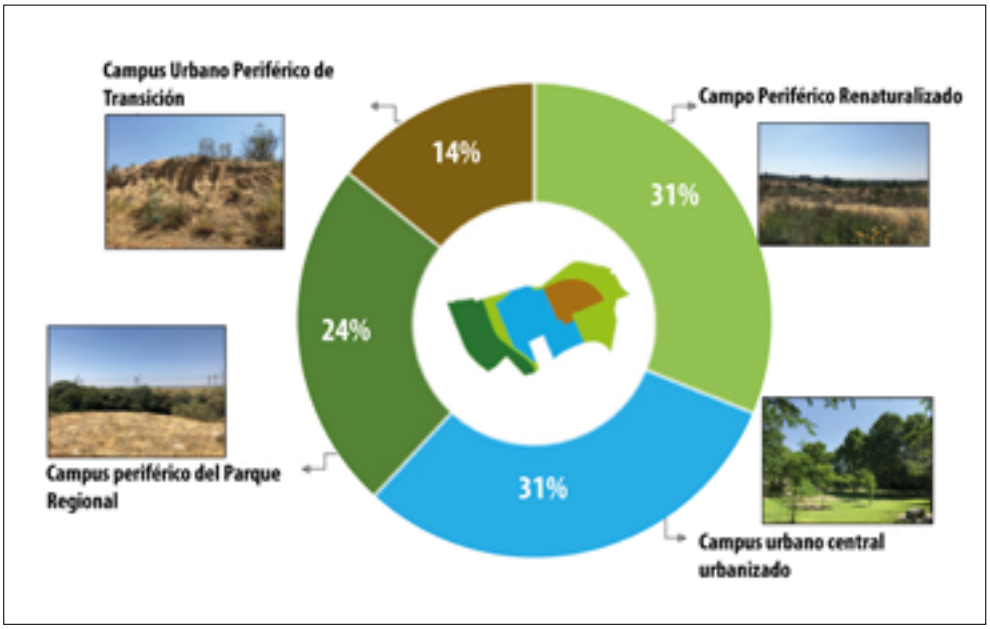


Figura 33. *Importancia relativa de las cuatro unidades socioecológicas de gestión definidas en el Campus de Cantoblanco la UAM. Las unidades que mantienen los espacios verdes seminaturales o renaturalizados periféricos constituyen un 68% la superficie del recinto universitario. La unidad que incluye la superficie edificada junto con los espacios verdes ajardinados del campus docente central supone el 32%.*
Fuente: Elaboración propia.

c. Propuestas para un Plan Estratégico de campus socioecológicamente sostenible y resiliente

SERCAMPUS propone un conjunto de **áreas y líneas estratégicas de actuación** en el marco de los servicios ambientales aquí evaluados, y una serie de **criterios, directrices, acciones y opciones programáticas** para impulsar el proceso de construcción participativa con todos los actores y disciplinas académicas de la UAM, que culminaría con la elaboración y aprobación de un Plan institucional de Campus Saludable, Sostenible y Solidario. Los detalles de las áreas y líneas estratégicas, así como las propuestas concretas asociadas a las unidades de gestión se presentan en el capítulo 5 de SERCAMPUS.

Una propuesta incluida en la Estrategia UAM 2025 y que encaja con el proyecto de Plan Director 2022 de la UAM, asociada a un programa de seguimiento con indicadores de sostenibilidad y servicios ambientales, para

la evaluación periódica del grado de cumplimiento de los objetivos de sus áreas estratégicas y programas. Este plan debe contextualizarse dentro del marco concreto de la **Agenda Urbana Española** y de los objetivos definidos por la Agenda 2030 y de forma más concreta con el ODS 11 relacionado con impulsar **ciudades sostenibles, inclusivas, seguras y resilientes.**

Entender y gestionar la UAM como un sistema socioecológico permitirá, en primer lugar, evitar que sea un catálogo o listado de propuestas y acciones más o menos coordinadas. Desde el **enfoque sistémico** cualquier intervención en una de las unidades socioecológicas de gestión del campus propuestas implica evaluar su repercusión en el resto de las unidades. En la Figura 34 se muestran las **tres grandes áreas estratégicas de planificación** que incluyen las diferentes líneas generales de actuación propuestas para un futuro Plan. Las áreas estratégicas de planificación y las líneas de actuación no son independientes y están vinculadas según el modelo operativo de las tres esferas.

Estas líneas estratégicas, vinculadas a todo el proceso participativo desarrollado con los actores del campus, permiten generar un **escenario de futuro deseado** que integre múltiples visiones (Ver Póster Final). A este respecto, González Bernáldez ya hizo una serie de propuestas de creación de un jardín botánico con criterios ecológicos, adaptado a las características del campus (Figura 35). Estas propuestas pueden servir de referencia para el desarrollo de futuras actuaciones vinculadas a los resultados de Sercampus, de manera que se integren no solo las múltiples visiones de los actores del presente, sino la larga trayectoria de conocimiento del pasado. A través los escenarios de futuro se puede visualizar un campus en el que las tres esferas funcionen de manera interdependiente, haciendo partícipe a la comunidad universitaria y promoviendo el empoderamiento de la comunidad en lo que respecta a la gestión del campus de Cantoblanco.

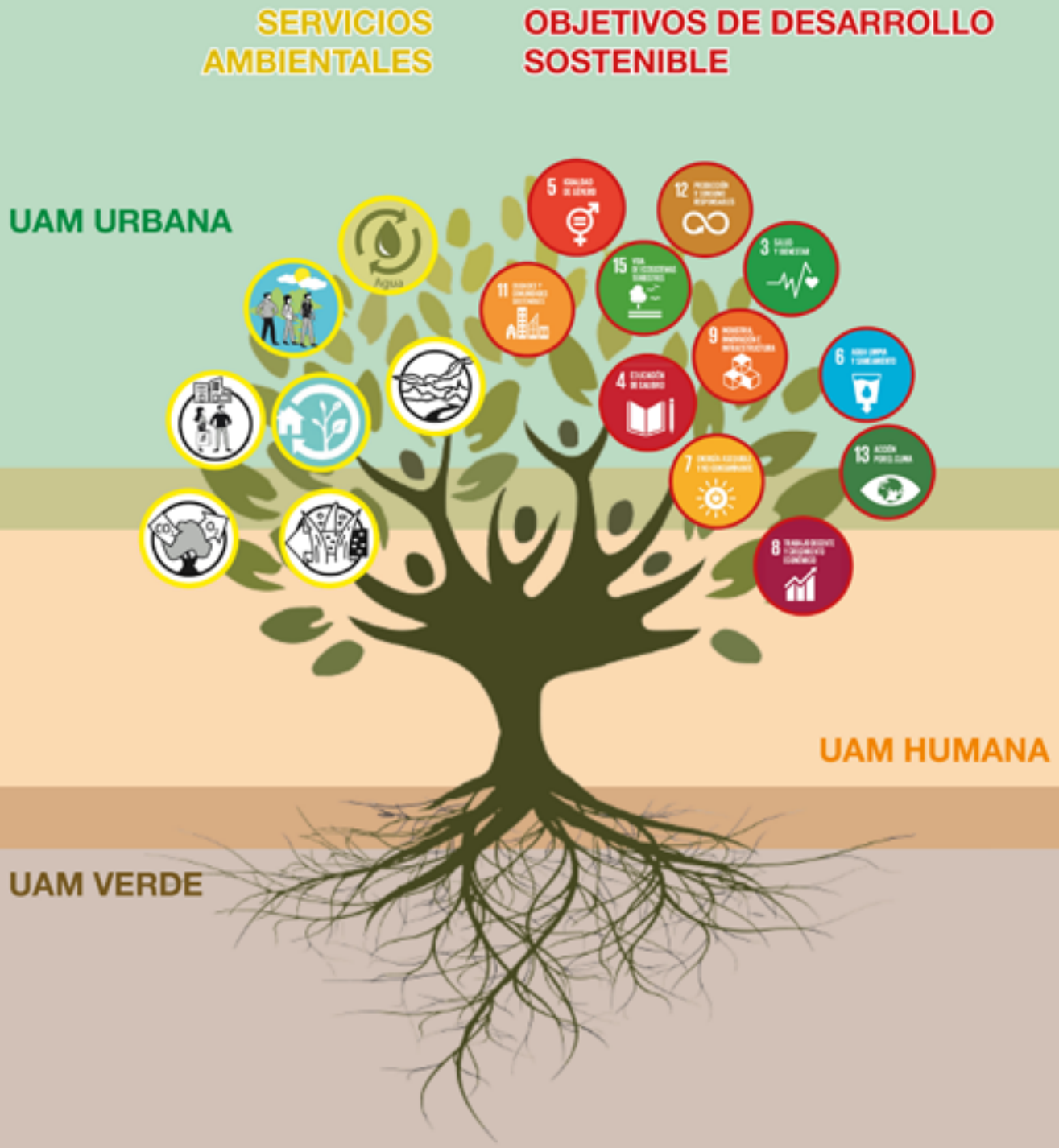


Figura 34. *Líneas estratégicas de futuro para el campus y la comunidad UAM. Fuente: Elaboración propia.*

Figura 35. *Algunos bocetos elaborados por el Prof. Fernando González Bernáldez para la creación de un jardín botánico en el Campus de la UAM. Fuente: Fernando González Bernáldez.*

ESTA PÁGINA SE ABRE EN DESPLEGABLE HACIA LA DERECHA

SERVICIOS DE ABASTECIMIENTO

Alimentos

Materiales bióticos

Plantas aromáticas /medicinales

SERVICIOS DE REGULA

Secuestro de carbono

Regulación micro climática

Recarga de acuíferos

Polin

CIÓN

ización

Hábitat para especies

Eliminación de contaminantes

SERVICIOS CULTURALES

Conocimiento científico

Educación ambiental

Disfrute estético

Recreación