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.

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

Agradecimientos
Manuel Pardo, Víctor García Díez.

Portada
Equipo Franja.

Diseño y maquetación
Equipo Franja.

Infografías
Alejandro Santos.

Financiación
Este estudio ha sido financiado por el Vicerrectorado de Campus y Sostenibilidad de la Universidad Autónoma de Madrid.

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*

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, 2021
© de la edición, UAM Ediciones, 2021

Servicio de Publicaciones de la Universidad Autónoma de Madrid
Ciudad Universitaria 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.

eISBN: 978-84-8344-794-9
DOI: https://doi.org/10.15366/9788483447949

La vida y el prestigio de las instituciones depende tanto de lo que ellas hacen como de lo que se hace con ellas.

Francisco Tomas y Valiente (1932-1996)

La universidad debe enseñar a aprender.

Cesar Milstein (1927-2002)

No es tarea de la universidad ofrecer lo que la sociedad le pide, sino lo que la sociedad necesita.

Edsgar Wybe Dijkstra (1930-2002)

Mira profundamente en la naturaleza y entonces comprenderás todo mejor.

Albert Einstein (1879-1955)

PREÁMBULO

PREÁMBULO

La Agenda Urbana en la Universidad Autónoma de Madrid v

La privilegiada localización de la UAM v

Más allá del compromiso ambiental. NAU española vii

A | TERRITORIO, PAISAJE Y BIODIVERSIDAD x

Propuesta 1. PLAN DE ORDENACIÓN TERRITORIAL Y URBANÍSTICA DE LA UAM x

Propuesta 2. PLAN DE GESTIÓN DEL PATRIMONIO NATURAL Y CULTURAL de la UAM x

Propuesta 3. PLAN DE DESARROLLO EN RED Y DE LA CONECTIVIDAD DE LAS INFRAESTRUCTURAS VERDES Y AZULES CON EL CONTEXTO NATURAL DE LA UAM xi

B | MODELO DE CIUDAD xiii

Propuesta 4. PLAN DE MEJORA DE LA CALIDAD DEL ESPACIO PÚBLICO DE LA UAM xiii

Propuesta 5. PLAN DE MEJORA DE LA CALIDAD DEL MEDIO AMBIENTE URBANO DE LA UAM xiii

Propuesta 6. PLAN DE REHABILITACIÓN DE LOS EDIFICIOS DE LA UAM xiv

C | CAMBIO CLIMÁTICO xv

Propuesta 7. PLAN DE CALIDAD DEL AIRE Y EVACUACIÓN DE LA UAM xv

D | GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS Y ECONOMÍA CIRCULAR xviii

Propuesta 8. PLAN DE ACCIÓN PARA LA ENERGÍA SOSTENIBLE EN LA UAM (PAES-UAM) xviii

Propuesta 9. PLAN DE GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA DE LA UAM xix

Propuesta 10. PLAN DE GESTIÓN URBANA DE LA UAM. xix

Propuesta 11. PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE LA UAM xix

E | MOVILIDAD Y TRANSPORTE xxii

Propuesta 12. PLAN INTERNO DE TRANSPORTE AL TRABAJO DE LA UAM (PITT-UAM) xxii

Propuesta 13. PLAN DE MOVILIDAD URBANA SOSTENIBLE DE LA UAM (PMUS-UAM) xxiii

Respuesta a los indicadores 5 de la NAU española xxiv

En palabras del presidente del gobierno xxiv

La Agenda Urbana en la Universidad Autónoma de Madrid

La privilegiada localización de la UAM

La Universidad Autónoma de Madrid posee uno de los territorios más amplios de entre las universidades españolas, siendo mucho más que la ubicación de sus facultades, escuelas y centros. La UAM dispone de varias ubicaciones que nos llevan del centro de la ciudad de Madrid a la Sierra, dibujando un recorrido que encierra nuestro compromiso ecológico entre el rastro castizo, pasando por territorios de la Cuenca Alta del Manzanares hasta alcanzar el Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama.

Aunque sea una de nuestras más desconocidas realidades, podemos disfrutar en las inmediaciones de Cantoblanco de terrenos de especial protección. La UAM dispone de una parcela dentro del espacio Natural Protegido del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares[1] muy cercana, anónima para muchos y que merece una atención especial (Ilustración 1).

Ilustración 1. Áreas limítrofes con especial protección y parcela de la UAM dentro del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares.

En la primera ilustración podemos ver la mancha verde claro que corresponde con los terrenos protegidos por el Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares. En esa ubicación está marcada de color rojo la delimitación aproximada de la parcela de la UAM que, además, pertenece a la Red Natura 2000 LIC/ZEC[2]. Esta red ecológica europea de áreas de conservación de la biodiversidad consta de Zonas Especiales de Conservación (ZEC) establecidas de

[1] http://www.madrid.org/cartografia_ambiental/html/visor.htm

[2] http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000/

acuerdo con la Directiva Hábitat. Es el principal instrumento para la conservación de la naturaleza en la Unión Europea. En color violeta el monte del Pardo, zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA), designadas en virtud de la Directiva Aves y delimitada por su valla perimetral, es nuestro vecino natural al oeste. En dicho límite podemos encontrar el camino de Santiago, próximo a la vía Pecuaria que actualmente es la carretera de Colmenar. De verde oscuro y en nuestra delimitación sur está el monte de utilidad pública de Valdelatas.

Ese espacio anónimo y protegido, Reserva de la Biosfera, es uno de nuestros tesoros ambientales.

Ilustración 2. Áreas limítrofes de la residencia de la UAM de La Cristalera en Miraflores de la Sierra.

En la Sierra de Guadarrama la UAM está presente en su sede de La Cristalera. Una residencia que, como se puede observar en la ilustración 2., limita con la zona periférica de protección del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama y con terrenos protegidos, de nuevo, por la Red Natura 2000 LIC/ZEC.

Junto con el resto de las sedes que la UAM tiene en la Comunidad de Madrid, su presencia marca un eje simbólico que va desde el centro histórico de la ciudad de Madrid, con la sede de la UAM en Centro Cultural La Corrala: Museo de Artes y Tradiciones Populares. Esta vía ecológica de la UAM pasa por la residencia Luis Vives y por las infraestructuras situadas en la Facultad de Medicina, ubicadas junto a la Plaza de Castilla y el Parque Norte de Madrid respectivamente. El eje imaginario, tras pasar por Cantoblanco, se cierra en Miraflores de la Sierra en nuestra sede serrana.

El dibujo de dicha ruta que une todas estas ubicaciones es una línea curva desde el centro de la capital hasta los límites de la Comunidad de Madrid y su Parque Nacional. Entre los (40.40; 40.48) grados de latitud norte y los (-3.78; -3.82) grados de longitud oeste.

Si el término campus, en su única acepción de la RAE, designa el "conjunto de terrenos y edi-

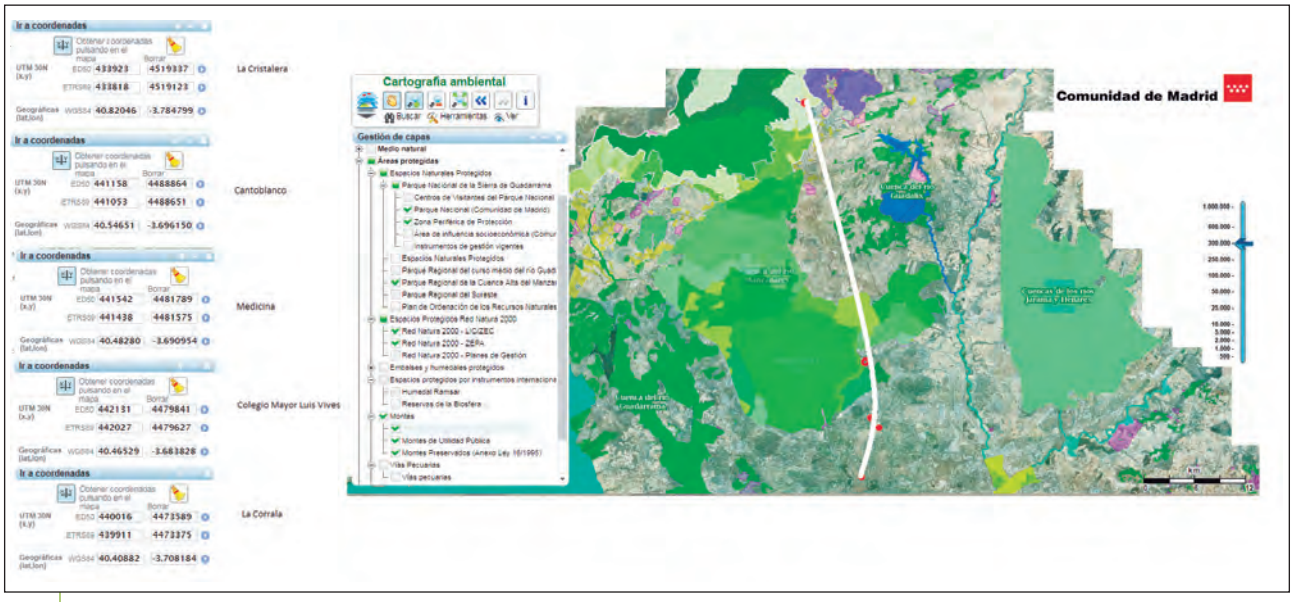


Ilustración 3. Presencia de la UAM en la Comunidad de Madrid en relación con las zonas con protección medioambiental.

ficios pertenecientes a una universidad", éste es el Campus actual de nuestra Universidad Autónoma de Madrid."

Con estos párrafos comenzaba mi participación en la edición gráfica de los 50 años de existencia de la UAM. Quería dejar claro, como ahora lo hago, que el pensamiento en todo el territorio no excluye que el análisis lo debamos comenzar desde una ubicación concreta. Por extensión y complejidad, la sede de Cantoblanco de nuestra UAM, ha sido la localización seleccionada en este trabajo.

Más allá del compromiso ambiental. NAU española

La primera aproximación al territorio nos ha hecho destacar el privilegio de disponer de un entorno natural muy destacado en el ayuntamiento que nos corresponde que es el de Madrid y dentro de una comunidad como la Autónoma de Madrid.

Ese privilegio encierra responsabilidades que debemos abordar, pero localizar el foco en este ámbito nos privaría de una mirada más amplia que nos debe hacer pensar en el compromiso con el territorio que nos acoge desde hace 50 años. ¿Cómo dialogamos con la Sierra Norte? ¿Cómo lo hacemos con los grandes municipios próximos? ¿Cómo lo hacemos con el tejido productivo que se localiza en esta zona norte? O, entre otras preguntas, ¿Cómo hacemos para no olvidarnos de las localidades pequeñas que tanta ayuda precisan para su propia gestión pública? El compromiso sobre el territorio de la UAM es una de nuestras señas de identidad que queremos cuidar.

La Agenda Urbana Española (AUE), responde al cumplimiento de los compromisos internacionales adoptados de conformidad con la Agenda 2030, la Nueva Agenda Urbana de Naciones Unidas y la Agenda Urbana Europea. Entre sus muchos documentos, su listado de

"La Agenda Urbana Española (AUE) es un documento estratégico, sin carácter normativo, y por tanto de adhesión voluntaria, que, de conformidad con los criterios establecidos por la Agenda 2030, la nueva Agenda Urbana de las Naciones Unidas y la Agenda Urbana para la Unión Europea persigue el logro de la sostenibilidad en las políticas de desarrollo urbano. Constituye, además, un método de trabajo y un proceso para todos los actores, públicos y privados, que intervienen en las ciudades y que buscan un desarrollo equitativo, justo y sostenible desde sus distintos campos de actuación.[3]"

indicadores de seguimiento y evaluación me parece uno de los destacados[4]. Para el año 2030 y a pesar de ser un documento sin carácter normativo, la UAM deberá estar en disposición de aproximarse sino contestar, a las preguntas que en dicho documento se formulan.

Son indicadores tanto cuantitativos como cualitativos, que nos formulan unas reflexiones sobre las que este documento transitará, ofreciendo una primera aproximación a algunas de sus respuestas. Estas ideas son en sí mismas un plan estratégico que no lo será plenamente hasta pasar por la aprobación de los órganos de gobierno de la UAM.

Como Vicerrector de Campus, voy a parafrasear esos indicadores y resumir algunas de las preguntas para hacerlas explícitas. El análisis se hace sobre los cinco primeros puntos del decálogo de la AUE, para proponer los planes que deberá tener la UAM en funcionamiento antes de 2030. Con los indicadores de dichos planes podremos acercarnos a los compromisos que marca la Agenda de Naciones Unidas y, sobre todo, disponer de instrumentos para conocer nuestra aproximación a dichos objetivos globales.

[3] https://www.aue.gob.es/que-es-la-aue#inicio

[4] https://www.aue.gob.es/recursos_aue/04_listado_de_indicadores_de_seguimiento.pdf

Indico que deberá y quizás debiera decir debería, pues desconozco los recursos con los que la administración podrá atender estos complejos planes . En la redacción de los textos que vienen a continuación, al igual que en este caso, he utilizado el imperativo que propone la AUE sin intención de obligar a los nuevos equipos a caminar por esta senda. Mantengo esa forma verbal con la certeza de que la UAM hará todo lo posible por dar la mejor respuesta que le sea posible a las recomendaciones de la Nueva Agenda Urbana y Rural.

LISTADO DE INDICADORES DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN de la AUE

1. TERRITORIO, PAISAJE Y BIODIVERSIDAD. ORDENAR EL TERRITORIO Y HACER UN USO RACIONAL DEL SUELO. CONSERVARLO Y PROTEGERLO	1.1. ORDENAR EL SUELO DE MANERA COMPATIBLE CON SU ENTORNO TERRITORIAL	**1.1.1.** ¿Se han incorporado en los instrumentos de ordenación territorial y urbanística criterios para asegurar el uso racional del suelo que atienda al principio de desarrollo sostenible? **A | DEFINICIÓN Y RELEVANCIA** Este indicador conlleva la conservación y preservación del suelo innecesario y, de un modo especial, del suelo que tenga valores paisajísticos, ecológicos o culturales, teniendo en cuenta la identificación y cartografía oficial de los elementos de Infraestructura Verde municipal.
	1.2. CONSERVAR Y MEJORAR EL PATRIMONIO NATURAL Y CULTURAL Y PROTEGER EL PAISAJE.	**1.2.1.** ¿Se dispone de un Plan de gestión municipal del patrimonio natural y cultural, o instrumento equivalente, para asegurar su adecuada conservación y puesta en valor?
	1.3. MEJORAR LAS INFRAESTRUCTURAS VERDES Y AZULES Y VINCULARLAS CON EL CONTEXTO NATURAL.	**1.3.1.** ¿Se ha realizado una planificación del desarrollo en red y de la conectividad de las infraestructuras verdes y azules con el contexto natural?

A | TERRITORIO, PAISAJE Y BIODIVERSIDAD

Para ORDENAR EL TERRITORIO Y HACER UN USO RACIONAL DEL SUELO, CONSERVARLO Y PROTEGERLO, la UAM y/o el CEI UAM-CSIC

PROPUESTA 1 PLAN DE ORDENACIÓN TERRITORIAL Y URBANÍSTICA DE LA UAM

La UAM dispondrá de un Plan de Ordenación Territorial y Urbanístca de la Universidad con criterios que aseguren el uso racional del suelo atendiendo al principio de desarrollo sostenible. La UAM definirá el estado actual del PERI, la fase de desarrollo en la que se encuentra (en elaboración, aprobado o ejecutado) y el periodo temporal previsto de vigencia y ejecución del Plan.

El dato recogerá el conjunto de actuaciones previstas en este ámbito en los presupuestos y se indicará de cada una de ellas: el nombre; el presupuesto anualizado (en el ámbito temporal de la Agenda Urbana); la fase en la que se encuentra (en proyecto, en fase de ejecución (% realizado) o "recientemente" finalizada y el periodo temporal que abarca su ejecución. Así mismo, se realizará una estimación de la inversión prevista y la contribución en este ámbito por parte del sector privado.

INDICADORES ASOCIADOS

- ODS 11. 11.a.1. Proporción de la población de la UAM que implementan planes de desarrollo urbano y regional integrando las proyecciones de población y las necesidades de los recursos, por tamaño de ciudad.
- ODS 11. 11.4.1. Gasto total (público y privado) per cápita dedicado a la preservación, protección y conservación de todo el patrimonio cultural y natural.

PROPUESTA 2 PLAN DE GESTIÓN DEL PATRIMONIO NATURAL Y CULTURAL de la UAM

La UAM dispondrá de un Plan deGestión del Patrimonio Natural y Cultural de la Universidad, para asegurar su adecuada conservación y puesta en valor.

Se especificará la fase en la que se encuentra (en elaboración, aprobado o ejecutado) y el periodo temporal de vigencia del Plan. En su caso, se indicará si la gestión del patrimonio se encuentra incluida en algún otro documento o estrategia aprobada.

Como referencia para la elaboración de estos planes, hay que señalar que existe un "Documento de Recomendaciones para la elaboración de un Plan Municipal de Gestión del Patri-

monio" elaborado por la Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP) que puede ser de gran utilidad para las entidades locales.

El dato se establecerá a partir del conjunto de actuaciones previstas en este ámbito que se encuentran recogidas o se asume el compromiso de recoger en los presupuestos venideros, obtenido a partir de una relación de actuaciones previstas, con indicación para cada una de ellas de: nombre de la actuación; presupuesto anualizado (en el ámbito temporal de la Nueva Agenda Urbana - UAM); fase en la que se encuentra (en proyecto, en fase de ejecución (% realizado); y el periodo temporal programado para su ejecución. Así mismo, se realizará una estimación de la inversión prevista y la contribución en este ámbito por parte del sector privado.

La UAM deberá determinar la superficie total en metros cuadrados (m^2) de todas las actuaciones que se van a realizar para la conservación, mejora o puesta en valor de los edificios o lugares pertenecientes al patrimonio cultural de la ciudad universitaria.

INDICADORES ASOCIADOS

- ODS 11. 11.a.1. Proporción de la población de la UAM que implementan planes de desarrollo urbano y regional integrando las proyecciones de población y las necesidades de los recursos, por tamaño de ciudad.
- ODS 11. 11.4.1. Gasto total (público y privado) per cápita dedicado a la preservación, protección y conservación de todo el patrimonio cultural y natural.

PROPUESTA 3 PLAN DE DESARROLLO EN RED Y DE LA CONECTIVIDAD DE LAS INFRAESTRUCTURAS VERDES Y AZULES CON EL CONTEXTO NATURAL DE LA UAM

La UAM dispondrá de un Plan de desarrollo en Red y de la Conectividad de las Infraestructuras Verdes y Azules con el Contexto Natural de la Universidad.

La UAM deberá determinar la superficie total en metros cuadrados (m^2), de todas las actuaciones de recuperación, mejora e interconexión de las infraestructuras verdes urbanas municipales. La Administración competente deberá indicar los instrumentos de planificación de infraestructuras verdes, especificando su nombre, la fase en la que se encuentran (en elaboración, aprobado o ejecutado) y el periodo temporal de vigencia de los mismos. En caso de no disponer de ningún instrumento en relación a esta materia, se indicarán los compromisos a asumir en este ámbito a lo largo del periodo de la Agenda Urbana.

Respuesta a los indicadores de la NAU española.

		2.3.1. ¿Se dispone de un plan de mejora del espacio público, que identifique los problemas y programe actuaciones para garantizar la accesibilidad universal y la reducción del ruido?
	2.3. GARANTIZAR LA CALIDAD Y LA ACCESIBILIDAD DE LOS ESPACIOS PÚBLICOS.	**A | DEFINICIÓN Y RELEVANCIA** El seguimiento de este indicador permite conocer si se han adoptado medidas para favorecer que el espacio público sea un lugar de convivencia ciudadana, concebido como espacios multifuncionales, seguros, con un confort adecuado (control del ruido y calidad del aire) y accesibles para personas con discapacidad o con movilidad reducida.
2 | MODELO DE CIUDAD. EVITAR LA DISPERSIÓN URBANA Y REVITALIZAR LA CIUDAD EXISTENTE.	2.4. MEJORAR EL MEDIO AMBIENTE URBANO Y REDUCIR LA CONTAMINACIÓN.	2.4.1. ¿Se dispone de planes de mejora de la calidad del medio ambiente urbano orientados a la mejora de las zonas verdes urbanas y a la reducción de la contaminación?
	2.6. MEJORAR LA CALIDAD Y LA SOSTENIBILIDAD DE LOS EDIFICIOS.	2.5.1. ¿Se dispone de algún plan de rehabilitación de los edificios, que realice un diagnóstico de su situación y establezca prioridades y actuaciones para impulsar su mejora?

B | MODELO DE CIUDAD

Para REVITALIZAR LA CIUDAD UNIVERSITARIA EXISTENTE, la UAM y el conjunto del CEI UAM/CSIC

PROPUESTA 4 PLAN DE MEJORA DE LA CALIDAD DEL ESPACIO PÚBLICO DE LA UAM

La UAM dispondrá de un Plan de Mejora de la Calidad del Espacio Público de la Universidad, que identifique los problemas y programe las actuaciones necesarias para garantizar la accesibilidad universal, la reducción del ruido y la eliminación de las barreras arquitectónicas.

Dicho plan permitirá conocer si se han adoptado medidas para favorecer que el espacio público sea un lugar de convivencia ciudadana, concebido como espacios multifuncionales, seguros, con un confort adecuado (control del ruido y calidad del aire) y accesibles para personas con discapacidad o con movilidad reducida.

Se especificará la fase en la que se encuentra (en elaboración, aprobado o ejecutado) y el periodo temporal de vigencia del Plan. Para la elaboración del plan en materia de accesibilidad, la Federación Española de Municipios y Provincias ha aprobado un Plan Municipal de Accesibilidad Universal, que puede servir de referencia y orientar su contenido.

La UAM deberá determinar la superficie total en metros cuadrados (m2) de todas las actuaciones que se hayan programado realizar en el ámbito temporal de la Agenda Urbana (AUE-UAM) para la mejora y adecuación del espacio público, tanto mejoras de accesibilidad, como eliminación de barreras arquitectónicas.

INDICADORES ASOCIADOS

ODS 11. 11.7.1. Proporción media de la superficie edificada de las ciudades correspondientes a espacios abiertos para el uso público.

PROPUESTA 5 PLAN DE MEJORA DE LA CALIDAD DEL MEDIO AMBIENTE URBANO DE LA UAM

La UAM dispondrá de un Plan de Mejora de la Calidad del Medio Ambiente Urbano de la Universidad, orientado a la mejora de las zonas verdes urbanas y a la reducción de la contaminación.

El seguimiento de este indicador permitirá conocer si la UAM dispone de planes orientados a mejorar el acceso y la vinculación de la ciudad con las zonas verdes, mediante la creación

de infraestructuras o redes verdes de proximidad que fomenten la plantación y conservación de vegetación autóctona, así como medidas frente a la contaminación del aire, del agua, del suelo y del subsuelo, a través de la reducción de las emisiones contaminantes con la introducción de tecnologías limpias, la recuperación ambiental de suelos y subsuelos para propiciar su reutilización para el desarrollo urbano.

Para su cálculo, es necesario incorporar en un SIG dos capas: una capa con la delimitación de las zonas verdes y zonas de esparcimiento de la ciudad y otra capa con los habitantes georreferenciados como puntos. Se aplicará un Buffer (herramienta de geoproceso del SIG), con el objetivo de crear ámbitos de proximidad de la geometría de ambas capas. Como resultado de esta operación, se obtendrá una nueva capa en la que estarán incluidos únicamente los habitantes cuya residencia esté cercana a alguna zona verde o alguna zona de esparcimiento.

PROPUESTA 6 PLAN DE REHABILITACIÓN DE LOS EDIFICIOS DE LA UAM

La UAM dispondrá de un Plan de Rehabilitación de los Edificios de la Universidad, que realice un diagnóstico de su situación y establezca prioridades y actuaciones para impulsar su mejora.

La UAM, a través de los datos de licencias de rehabilitación y reforma de edificios, podrá estimar el porcentaje de superficie construida de edificios rehabilitada anualmente, según la siguiente expresión:

$$\text{Superficie rehabilitada (\%)} = \frac{\text{Superficie construida obtenida de licencias de rehabilitación de edificios}}{\text{Superficie total parque edificatorio}}$$

Por otro lado, la UAM conocedora de la superficie rehabilitada de edificios en los que se han realizado actuaciones de mejora de la calidad, eficiencia energética y/o de accesibilidad en el marco de un programa de ayudas públicas, podrá estimar el porcentaje de esta superficie respecto al total de la rehabilitada.

$$\text{Superficie rehabilitada con ayudas públicas (\% al año)} = \frac{\text{Superficie rehabilitada con ayudas públicas}}{\Sigma\ \text{Superficie construida obtenida de licencias de rehabilitación de edificios}}$$

Respuesta a los indicadores de la NAU española.		
3 CAMBIO. CLIMÁTICO PREVENIR Y REDUCIR LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y MEJORAR LA RESILIENCIA	3.2. REDUCIR LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.	3.2.1. ¿Se dispone de algún plan o estrategia de calidad del aire que realice un diagnóstico de su situación y establezca prioridades y actuaciones para impulsar su mejora? **A | DEFINICIÓN Y RELEVANCIA** El seguimiento de este indicador permite conocer si la ciudad ha adoptado medidas para evaluar y mejorar la calidad del aire, con el objeto de minimizar o evitar los impactos negativos de la contaminación atmosférica y hacer frente a su incidencia directa en la salud humana.

C | CAMBIO CLIMÁTICO

Para REDUCIR LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, la UAM y/o el CEI UAM/CSIC

PROPUESTA 7 PLAN DE CALIDAD DEL AIRE Y EVACUACIÓN DE LA UAM

La UAM dispondrá de un Plan de Calidad del Aire y Evacuación de la Universidad, que realice un diagnóstico de su situación y establezca prioridades y actuaciones para impulsar su mejora.

Se priorizará la actualización de la Estación Meteorológica de la UAM, como estación de calidad del aire UAM. Actualmente está siendo utilizada por la Facultad de Ciencias.

El seguimiento de este indicador permite conocer si la ciudad ha adoptado medidas para evaluar y mejorar la calidad del aire, con el objeto de minimizar o evitar los impactos negativos de la contaminación atmosférica y hacer frente a su incidencia directa en la salud humana. Es preciso incorporar un Plan de Evacuación General de la UAM. Actualmente existen planes por edificios, pero dado que el Campus de la UAM es una parcela privada de uso público, la institución precisa disponer de un plan de evacuación coordinado con el resto de las instituciones que están en su territorio e informado a las instituciones vecinas.

La UAM deberá disponer de un Plan de control y mejora de la calidad del aire, y en su caso, especificará su nombre, la fase en la que se encuentra (en elaboración, aprobado o ejecutado) y el periodo temporal de vigencia del Instrumento. Especificará si dispone de una Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire, de la que se puedan obtener datos de los sensores ubicados en sus estaciones.

Este indicador mostrará la estimación total de la disminución al final del periodo establecido de la agenda urbana, de gases de efecto invernadero (en toneladas equivalentes de CO_2) en términos de reducción anual (no la reducción total que se ha producido para todo el periodo). El seguimiento de este indicador permite conocer la reducción anual de gases de efecto invernadero. (En toneladas equivalentes de CO_2). También, permitirá conocer el número de días por año en que se ha registrado una mala calidad del aire, considerando los contaminantes más relevantes. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, la contaminación del aire es un importante riesgo medioambiental para la salud y se calcula que causa alrededor de dos millones de muertes prematuras por año. La exposición a contaminantes de aire se encuentra fuera del control de los individuos y requiere de la acción de las autoridades en todos los niveles. De los datos de contaminantes, seleccionar el número de días por año con una mala calidad de aire, de acuerdo con el siguiente criterio:

- SO_2: Número de días que se supera el valor límite diario legislado de 125 µg/m^3
- CO: Número de días que se supera el valor máximo diario de las medidas móviles octohorarias de 120 µg/m^3
- NO_2: Los límites legislados son 200 µg/m^3 horarios (que no deben superar 18 días al año) y 40 µg/m^3 que no se debe superar de media al año
- O_3: Número de días que se supera el valor máximo diario de las medidas móviles octohorarias de 120 µg/m^3
- PM10: Número de días que se supera el valor límite diario legislado de 50 µg/m^3

En el caso de producción de energías renovables, la estimación se basa en la cantidad de energía primaria producida por las instalaciones, en un determinado año (ya sea el año posterior a finalizar el proyecto o el año natural a partir de la finalización del proyecto). Se supone que la energía renovable es neutral respecto al GEI y que sustituye a la energía no-renovable.

En el caso de medidas relacionadas con el ahorro de energía, la estimación se basa en la cantidad de energía primaria que se ahorra en el año en el que se realizan las actuaciones (ya sea medido a lo largo del año posterior a finalizar las obras o mediante el cálculo del ahorro a lo largo del año natural una vez finalizado el proyecto). Se supone que el ahorro energético reemplaza producción de energía no renovable.

En el caso de sumideros de carbono el valor del indicador será las toneladas teóricas (o de diseño) de CO_2/año que se van a reducir como consecuencia de la operación a realizar.

La UAM deberá ofrecer los niveles medios anuales de partículas finas (por ejemplo, PM2.5 y PM10) y el número de días al año con mala calidad de aire para cada contaminante, es decir, el número de días al año que se ha superado el valor límite para cada contaminante.

INDICADORES ASOCIADOS

- ODS 11. 11.6.2. Niveles medios anuales de partículas finas en las ciudades.

Respuesta a los indicadores de la NAU española.

4 | GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS Y ECONOMÍA CIRCULAR. HACER UNA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS Y FAVORECER LA ECONOMÍA CIRCULAR	4.1. SER MÁS EFICIENTES ENERGÉTICAMENTE Y AHORRAR ENERGÍA.	4.1.1. ¿Se dispone de algún **Plan o Estrategia de Acción para la Energía sostenible (PAES)** o instrumento equivalente que establezca objetivos locales en este ámbito? **A | DEFINICIÓN Y RELEVANCIA** El seguimiento de este indicador permite **conocer si el municipio ha adoptado medidas para contener el gasto de energía y para fomentar el ahorro y promover la eficiencia energética** teniendo en cuenta la morfología urbana y las condiciones bioclimáticas de la ciudad.
	4.2. OPTIMIZAR Y REDUCIR EL CONSUMO DE AGUA.	4.2.1. ¿Se dispone de algún **plan de gestión sostenible del agua** o instrumento equivalente que permita avanzar en la sostenibilidad y eficiencia de los recursos hídricos de la ciudad? 4.3.1. ¿Se han incorporado criterios en la gestión urbana encaminados a fomentar el ciclo sostenible de los materiales y recursos en el marco de la economía circular? 4.4.1. ¿Se disponen de planes de gestión de residuos, o equivalentes, con el objetivo de aumentar el porcentaje de recogida selectiva y reciclaje?

D | GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS Y ECONOMÍA CIRCULAR

Para HACER UNA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS Y FAVORECER LA ECONOMÍA CIRCULAR, la UAM y/o el CEI UAM-CSIC

PROPUESTA 8 PLAN DE ACCIÓN PARA LA ENERGÍA SOSTENIBLE EN LA UAM (PAES-UAM)

La UAM dispondrá de un Plan de Acción para la Energía Sostenible en la Universidad (PAES-UAM) que establezca objetivos locales en este ámbito.

Este indicador permitirá conocer si la UAM ha adoptado medidas para contener el gasto de energía y para fomentar el ahorro y promover la eficiencia energética teniendo en cuenta la morfología urbana y las condiciones bioclimáticas de la ciudad universitaria. Un excesivo consumo de energía tiene un efecto negativo desde un punto de vista global, colapsando los recursos naturales y contribuyendo al cambio climático. Es necesaria una gestión de la energía urbana más sostenible, incluyendo la reducción en el consumo y la promoción de fuentes de energía renovables, como una de las líneas de actuación en las políticas de mitigación de los efectos del cambio climático.

También se podrá estimar la reducción en el consumo anual de energía primaria (KWh/año) en los edificios públicos. Para su cálculo, la Administración competente deberá tener información sobre el consumo de energía por año (electricidad, gas natural, hidrocarburos y GLP) y del censo de población (número de habitantes).

Una vez obtenido el consumo de energía por año, todos los diferentes valores de consumo de energía deben ser convertidos a toneladas equivalentes de petróleo (tep), siguiendo las reglas de conversión equivalente existentes (por ejemplo, 1 MWh equivale a 0,086 tep), de forma que los consumos puedan ser comparables entre ellos.

$$\text{Consumo de energía} \ \frac{\text{tep}}{\text{hab por año}} = \frac{\text{Consumo electricidad + gas natural + hidrocarburos + GLP}}{\text{Número habitantes}}$$

Los cálculos sobre la reducción en el consumo anual de energía primaria (KWh/año) en los edificios públicos, se basarán en el certificado de eficiencia energética de los edificios (ver Art.12.1. b de la Directiva 2010/31/UE). El valor será calculado mediante los certificados de energía emitidos antes y después de la actuación realizada para reducir el consumo. El indicador mostrará el descenso total del consumo anual, y no del ahorro total de consumo.

De acuerdo con los plazos establecidos en la Directiva, el indicador debe aplicarse a todos los edificios públicos por encima de 250m^2 de superficie útil total y que vayan a ser objeto de reforma con este objetivo.

PROPUESTA 9 PLAN DE GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA DE LA UAM

La UAM dispondrá de un Plan de Gestión Sostenible del Agua de la Universidad, que permita avanzar en la sostenibilidad y eficiencia de los recursos hídricos de la ciudad universitaria.

Este indicador permitirá conocer si la UAM ha adoptado medidas para optimizar y reducir el consumo de agua, entre otras, disminuir el consumo de agua y del gasto energético y emisiones asociados a la distribución y tratamiento del recurso, reducir las pérdidas provocadas en las redes de distribución mediante un plan de control e inspección periódico, fomentar los sistemas eficientes de riego e incentivar la recogida de aguas pluviales en los edificios.

PROPUESTA 10 PLAN DE GESTIÓN URBANA DE LA UAM

La UAM desarrollará un Plan de Gestión Urbana de la Universidad, encaminado a fomentar el ciclo sostenible de los materiales y recursos en el marco de la economía circular.

Este indicador reflejará el compromiso local con el objetivo europeo de atender a la escasez de recursos y fomentar actuaciones y la incorporación de criterios en la gestión urbana que favorezcan el ciclo sostenible de los materiales en línea con las iniciativas para construir una Economía Circular en Europa.

El seguimiento de este indicador reflejará la cuantía de la inversión pública realizada en actuaciones que emplean materiales reciclables y fácilmente reciclables, así como el uso compartido de redes de infraestructuras.

El dato se recogerá de las actuaciones previstas con estos requisitos, en los presupuestos públicos y se indicará de cada una de ellas: el nombre; el presupuesto anualizado (en el ámbito temporal de la Agenda Urbana); la fase en la que se encuentra (en elaboración, aprobado o ejecutado) y el periodo temporal que abarca su ejecución.

PROPUESTA 11 PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE LA UAM

Dispondrá de un Plan de Gestión de Residuos de la UAM, con el objetivo de aumentar el porcentaje de recogida selectiva y reciclaje.

Este indicador permitirá conocer si se han adoptado medidas para potenciar el uso de sistemas de depósito, devolución y retorno, con el consiguiente ahorro de recursos e impactos

ambientales y socioeconómicos, básico para el desarrollo de la economía circular y fomentar iniciativas de prevención de los residuos, con un uso más eficaz de los recursos y un cambio hacia pautas de consumo más sostenibles.

Este indicador mide el volumen de residuos sólidos urbanos generados por habitante y día, considerando también el porcentaje de recogida selectiva.

Reducir, reutilizar y reciclar los residuos generados es una de las políticas más necesarias para lograr un impacto positivo en la conservación del medioambiente. El aumento de la cantidad de residuos generados por habitante causa problemas de salud y medio ambiente, por lo tanto, además de una gestión y una política de recogida apropiada, reducir y reciclar son hábitos esenciales que cada ciudadano debería poner en práctica.

La UAM, a través del departamento de gestión de residuos (Ecocampus), deberá conocer la cantidad total de residuos sólidos urbanos generados, la cantidad de residuos urbanos recogidos selectivamente para conocer el total y el volumen de reciclaje de residuos sólidos urbanos por año.

Una vez obtenido, el indicador puede ser calculado aplicando la formula correspondiente para el volumen de residuos sólidos urbanos por habitante por día, y el porcentaje de recogida selectiva.

$$\text{Residuos sólidos urbanos} = \frac{\text{Volumen total residuos sólidos urbanos}}{\text{Número habitantes x 365}}$$

$$\text{Recogida selectiva (\%)} = \frac{\text{Volumen residuos sólidos urbanos recogidos selectivamente}}{\text{Volumen total residuos sólidos urbanos}} \text{ x 100}$$

Así mismo, se recogerá, en su caso, el volumen de residuos sólidos urbanos que pueden ser objeto de tratamientos o vertidos irregulares o depósitos incontrolados y los objetivos establecidos para su erradicación en el ámbito temporal de la Agenda Urbana.

INDICADORES ASOCIADOS

- ODS 11. 11.6.1. Porcentaje de residuos sólidos urbanos recolectados periódicamente con descarga final adecuada con respecto al total de los deshechos generados por la ciudad.

Respuesta a los indicadores de la NAU española.

5 | MOVILIDAD Y TRANSPORTE. FAVORECER LA PROXIMIDAD Y LA MOVILIDAD SOSTENIBLE	5.1. FAVORECER LA CIUDAD DE PROXIMIDAD.	5.1.1. ¿Se dispone en la ciudad de **Planes de Transporte al Trabajo (PTT)** para racionalizar los desplazamientos a los principales centros de trabajo? **A | DEFINICIÓN Y RELEVANCIA** El seguimiento de este indicador permite **conocer si las empresas del municipio –individualmente o agrupadas– tienen planes vigentes para favorecer una movilidad sostenible** y eficiente entre sus trabajadores y clientes.
	5.2. POTENCIAR MODOS DE TRANSPORTE SOSTENIBLES.	5.2.1. ¿Se dispone de un **Plan de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS)** en la ciudad? **A | DEFINICIÓN Y RELEVANCIA** El seguimiento de este indicador permite **conocer si se han adoptado medidas encaminadas a favorecer una movilidad sostenible y eficiente, intentando reducir los viajes en transporte privado y mejorando los sistemas de trasporte público para que sean más eficientes, atractivos, accesible y asequibles a los ciudadanos, permitan una mejora en la calidad de los desplazamientos de los peatones** y supongan una apuesta clara por favorecer la intermodalidad. Es importante destacar el papel fundamental de las nuevas tecnologías en este ámbito. Así mismo, se realizará una aproximación al contexto en materia de **dotación de sistemas de alquiler de bicicletas en la localidad** o de plataformas de alquiler de vehículos en el contexto de la economía colaborativa. Como referencia para la elaboración de estos planes, hay que recordar la "Guía práctica para la elaboración e implantación de planes de movilidad urbana sostenible (PMUS)"6 elaborada por el IDAE, que puede ser de gran utilidad para la entidad local.

E | MOVILIDAD Y TRANSPORTE

Para FAVORECER LA PROXIMIDAD Y LA MOVILIDAD SOSTENIBLE, la UAM y/o el CEI UAM-CSIC

PROPUESTA 12 PLAN INTERNO DE TRANSPORTE AL TRABAJO DE LA UAM (PITT-UAM)

Dispondrá de un Plan Interno de Transporte al Trabajo de la UAM (PITT-UAM), para racionalizar los desplazamientos a los principales centros de trabajo, estudio y/o investigación.

El reparto modal de los viajes muestra qué tipos de modos de transporte utiliza mayoritariamente la ciudadanía y su proporción respecto al número total de viajes. La distribución de los viajes según medios de transporte en el área urbana es un dato descriptivo de la sostenibilidad de la movilidad en el municipio, y tiene una clara relación, entre otros, con los niveles de contaminación del aire. De acuerdo con la información existente sobre el uso del transporte público y privado, la distribución modal del tráfico es un dato esencial, para la definición de políticas de transporte.

El balance sostenible de la movilidad y la promoción de los medios de transporte público y no motorizados es uno de los principales objetivos para una movilidad sostenible.

$$\text{Desplazamientos en coche y moto (\%)} = \frac{\text{Nº de viajes realizados en coche y moto}}{\text{Nº total de viajes}} \times 100$$

$$\text{Desplazamientos en transporte público (\%)} = \frac{\text{Nº de viajes realizados en transporte público}}{\text{Nº total de viajes}} \times 100$$

$$\text{Desplazamientos en bicicleta (\%)} = \frac{\text{Nº de viajes realizados en bicicleta}}{\text{Nº total de viajes}} \times 100$$

$$\text{Desplazamientos a pie (\%)} = \frac{\text{Nº de viajes realizados a pie}}{\text{Nº total de viajes}} \times 100$$

PROPUESTA 13 PLAN DE MOVILIDAD URBANA SOSTENIBLE DE LA UAM (PMUS-UAM)

Dispondrá de un Plan de Movilidad Urbana Sostenible de la UAM (PMUS-UAM).

Este indicador permitirá conocer si se han adoptado medidas encaminadas a favorecer una movilidad sostenible y eficiente, intentando reducir los viajes en transporte privado y mejorando los sistemas de trasporte público para que sean más eficientes, atractivos, accesible y asequibles a los ciudadanos, permitan una mejora en la calidad de los desplazamientos de los peatones y supongan una apuesta clara por favorecer la intermodalidad.

Es importante destacar el papel fundamental de las nuevas tecnologías en este ámbito. Así mismo, se realizará una aproximación al contexto en materia de dotación de sistemas de alquiler de bicicletas en la localidad o de plataformas de alquiler de vehículos en el contexto de la economía colaborativa.

Como referencia para la elaboración de estos planes, hay que recordar la "Guía práctica para la elaboración e implantación de planes de movilidad urbana sostenible (PMUS)" elaborada por el IDAE, que puede ser de gran utilidad para la entidad local.

INDICADORES ASOCIADOS

• Indicador ODS 11. 11.2.1. Proporción de la población que tiene fácil acceso al transporte público, desglosada por sexo, edad y personas con discapacidad.

RESPUESTA A LOS INDICADORES DE LA NAU ESPAÑOLA.

Este documento se aproxima a estas cuestiones incluyendo actuaciones ya realizadas y manifestando otras iniciativas que deben desarrollarse. Esta agenda se basa en lo indicado por la NAU española y para el caso de nuestra institución, formula el desarrollo de 13 propuestas concretas de actuación asociadas a sus respectivos 13 planes específicos, que se deberán desarrollar y poner en marcha por la UAM antes del año 2030. En el contexto de la Agenda 2030 y de los planes de financiación para acciones de sostenibilidad que van a llegar las universidades en los próximos años.

En este sentido, el siete de octubre del 2020 el presidente del gobierno, Pedro Sánchez, presentó el "Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia de la economía." En esta presentación se exponían las directrices para los próximos tres años 2021-2023 en torno a las cuatro transformaciones "que el gobierno ha situado desde el principio en el centro de la estrategia de política económica: la transición ecológica, la transformación digital, la igualdad de género y la cohesión social y territorial." El desarrollo de estas líneas se hace en base a un decálogo de políticas tractoras entre las que destacan algunas alineadas directamente con la propuesta de la UAM.

En palabras del presidente del gobierno,

"el Plan de Recuperación está inspirado en la Agenda del Cambio, en la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas, va a movilizar en los próximos tres años el 50% de los recursos con los que cuenta España gracias al instrumento Next Generation EU. Es decir, este Plan guía la ejecución de cerca de 72.000 millones de euros entre los años 2021 y 2023 y además cumple con precisión las prioridades de los fondos europeos de recuperación: la inversión "verde" representa más del 37% del total del Plan y la digitalización cerca del 33%."

La primera de estas políticas tractoras es la propia Agenda urbana y rural, a la que se propone dotar con el 16% de los recursos. La segunda política, que recibirá el 12% de los recursos, se centra en impulsar las Infraestructuras y los ecosistemas resilientes, a través de proyectos como el Plan de Conservación y Restauración de Ecosistemas, o el Plan de Preservación de Infraestructuras Urbanas, Energéticas y de Transporte, entre otros. La séptima política tractora es la Educación y el Conocimiento, la formación continua y el desarrollo de capacidades. Esta política concentrará el 18% de los recursos ya que si hay un elemento capital para que el Plan tenga el impacto deseado, ese es la inversión en capital humano. La novena política tractora, con el 1,1% de los recursos, es el Desarrollo de la cultura y el deporte, dos industrias indispensables para el desarrollo de una sociedad libre y abierta.

Como se apreciará en este documento, muchas de estas políticas están alineadas con las propuestas de planes de actuación que coinciden con las planteadas por nuestra institución. En la siguiente página se puede observar la relación entre los planes propuestos y algunas de las iniciativas que el proyecto SERCAMPUS presenta. El proyecto desarrollado por el Laboratorio de Socioecosistemas de la UAM fue encargado por el Vicerrectorado de Campus y de las conclusiones de dicho estudio sobre el territorio de Cantoblanco surgen algunas propuestas estratégicas en las que orientar futuras actuaciones.

Estas líneas de actuación deberán ser complementadas con otras que se consideren a la hora de realizar el desarrollo de los trece planes descritos y de aplicación en todos los territorios de gestión de la UAM. Para ejemplificar algunos de los contenidos que estos planes deberían atender pueden servir de referencia las descripciones de algunas áreas y líneas de actuación que deberían considerarse. Como podrán comprobar hay una clara relación entre los 5 planes estratégicos que debería conformar la Agenda Urbana de la UAM y las propuestas y líneas de actuación que surgen de este informe y que pueden tomarse como referencia para dicha estrategia sobre todo en relación con los tres primeros apartados: Territorio, Paisaje y Biodiversidad, Modelo de Campus y Cambio Climático.

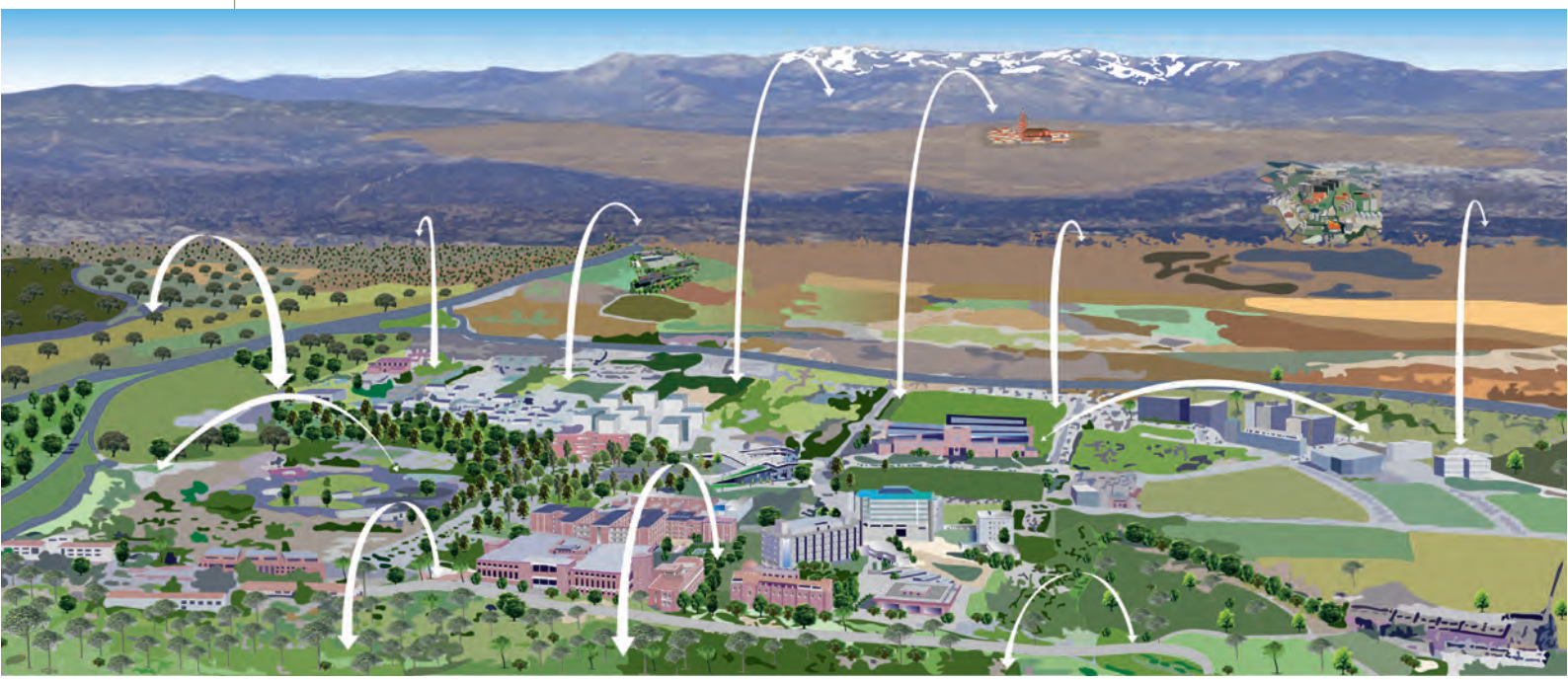
Estas propuestas deben considerarse como punto de partida de la elaboración de una estrategia más amplia y consensuada que debe seguir un proceso de participación de los distintos estamentos de la comunidad universitaria, así como de sus órganos de gobierno. Dicho plan estratégico debería servir para definir el futuro urbanístico sostenible, saludable y solidario con su entorno, de la UAM.

Espero que la reflexión de este completo trabajo sea de su interés y que el final del documento responda a las cuestiones planteadas por la AUE. Como en otras ocasiones continuamos el trabajo de los que nos han precedido y no ponemos el punto y final, sino un punto y seguido. Agradezco a los catedráticos de la UAM, Carlos Montes y Javier Benayas la coordinación de este trabajo así como a Mateo Aguado y Alberto González y al resto del equipo de trabajo, su dedicación a esta ambiciosa tarea.

Santiago Atrio Cerezo
Vicerrector de Campus y Sostenibilidad

EVALUACIÓN DE LOS **SER**VICIOS AMBIENTALES DE LOS ESPACIOS VERDES DEL **CAMPUS** DE LA UNIVERSIDA AUTÓNOMA DE MADRID

SERCAMPUS



ÍNDICE

RESUMEN 7

1. ¿POR QUÉ HACER UNA EVALUACIÓN DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES DE LOS ESPACIOS VERDES DEL CAMPUS DE LA UAM? 9

1.1. Contexto conceptual, geográfico e histórico del proyecto 10

1.1.1. Justificación del proyecto. *El reto de poner en práctica los Objetivos de Desarrollo Sostenible en la universidad* 10

1.1.2. El marco conceptual de los servicios ambientales y el desarrollo sostenible en la construcción de bienestar humano. *Conservación de la naturaleza para el bienestar humano* 12

1.1.3. La ubicación estratégica del Campus de la UAM en el gradiente urbano-rural de Madrid- Sierra de Guadarrama. *El Campus de la UAM más allá de sus límitesa dministrativos* 16

1.1.4. Evolución de los usos del suelo del Campus de la UAM y sus implicaciones en la configuración de sus espacios verdes. *De una universidad aislada a una ciudad universitaria integrada en el territorio* 22

1.2. Experiencias de sostenibilidad ambiental en campus universitarios 33

1.2.1. La promoción de la sostenibilidad ambiental en el espacio universitario 33

1.2.2. Los campus verdes universitarios como elementos clave para promover la sostenibilidad ambiental 34

1.3. Objetivos del Proyecto SERCAMPUS 38

2. ¿CÓMO SE HA LLEVADO A CABO LA EVALUACIÓN DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES DEL CAMPUS DE LA UAM? 40

2.1. Campus urbano y Campus verde. Tipología de los espacios verdes del campus de la UAM 42

2.2. Evaluación de los servicios ambientales de regulación 48

2.3. Evaluación de los servicios ambientales culturales 52

3. ¿CUÁL ES EL ESTADO DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES SUMINISTRADOS POR LOS ESPACIOS VERDES DE LA UAM? 55

3.1. Los servicios ambientales de regulación. Los beneficios invisibles de los espacios verdes de la UAM 57

3.1.1. Secuestro y almacenamiento de carbono. *El campus de la UAM y la mitigación del cambio climático inducido* 57

3.1.2. La huella de carbono de la UAM. *Un paso para reducir el impacto de la universidad en el cambio climático inducido* 59

3.1.3. Recarga de acuíferos. *La infiltración del agua en el campus de la UAM* 69

3.1.4. La huella hídrica de la UAM. *¿Cuánta agua gastamos?* 72

3.1.5. Rendimiento de agua. *La generación de agua dulce en el campus de la UAM* 76

3.1.6. Regulación de la temperatura local. *Microclima y espacios verdes de la UAM* 78

3.1.7. Purificación del aire y eliminación de contaminantes. *Respirando el aire puro de la UAM* 80

3.1.8. Sinergias entre los servicios de regulación. *Gestionando la acción conjunta entre los servicios de regulación para promover un modelo de administración holista del campus de la UAM* 82

3.2. Los servicios ambientales culturales. Los beneficios inmateriales de los espacios verdes de la UAM 86

3.2.1. Características de las personas encuestadas. *El perfil de los miembros de la comunidad universitaria de la UAM* 86

3.2.2. Patrones espaciales de los servicios culturales evaluados en el campus de la UAM. *Dónde disfrutan los miembros de la comunidad universitaria los beneficios de los espacios verdes de la UAM* 88

3.2.3. La contribución de los servicios culturales al bienestar de la comunidad universitaria. *No todos lo perciben y valoran de igual manera* 94

4. ¿CÓMO PODEMOS AVANZAR HACIA UN CAMPUS MÁS SOSTENIBLE Y RESILIENTE EN LA UAM? 98

4.1. La UAM y el reto de la sostenibilidad socio-ecológica. *Luces y sombras para un futuro más sostenible* 100

4.2. El mar o conceptual de los servicios ambientales para reconocer los espacios verde del campus con la comunidad universitaria. *La UAM como sistema socio-ecológico* 105

4.2.1. ¿Por qué necesitamos los espacios verdes de la UAM para el bienestar de su comunidad universitaria? *El seguro verde de la UAM* 105

4.2.2. Hacia un nuevo modelo de campus basado en los principios de la sostenibilidad socioecológica y la resiliencia. *Ecologizando el Campus UAM* 112

4.3. Caminando hacia una ciudad universitaria/campus-verde mediante un Plan Estratégico de Campus socio-ecológicamente sostenible y resiliente. Reconectando la naturaleza de la UAM con el bienestar de su comunidad universitaria 123

4.3.1. El Plan Estratégico de campus sostenible y resiliente de la UAM como la base de un modelo de gobernanza asociado a una ciudad universitaria periurbana con campus verde 123

4.3.2. La UAM como campus de conocimiento y agente territorial primordial en el gradiente socio-ecológico Madrid-Sierra de Guadarrama. *La dimensión territorial del Plan Estratégico* 126

4.3.3. Gestionando los gradientes de suministro y demanda de los servicios ambientales de los espacios verdes del campus de la UAM para la administración global de su recinto universitario y superar su disimetría espacial 131

4.3.4. Hacia una Planificación y gestión integrada y unitaria del campus de la UAM utilizando unidades socio-ecológicas de gestión 134

4.3.5. La arquitectura de un Plan Estratégico de Campus socio-ecológicamente sostenible y resiliente 140

5. AREAS DE PLANIFICACION Y LINEAS DE ACTUACION PROPUESTAS DESDE SERCAMPUSEN RELACIONADAS CON LA PROPUESTA DE LA AGENDA URBANA ESPAÑOLA, PARA ELDESARRROLLO DE LOS PLANES DE CAMPUS SOCIO-ECOLOGICAMENTE SOSTENIBLE Y RESILIENTE 148

5.1. Área de planificación I. Gestión de los espacios verdes naturales y su biodiversidad. *La UAM verde* 149

Línea general de actuación I.1. Establecer una línea base de conocimientos sobre la biodiversidad de los diferentes tipos de espacios verdes del campus 150

Línea general de actuación I.2. Control de especies de flora y fauna exótica invasoras en el campus 150

Línea general de actuación I.3. Crear espacios-hábitats para la biodiversidad del campus urbano 151

Línea general de actuación I. 4. Recreación de un complejo de humedales artificiales y bosque urbano en el campus periférico de transición 151

Línea general de actuación I.5. Creación del Jardín Etnobotánico Fernando González Bernáldez en el campus periférico de transición 152
Línea general de actuación I.6. Creación de un espacio de agroecología en el campus renaturalizado del este. Proyecto AgroCampUAM 153
Línea general de actuación I.7. Elaborar un programa de gestión de los 154
Línea general de actuación I.8. Programa de restauración/ renaturalización del campus periférico del este 156
Línea general de actuación I.9. Programa de restauración/ renaturalización del Campus Periférico del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares 158
5.2. Área de planificación II. Gestión ambiental/tecnológica. La UAM urbana 160
Línea general de actuación II.1. Gestionar el metabolismo de la UAM en términos de los flujos de entrada y salida de energía, agua y materiales 161
Programa 1. Fomentar la eficiencia energética de las instalaciones del campus y promover el ahorro energético de los equipamientos 161
Programa 2. Promover una gestión más eficiente y responsable del agua 161
Programa 3. Prevenir la generación de residuos y mejorar la gestión de los que se generan 161
Línea general de actuación II.2. Planificación y gestión de un modelo de urbanismo socioecológico para el campus 163
5.3. Área de planificación III. Gestión del bienestar universitario. La UAM humana 164
Línea general de actuación III.1. Promover una UAM saludable vinculada a sus espacios verdes 165
Línea general de actuación III.2. Educación ambiental desde un campus verde didáctico y científico 166
Línea general de actuación III.3. Promover la ambientalización de la UAM 168
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 171
7. APÉNDICES 182
Apéndice 1. Fichas descriptivas de unidades de usos y coberturas del suelo (en CD adjunto) 182

Apéndice 2. Valores base utilizados para los cálculos de almacenamiento y secuestro de carbono (Tn CO_2 / ha) 200

Apéndice 3. Número de árboles evaluados para la estimación del servicio de purificación del aire y eliminación de contaminantes, según especie 201

Apéndice 4. Cuestionario aplicado a la comunidad universitaria sobre los servicios culturales proporcionados por los espacios verdes de la UAM 202

Apéndice 5. Propuestas generales y detalladas que se promueven desde el SDG Lab Campus UAM para los ODS 210

Apéndice 6. Algunos bocetos elaborados por el Prof. Fernando González Bernáldez para la creación de un Jardín Botánico en el campus de la UAM 212

RESUMEN

Desde los inicios de la Universidad Autónoma de Madrid hace algo más de 50 años, se han llevado a cabo múltiples iniciativas académicas y sociales exitosas que le han dado a esta universidad un gran liderazgo nacional e internacional por su excelencia docente e investigadora. También durante este tiempo se han elaborado numerosas propuestas ambientales, pero debido a la ausencia de un plan estratégico de campus integrado e integrador, bajo los principios de la sostenibilidad ambiental y la resiliencia, la universidad no ha alcanzado el protagonismo que le correspondería como ciudad universitaria periurbana con un gran campus verde que sirviera de modelo para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y en consonancia con las demandas emanadas de la Nueva Agenda Urbana.

Toda la territorialidad de nuestra universidad, aunque se encuentre en diferentes localizaciones, tiene este concepto de Autonomía que le otorga su denominación propia, comprometida con el crecimiento urbano de la ciudad de Madrid y preocupada con su integración como Ciudad Universitaria, en el contexto geográfico de su Comunidad Autónoma.

El presente trabajo presenta la arquitectura de un futuro plan estratégico de campus socio-ecológicamente sostenible y resiliente que pretende apoyar la construcción de una ciudad universitaria periurbana verde que busca no sólo la excelencia docente y de investigación sino un nuevo modelo de espacio universitario que pone la conservación de la biodiversidad y la integración territorial en el centro enfrentándose a los retos de:

a) construir uno de los campus universitarios españoles más sostenibles cimentado en la gestión del rico y variado flujo de servicios ambientales que suministra sus espacios verdes naturales y ajardinados para el bienestar de los miembros de su comunidad.

b) erigirse en un campus de conocimiento y agente territorial de cambio fundamental dentro del gradiente urbano-rural de Madrid-Sierra de Guadarrama.

c) fomentar una comunidad universitaria concienciada con el cumplimiento de los ODS para forjar una sociedad más justa, incluyente y participativa.

d) comprometerse con las directrices y objetivos específicos de la Nueva Agenda Urbana Española para estar en disposición de cumplir los retos que dicha agenda señala para el año 2030.

1. ¿POR QUÉ HACER UNA EVALUACIÓN DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES DE LOS ESPACIOS VERDES DEL CAMPUS DE LA UAM?

MENSAJES CLAVE

• En los últimos años, y bajo el paraguas conceptual de la nueva *Agenda para el Desarrollo Sostenible,* varias universidades de todo el mundo han incorporado el marco de los *servicios de los ecosistemas (o servicios ambientales)* en el diseño y planificación socio-ecológica de sus campus con la finalidad de reconectar a su comunidad universitaria con sus espacios verdes y mejorar así su bienestar humano.

• Entendemos el Campus de la UAM como toda la superficie gestionada por nuestra institución. El término campus es un concepto global, integrador, en el que todas las dependencias de la UAM están consideradas. Las denominaciones de las diferentes sedes son, entre otras, Campus de Medicina de la UAM y Campus de Cantoblanco de la UAM, existiendo localizaciones que no es nuestra intención olvidar. Observar el presente análisis desde la óptica del Campus de Cantoblanco se hace porque:

  • Con una superficie de 219 hectáreas, el Campus de Cantoblanco la UAM goza de una ubicación privilegiada desde el punto de vista socio-ecológico, emplazándose en un entorno que posee la mayor concentración de espacios naturales protegidos de toda la Comunidad de Madrid y dentro del gradiente urbano-rural que va desde la ciudad de Madrid hasta el Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama.

  • Por su extensión y variedad los espacios verdes del Campus de Cantoblanco de la UAM tienen un enorme potencial para contribuir al bienestar de su comunidad universitaria a través del suministro de diversos servicios ambientales, tales como la regulación de la temperatura, la purificación del aire o la relajación, el descanso y el disfrute estético proporcionado por sus paisajes.

  • Dentro del Campus de Cantoblanco de la UAM existe una fuerte disimetría entre un campus central muy poblado, donde se toman las decisiones de gestión y se llevan a cabo las principales actividades docentes, de investigación, deportivas y de ocio, y un campus periférico en sus extremos, despoblado y desatendido al que no se le han asignado nuevos usos desde que los terrenos expropiados fueron abandonados e incorporados al recinto universitario.

1.1. Contexto conceptual, geográfico e histórico deñ proyecto

1.1.1. Justificación del proyecto. *El reto de poner en práctica los Objetivos de Desarrollo Sostenible en la universidad*

Actualmente alrededor del 84% de la población española vive en ciudades (esto es, municipios de más de 10.000 habitantes). En la mayoría de los casos esta población desarrolla hábitos de vida poco saludables que implican un reducido contacto con la naturaleza al aire libre, pasando la mayor parte del tiempo en el interior de edificios, frente a pantallas de dispositivos electrónicos y realizando actividades bastante sedentarias. Esta creciente desconexión con la naturaleza nos está haciendo olvidar que nuestro bienestar y el de las generaciones futuras está estrechamente ligado a la conservación de los ecosistemas (EME, 2011). Recuperar esta *memoria socio-ecológica* y reconectarse con la naturaleza de forma frecuente es una tarea fundamental para avanzar durante los próximos años hacia sociedades más saludables y sostenibles.

A este respecto, y en un contexto internacional cada vez más marcado por la sostenibilidad ambiental y por los conocidos *Objetivos de Desarrollo Sostenible* (ODS) (Caja 1.1), las universidades de todo el mundo, incluida la Universidad Autónoma de Madrid (en adelante UAM), están llamadas a repensar sus planes estratégicos y sus modelos de gobernanza mediante nuevos enfoques que permitan armonizar la educación, la investigación, la innovación y el liderazgo con el diseño de campus universitarios saludables, solidarios, sostenibles y resilientes que estén pensados por y para el bienestar de sus estudiantes y trabajadores en sintonía con lo establecido en el ODS 11; Ciudades y comunidades sostenibles ("Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles").

Caja 1.1. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible en las universidades. Un reto impostergable.

Los Estados Miembros de las Naciones Unidas aprobaron en 2015 el documento denominado Transformando nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible cuyo eje central son los denominados Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), un conjunto de 17 grandes compromisos mundiales y 169 metas orientados a transformar nuestro mundo para el año 2030 en favor de las personas, el planeta y la prosperidad para no dejar a nadie atrás[5].

Esta nueva Agenda para el desarrollo sostenible, representa uno de los acuerdos globales más ambiciosos y trascendentales de toda la historia reciente, y está llamada a guiar las estrategias y acciones políticas de todos los gobiernos, empresas y organizaciones durante las próximas décadas.

El marco de los ODS está llamado a ser la brújula a través de la cual todas las entida-

[5] https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/

des y organismos deberán estructurar sus acciones económicas, sociales y ambientales si queremos que la humanidad sea capaz de conciliar el desarrollo socioeconómico con la justicia social, la sostenibilidad ambiental, la paz y el buen gobierno de todos los pueblos.

En este contexto las universidades y otras instituciones académicas tienen un papel esencial, dentro de la sociedad, en el logro de los ODS ya que son centros de generación y difusión de investigación, conocimiento, aprendizaje y enseñanza, gobernanza institucional y liderazgo social. Pero para desarrollar bajo un enfoque integral los 17 ODS las universidades también tendrían que cambiar diferentes aspectos de sus sistemas de gobernanza, incluyendo sus relaciones de interdependencia con los espacios verdes de sus campus universitarios.

A este respecto, la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) tiene ante sí una enorme ventana de oportunidad para tratar de contribuir –desde su rol de entidad pública dedicada a la enseñanza y a la investigación– a la construcción de un horizonte más sostenible y saludable en la región que ayude a nuestro país y a nuestra civilización en general a recorrer la transición ecológica que necesita.

Cabe mencionar en este sentido el programa "La Agenta 2030 y los ODS en la UAM" (ods.uam.es), a través del cual esta universidad se suma al compromiso global de alcanzar el desarrollo sostenible. Además, la UAM ha incorporado en su oficina de Ecocampus la sede de la Red Española de Desarrollo Sostenible (REDS) (reds-sdsn.es).

Listado de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 junto con el documento base que incluye las directrices e indicadores para aplicarlos en las universidades y otras instituciones académicas

(http://reds-sdsn.es/guia-empezar-los-ods-las-universidades) así como su adaptación a las universidades iberoamericanas (http://reds-sdsn.es/documentos)

1.1.2. El marco conceptual de los servicios ambientales y el desarrollo sostenible en la construcción de bienestar humano. *Conservación de la naturaleza para el bienestar humano*

Un concepto útil para el estudio, la comprensión y la gestión de la interdependencia entre naturaleza y sociedad es el de "servicios de los ecosistemas" o "servicios ambientales", entendido *como las contribuciones directas e indirectas que los ecosistemas y su biodiversidad hacen a las diferentes componentes del bienestar humano* (EME, 2011). Los servicios ambientales constituyen la metáfora más importante en las políticas de conservación actuales para concienciar a la sociedad de que formamos parte de la naturaleza, que somos radicalmente *ecodependientes* y que, por lo tanto, tenemos que respetar los límites biofísicos de los ecosistemas si queremos disfrutar de un flujo sostenible y variado de beneficios que hagan posible la vida de los humanos, haciendo que ésta que merezca la pena vivirla.

El marco de los servicios ambientales lanza el mensaje de que del buen funcionamiento de los ecosistemas del planeta y la conservación de su biodiversidad depende el futuro económico, social y cultural de las sociedades humanas.

Los servicios ambientales se clasifican en tres grandes categorías (MA, 2005; EME, 2011) (Figura1.1) *Los servicios de abastecimiento* son los productos obtenidos directamente de la estructura biótica o geótica de los ecosistemas, como el alimento, el agua o el aire limpio, energías renovables, medicinas naturales, fibras o la madera. 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, el hábitat de especies singulares, la calidad del aire, la depuración del agua, el control de la erosión, la regulación hídrica, la regulación de perturbaciones naturales como inundaciones, plagas o enfermedades emergentes o la regulación climática por el secuestro de carbono. 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, identidad cultura, el disfrute estético de los paisajes, el desarrollo cognitivo o las actividades recreativas y de ocio o la educación ambiental. De los tres tipos de servicios, los de regulación son los más importantes ya que condicionan a los de abastecimiento y culturales al determinar las funciones de los ecosistemas o su capacidad de generar servicios para el bienestar humano.

A los efectos de este proyecto, entendemos por bienestar (o bienestar humano) aquel estado físico, social y mental que permite a las personas alcanzar una vida buena sin sobrepasar los límites ecológicos que determinan el funcionamiento global de la ecosfera. Bajo esta perspectiva socio-ecológica, el bienestar humano es una propiedad emergente resultado de la interacción de los sistemas ecológicos y sociales por lo que no se pueden alcanzar niveles considerables de bienestar gestionando cada sistema de forma independiente.

Figura 1.1. El marco conceptual de los servicios ambientales o de los ecosistemas visualiza, desde una aproximación sistémica, los vínculos indisolubles -muchos de ellos invisibles- existentes entre los ecosistemas y la sociedad a través de un rico y variado flujo de tres tipos de beneficios que contribuyen al bienestar humano (imagen obtenida de la revista Ihitza nº 22;2014).

Tal y como se muestra en la Figura 1.2, todos estos 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 psicológica), 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.) (MA, 2005; EME, 2011).

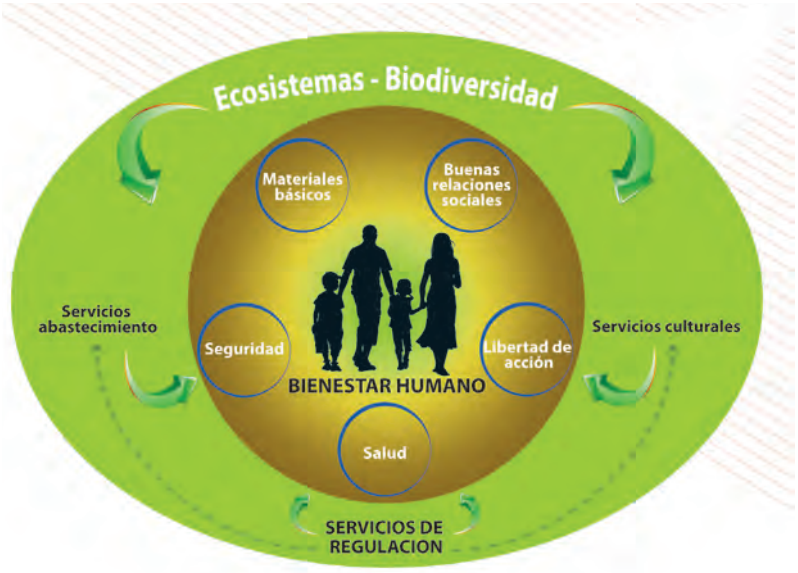


Figura 1.2. Las diferentes componentes del bienestar humano dependen, en mayor o menor medida, y de forma directa e indirecta, de las tres grandes categorías de servicios ambientales que proporcionan los ecosistemas: los servicios de abastecimiento, los servicios culturales y, fundamentalmente, los servicios de regulación. Desde esta aproximación socio-ecológica -y por tanto sistémica- el bienestar humano depende del estado de conservación de los ecosistemas y su biodiversidad y, por lo tanto, no pueden alcanzarse niveles considerables de bienestar gestionando de forma más o menos independiente cada una de sus cinco componentes (EME, 2011).

Los servicios ambientales se presentan de este modo como un "puente de unión" entre los sistemas naturales y los sistemas sociales a través del cual se reconoce que nuestro bienestar y el de las generaciones futuras depende de la integridad ecológica de los ecosistemas y, por tanto, de la conservación de su biodiversidad. Sin olvidar los valores intrínsecos de la naturaleza, sus ecosistemas se conceptualizan como la verdadera base de la subsistencia humana y, en definitiva, como la base del bienestar humano (EME, 2011). Esta nueva perspectiva de los valores instrumentales de la naturaleza, que toma como lema conservación de *ecosistemas y su biodiversidad para el bienestar humano,* facilita la comprensión, desde una perspectiva sistémica, de los estrechos y complejos vínculos que existen entre la naturaleza y la sociedad, ayudando con ello a entender mejor cómo los profundos cambios que están sucediendo actualmente en la ecosfera fruto de las actividades humanas han de tener repercusiones negativas sobre el bienestar de las personas, al ser alterados los servicios ambientales que los ecosistemas y su biodiversidad nos proporcionan (Martín-López & Montes, 2014).

Desde esta perspectiva socio-ecológica enraizada en la interdependencia indisociable entre naturaleza y bienestar humano se puede replantear el concepto estándar de desarrollo sostenible del informe Brundtland de 1987 (que se refiere al desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades) y establecer el nuevo marco de la sostenibilidad socio-ecológica que se abraza en este trabajo, y bajo el cual se propugna que no es posible obtener un desarrollo que sea realmente sostenible en el tiempo sino se respetan los límites biofísicos de los ecosistemas de los que formamos parte (aunque la tecnología pueda hacernos creer que podemos gestionar, de forma más o menos independiente, los sistemas naturales y humanos).

> Desde un enfoque socio-ecológico se puede redefinir el desarrollo sostenible como el desarrollo que permite satisfacer las necesidades del presente salvaguardando los sistemas de soporte vital de la tierra de los cuales dependen el bienestar de las presentes y futuras generaciones (Griggs et al. 2013).

También la naturaleza urbana asociada a los espacios verdes contribuye al bienestar de las personas mediante una gran variedad de formas, relacionándose positivamente con una mejor salud física y mental, así como con un mejor aprendizaje, desarrollo cognitivo y rendimiento académico, y con menores niveles de estrés laboral, ansiedad, depresión y otros riesgos psicosociales (McDonal et al., 2018; Bratman et al., 2019). Los espacios verdes urbanos y periurbanos facilitan y promueven la interacción social, de modo que las relaciones humanas en las ciudades tienden a mejorar en entornos verdes y abiertos al promover comportamientos pro-sociales que potencian la cohesión social (Jennings & Bamkole, 2019) (Caja 1.2.)

Por tanto, para alcanzar niveles considerables de sostenibilidad socio-ecológica en las ciudades es necesario promover y gestionar los espacios verdes urbanos desde una mirada diferente a la de la jardinería convencional. Habría que pasar de conceptuar a estos espacios verdes como jardines, fundamentalmente para la recreación y el esparcimiento, a verlos como

superficies con suelos y vegetación que operan como unidades suministradoras de múltiples tipos de servicios visibles e invisibles para el bienestar de la población urbana.

Definimos los "espacios verdes urbanos", desde una aproximación socio-ecológica, como aquellas superficies abiertas y sin asfaltar de las ciudades o de los entornos urbanos con suelos y vegetación, autóctona, exótica o de jardín, que están diseñados y gestionados para contribuir directa o indirectamente al bienestar de las personas mediante el suministro de un flujo rico y variado de diferentes tipos de servicios ambientales.

Para el caso concreto del Campus de Cantoblanco de la Universidad Autónoma de Madrid sus espacios verdes son más que jardines ya que proporcionan múltiples servicios ambientales, contribuyendo significativamente al bienestar de la comunidad universitaria. Así, por ejemplo, podemos encontrar servicios de regulación como el secuestro y almacenamiento de carbono realizado por los árboles del campus (que ayuda a mitigar el cambio climático inducido reduciendo los niveles atmosféricos de CO_2), o servicios de regulación más directos y locales, como el papel que juega la vegetación del campus sobre la regulación de la temperatura local y sobre la calidad del aire. Sin embargo, los servicios que más frecuentemente se perciben por la comunidad universitaria son los culturales, que las personas obtienen del campus a través de la experiencia directa o indirecta con sus espacios verdes, como por ejemplo la relajación, el descanso, el disfrute estético y recreativo de sus paisajes, o las oportunidades para la educación ambiental (Tabla 2.2.).

Caja 1.2. Los espacios verdes urbanos y periurbanos.
Un poco de naturaleza para reducir la vulnerabilidad ambiental de las ciudades.

Las ciudades han sido tradicionalmente concebidas como centros de demanda y de consumo de bienes y servicios que, desde el punto de vista de su metabolismo socioeconómico, actúan siempre como sumideros de recursos naturales no renovables y servicios ambientales y como fuente de residuos y contaminación. Esta perspectiva está sin embargo cambiando, y en los últimos años han proliferado las experiencias e iniciativas que empiezan a concebir a las ciudades y sus áreas verdes urbanas como unidades potencialmente suministradoras de servicios ambientales a disposición del bienestar de sus ciudadanos.

Bajo este cambio de perspectiva, los espacios verdes urbanos se presentan a día de hoy como una herramienta fundamental para el incremento de la resiliencia socio-ecológica en las zonas urbanas, proporcionando una variedad de espacios multifuncionales que, desde una visión integral, contribuyen a fomentar la cohesión social, el disfrute ciudadano y el sentimiento de pertenencia a la comunidad (Colding & Barthel, 2013 Montes & Duque,2015).

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 universitaria de la Autónoma.

1.1.3.La ubicación estratégica del Campus de la Universidad Autónoma en el gradiente urbano-rural de Madrid- Sierra de Guadarrama. *El Campus de la UAM más allá de sus límites administrativos*

El Campus de Cantoblanco de la Universidad Autónoma de Madrid (en adelante Campus de la UAM) con una localización periférica a menos de 15 kilómetros en línea recta de la Puerta del Sol se encuentra, como su propio nombre indica, en Cantoblanco, una zona del barrio de El Goloso, en el distrito de Fuencarral-El Pardo, perteneciente al municipio de Madrid (Figura 1.3) dentro de la Comunidad de Madrid (Figura 1.4).

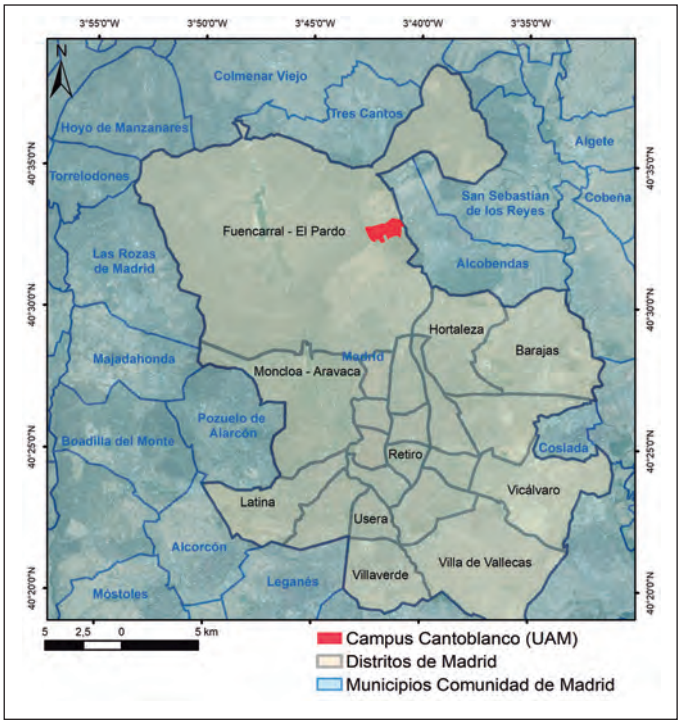


Figura 1.3. Localización geográfica del Campus de la UAM en el distrito de Fuencarral-El Pardo. Constituye el distrito de mayor superficie (24.349 ha) de los ocho que conforman el municipio de Madrid (60.430 ha) y el de mayor valor ecológico al albergar espacios naturales protegidos como el Monte de El Pardo, parte de Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares que incluye la ZEPA del Monte de Viñuelas y parte del Monte de Valdelatas.

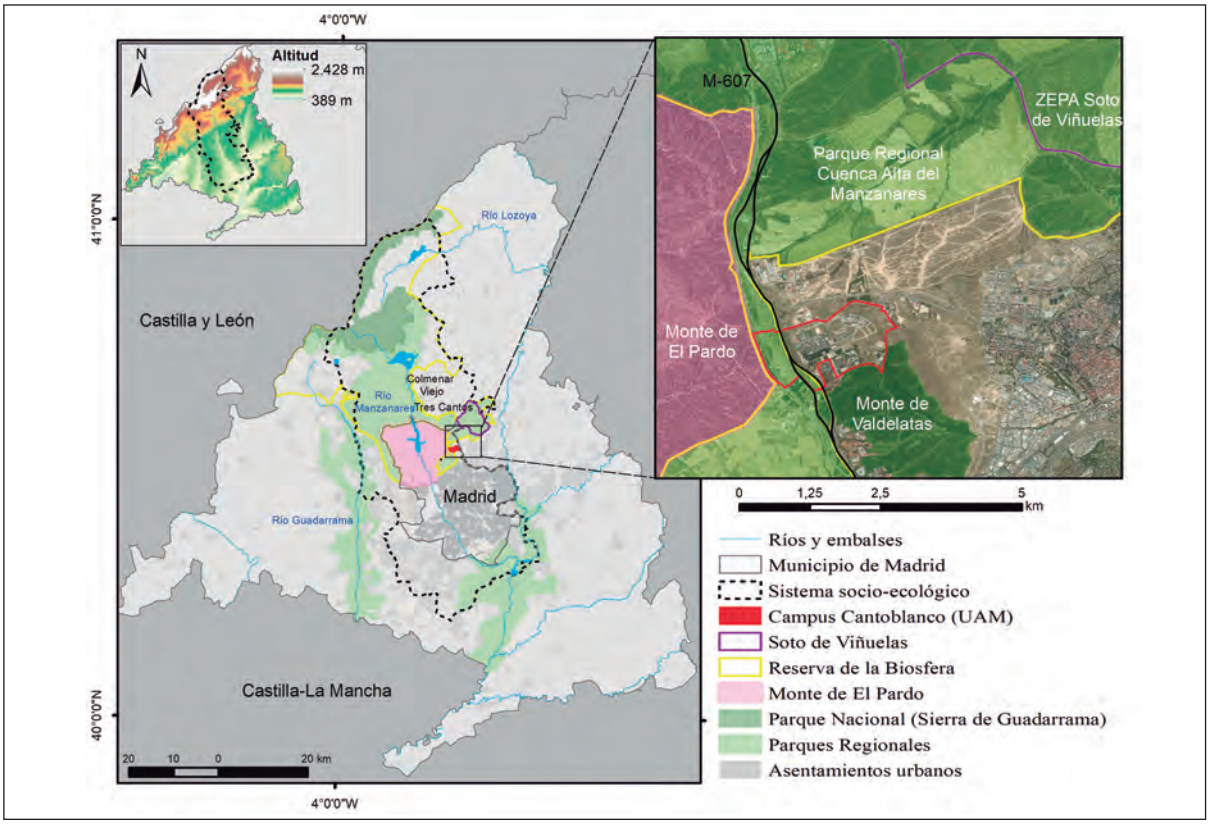


Figura 1.4. Ubicación del Campus de la UAM (rojo) dentro de la Comunidad de Madrid. La línea punteada negra delimita lo que se ha venido en llamar el Sistema socio-ecológico Madrid–Sierra de Guadarrama (González-García et al., en preparación); un área que incluye el 65 % de los grandes espacios naturales protegidos de la Comunidad de Madrid, tales como el Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama los Parques Regionales del Sureste, del Curso Medio del Río Guadarrama (al oeste) y de la Cuenca Alta del Manzanares (al noroeste), las Reservas de la Biosfera de las Cuencas Altas de los Ríos Manzanares, Lozoya y Guadarrama y el Monte de El Pardo En el recuadro se muestra con más detalle los espacios naturales protegidos que rodean el campus de la UAM.

El Campus de la UAM, con una superficie aproximada de 219 hectáreas[6], es uno de los campus universitarios, junto con el de la Universidad Autónoma de Barcelona (260 ha), de mayor extensión y con más espacios verdes ajardinados y naturales, en diferentes estados de conservación, de toda España. Está situado a una altitud media de 720 m s.n.m. dentro del gradiente altitudinal Madrid -Sierra de Guadarrama (667-2.428 m s.n.m.) y ubicado en la cuenca sedimentaria de la Fosa tectónica del Tajo Se dispone sobre el glacis alomado de arcosas de la facies Madrid, en un área ocupada tradicionalmente por agroecosistemas o sistemas agrosilvo-pastorales, que han modelado paisajes multifuncionales mixtos con manchas de bosque mediterráneo, dehesas, pastaderos y campiñas de gran valor socio-ecológico (Mata et al., 2009). Presenta un clima mediterráneo continentalizado, con una fuerte estacionalidad e irregularidad de precipitaciones predominantemente invernales, inviernos relativamente fríos y veranos calurosos. La superficie del campus se encuentra en el interfluvio de dos cuencas hidrográficas, la del río Manzanares al oeste y la del Jarama al este. Además, forma parte de

[6] La superficie del campus con la que se ha trabajado son 219 hectáreas, sin embargo, algunas de las parcelas que se han incluido en el área del campus no pertenecen o no son gestionadas directamente por las autoridades del campus por lo que la superficie es aproximada.

la zona de recarga del acuífero terciario detrítico de Madrid, que constituye la reserva de agua más importante de la Comunidad de Madrid (Yélamos & Vilarroya, 2007). Cuenta con suelos de baja fertilidad, de acidez moderada y baja capacidad de retención de humedad, con escasa productividad agrícola en secano y moderada aptitud para el aprovechamiento ganadero.Actualmente el Campus de la UAM se encuentra en un entorno natural excepcional rodeado de espacios naturales protegidos bien conservados, como son el Monte de Valdelatas al sur, el Monte de El Pardo al oeste y Soto de Viñuelas al norte, que mantienen las características originales de los ecosistemas naturales de los terrenos que actualmente ocupa la UAM, dentro de cuyo perímetro están hoy muy degradados, cuando no han sido ocupados por la urbanización o el espacio ajardinado (Figura 1.4 e Imagen 2). Los espacios protegidos de su entorno mantienen ecosistemas de gran interés ecológico no solo por su biodiversidad sino también por la singularidad de su fauna y flora (De la Torre Llorente, 2018) así como por su diversidad biológica. En algunos de estos espacios, sus comunidades herbáceas poseen records mundiales de diversidad vegetal (Pineda & Montalvo, 1995). Respecto a la fauna cabe destacar especies tan singulares de aves como el águila imperial *(Aquila adalberti)* el buitre negro *(Aegypius monachus)* o el búho real *(Bubo bubo)*.

Tomando como referencia estos espacios naturales bien conservados de su periferia (Figura 1.4), la vegetación potencial mediterránea del campus de la UAM estaría formada principalmente por encinares-carrascales y bosques riparios junto con los matorrales y pastizales resultado de la degradación de ambos tipos de ecosistemas forestales (Izco, 1979, Fuster, 1989). Al igual que sucede hoy en día en el Monte del Pardo y otros espacios naturales colindantes los ecosistemas forestales dominantes del campus deberían de ser por un lado dehesas de encinares-carrascales *(Quercus ilex subsp. ballota (Desf.) Samp.)*. Como consecuencia de factores antrópicos relacionados con el aprovechamiento tradicional de los encinares-carrascales (caza, recolección de madera, obtención de carbón vegetal, pastos para el ganado y explotación apícola) se originaría un mosaico de matorrales de jarales dominados por la jara pringosa *(Cistus ladanifer* L.*)* el tomillo *(Thymus mastichina* L.*)*, el cantueso *(Lavandula pedunculata Mill.)* o el romero *(Rosmarinus officinalis* L.*)* entre otras especies. También habría majadales o complejos de pastizales cespitosos asociados al pastoreo junto a retamares *(Retama sphaerocarpa* L.*)* más o menos aclarados. Por otro lado, y a lo largo de la red de arroyos temporales que discurrían por el campus (Imagen 3.A.) se podrían encontrar bosques de galería con especies freatofíticas de sauces *(Salix spp.)* fresnos, *(Fraxinus angustifolia Vahl)* y chopos *(Populus spp.)* acompañados de una orla espinosa de zarzales (Rubus spp.) majuelos (Crataegus monogyna Jacq.) y rosaledas *(Rosa spp.)*. Por último, entre los ecosistemas forestales se podrían encontrar formaciones mixtas de encinar y pinar básicamente de pino piñonero *(Pinus pinea* L.*)* muchas de ellas resultado de repoblaciones y algunas con regeneración natural.

En los espacios naturales protegidos bien conservados colindantes al campus de la UAM se encuentran los ecosistemas funcionales de referencia para cualquier proyecto de restauración ecológica que se quiera poner en marcha para recuperar algunas de las funciones pérdidas y potenciar el flujo de servicios de algunos de sus espacios verdes naturales alterados o renaturalizados.

A una escala espacial mayor, el Campus de la UAM se ubica en un emplazamiento socio-ecológico privilegiado, en el contacto entre el denominado Socio-ecosistema Madrid-Sierra de Guadarrama (SEMAGU) (González-García et al., en preparación) y el de la cuenca sedimentaria de la fosa del Tajo. Constituye un territorio dispuesto a lo largo de un gradiente altitudinal de municipios urbano-rurales desde la ciudad de Madrid a la Sierra de Guadarrama, incluyendo la cuenca del río Manzanares y la cuenca alta del río Lozoya (Figura 1.4). En este territorio ha existido secularmente una estrecha co-evolución e interdependencia entre sus sistemas ecológicos y socioculturales, configurándose un mosaico de paisajes multifuncionales de dehesas, montes y pastaderos de gran valor ecológico y cultural (Mata et al. 2009). A pesar de que este socio-ecosistema de 2.042 km^2 contiene la ciudad de Madrid, con una población de 3.266.126 habitantes, su valor socio-ecológico se manifiesta en que el 50% de su territorio está protegido por diferentes figuras legales, incluido el Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama (Figura 1.4).

Por otro lado, cerca del 22,3 % (48,8 ha) del recinto universitario está dentro del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares (Figuras 1.4 y 1.8) y linda en su límite meridional con el Monte o dehesa de Valdelatas perteneciente a la Comunidad de Madrid. También tiene muy cerca el Monte o dehesa de Soto de Viñuelas, que forma parte del Parque Regional y el Monte de El Pardo gestionado por Patrimonio Nacional. Por tanto, el Campus de la UAM cumple una función de conectividad biológica muy relevante, entre estos espacios naturales (Fi-

Imagen 2. Imagen aérea de Google Maps que muestra el emplazamiento estratégico del Campus de la UAM en el territorio contribuyendo a las conexiones ecológicas espaciales entre los ecosistemas de los espacios naturales protegidos bien conservados que lo rodean. Limita por el sur, con la dehesa de Valdelatas, al oeste con el Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares colindando con el Monte del Pardo, y al norte con el Monte o Soto de Viñuelas y al fondo la Sierra de Guadarrama con su Parque Nacional.

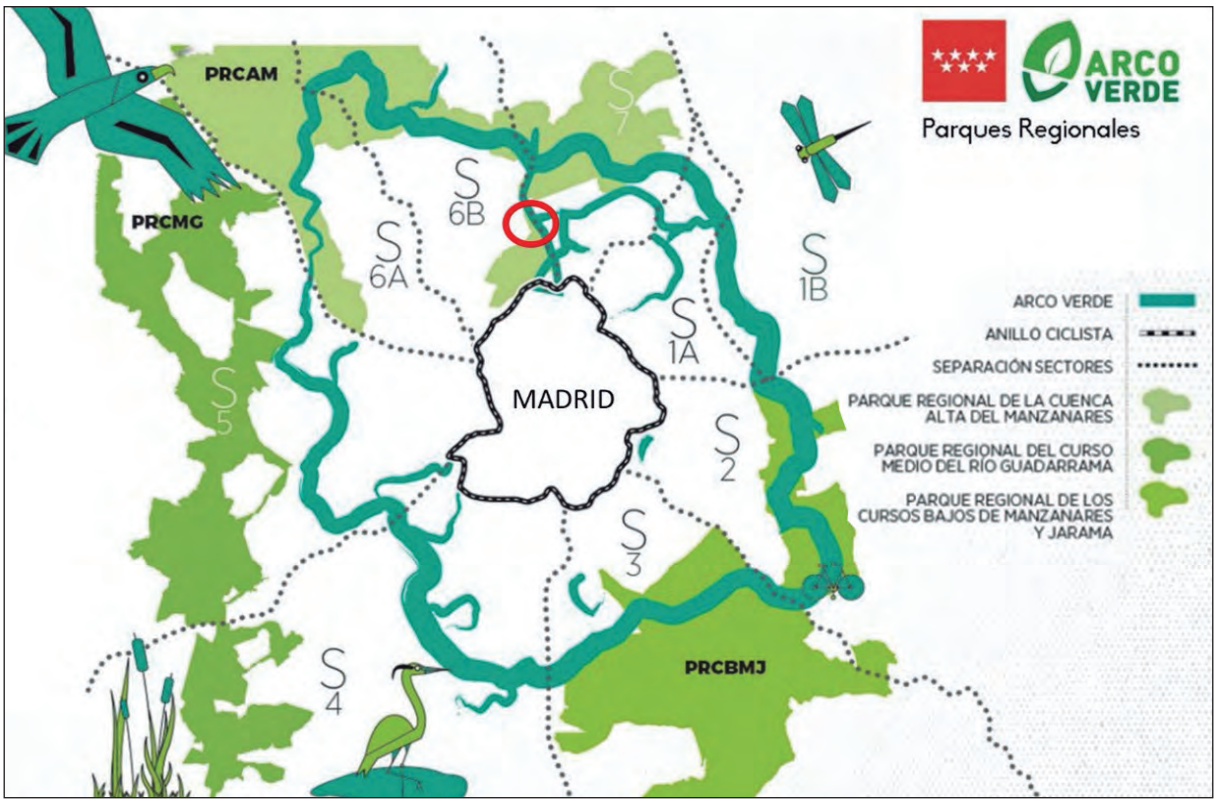


Figura 1.5. Ubicación fundamental del campus de la UAM en relación con el proyecto de Infraestructura Verde denominado Arco Verde de la Comunidad de Comunidad de Madrid con el que se pretende crear un gran espacio para el ocio, la educación ambiental y la conectividad biológica de especies singulares de flora y fauna al norte y al suroeste del área metropolitana de Madrid.

gura 1.4 e Imagen 2), facilitando la dispersión de propágulos y el flujo de especies silvestres de fauna y flora contribuyendo a la conservación de la biodiversidad de la Comunidad de Madrid.

En este contexto, cabe destacar también la localización fundamental de la UAM en relación con el proyecto Arco Verde que recientemente ha promovido la Comunidad de Madrid (Figura 1.5) El proyecto Arco Verde pretende poner en marcha una *infraestructura verde* de unas 2.300 ha que conecte 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) (Figura 1.4) Con cerca de 250 km de conexiones, esta gran infraestructura verde periurbana aprovechará caminos públicos, vías pecuarias, carriles bici e incluso vías férreas abandonadas para potenciar entre los madrileños el ocio saludable, la movilidad sostenible y el contacto directo con la naturaleza.

Con este proyecto[7] la comunidad de Madrid, junto con el Plan de Infraestructura Verde y Biodiversidad del municipio de la capital y siguiendo las directrices y objetivos de la Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la conectividad y restauración ecológicas[8] está cons-

[7] https://www.comunidad.madrid/servicios/urbanismo-medio-ambiente/arco-verde

[8] https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/ecosistemas-y-conectividad/estrategiainfraestructuraverde_tcm30-515864.pdf

truyendo su propia estrategia según establece la modificación de 2015 de la Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad (Caja 1.3). El campus de la UAM puede contribuir a su desarrollo al favorecer la conectividad socio-ecológica del gradiente urbano-rural entre la ciudad de Madrid y la Sierra de Guadarrama.

Por la ubicación estratégica de la Universidad Autónoma en el gradiente urbano rural de Madrid Sierra de Guadarrama, y por la considerable superficie y variedad de sus espacios verdes que tienen un gran potencial para suministrar servicios ambientales, el campus verde de la UAM tiene una importancia territorial más allá de sus límites administrativos contribuyendo a la sostenibilidad del sistema socio-ecológico al que pertenece. Así mismo el campus de la UAM también depende del flujo de servicios que suministran los ecosistemas bien conservados de su entorno cercano por lo que la UAM no puede ser una isla en el territorio. La planificación espacial de su campus necesita coordinarse con la ordenación territorial de los espacios protegidos y de los municipios limítrofes.

Caja 1.3. Infraestructura verde. Tejiendo redes ecológicas en la Unión Europea.

La Estrategia de la UE de la Biodiversidad hasta 2020 (UE, 2011), en su Objetivo 2 Mantenimiento y restauración de los ecosistemas y sus servicios incluye una Acción 6 Fijar prioridades de restauración y fomentar el uso de Infraestructura Verde que pretende promover una "Infraestructura Verde" para minimizar los efectos negativos en la conservación de la biodiversidad de unos de los continentes más fragmentados por la proliferación de "infraestructura gris". Esta misma idea sigue presente en la nueva Estrategia de la UE sobre la biodiversidad de aquí a 2030[9]

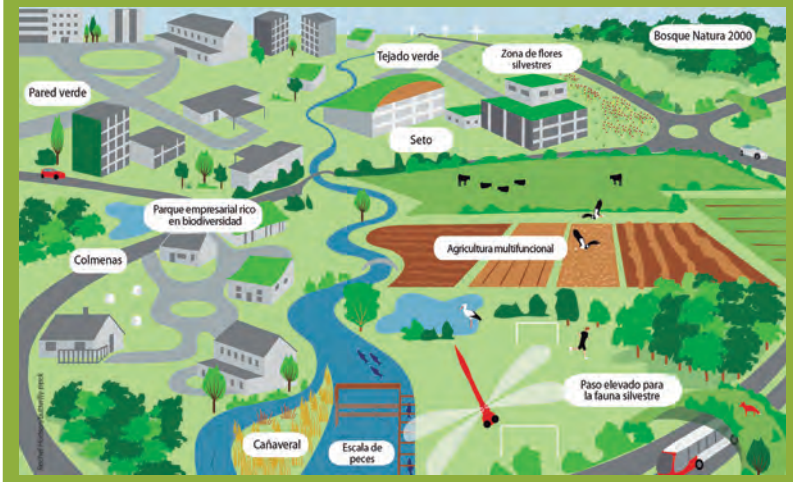
En este contexto, la Comisión aprobó en 2013 la Comunicación 'Infraestructura Verde: mejora del capital natural de Europa', en la que se sientan las bases para el desarrollo de una Estrategia de la UE sobre la Infraestructura Verde, definiéndola como "una red de zonas naturales y seminaturales y de otros elementos ambientales, planificada de forma estratégica, diseñada y gestionada para la prestación de una extensa gama de servicios de los ecosistemas. Incorpora espacios verdes (o azules, en el caso de los ecosistemas acuáticos) y otros elementos físicos de espacios terrestres (incluidas las zonas costeras) y marinos. En los espacios terrestres, la Infraestructura Verde está presente igualmente en los entornos rurales y urbanos". Se pone un especial énfasis en la importancia de asegurar el suministro de servicios de los ecosistemas que conforman las redes de infraestructura verde para la sociedad.

En España el desarrollo de esta Comunicación de la CE, a diferencia de otros países de la UE, es de obligado cumplimiento ya que se ha incluido en la modificación de 2015 de la Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad que prevé la

[9] https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/actions-being-taken-eu/eu-biodiversity-strategy-2030_es

aprobación de una «Estrategia estatal de infraestructura verde y de la conectividad y restauración ecológica (la Estrategia fue aprobada en octubre de 2020).. En su exposición motivo V decreta que:

La Estrategia ***"será elaborada de forma conjunta por la Administración General del Estado y las comunidades autónomas, y que tendrá por objetivo marcar las directrices para la identificación y conservación de los elementos del territorio que componen la infraestructura verde del territorio español, terrestre y marino, y para que la planificación territorial y sectorial que realicen las Administraciones públicas permita y asegure la conectividad ecológica y la funcionalidad de los ecosistemas, la mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático, la desfragmentación de áreas estratégicas para la conectividad y la restauración de ecosistemas degradados".***



Elementos de varios tipos de infraestructuras verdes y azules urbanas y periurbanas considerados por la Comisión Europea de Medio Ambiente. Incluye desde pequeños elementos lineales como setos o tejados verdes de edificios hasta ecosistemas funcionales completos, como bosques, humedales o ríos (CE, 2014).

1.1.4. Evolución de los usos del suelo del Campus de la Universidad Autónoma de Madrid y sus implicaciones en la configuración de sus espacios verdes. *De una universidad aislada a una ciudad universitaria integrada en el territorio*

Gómez Mendoza et al. (1985) y Gómez Mendoza et al. (2006) han analizado, desde una perspectiva geográfica y territorial los condicionamientos políticos, sociales, económicos y territoriales de la evolución del Campus o recinto universitario de Cantoblanco de la UAM desde su creación. Su estudio permite explicar por qué este espacio universitario, que alberga edificios, viario y otras infraestructuras junto con espacios no urbanizados o libres, no se diseñó, más allá de las funciones docentes e investigadoras, como una auténtica ciudad universitaria periurbana, lo más autosuficiente posible, con una gestión integrada de sus espacios construidos y verdes, y con capacidad para poder reducir los desplazamientos de los miembros de la comunidad universitaria.

Las universidades autónomas de Madrid, Barcelona y Bilbao son universidades públicas jóvenes, creadas en el año 1968 por razones fundamentalmente políticas y con criterios de orden público en el periodo final de la dictadura. Se promovía con ellas un modelo universitario innovador en determinados aspectos, que territorialmente tenían en común el estar localizadas en la periferia de grandes ciudades y en zonas con escaso desarrollo residencial, lo cual permitía aislar y desconectar a su comunidad universitaria de la ciudad en unos momentos de gran agitación política y social. También estas universidades se caracterizaban por tener campus universitarios con una superficie considerable (219 ha la UAM; 260 ha la UAB) y adoptar un similar modelo urbanístico y arquitectónico inicial de tipo modular.

Aunque en un principio se pensó situar el campus de la UAM en un lugar diferente al actual (Aravaca-Pozuelo o Alcalá de Henares), finalmente, de forma improvisada, se decidió ubicarlo en el corredor de Colmenar Viejo, una zona históricamente muy poco poblada por la presencia de espacios forestales, en su tiempo cazaderos reales, como el Monte de El Pardo o el Monte de Valdelatas. Este corredor se estaba consolidando a lo largo de la autovía M-607, el ferrocarril Madrid-Burgos y la actuación urbanística urgente que dio lugar a la nueva ciudad de Tres Cantos. Se buscaba así un eje de unión funcional entre Madrid-Fuencarral, y los municipios de Colmenar Viejo y de Tres Cantos, este último segregado del colmenareño en 1991, con equipamientos asistenciales y docentes (Figura 1.4).

A pesar de que el campus está ubicado en una zona de alto valor ecológico por los espacios naturales que lo rodean (Figura 1.4; Imagen 2), se desaprovechó el gran valor paisajístico de su entorno al ser construido en una hondonada que lo privó de las excelentes vistas a la sierra de Guadarrama. El proyecto del nuevo campus universitario tenía limitaciones espaciales importantes para su implantación: por el oeste el ferrocarril Madrid-Burgos y el Canal de Isabel II; por el norte la carretera de El Pardo a Alcobendas y los cuarteles del Goloso, y al sur la carretera de Cantoblanco y el monte de Valdelatas. Estos condicionantes hicieron que el campus se acabara ubicando en una vaguada del interfluvio de las cuencas de los ríos Manzanares y Jarama. Este emplazamiento del campus en un área deprimida, con edificios dispuestos linealmente en su parte central y mirando hacia adentro, le ha privado de su potencial paisajístico, pues desde su interior no se ve el horizonte montañoso de la Sierra de Guadarrama o las dehesas del Monte de El Pardo, que sí se perciben desde las carreteras que lo bordean. Con otra ubicación, fuera de la zona deprimida actual, el Campus de Cantoblanco de la UAM tendría una calidad paisajística excepcional. Contemplar la Sierra de Guadarrama desde cualquier punto del campus habría constituido una de las señas de identidad más características de la UAM, potenciando el sentido de pertenencia de su comunidad al recinto universitario. Esta visión panorámica solo puede contemplarse en la actualidad desde edificios con una cierta altura como el Rectorado y desde los accesos que conducen a la UAM desde Madrid y Alcobendas.

Gómez Mendoza et al. (2006) caracterizaron tres periodos en la evolución de los usos del suelo del campus según las prioridades de la política de la universidad en cada momento, que pueden apreciarse en la imagen 3 y en la Figura. 1.6 y que sirven para explicar la configuración espacial actual de sus espacios verdes ajardinados y naturales.

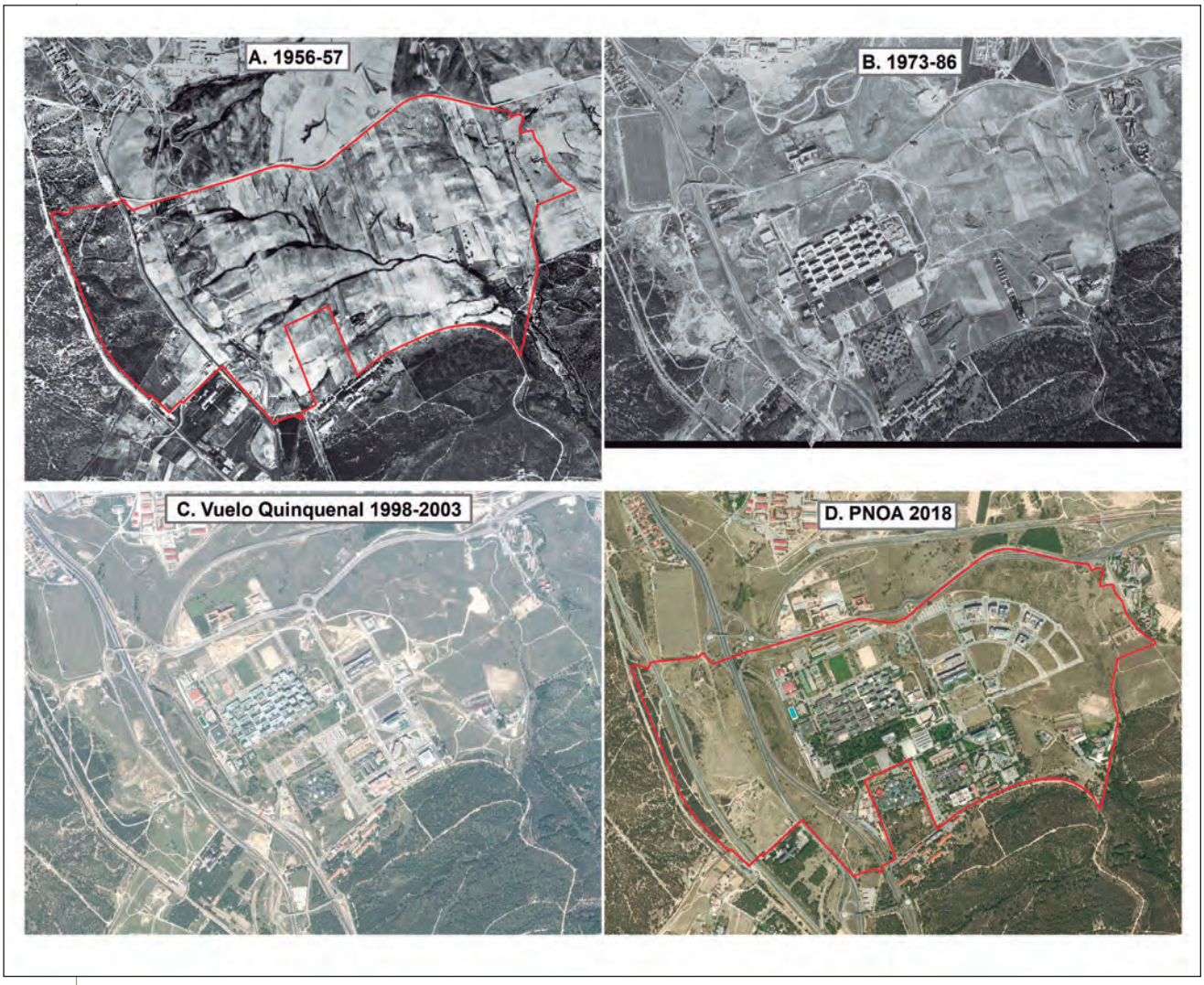


Imagen 3. Imágenes aéreas que muestran la expansión y los cambios de usos del suelo que ha conocido el campus de Cantoblanco de la UAM desde su creación en 1968. El Campus de la UAM se asienta en la actualidad sobre unos terrenos que han sufrido durante las últimas décadas, antes y después de la creación de la universidad, un intenso proceso de alteración y degradación de sus ecosistemas mediterráneos originales.

Antes del establecimiento del campus de la UAM la zona estaba constituida por una trama agraria de cultivos cerealistas con una propiedad muy fragmentada (más de 200 pequeños propietarios) y con usos del suelo exclusivamente rústicos y cinegéticos (imagen 3A). La disposición de las fincas eran longueras estrechas perpendiculares a las vías de comunicación.

Primera fase: la UAM como un "gueto universitario". Esta fase se corresponde con los primeros tiempos de la universidad, desde el inicio de las obras en el año 1970, cuando, sin un diseño conceptual previo para crear una verdadera ciudad universitaria y de una forma muy apresurada (se edificó en 16 meses), se levantó en la zona más deprimida de una vaguada y sobre la red de arroyos existente un gran edificio modular rectangular de hormigón armado, destinado a las Facultades de Filosofía, Derecho, Económicas y Ciencias. También se constru-

Figura 1.6. Evolución en tres fases de la organización funcional y configuración espacial dominante del campus de Cantoblanco de la UAM de acuerdo con las prioridades de la política universitaria en cada etapa definida que condiciona el tipo y extensión de sus espacios verdes.

yeron en la misma zona otros edificios aislados como el Rectorado, el Instituto de Ciencias de la Educación, la biblioteca central, el comedor y el polideportivo (Imagen 3B). Durante su primera década de existencia el campus de Cantoblanco de la UAM estuvo muy poco urbanizado (11,4%; 25 ha), bastante aislado de su entorno natural y social, además de muy mal conectado con el núcleo urbano de Madrid. El único uso que tenía el recinto universitario era el docente, que se llevaba a cabo en las aulas de los edificios construidos. No se le daba ninguna otra función al resto del campus no urbanizado, que todavía estaba inmerso en un largo proceso de expropiación de fincas, por lo que se fueron abandonando los usos rústicos y agropecuarios que existían en la zona antes de la delimitación del nuevo recinto universitario. Por estas razones de aislamiento social y natural Gómez Mendoza et al. (1985) calificaron el campus de Cantoblando de la UAM durante ese periodo inicial como una especie de "gueto cultural" o "gueto universitario".

Segunda fase: consolidación de la zona central del campus como el centro de gravedad de la universidad y apertura al exterior. Se asocia con la década de los 80 y 90 y se caracteriza por una universidad en búsqueda de su identidad. Una vez que se completa el proceso

de expropiación de los terrenos del campus se inicia una expansión urbanizadora y edificatoria (del 11,4% al 35,6%; 78 ha) alrededor de la zona central del campus definido por el macroedificio construido entre los años 1970-1971 (imagen 3C). A diferencia del periodo anterior se desarrolla un tipo de arquitectura no modular caracterizado por la construcción de edificios independientes y heterogéneos para albergar nuevas facultades y centros de investigación (Escuela Superior de Informática, Psicología, Derecho, Biología), así como varios institutos del CSIC en el marco del inicio de una cooperación entre la Universidad Autónoma y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Durante este periodo se produjo un importante proceso de urbanización del campus en torno a su zona central (12% 26,3 ha), coincidente con el corazón de la universidad de los 70´s, consolidándose así este sector del recinto universitario como el centro de gravedad de la comunidad universitaria al concentrarse el mayor número de Facultades y servicios universitarios. Además, en esta zona central se construyó una superficie ajardinada formada por cuadrados tapizados de césped rodeados de arbolado que se convirtió en un espacio muy atractivo para múltiples actividades de ocio de los estudiantes (Imagen 3C).

En este periodo se inicia la gestión ambiental de la universidad con la creación en 1997 de la Oficina de Ecocampus como respuesta a la Agenda 21 para el desarrollo sostenible aprobada en la Cumbre de Río de Janeiro de 1992. La Oficina se inició promoviendo procesos participativos y de gestión ambiental para alcanzar un consenso entre la comunidad universitaria para desarrollar acciones que permitieran la mejora ambiental del campus (Benayas et al. 2002). Uno de sus primeros pasos fue la aprobación por el claustro de un programa de 12 compromisos con la Agenda 21. Dentro de estas líneas estratégicas se encontraba trasformar las zonas verdes del campus progresivamente en un jardín botánico con especies diversas de la flora mediterránea. También se promovió la creación de paseos y equipamientos como bancos y zonas de reuniones para fomentar el uso y disfrute del campus por la comunidad universitaria.

De este modo, se pasó de un campus homogéneo con el urbanismo prefabricado y gris de sus inicios a otro urbanísticamente más heterogéneo con más colorido y con un importante espacio verde ajardinado en su zona central junto con un gran erial que ocupa la mayor parte del recinto universitario (70,5 ha) sin ningún uso asignado hasta ese momento.

Por otro lado, en esta fase se produjo una considerable mejora de la comunicación con el núcleo urbano de Madrid y los municipios próximos del norte del área metropolitana, con la llegada al campus del ferrocarril de cercanías, la mejora de las carreteras de acceso, la densificación y frecuencia de líneas de autobús y el diseño de carriles bici. Estas iniciativas contribuyeron a fortalecer la interacción con el entorno social, facilitar la movilidad y romper así con la etiqueta de "gueto universitario" por su aislamiento social.

Tercera fase: la entrada de la UAM en el siglo XXI con un campus disimétrico. La UAM central vs la UAM periférica. La última fase en la evolución del campus de Cantoblanco de la UAM coincide cronológicamente con la entrada en el siglo XXI. A esta fase corresponden

los desarrollos de los usos del suelo actuales y la planificación de los futuros, que pretenden conseguir una ciudad universitaria con actividad y vida propia los siete días de la semana, es decir, pasar de un campus con actividad limitada de lunes a viernes a una verdadera ciudad universitaria con actividad continuada a lo largo de todo el año y todos los días de la semana. La construcción de las residencias universitarias, la apertura de las bibliotecas 24 horas de forma continuada o la ampliación de la oferta docente de posgrado a los sábados, así como el fomento del uso durante el fin de semana de las instalaciones deportivas son iniciativas que pretenden contribuir a este fin. La construcción del edificio de la Plaza Mayor en el campus central, inaugurado en el año 2012, constituye un elemento arquitectónico y urbanístico que pretende dotar a esta ciudad universitario de un verdadero centro de referencia urbana de actividad social. Su arquitectura vanguardista, con espacios abiertos rodeados de una superficie ajardinada de césped y arbolado, invita al desarrollo de actividades al aire libre fuera de los recintos cerrados. Este tipo de arquitectura integrada con su entorno podría servir como fuente de inspiración para futuros desarrollos urbanísticos del campus.

El proyecto fue impulsado de forma conjunta por las dos principales instituciones que conforman el campus -la UAM y el CSIC- y dio paso a la creación del campus mixto UAM-CSIC, con otros proyectos de nuevos centros de investigación conjuntos. Antes de existir este edificio, la vida universitaria de los alumnos y profesores se limitaba a desplazarse al edificio de su facultad. La ubicación de la mayoría de los servicios en esta plaza ha dotado a la UAM de un lugar de intercambio y de vida colectiva que antes la universidad no ofrecía. No obstante, este proyecto aún está pendiente de fortalecerse con un mayor dinamismo de actividades culturales y fomento de la plaza, más allá de su función administrativa, como lugar de encuentro social y de disfrute de la comunidad universitaria. El impulso de la colaboración UAM-CSIC también implicó la creación de una serie de edificios de investigación en la zona norte del campus para crear un polo de centros de investigación del Parque Científico de Madrid. Con estas actuaciones se pretendía avanzar hacia un campus cada vez más autónomo y más vivo.

Con esta idea de construir una auténtica ciudad universitaria el Ayuntamiento de Madrid aprobó en el año 2009 la propuesta de la UAM de ordenación de nuevos usos del suelo del recinto universitario mediante la segunda modificación del Plan Especial de la Universidad Autónoma de Madrid, que incluía nuevos usos de suelo urbano (Figura 1.7) tales como suelo de uso residencial universitario, suelo con equipamiento comercial (Centro Cívico Plaza de la UAM), dotacional, servicios infraestructurales (Punto limpio) o la ampliación del suelo destinado al uso docente y de investigación. Respecto a los espacios verdes del campus se ampliaba la superficie de los usos de Parque Urbano relacionados con los espacios verdes ajardinados alrededor de los nuevos edificios. Sin embargo, los usos de la categoría Parque Suburbano, que se corresponde con los espacios verdes de vegetación natural de las zonas periféricas del campus, no presentaban nuevas propuestas de gestión y aprovechamiento. Por otra parte, los espacios verdes con vegetación natural del campus periférico del este, incluidos en el ámbito del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares (54 ha), quedan excluidos de esta ordenación al estar clasificados como suelo no urbanizable protegido nivel 2 (Figura 1.8).

Figura 1.7. Plano de Ordenación de los usos del suelo incluidos en la segunda modificación del Plan Especial de la Universidad Autónoma de Madrid aprobado en 2009 por el ayuntamiento de Madrid. El plano no incluye parte del campus periférico de la zona oeste al encontrarse dentro del ámbito del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares y estar clasificado como suelo no urbanizable protegido.

Durante esta fase el espacio de uso docente ya no es la única prioridad y, aunque se construyen edificios importantes como la biblioteca de ciencias Fernando González Bernáldez en el año 2002, se sigue promoviendo una universidad con liderazgo científico incluyendo nuevos usos del suelo urbano para levantar una gran infraestructura de investigación. Es el caso de

la creación en el año 2001 del gran Parque Científico de Madrid (PCM) que buscaba sinergias con otras universidades e instituciones como el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Como reconocimiento internacional de esta colaboración en el año 2010 la UAM obtuvo por parte del Ministerio de Educación y el Ministerio de Ciencia la distinción de Campus de Excelencia Internacional UAM-CSIC. Este uso de suelo con equipamiento científico ocupa una superficie importante del recinto universitario en la zona NE más allá del campus central (5,6%; 12,4 ha).

Con la idea de promover un campus más vivo, que facilitara la vida universitaria más allá de las actividades y horarios docentes en las aulas y permitiera la residencia de estudiantes en el campus, en los años 2004 y 2007 se construyeron en el borde de la vaguada, y por tanto con vistas a la sierra, los dos edificios de la Residencia Universitaria Erasmo, con cerca de 1000 plazas de alojamientos tanto para estudiantes, profesores y personas visitantes de la universidad, académico creándose así un nuevo uso de suelo residencial importante (3,7 ha; 1,6%).

Durante este periodo se elaboró de forma participativa y se aprobó en el año 2017 la Estrategia UAM 2025, en la que se establecieron las nueve características básicas que definen la identidad de la Universidad Autónoma de Madrid en los albores del siglo XXI; a saber:

1) compromiso social;

2) sostenible, saludable y solidaria;

3) calidad docente;

4) investigación de alta calidad;

5) innovación y transferencia de conocimientos;

6) proyección internacional;

7) nuevas tecnologías;

8) comunidad comprometida y participativa y

9) alianzas con otras instituciones.

La dimensión ambiental no aparece como un eje transversal de la Estrategia y sus líneas generales de actuación se desarrollan dentro del Área Estratégica denominada *Compromiso social y sostenibilidad ambiental* y económica. La sostenibilidad ambiental se articula en torno a los conceptos de medio ambiente y salud, promoviéndose al mismo tiempo un campus ambientalmente sostenible y saludable.

Para el desarrollo de la sostenibilidad ambiental de la UAM, la Estrategia asume el reto de avanzar en el logro de los ODS en el ámbito universitario (Caja 1.1). Impulsa acciones para mantener por un lado los espacios verdes del campus, el conocimiento de su fauna y flora o el diseño de recorridos para el disfrute de la riqueza natural del campus; y por otro pone en marcha múltiples medidas sobre gestión ambiental, a través de la Oficina de Ecocampus dependiente del Vicerrectorado de Campus y Sostenibilidad (http://www.uam.es/UAM/Ecocampus).

La Red Española de Universidades Promotoras de la Salud (REUPS), antes denominada Red

Española de Universidades Saludables (REUS) (Caja 1.4), de la que es miembro la UAM, impulsa la definición de un marco en el que situar muchas de las acciones que se venían realizando. La UAM se suma a la estrategia común de esta red que promueve actividades para fomentar hábitos saludables de la comunidad universitaria. Entre los servicios que atienden a la comunidad universitaria se pueden destacar:

- Las tareas de prevención que lleva a cabo el Servicio de Prevención de Riesgos Laborales.
- La atención sanitaria que el Centro de Psicología Aplicada (CPA), dependiente del Vicerrectorado de Campus, proporciona a toda la Comunidad Universitaria e incluso atiende necesidades de personas externas a la UAM.
- El trabajo de medicina laboral que el Servicio Médico de la UAM desarrolla atendiendo las necesidades de los trabajadores de la institución.
- Las actividades impulsadas desde el servicio de deportes de la UAM para, sin olvidarse de la competición interna y/o universitaria, entiende la actividad física como un hábito saludable a lo largo de la vida y para todas las personas.

Estos servicios colaboran con el servicio Ecocampus para fomentar otras acciones para el bienestar de la comunidad universitaria como son la creación de un voluntariado ambiental, los paseos saludables por Madrid, los circuitos saludables por el campus, la promoción de actividades deportivas[10].

La mayoría de las actividades mencionadas se han desarrollado en la zona central del campus de Cantoblanco, donde ya se encontraba la mayor la parte de los edificios, servicios universitarios, instalaciones deportivas y zonas ajardinadas que se fueron ampliando, desatendiéndose, prácticamente desde la creación de la universidad, los extremos este y oeste, a pesar de que suponen el 67,4% (147,7 ha) del espacio universitario (imagen 3D; Figura. 1.8). Como consecuencia de tal desatención, estas áreas periféricas han sufrido un proceso de degradación y merma de algunos de los tipos de espacios verdes naturales de mayor valor ecológico, como son los encinares-carrascales del campus periférico de la zona oriental, a pesar de estar incluidos dentro del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares y próximos a la valla de el Monte de El Pardo (Imagen 3D; Figura 1.8). Gómez Mendoza et al. (1985) consideraron estas zonas periféricas del campus, con una terminología muy propia, como "eriales sociales" (de *social brache* en alemán), puesto que entonces eran espacios en los que se habían abandonado los aprovechamientos agropecuarios tradicionales en expectativa de un próximo cambio de uso a urbano. Esas expectativas han desaparecido con la aprobación de la planificación urbanística especial de la UAM. No obstante, más allá de la clasificación de esos terrenos como Parque Suburbano (PS) por el ordenamiento urbanístico del campus, lo cierto es que falta una gestión conservacionista, restauradora y de uso público de estos valiosos espacios en el contexto de un modelo de gestión integral de todo el recinto universitario.

Sin perjuicio de esta realidad de desatención de los extremos del campus hay que destacar el proyecto de repoblación forestal, básicamente de pino piñonero *(Pinus pinea),* que se llevó a cabo entre los años 2004 y 2007 en 22 ha en la zona este del campus. Este proyecto se desa-

[10] https://ods.uam.es/uam-saludable/

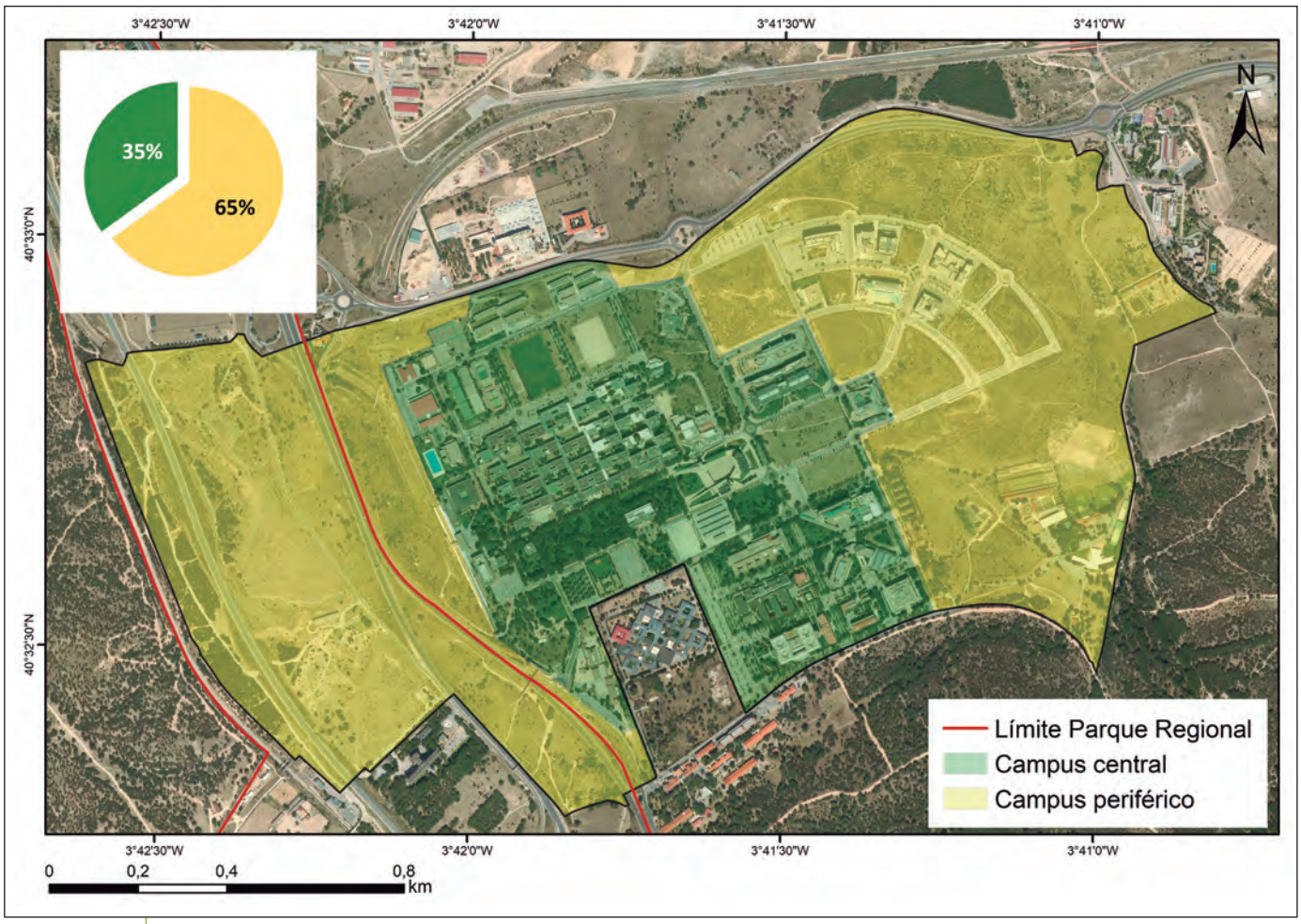


Figura 1.8. Fragmentación espacial del Campus de Cantoblanco de la UAM en un Campus central y un Campus periférico en sus extremos. La UAM CENTRAL con edificios e infraestructuras concentra a la mayor parte de la comunidad universitaria y representa el 35 % de la superficie del recinto universitario (78 ha) mientras que la UAM PERIFERICA despoblada y desatendida constituye el 65% de su extensión (141 ha).

rrolló en el contexto del Programa de ajardinamiento y reforestación Madrid Calle 30, dentro de las medidas compensatorias por el soterramiento de la M-30 formulado por la Dirección General de Patrimonio Verde del Ayuntamiento de Madrid. Aunque durante cuatro años se realizaron tareas de riego y mantenimiento de la repoblación forestal, que implicó que el número de marras fuera muy reducido, posteriormente se ha dejado a su evolución natural sin ninguna tarea de mantenimiento y cuidado en esta última década. Una evaluación realizada diez años después mostró que, debido a la falta de seguimiento del proyecto, el crecimiento de las distintas especies fue muy desigual, siendo ocupado el terreno en amplias zonas por matorrales que limitaban el crecimiento del arbolado (Rodríguez Renales, 2016). De todas formas, aunque la repoblación forestal, después de 13 años, debería tener un crecimiento y cobertura de la vegetación arbórea plantada (pinos, encinas, fresnos, chopos, cipreses, sauces) mucho mayor de el que posee actualmente, las parcelas repobladas siguen un proceso de re-

naturalización muy lento que podría acelerarse con un plan específico de gestión que potencie los procesos ecológicos esenciales relacionados con las interacciones entre agua, suelo y vegetación. Incluso en la actualidad esta repoblación desatendida tiene una importancia considerable en el suministro de servicios de regulación (apartado 3.1).

Pese a los avances producidos, la ausencia de una visión compartida en torno a un modelo de ciudad universitaria con una gestión multifuncional, integral y coordinada de todos los usos del suelo del campus, ha generado un patrón espacial y funcional disimétrico y en parte desarticulado. Ese patrón está constituido por un núcleo urbano central habitado (35% de su superficie), que se corresponde con el ámbito edificado en el origen de la UAM y que polariza buena parte de la actividad e iniciativas del campus, frente a la invisibilidad de las zonas periféricas no urbanas y deshabitadas, a las que no se han asignado actuaciones de gestión que fortalezcan y mejoren las funciones y servicios ambientales de la mayor superficie de espacios verdes naturales y renaturalizados del recinto universitario (65%).

Como propone este trabajo, la aplicación del marco teórico y práctico de los servicios ambientales que suministran los espacios verdes ajardinados del campus central y los extensos espacios verdes naturales de sus periferias, bajo el enfoque de los sistemas socio-ecológicos (apartado 4.2.2), permitirá formular las directrices de un futuro plan integrado de ordenamiento territorial del espacio universitario urbano y no urbano. Este plan deberá romper las barreras de comunicación y disfunciones de gestión que genera la dicotomía y disimetría espacial actual, tendiendo puentes entre la zona central y la zona periférica. De esa forma se alcanzará una gestión unitaria y sistémica del campus con la finalidad de conseguir niveles elevados de bienestar humano de la comunidad universitaria, fortaleciendo la promoción de un campus auténticamente sostenible, saludable y resiliente. Al mismo tiempo, el campus de la UAM, en particular sus espacios verdes urbanos y seminaturales, se integrará como una pieza relevante en la ordenación y gestión del gradiente rural-urbano del norte de la región urbana de Madrid, con una perspectiva estratégica de infraestructura verde regional.

1.2. Experiencias de sostenibilidad ambiental en campus universitarios

1.2.1. La promoción de la sostenibilidad ambiental en el espacio universitario

Cada vez son más las iniciativas internacionales orientadas a fomentar la sostenibilidad en el ámbito de la educación superior. Uno de los primeros impulsos a este respecto fue la Declaración de Talloires (Francia, 1990)[11].

Un acuerdo internacional firmado hasta el día de hoy por más de 500 universidades de todo el mundo a través del cual se decidió impulsar la sostenibilidad ambiental en la educación superior. Otro ejemplo importante lo constituye la Declaración de Turín (Italia, 2009), una alianza surgida al calor de la cumbre de universidades del G8 en la cual se enfatizó que la sostenibilidad ambiental no puede lograrse únicamente a través de esfuerzos en el campo de las ciencias naturales, sino que también debe involucrar a las ciencias de la vida, las ciencias sociales y las humanidades.

Sin embargo, y a pesar del creciente número de universidades comprometidas con el desarrollo sostenible, lo cierto es que la mayoría de ellas continúan incurriendo en el *aislamiento disciplinario* a través de enfoques tradicionales altamente reduccionistas, mecanicistas y cartesianos (Colding & Barthel, 2017) que no ayudan demasiado al logro real de la sostenibilidad. Tal y como señalan Lozano et al. (2013), los modelos sectorizados predominantes aún hoy en la mayoría de las universidades, junto con la resistencia al cambio y –en algunos casos– unos sistemas autoreplicantes que puede resultar contraproducentes a la larga, limitan mucho la transición hacia la sostenibilidad que debería darse de forma coordinada entre las diferentes disciplinas, académicos y líderes universitarios.

Para avanzar en lo real hacia universidades más sostenibles será necesario que éstas rompan de una vez con los modelos compartimentados e introspectivos hasta ahora dominantes y que se abran al *mundo exterior* mediante nuevos marcos de gobernanza centrados en el bienestar y en la sostenibilidad socio-ecológica global. Para ello será necesario promover un cambio de paradigma en las universidades de todo el mundo que se oriente hacia perspectivas sistémicas, transdisciplinares y cooperativas del conocimiento basadas en alcanzar soluciones reales a los grandes y complejos problemas socio-ecológicos de nuestro tiempo.

Este documento abraza la definición, algo modificada, de "universidad sostenible" propuesta en 2006 por Velazques y colaboradores, que la vincula con una gestión sensata que respeta los límites biofísicos de los sistemas ecológicos y los estilos de vida saludables centrados en satisfacer necesidades vitales más allá del consumismo que promueve el modelo económico imperante.

[11] https://talloiresnetwork.tufts.edu/wpcontent/uploads/DECLARACIONDETALLOIRES.pdf

Una universidad socio-ecológicamente sostenible es una institución de educación superior que aborda y promueve, tanto a nivel regional como global, la minimización de los problemas ambientales, económicos, sociales y de salud ligados al uso insostenible de recursos naturales con el fin de cumplir con sus funciones de enseñanza, investigación, divulgación y asociación para ayudar a la sociedad a emprender una transición hacia estilos de vida más sostenibles y saludables al respetar los sistemas de soporte vital del planeta.

1.2.2. Los campus verdes universitarios como elementos clave para promover la sostenibilidad ambiental

Son muchas las universidades que actualmente participan en las llamadas *evaluaciones de sostenibilidad de sus campus* (CSA, por sus siglas en inglés), una herramienta dirigida a detectar, evaluar y comunicar los avances cosechados en la necesaria tarea de alcanzar campus universitarios ambientalmente sostenibles. En una revisión de Sonetti et al. (2016) se demostró que las CSA están sesgadas principalmente hacia la medición de indicadores de eficiencia energética, existiendo por tanto la necesidad de definir y calcular otros aspectos ambientales y sociales (tanto objetivos como subjetivos) que permitan a las universidades abordar de un modo más integral todas las aristas que conlleva la sostenibilidad ambiental. El marco de los ODS (ver Caja 1.1) representa a este respecto una buena cancha de juego sobre la cual desplegar toda la complejidad que actualmente entraña abordar la sostenibilidad en los ámbitos universitarios.

En España, la CRUE (Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas), una asociación sin ánimo de lucro formada por un total de 76 universidades españolas: 50 públicas y 26 privadas que coordina acciones de interés común en temas de política universitaria, acordó en el año 2018 contribuir al desarrollo del Plan de Acción para 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, incluyendo, de manera transversal, los objetivos y valores del Desarrollo Sostenible en todas sus acciones.

En un estudio realizado recientemente en varias universidades de Tailandia se descubrió que la satisfacción y la calidad de vida manifestada por los estudiantes y profesores era significativamente mayor en aquellas universidades que disponían de espacios verdes en sus campus. Hay estudios que ponen de manifiesto que los alumnos prefieren las universidades con campus que mantienen espacios verdes frente a las que carecen de ellos (Tiyarattanachai & Hollmann, 2016).

En esta misma línea, otro estudio desarrollado en la Universidad de Texas encontró correlaciones significativas y positivas entre la tasa de utilización de los espacios verdes del campus por parte de sus estudiantes y sus percepciones de calidad de vida (McFarland et al. 2008).

Los investigadores han descubierto además que la percepción de los estudiantes sobre sus campus universitarios se relaciona significativamente con su rendimiento académico, pudiendo influir también sobre factores clave para la productividad y el buen aprovechamiento universitario, como sería el caso del estrés (McFarland et al. 2008). Estos trabajos ponen de manifiesto al fin y al cabo la diversidad de beneficios intangibles que proporcionan los espacios verdes de los campus universitarios, y que sin duda será necesario explorar mejor durante los próximos años en el empeño de progresar hacia universidades más sostenibles, saludables y resilientes.

Según argumentan Gu et al. (2019), las universidades pueden ser consideradas como pequeñas comunidades en sí mismas, capaces de contribuir con sus espacios verdes al bienestar de sus estudiantes y trabajadores mediante el suministro de diferentes tipos de servicios culturales, al tiempo que participan en la sostenibilidad regional y global proporcionando servicios de regulación como el secuestro de carbono o la recarga de acuíferos.

Además, las instituciones de educación superior con espacios verdes también pueden servir como hábitats importantes no solo para los humanos sino también para la biodiversidad (Patwardhan et al., 2001). En un estudio realizado en Pune (India) se descubrió que los campus universitarios de la ciudad contenían hasta la mitad de todas las especies de plantas, aves y mariposas presentes en la ciudad; una cuarta parte de las cuales no se encontraban en ningún otro lugar (y eso a pesar de que todos estos campus universitarios representan únicamente el 5% de la superficie de Pune) (Kulkarni et al. 2001).

> El fomento en los campus universitarios de la biodiversidad y los servicios ambientales que suministran crean entornos socioculturales únicos para mejorar el bienestar y el rendimiento de sus estudiantes, profesores, investigadores y trabajadores en general, contribuyendo con ello a reconectar a los humanos con la biosfera y a estimular procesos proambientales de cambio que promuevan la transición hacia la sostenibilidad socio-ecológica que nuestras sociedades necesitan (Colding & Barthel, 2017; Jones, 2013).

Al calor de todas estas evidencias, han sido varias las universidades de EEUU y Europa que durante los últimos años han tratado de incorporar el paradigma de los servicios ambientales en el diseño y la planificación socio-ecológica de sus campus universitarios (ver, por ejemplo, Bouffard et al. 2011 y Nyblom et al. 2010). Para ello, han desarrollado proyectos orientados a la construcción de campus verdes, saludables, sostenibles y resilientes que desde una visión holística lograsen mejorar las conexiones entre los procesos ecológicos que en ellos suceden y el tejido social que lo frecuenta y disfruta diariamente.

En esta línea, la UAM, a través de su Estrategia 2025 y al abrigo de iniciativas como la Red Española de Universidades Saludables (REUS) y la Red Madrileña de Universidades Saludables (REMUS) (Caja 1.4), abrazó este desafío aceptando el compromiso de trabajar hacia nuevos marcos de referencia consensuados que logren situar a la UAM a la vanguardia del desarrollo sostenible en España.

Caja 1.4. Salud y sostenibilidad:dos caras de una misma moneda en la UAM.

En los albores del Antropoceno nos encontramos ante un nuevo contexto mundial en donde la salud de las personas ya no puede desligarse de la salud del planeta, y en donde el crecimiento económico no puede garantizar por sí mismo la mejora de la salud de la población.

La promoción de la salud y del bienestar se ha convertido en un compromiso ineludible para todas las universidades españolas. Por este motivo, en 2008 dentro del Grupo de Trabajo de Universidades Saludables dentro de la Comisión Sectorial Crue-Sostenibilidad[12] se constituyó la *Red Española de Universidades Saludables* (REUS) (www.unisaludables.es), una iniciativa que forma parte de una estrategia internacional auspiciada por la Organización Mundial de la Salud y en la que participan CRUE Universidades Españolas, el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad y el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

La REUS, de la cual la UAM es miembro activo desde sus inicios, lleva apostando desde su constitución por los campus universitarios como entornos estratégicos promotores de la salud de la comunidad universitaria, favoreciendo los compromisos hacia la Agenda 2030 para la consecución de los ODS y avanzando con ello en el propósito de lograr entornos más saludables, solidarios y sostenibles en nuestras universidades.

Las universidades tienen a día de hoy un papel clave en cómo abordar los desafíos socio-ecológicos ligados al Cambio Global y en la consecución de los ODS (SDSN Australia/Pacific, 2017). A través de la enseñanza, las universidades poseen la enorme responsabilidad de formar a las futuras generaciones de políticos, emprendedores, científicos y pensadores que están llamados a gestionar los retos sociales, ambientales, económicos y tecnológicos que en materia de sostenibilidad deberá afrontar nuestro país durante los próximos años. Y, en este sentido, la salud y el bienestar son elementos esenciales para lograr el desarrollo sostenible.

En esta dirección, la UAM lleva tiempo trabajando en el denominado "Plan de Universidad Saludable, Solidaria y Sostenible", una iniciativa impulsada por su Vicerrectorado de Campus y Sostenibilidad para dar respuesta al compromiso adquirido en la estrategia UAM 2015[13].

[12] http://www.crue.org/SitePages/Crue-Sostenibilidad.aspx

[13] http://www.estrategiauam2025.uam.es/pdf/UAM_Estrategia_2025.pdf

El Plan está orientado a promover la salud, el bienestar y la sostenibilidad de la comunidad universitaria mediante la puesta en marcha de un campus universitario verde que fomente los hábitos saludables y el respeto hacia el medio ambiente en general y la conservación de la naturaleza en particular.

El proyecto se enmarca en el SDG Lab Campus UAM o Laboratorio sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible que surgieron por iniciativa, fundamentalmente, del Stockholm Resilience Center de la Universidad de Estocolmo y que se ha aplicado al campus de la Universidad Autónoma de Madrid[14].

Se erige como un laboratorio de innovación social para la aplicación de los ODS al campus de la UAM. Pretende explorar como reforzar y potenciar los servicios ambientales suministrados por los campus de la UAM tejiendo redes de colaboración entre los estamentos de la comunidad universitaria. A través de un taller participativo de tres días (16-18 mayo 2018) se plantearon las bases de un plan de acción sobre cómo puede contribuir la UAM a la Agenda 2030 con una serie de propuestas priorizadas que se han tenido en cuenta en el desarrollo de SERCAMPUS. Un resumen de estas propuestas puede encontrarse en el Apéndice 5.

[14] http://sdglab-campusuam.es

1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO SERCAMPUS

El objetivo general del proyecto se centra en la mejora del conocimiento sobre los beneficios ambientales directos e indirectos que los espacios verdes del Campus de Cantoblanco de la UAM proporcionan al bienestar de la comunidad universitaria a través del flujo de servicios ambientales que generan suministrando las bases para un nuevo modelo de gobernanza institucional y liderazgo social, centrado en la gestión integrada y unitaria de todo el recinto universitario bajo el marco conceptual y operativo de los sistemas socio-ecológicos y la hoja de ruta de la Agenda 2030, los ODS y la NAU.

Mediante una evaluación plural de los principales servicios ambientales de regulación y culturales presentes en los espacios verdes del campus, este proyecto levanta información útil que se espera pueda ayudar a diseñar un campus universitario más saludable, sostenible y resiliente que, reconociendo las tramas ecológicas subyacentes, sea capaz de suministrar diferentes tipos de servicios ambientales que contribuyan positivamente al bienestar socio-ecológico de la comunidad universitaria.

Se espera que este trabajo permita, con sus propuestas, superar las disimetrías espaciales del campus de la UAM y seguir avanzando hacia el diseño de un recinto universitario más holístico, multifuncional, sostenible y resiliente que optimice los beneficios que proporcionan sus espacios verdes favoreciendo la conectividad ecológica y la cohesión social del sistema socio-ecológico donde se ubica y mirando más allá de sus límites administrativos y siempre buscando el bienestar de la comunidad universitaria de la UAM.

Para alcanzar este objetivo general, el proyecto estableció los siguientes objetivos específicos:

- Identificar, cartografiar y evaluar cinco servicios de regulación:
  - I) el secuestro y almacenamiento de carbono,
  - II) la recarga de acuíferos,
  - III) el rendimiento de agua,
  - IV) la regulación de la temperatura local y
  - V) la purificación del aire y la eliminación de contaminantes.
- Realizar una estimación de la huella de carbono y de la huella hídrica de la UAM.
- Identificar, cartografiar y evaluar de forma participativa e interactiva tres servicios culturales:

I) el disfrute estético de los paisajes,

II) las actividades recreativas y de ocio y

III) la educación ambiental.

• Establecer unos lineamientos generales de un futuro Plan Estratégico de campus socio-ecológicamente sostenible y resiliente que permita la gestión sistémica del campus de la UAM bajo el marco conceptual y operativo de los servicios ambientales que suministran sus espacios verdes que permitan gestionar las relaciones complejas entre estos y el bienestar de su comunidad universitaria.

• Difundir los principales resultados del proyecto a toda la Comunidad Universitaria.

2. ¿CÓMO SE HA LLEVADO A CABO LA EVALUACIÓN DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES DEL CAMPUS DE LA UAM?

MENSAJES CLAVE

• El campus de Cantoblanco de la UAM al tener un 70 % (153 ha) de su superficie no urbanizada puede considerarse como un auténtico campus verde otorgándole una de las señas de identidad más importante a la Universidad Autónoma de Madrid respecto a otras universidades españolas.

• Se definieron en el Campus de la UAM 17 clases diferentes de usos y coberturas del suelo de las cuales trece han sido consideradas espacios verdes ajardinados artificiales o seminaturales (encinares-carrascales) o renaturalizados (repoblaciones de pino piñonero) que fueron conceptuados como unidades suministradoras de servicios ambientales para el bienestar de la comunidad universitaria.

• Como resultado de la política universitaria que ha priorizado los usos en la zona central del campus se ha organizado espacialmente el recinto universitario en una UAM Verde que supone el 70% de su superficie y mantiene espacios verdes ajardinados en el campus central y espacios verdes seminaturales o renaturalizados en los campus periféricos de sus extremos frente una UAM Urbana (30%) con edificios e infraestructuras impermeables.

• La evaluación de los servicios ambientales suministrados por los espacios verdes del Campus de la UAM se llevó a cabo a través de diferentes metodologías basadas en la cartografía de servicios y dirigidas a facilitar la toma de decisiones.

• Los cinco servicios de regulación evaluados fueron cartografiados mediante diferentes metodologías contrastadas, tomando como referencia las que se han llevado a cabo anteriormente en otros estudios en el gradiente Madrid-Sierra de Guadarrama para analizar su alcance regional.

• Los tres servicios culturales evaluados fueron cartografiados a través de metodologías participativas basadas en un cuestionario online cuyo fin fue conocer las percepciones sociales existentes hacia dichos servicios entre los usuarios del campus.

2.1. Campus urbano y Campus verde. Tipología de los espacios verdes del campus de la UAM

Como paso previo a la evaluación de los servicios ambientales proporcionados por los espacios verdes del Campus de Cantoblanco de la UAM, se elaboró una base cartográfica con los diferentes usos y coberturas del suelo (tanto seminaturales como artificiales) existentes en el conjunto de Campus. Para ello se utilizó la imagen aérea de máxima resolución de la base de datos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), obtenida en el Centro Nacional de Descargas del Instituto Geográfico Nacional (hoja 534 del mapa 1:50.000). Sobre esta ima-

Tabla 2.1. Clases de coberturas del suelo en base a los tres niveles o escalas de análisis utilizados para la fotointerpretación del Campus de Cantoblanco de la UAM. Las 13 clases no urbanas de coberturas del suelo definen la tipología de los espacios verdes ajardinados y seminaturales del Campus de Cantoblanco de la UAM que son considerados como ecosistemas con capacidad para suministrar servicios ambientales que contribuyen al bienestar de la comunidad universitaria.

Clase	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
	CAMPO URBANO	ESPACIOS URBANOS CON SUELOS PERMEABLES/IMPERMEABLES	
1	Suelo urbano	Urbano impermeable	Edificios e infraestructura urbana en el campus central
2	Suelo urbano	Suelos permeables para actividades deportivas	Sustratos artificiales en el campus central
3	Aguas urbanas	Instalaciones deportivas	Piscina en el campus central
4	Aguas urbanas	Instalaciones de saneamiento	Depuradora en el campus en el campus periférico del este
	CAMPUS VERDE	**ESPACIOS VERDES**	
		Jardines/Cultivos	
1	Espacios verdes ajardinados	Jardín de herbáceas	Césped con riego en el campus urbano central
2	Espacios verdes ajardinados	Jardín de matorral	Matorrales ornamentales en el campus urbano central
3	Espacios verdes ajardinados	Jardín arbolado	Bosquetes ornamentales en el campus urbano central
4	Espacios verdes ajardinados	Jardín mediterráneo	Vegetación mediterránea plantada en rotonda y medianas del campus urbano central
5	Espacios verdes ajardinados	Jardín arbolado	Bosquetes ornamentales en los patios interiores de los módulos del macroedificio original
6	Cultivos	Invernadero/huerta	Huerto comunitario en el campus central
		Seminaturales/renaturalizados	
7	Vegetación seminatural	Vegetación seminatural forestal	Fragmentos de encinares-carrascales sobre arcosas en el campus periférico del Parque Regional
8	Vegetación seminatural	Vegetación seminatural de matorral	Matorral mediterráneo en los campus periféricos
9	Vegetación seminatural	Vegetación seminatural de herbáceas	Especies perennes y anuales (herbazal) en varias zonas
10	Vegetación restaurada	Vegetación seminatural de sotos o ribera	Plantas freatofíticas asociadas a pequeños cauces naturales en el campus periférico del este
11	Vegetación renaturalizada	Vegetación renaturalizada forestal	Pinares de pono piñonero de repoblación en el campus periférico del este
12	Suelo sin vegetación	Suelo desnudo	Arcosas (areniscas feldespáticas) en el campus periférico
13	Suelo contaminado	Suelo degradadocon escasa vegetación susceptible de ser restaurado	Escambros; Resto de material de construcción en el campus periférico del Parque Regional

gen aérea se llevó a cabo una fotointerpretación homogénea basada en coberturas, realizada uniformemente a escala 1:2.000. Para la identificación de coberturas se prestablecieron 17 clases distintas de coberturas (13 tipos de espacios verdes y 4 tipos de urbanas) organizadas en base a tres niveles o escalas de análisis diferentes (Tabla 2.1).

Estos tres niveles, que fueron establecidos en base a otros estudios similares sobre ecosistemas urbanos (ver, por ejemplo, Chaparro y Terradas, 2009; Buriel et al., 2006), se organizaron desde el más general (nivel 1) hasta el más específico (nivel 3), siendo este último –el tercer nivel– el utilizado en la fotointerpretación.

Dada la baja superficie sobre la que se trabajó (219 ha), se decidió utilizar como referencia para la fotointerpretación lo establecido en el Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo en España (SIOSE). Esta base de datos de elevada precisión utiliza como unidad de análisis el *polígono*. Sin embargo, cada polígono no tiene asignado un único valor de cobertura, sino que es resultado de la configuración de dos o más coberturas a modo de porcentajes. De este modo se evita la generalización que sucedería en caso de asignar un único código de cobertura a cada polígono (por ejemplo, *parque urbano*), asignando, en su lugar, los porcentajes de cobertura pertinentes en cada caso (por ejemplo 60% de *arbolado de jardín, 30% de césped y 10% de matorrales de jardín*).

Además de fotointerpretar coberturas mediante el método aplicado por el SIOSE, fueron recopilados otro tipo de datos, como la impermeabilidad de los suelos, que se utilizaron en la modelización de algunos de los servicios ambientales seleccionados. De este modo, a los conjuntos de árboles situados en las zonas ajardinadas del campus se les asignó categoría permeable, mientras que a los situados en las zonas de asfalto se le asignó categoría impermeable. En el Apéndice 1 se presenta una descripción, en formato de fichas, de cada una de las coberturas de usos del suelo caracterizadas en el Campus de la UAM.

Los diferentes usos y coberturas del suelo asociados a los distintos tipos de espacios verdes del Campus de la UAM se muestran espacialmente en la Figuras 2.1. Por su parte, la Figura 2.2 muestra los porcentajes de los diferentes usos y coberturas del suelo que fueron considerados en el Campus de la UAM.

El suelo urbano (artificial impermeable) de los edificios e infraestructuras urbanas del centro del campus y el espacio verde de herbazales (especies perennes y anuales) repartidos por el campus son las dos coberturas mayoritarias en el recinto universitario (30%) seguidos de los pinares de pino piñonero de repoblación en el campus periférico del este y los encinares sobre arcosas en el periférico de oeste junto a la valla del Monte del Pardo (ambos con un 9,4%) y los matorrales mediterráneo del campus (6,5%). Los bosquetes de jardín (5%) y el césped (4%) en la zona central son otras coberturas representativas del campus.

De conformidad con el objetivo general del proyecto que busca crear las bases de un nuevo modelo de gestión integrada del campus de la UAM basado en la caracterización y evaluación de los servicios ambientales de sus espacios verdes para el bienestar de su comunidad universitaria se han agrupado las coberturas definidas y cartografiadas por su capacidad de generar servicios en espacios verdes seminaturales y ajardinados versus los espacios artificiales e impermeable con suelos fundamentalmente impermeables (Figura.2.3). Esta agrupación

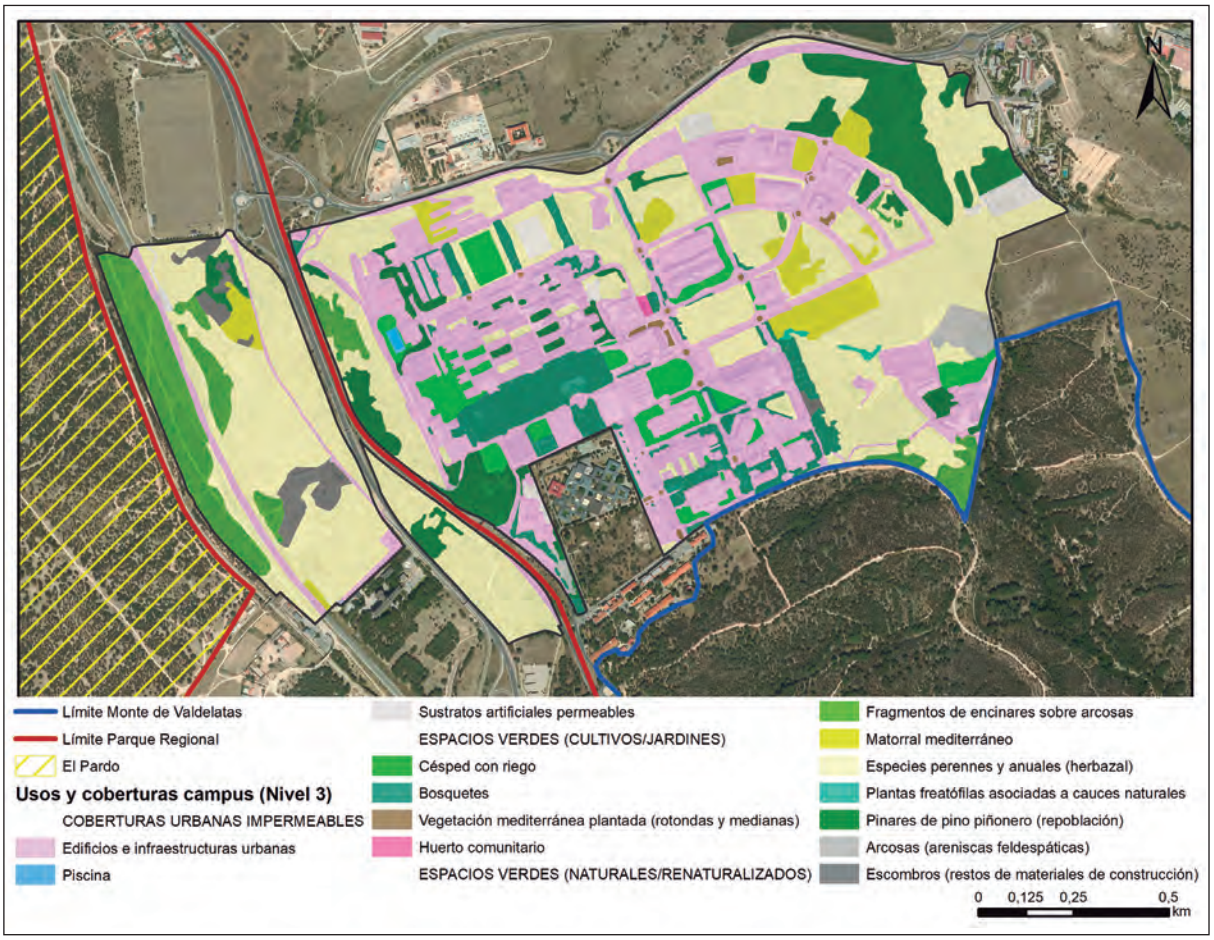


Figura 2.1. Mapa del Campus de la UAM mostrando las 4 coberturas urbanas y los 13 de espacios verdes según la terminología de la tabla 2.1. Los espacios verdes ajardinados de los patios interiores de las antiguas facultades se han incluido en la clase de bosquetes del campus urbano central. Se muestran los límites de los espacios seminaturales circundantes del Monte de Valdelatas, el Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares y el Monte de El Pardo.

muestra la división artificial o falsa dualidad que existe entre un campus urbano situado en su mayor parte en el centro del recinto universitario y un campus verde ocupando mayoritariamente su periferia este y oeste (Figura 2.3; Imagen 4.)

Llama la atención la gran superficie (153,3 ha) del suelo del campus de la UAM que no ha sido urbanizado y que alberga sus espacios verdes seminaturales, renaturalizados o ajardinados responsables del flujo prioritario de servicios ambientales frente a las 65,7 ha de edificios e infraestructura urbanas (Imagen 3). Un campus como el de la UAM con el 70% de su superficie ocupada por una importante variedad de espacios verdes representa una gran oportunidad para alcanzar la finalidad última del proyecto de visualizar los vínculos invisibles entre los servicios ambientales de su campus verde y los diferentes componentes del bienestar de la comunidad universitaria incluida la salud de sus miembros.

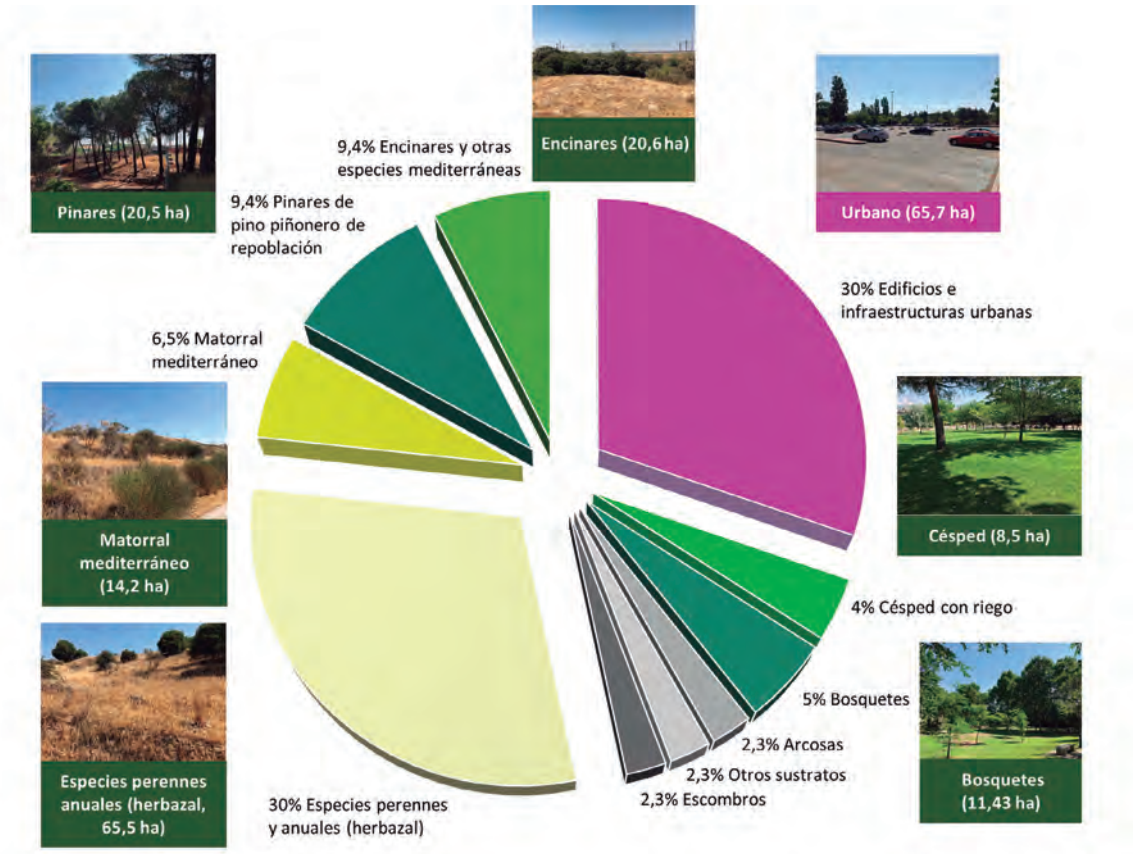


Figura 2.2. Distribución de los porcentajes acompañados de imágenes de los usos y coberturas del suelo asociados a los distintos tipos de espacios verdes de la UAM del Campus de la UAM que se muestran en la tabla 2.1.

El campus verde de la UAM, por su extensión y heterogeneidad, además de ser una de las señas de identidad de la Universidad Autónoma, se convierte en un excelente laboratorio para generar conocimientos que permitan construir universidades saludables, sostenibles y resilientes al poder experimentar diferentes estrategias transformativas ya sean educativas, de investigación, de aprendizaje o de gobernanza bajo del marco de *La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, los ODS y la NAU.*

Una vez completada la base cartográfica del Campus de la UAM y sus diferentes usos y coberturas del suelo, se procedió a hacer la evaluación de la distribución espacial de los diferentes servicios ambientales proporcionados en el territorio del campus.

La cartografía de servicios ambientales consiste en modelizar las contribuciones que los ecosistemas realizan sobre el bienestar humano para representarlo sobre un mapa, de manera que se aprecie la distribución espacial de los servicios evaluados. Existen muchos modelos y

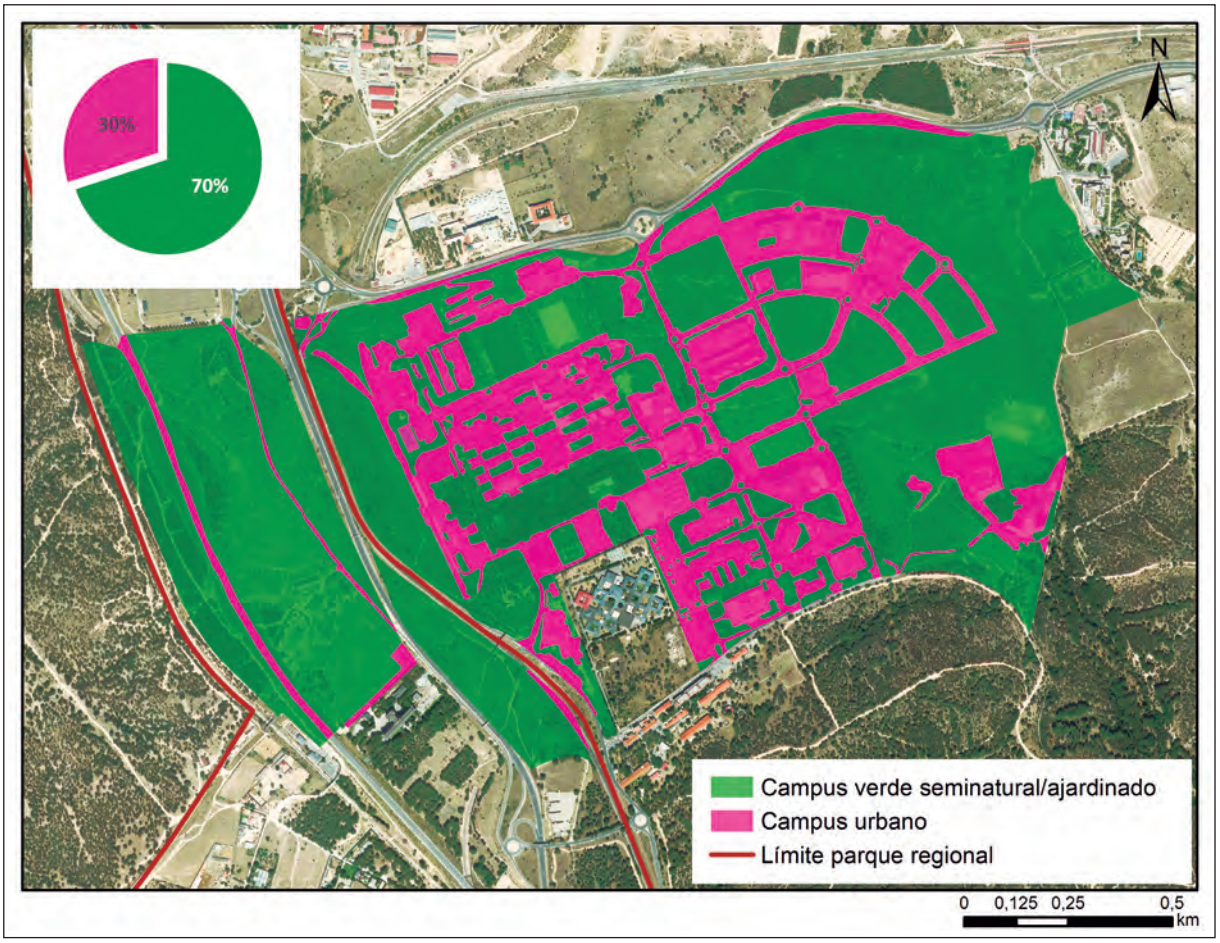


Figura 2.3. División artificial del Campus de Cantoblanco de la UAM en un CAMPUS URBANO y un CAMPUS VERDE. El Campus urbano con edificios e infraestructuras fundamentalmente impermeables, representa el 30% (65,7 ha) de su superficie mientras que el Campus verde con espacios verdes ajardinados, seminaturales y renaturalizados con capacidad para suministrar servicios ambientales constituye el 70% de su extensión (153,3 ha).

métodos de cartografía de servicios ambientales, dependiendo del servicio que se quiera evaluar y de si se quiere hacer de forma cualitativa o cuantitativa (Burkhard & Maes, 2017). En este proyecto fueron seleccionados y evaluados cinco servicios de regulación y tres servicios culturales (Tabla 2.2), todos ellos de especial relevancia para la sostenibilidad de la UAM y el bienestar de la comunidad universitaria.

En un proceso deliberativo llevado a cabo durante las fases preliminares de este proyecto, se decidió dejar al margen la evaluación los servicios de abastecimiento, al entender que éstos, para el caso concreto de la UAM, no forman parte relevante actualmente de las contribuciones que sobre los usuarios de la universidad realizan los espacios verdes del Campus de la UAM. Aunque sí es cierto que existe un huerto urbano en la UAM (clase número 5 de coberturas del suelo artificial, ver Tabla 2.1), éste es muy pequeño y no tiene realmente una finalidad extractiva sino educativa, por lo que su inclusión como servicios de abastecimiento sería, hoy en día, inadecuado.

Imagen 4. Vista aérea de Google Maps del Campus de Cantoblanco de la universidad autónoma en donde se visualiza la importancia, por su extensión (70% de su superficie), de la UAM VERDE con espacios ajardinados y seminaturales o renaturalizado frente a la UAM URBANA (30%) con edificios e infraestructuras.

Tabla 2.2. 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.	Maptionnaire
	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.	Maptionnaire
	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	Maptionnaire

2.2. Evaluación de los servicios ambientales de regulación

Como se ha comentado, los *servicios ambientales de regulación* son todos aquellos beneficios proporcionados por los ecosistemas incluyendo los espacios verdes urbanos que las personas obtienen de manera indirecta a partir de sus funciones asociadas a procesos ecológicos esenciales. Fueron cinco los servicios de regulación evaluados en los espacios verdes del Campus de la UAM: I) el secuestro y almacenamiento de carbono, II) la recarga de acuíferos; III) el rendimiento de agua, IV) la regulación de la temperatura local; y V) la purificación del aire y la eliminación de contaminantes (Tabla 2.2).

Para evaluar estos cinco servicios de regulación se utilizaron diferentes metodologías basadas en la cartografía de servicios.

Secuestro y almacenamiento de carbono

Se entiende por *secuestro y almacenamiento de carbono* la función que realizan los ecosistemas (la biomasa aérea, la biomasa subterránea, el carbono acumulado en la materia muerta que cae al suelo, y el carbono orgánico que hay en el suelo) de captar carbono atmosférico incluyéndolo en su biomasa o suelo, y contribuyendo de este modo a la mitigación del cambio climático inducido y por tanto al disfrute de un clima favorable. Este servicio se divide a su vez en dos partes: el carbono estático almacenado en el ecosistema *(almacenamiento de carbono)* y el carbono que se secuestra a lo largo del tiempo a través del crecimiento y desarrollo del propio ecosistema *(secuestro anual de carbono)*.

Para evaluar el *almacenamiento de carbono* se utilizó uno de los modelos más utilizados en la literatura científica, y que forma parte del conjunto de herramientas conocido como InVEST *(Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs)*. Este modelo se basa en una estima del total de carbono almacenado por unidad de territorio, y es obtenido a través de datos bibliográficos (González-García et al., 2020). El modelo disgrega los almacenes de los ecosistemas en cuatro partes: carbono en la parte aérea, carbono en la parte subterránea, carbono en el suelo y, por último, carbono en la materia muerta o necromasa. Una vez establecidos estos valores (siempre en toneladas de CO_2 por ha) el modelo calcula el total de carbono almacenado por unidad de superficie (ha). Los datos utilizados para el modelo se pueden consultar en el Apéndice 2.

Para evaluar el *secuestro anual* de carbono también se utilizó el modelo InVEST, basado en la misma metodología que para el almacenamiento de carbono, pero añadiendo valores de secuestro anual obtenidos de la literatura científica (secuestro de carbono por hectárea y año) (Apéndice 2).

Recarga de acuíferos

La *recarga de acuíferos* es un servicio ambiental de enorme importancia (Quintas-Soriano et al., 2014). Por norma general, los suelos permeables y provistos de vegetación minimizan la escorrentía y favorecen la recarga de acuíferos. Sin embargo, los acelerados cambios de usos de suelo ligados al aumento de las superficies artificiales están aumentando la escorrentía, disminuyendo la capacidad de infiltración del agua de lluvia y, con ello, mermando la recarga de acuíferos (que son precisamente los mecanismos naturales que mejor minimizan los efectos negativos asociados a las inundaciones y a otros eventos meteorológicos extremos, cada vez más frecuentes en el actual contexto de cambio climático).

La evaluación de este servicio se llevó a cabo mediante el modelo APLIS (Andreo et al., 2008), llamado así por las siglas de las variables que intervienen en la recarga de los acuíferos. Este modelo consiste en una estimación del porcentaje de agua de lluvia que se infiltra en un territorio a partir de la superposición de diferentes variables, categorizadas en base a su potencial de infiltración. Las variables que utiliza el modelo son las siguientes:

- Altitud: obtenida del Modelo Digital del Terrero (MDT25) del Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- Pendientes: calculada a partir del Modelo Digital del Terreno (MDT25) del IGN.
- Litología: obtenida de la cartografía continúa del Instituto Geológico y Minero de España (IGME).
- Formas preferentes de infiltración: entendidas como fracturas o zonas arenosas que son conocidas por ser zonas preferentes de recarga o donde la infiltración es muy efectiva. Obtenidas del IGME.
- Suelos: obtenido del Mapa de Suelos de la Comunidad de Madrid.

Una vez obtenidos los datos para estas cinco variables, se debe categorizar a cada una de las clases de cobertura utilizadas (16 en nuestro caso) con un valor entre el 0 y el 10, en donde 0 representa el mínimo potencial de infiltración esperado y 10 el máximo. La fórmula que describe el modelo es la siguiente: $R = (A + P + 3L + 2I + S) / 0.9$; donde R representa la recarga, A la altitud, P la pendiente, L la litología, I la forma preferente de infiltración y S el tipo de suelo. El resultado final es el porcentaje potencial de agua infiltrada expresada entre el 0 y el 100%.

Rendimiento de agua

Se entiende por *rendimiento de agua (o water yield)* a la cantidad de agua suministrada por cada unidad de superficie una vez ocurridos los procesos ecológicos que intervienen en la escorrentía (Tallis et al. 2011).

La evaluación de este servicio se realizó, nuevamente, mediante el módulo correspondiente del conjunto de herramientas proporcionado por InVEST. Este modelo, que ha sido ampliamente utilizado por la comunidad científica para evaluar el rendimiento de agua (ver por ejem-

plo Redhead et al., 2016 o González-García et al., 2020), calcula el agua total que pasa a formar parte del agua para consumo, contribuyendo así con el sistema público de captación de agua o con la escorrentía superficial de los ríos y arroyos. Las variables empleadas para ello fueron:

- **Precipitación** media anual: obtenida del Ministerio de Medio Ambiente y calculada para los últimos 10 años.
- **Evapotranspiración potencial:** obtenida también del Ministerio de Medio Ambiente y calculada nuevamente para los últimos 10 años.
- **Usos y coberturas del suelo:** se utilizó la fotointerpretación realizada para el campus. A estos usos se asociaron dos variables:
  - **Profundidad estimada a la que se encuentran el 90% de las raíces.**
  - **Evapotranspiración asociada** a ese uso o cobertura del suelo.
- **Potencial de agua disponible para las plantas:** se aplicaron los datos provistos en González-García et al. (2020).
- **Profundidad a la cual las raíces no pueden desarrollarse por factores químicos o físicos:** se obtuvo la información de la FAO.

Regulación de la temperatura local

La regulación de la temperatura local es un servicio ambiental que, a través de la cobertura vegetal, favorece la atenuación de temperaturas altas en verano y frías en invierno. En este sentido, los espacios verdes urbanos juegan un papel fundamental en mitigar las islas de calor, ya que las grandes superficies de asfalto provocan un aumento considerable de la temperatura con respecto a las zonas con vegetación, sean o no zonas regadas (Alcazar et al., 2016).

Para medir las diferencias de temperatura en el Campus de la UAM se distribuyeron 27 *data-loggers* (dispositivos de medición de temperaturas de marca HOBO) equipados para medir la temperatura ambiente. El reparto de los dispositivos se hizo de manera uniforme entre tres categorías previamente definidas: *I) zonas artificiales urbanas, II) zonas de verde ajardinado* y *III) zonas de verde natural.*

La distribución específica de los dispositivos se muestra en la Figura 2.4.

Para intentar evitar los efectos directos de la insolación, se recubrieron los dispositivos con un plato de plástico a modo de sombrero y se suspendieron en el aire utilizando como soporte barras de acero. Las temperaturas fueron medidas durante los días 6 y 7 de agosto, tomando medidas cada 5 minutos.

Purificación del aire y eliminación de contaminantes

Se entiende por *purificación del aire y eliminación de contaminantes* a la capacidad que tiene la vegetación de cualquier ecosistema de retener partículas contaminantes presentes en el aire.

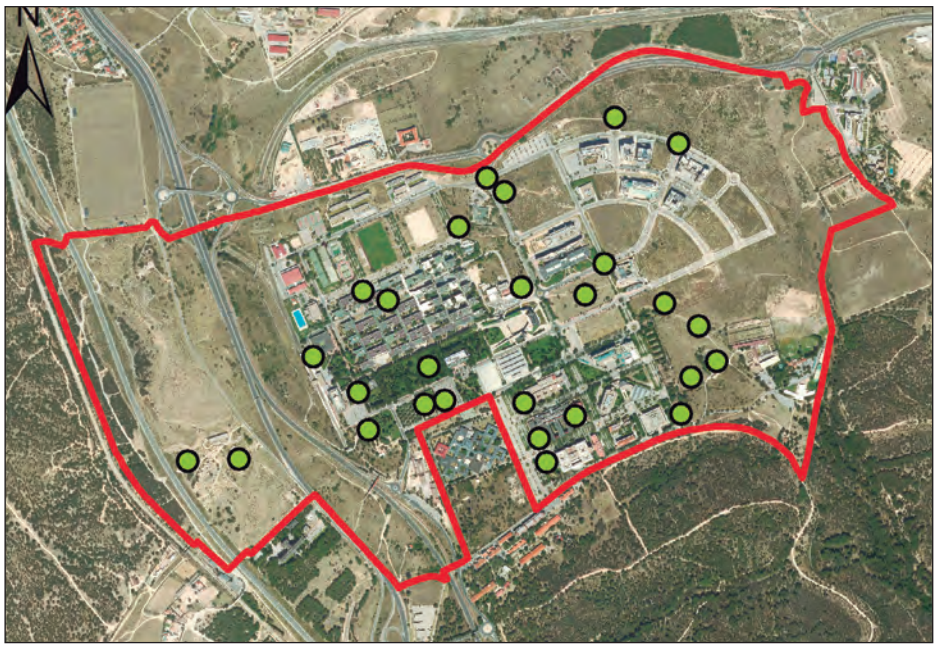


Figura 2.4. Emplazamiento de los 27 dataloggers utilizados para evaluar las diferencias de temperatura local existentes en el Campus de la UAM (delimitado en la imagen por la línea roja).

Para estimar este servicio fueron analizados 25.280 árboles dentro del Campus de la UAM (Apéndice 3). Esto se hizo a partir de los datos ya existentes del inventario forestal del campus realizado en los años 90, el cual fue posteriormente completado con los datos disponibles sobre las plantaciones de pinos que se realizaron entre los años 2004-2007 (apartado 1.1.4) en el sector este del campus (y cuyos datos fueron suministrados por la Oficina Ecocampus de la UAM)[1].

El programa utilizado para evaluar este servicio fue i-Tree eco V6 (i-Tree, 2012), un programa desarrollado por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) que permite la modelización de un conjunto de servicios ambientales asociados al arbolado urbano. Para ello, el modelo utilizó como datos de referencia algunas de las medidas proporcionadas por los inventarios forestales, como el número de pies de árbol, la especie, el área foliar o el diámetro del tronco a la altura del pecho. En este caso, se utilizaron como referencia datos obtenidos del análisis de las contribuciones del arbolado urbano al bienestar humano del Ayuntamiento de Madrid (Morcillo et al. 2017). El programa i-Tree permite simplificar la modelización en base a los datos disponibles en cada caso, incluyendo una enorme base de datos de todas las especies conocidas de árboles, así como sus características específicas. En nuestro caso, y de cara a obtener una muestra significativa, se midieron los diámetros de un número de pies de árboles proporcionales al número total de los mismos existentes en el campus.

Una vez completados los datos del inventario, el modelo aplicado suministró un informe detallado (sin incluir la dimensión espacial) de las sustancias contaminantes retenidas por el arbolado del Campus de la UAM.

[1] Al no constar en ningún inventario forestal previo, y debido a limitaciones de tiempo, no se incluyeron en estos cálculos los árboles existentes en la parte del campus integrada en el parque regional.

2.3. Evaluación de los servicios ambientales culturales

De cara a la finalidad del presente trabajo, se ha entendido por servicios *ambientales culturales* a todos aquellos beneficios no materiales que la comunidad universitaria obtiene estando en contacto directo o indirecto con los espacios verdes del Campus de la UAM. Fueron tres los servicios culturales evaluados en este proyecto (Tabla 2.2.):

• El *disfrute estético de los paisajes,* que se entiende como la apreciación de paisajes y/o especies del campus que por su belleza o atractivo escénico generan satisfacción, placidez o disfrute en las personas.

• Las *actividades recreativas y de ocio,* que se definen como la aptitud que tienen determinados lugares del campus para la realización de actividades de entretenimiento, ocio o recreo al aire libre.

• La *educación ambiental,* concebida como la capacidad de facilitar procesos de formación, enseñanza y aprendizaje que tienen determinados lugares del campus, pudiendo contribuir a la sensibilización y concienciación ambiental.

Dada la naturaleza intangible y subjetiva de este tipo de servicios ambientales, su evaluación se llevó a cabo de forma participativa y perceptiva a través de la realización de un cuestionario online basado en la *cartografía participativa,* una herramienta consistente en la confección colectiva de mapas cuyo proceso de elaboración permite involucrar directamente a los diferentes usuarios de un territorio. El objetivo de este cuestionario fue por lo tanto conocer, sobre un mapa del Campus de la UAM, las percepciones que los diferentes usuarios del campus tenían sobre los tres servicios culturales estudiados.

El cuestionario fue diseñado y realizado mediante el programa Maptionnaire[2], un software de PPGIS *(Public Participation Geographic Information System)* basado en la cartografía participativa que integra las respuestas proporcionadas por los encuestados sobre un mapa interactivo de la zona de estudio, permitiendo con ello la recolección, el análisis y la visualización eficiente de los datos recolectados de un modo georreferenciado sobre –en este caso– el mapa del Campus de la UAM. Pese a haber sido fundamentalmente utilizado en temas relacionados con la planificación urbana, existen autores que lo han empleado exitosamente para cartografiar servicios ambientales (ver por ejemplo Rall et al. 2017). La gran ventaja que proporciona este programa es que permite a los encuestados fijar libremente los lugares que desean señalar sobre un mapa, brindando además la posibilidad de relacionar dichos lugares con cualquier información adicional que haya sido preguntada en el cuestionario.

Para el caso concreto que nos atañe, se solicitó a todos los participantes del cuestionario que emplazasen sobre un mapa digital del Campus de la UAM, y para cada uno de los tres servicios culturales evaluados, hasta un máximo de tres puntos que, según su opinión, contribuyesen a generar en ellos: i) experiencias de disfrute estético de los paisajes, ii) oportunidades

[2] https://maptionnaire.com

para la realización de actividades recreativas y de ocio, y iii) oportunidades para la educación ambiental.

Para facilitar la interpretación de los resultados y poder analizar la posible existencia de correlaciones significativas entre los tres servicios culturales estudiados, se llevó a cabo una preparación geográfica de la información a través del programa cartográfico ArcGIS 10.4. Para ello se *rasterizaron* las tres capas (shp) relativas a los lugares mapeados por los encuestados para los tres tipos de servicios. Esto se hizo mediante la opción "densidad de kernel" de ArcGIS, una herramienta que calcula las densidades de mapeo de cada servicio alrededor de los puntos localizados en base a dos parámetros preestablecidos: el tamaño de celda y el radio de búsqueda de otros puntos. En nuestro caso, y tomando como referencia los parámetros utilizados por investigaciones similares (ver por ejemplo Alessa et al., 2008; Sherrouse et al. 2011), se decidió utilizar un tamaño de celda de 1 m^2 y un radio de búsqueda de 200 metros. De este modo, toda la superficie del campus quedó mapeada a través de los puntos emplazados por los usuarios en el cuestionario. Una vez obtenidos los mapas de densidades, se lanzó sobre ellos una nube de puntos aleatoria estableciendo una distancia mínima entre ellos de un metro. Acto seguido, se extrajo la información de los mapas de densidades para obtener el valor de cada servicio para cada punto de la malla, siendo posteriormente incorporados otros atributos relevantes como las clases de cobertura del suelo (Tabla 2.1).

Además de las preguntas relacionadas con el mapeo de los servicios culturales, el cuestionario constó de preguntas de diferente índole, incluyendo varias preguntas de naturaleza sociodemográfica (como el tipo de vinculación con la universidad, la facultad o centro de procedencia, la edad, el sexo, etc.) que sirvieron para estratificar la muestra y guiar el procesamiento de los datos. El modelo de cuestionario utilizado puede consultarse completo en el Apéndice 4 y en el enlace web[3].

Como no podía ser de otra forma, el cuestionario estuvo dirigido a todos los actores sociales que forman parte de la comunidad universitaria y que, por lo tanto, son susceptibles de beneficiarse –de algún modo– de alguno de los servicios culturales proporcionados por los espacios verdes del Campus de la UAM; esto es: estudiantes de grado y posgrado, personal docente e investigador, personal de administración y servicios, técnicos e investigadores de alguno de los centros del CSIC con presencia en el Campus de Cantoblanco de la UAM, y trabajadores externos (personal de cafeterías, jardinería, limpieza, deportes, mantenimiento, vigilancia, etc.). El número total de cuestionarios realizado a cada uno de estos grupos fue proporcional al tamaño que cada uno de ellos representa, en relación con el total de personas que integran la comunidad universitaria de la UAM (a saber, 34.000 personas según los datos facilitados por SIGMA en la actualización realizada a fecha 4 de junio de 2019).

La distribución del cuestionario se realizó a través de diferentes canales. De cara a lograr el mayor número posible de participantes, se diseñó un cartel (Imagen 5) que fue publicitado físicamente en todos los centros y facultades de la UAM, así como repartido durante varios días en la estación de cercanías de Cantoblanco y en las marquesinas de los autobuses inter-

[3] https://app.maptionnaire.com/es/7058/

urbanos del campus. Asimismo, este cartel fue distribuido telemáticamente por el Vicerrectorado de Campus y Sostenibilidad de la UAM a toda la comunidad universitaria junto a un breve correo electrónico que animaba a todos los estudiantes y trabajadores de la universidad a participar en este proceso de mapeo participativo de los servicios culturales proporcionados por los espacios verdes del Campus de la UAM.

Imagen. 5. Cartel utilizado para la difusión interna del cuestionario en el Campus de Cantoblanco de la UAM.

Bajo este proceder, se realizaron 2.126 cuestionarios durante un mes (entre el 4 de noviembre y el 5 de diciembre de 2019, que fue el periodo durante el cual estuvo activo el cuestionario en la web de Maptionnaire), repartidos entre todas las facultades, escuelas y centros de la universidad. Este tamaño muestral representa, para un nivel de confianza del 95%, un margen de error mínimo, de tan sólo el 2,1%.

3. ¿CUÁL ES EL ESTADO DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES SUMINISTRADOS POR LOS ESPACIOS VERDES DE LA UAM?

MENSAJE CLAVE

- Los espacios verdes ajardinados y seminaturales que suponen el 70% de la superficie del Campus de la UAM suministran un flujo rico y variado de diferentes tipos de servicios ambientales de regulación y culturales que contribuyen al bienestar de la comunidad universitaria.

- Las zonas más relevantes del campus, en lo que respecta al suministro de los servicios de regulación, se encuentran en los espacios verdes forestales de los extremos del mismo, coincidiendo con la presencia de plantaciones de pino piñonero al este y de fragmentos de encinares -carrascales al oeste dentro del Parque regional de la Cuenca Alta del Manzanares.

- Las zonas del recinto universitario con mayor potencial para suministrar servicios culturales fueron los espacios verdes ajardinados del campus central, caracterizados por amplias extensiones de césped, matorrales y bosquetes de jardín, con plátanos, olmos y chopos.

- La valoración de los servicios culturales por parte de la comunidad universitaria mostró diferencias significativas en base a variables como el género, el tipo de vinculación con la universidad, la facultad de procedencia y la frecuencia con la que se visitan espacios verdes.

- La relevancia del flujo de servicios ambientales que suministran los espacios verdes de la UAM va más allá de los límites administrativos del recinto universitario. Es importante a escala local en el contexto de los espacios naturales protegidos de su entorno y a escala regional en relación al gradiente urbano-rural Madrid-Sierra de Guadarrama donde se ubica el campus.

- La existencia de considerables sinergias positivas entre servicios ambientales, ya sean de regulación o culturales, junto con la presencia de áreas críticas de suministro o hotspots dentro del recinto universitario favorece el desarrollo de estrategias de gestión conjunta e integrada de los servicios evaluados y de actuaciones diferentes en distintas zonas del campus.

3.1. Los servicios ambientales de regulación. Los beneficios invisibles de los espacios verdes de la UAM

Los servicios de regulación que los ecosistemas en general y los espacios verdes urbanos en particular proporcionan a los seres humanos han sido ampliamente estudiados (Baró & Gómez-Baggethun, 2017; Cortinovis & Geneletti, 2019). Estos servicios tienen cada vez más presencia en la toma de decisiones y en la gestión del territorio, ya que condicionan el suministro del resto de servicios, por lo que analizar espacialmente su suministro puede ayudar mucho al desarrollo de estrategias de gestión en nuestro caso relacionadas con la planificación y ordenación integrada del territorio del campus (De Groot et al. 2010; Egoh et al. 2008).

La integración de este marco de análisis en la toma de decisiones ha cobrado especial importancia en el marco del desarrollo sostenible y en el actual contexto de cambio climático inducido (Geijzendorffer et al., 2017). Así, la buena gestión de servicios de regulación como el secuestro de carbono o la recarga de acuíferos son especialmente relevantes de cara a alcanzar algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, así como para contribuir a la mitigación del cambio climático inducido.

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

El carbono total almacenado por la vegetación del Campus de la UAM fue estimado en 8.092 toneladas. Por su parte, el secuestro anual de carbono se estimó en 124 toneladas. La Figura 3.1 muestra la distribución espacial del secuestro y almacenamiento de carbono.

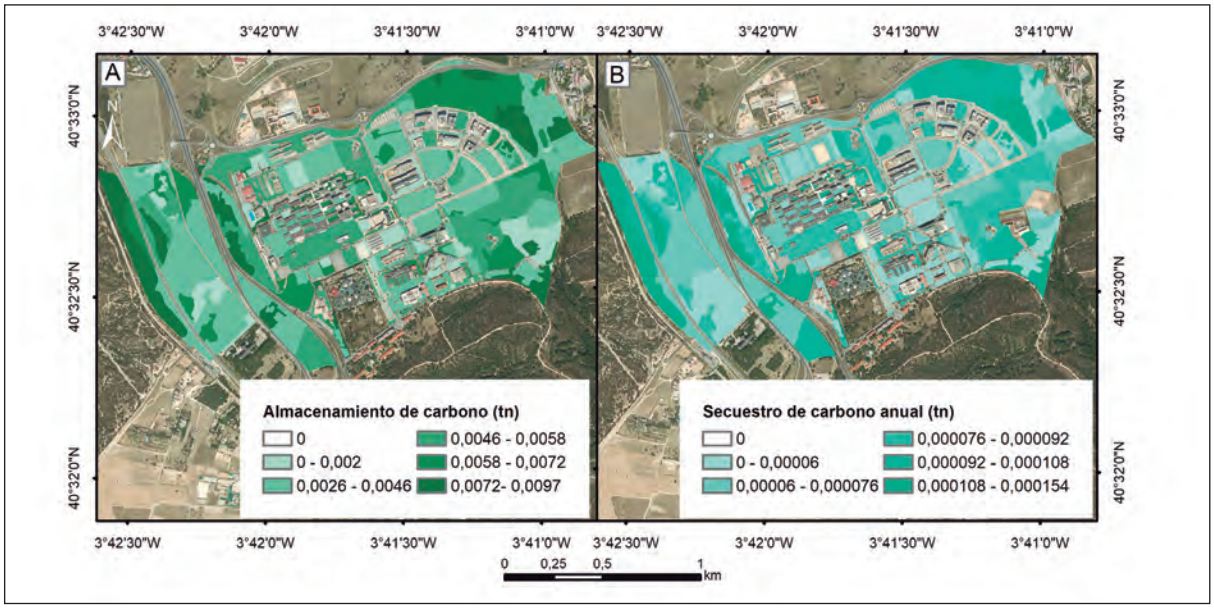


Figura 3.1. Cartografía de los resultados de los modelos de almacenamiento de carbono (A) y secuestro anual de carbono (B) expresados en toneladas que muestra como los valores más elevados se dan en los espacios verdes seminaturales y renaturalizados con mayor cobertura vegetal arbórea del campus periférico del este y oeste del recinto universitario.

Los resultados de los modelos de secuestro y almacenamiento de carbono mostraron como las áreas más relevantes para este servicio de regulación se encuentran en la UAM periférica, coincidiendo con la presencia de la repoblación de pino piñonero al este, y de fragmentos de encinares-carrascales, al oeste junto a la valla del Montes de el Pardo. En estas zonas el almacenamiento de carbono presentó valores en torno a las 0,0072 toneladas por m^2 y el secuestro anual de carbono en torno a las 0,0001 toneladas por m^2. Asimismo, cabe destacar la presencia de zonas relevantes para el secuestro y almacenamiento de carbono en las superficies ajardinadas del campus central, con valores en torno a las 0,0046 toneladas por m^2 de almacenamiento de carbono y en torno a las 0,00007 toneladas por m^2 de secuestro anual de carbono. Estos espacios ajardinados, junto al desarrollo de matorrales y herbáceas, contribuyen al secuestro de carbono de forma notable y hacen de estos espacios del campus elementos indispensables para la gestión de este importante servicio ambiental.

Todos estos resultados son consistentes con los encontrados por otros autores (González-García et al. 2020; Morcillo et al. 2017; Nowak et al. 2013), siendo en la mayoría de los casos los espacios verdes forestales, las áreas matorralizadas y las zonas ajardinadas las zonas más relevantes para este servicio de regulación.

El promedio por hectárea del secuestro anual de carbono se muestra en la Figura 3.2 en comparación con otros espacios naturales singulares cercanos (Figura 1.4 e Imagen.2). Este promedio equivale a 0,56 toneladas por hectárea para el Campus de la UAM, un valor que es ligeramente inferior al promedio del sistema socio-ecológico Madrid-Sierra de Guadarrama del que forma parte (SES) (Figura 1.4, Figura 3.2). Por otro lado, espacios naturales de alto valor ecológico con una mayor cobertura de bosque mediterráneo como El Pardo, el Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama y el Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares muestran valores casi dos veces superiores en secuestro anual de carbono al del Campus de la UAM dada su mayor cobertura arbórea.

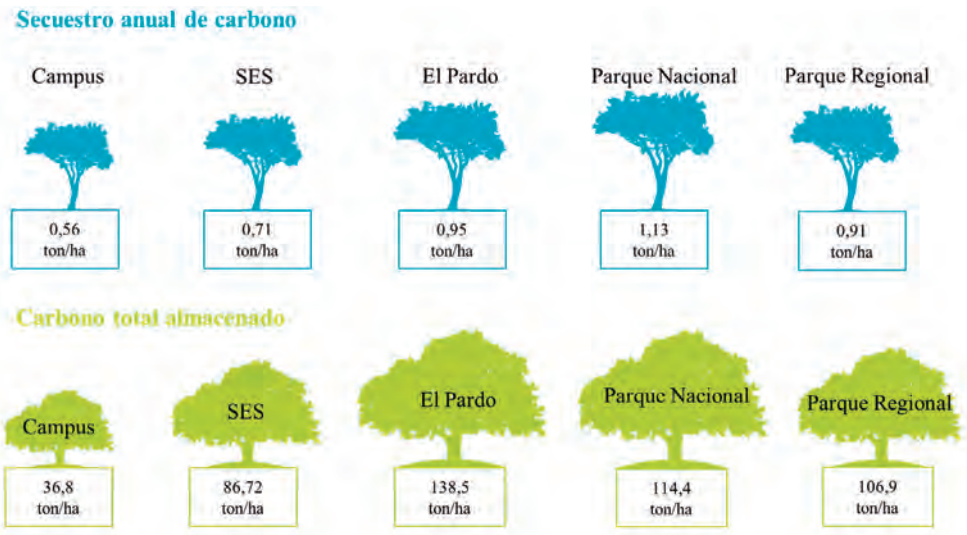


Figura 3.2. Comparativa del promedio del secuestro y almacenamiento de carbono por hectárea para el Campus de la UAM en relación a los espacios seminaturales cercanos. Los resultados se han comparado con lo obtenido por González-García et al. (2020).

Por otro lado, el promedio de carbono almacenado en el Campus de la UAM es inferior a la mitad del promedio obtenido en el sistema socio-ecológico Madrid-Sierra de Guadarrama (36,8 ton/ha frente a 86,72 ton/ha). Sin embargo, al ser un recinto universitario con una superficie urbana considerable (con un 30% de suelo urbano), el promedio exhibido por el campus, en el contexto de los espacios que le rodean, destaca frente a otros espacios verdes urbanos como los de la ciudad de Madrid (ver Morcillo et al. 2017). En este sentido, el Campus de la UAM, en comparación con los espacios naturales protegidos de su entorno, presenta menos de una cuarta parte de almacenamiento de carbono por hectárea que El Pardo, el Parque Nacional y el Parque Regional. Cabe destacar que El Pardo es uno de los espacios con mayor secuestro y almacenamiento de carbono por hectárea de toda la CAM. Por esta razón, los espacios verdes de campus periférico del oeste de la UAM dentro del Parque Regional de la Cuenca alta del Manzanares y colindantes al Monte de El Pardo, cobran una especial importancia al contribuir como zonas de amortiguamiento y transición.

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 reforestación para aumentar la superficie espacios verdes forestales incrementando sensiblemente la capacidad de mitigación del cambio climático inducido por el campus verde de la UAM.

Para poder poner en perspectiva los cálculos aquí realizados sobre el secuestro y almacenamiento de carbono del Campus de la UAM, es importante analizar el impacto ambiental que en materia de emisiones de carbono realiza una entidad universitaria como la UAM. Atender a este tipo de balances entre el carbono que la vegetación del campus secuestra y almacena y el carbono que la UAM emite a la atmósfera como consecuencia de sus actividades diarias será fundamental para promover en ella una gestión sostenible e integrada que ayuden a la UAM a mitigar el cambio climático inducido y a avanzar en la consecución de los ODS en especial el ODS 13 de Acción por el Clima.

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

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 de una actividad (Álvarez Gallego et al. 2015). Se utiliza como referencia para el

desarrollo de actuaciones cuyo objetivo sea reducir el consumo de energía y realizar un uso más eficiente de los recursos energéticos desde el punto de vista ambiental[1].

Para el cálculo de la huella de carbono se utilizó la metodología estandarizada disponible (la UNE-EN-ISO 14064-1: 2012), a través de la calculadora desarrollada por el Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO) para el cálculo de la huella de carbono de una organización (alcances 1+2). Para ello se ha seguido el enfoque Top-Down, en el cual se centra el estudio en el sujeto de análisis y se valoran sus inventarios y registros de actividad aplicando un factor de emisión a cada uno. Las emisiones han sido calculadas para la UAM como organización incluyendo el Campus de Cantoblanco, el Campus de Medicina y el Centro Cultural de la UAM La Corrala, Museo de Artes y Tradiciones Populares.

Inicialmente fueron calculados los alcances 1 y 2, que son los obligatorios para el registro de la huella de carbono y para la obtención de los sellos de certificación del Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITECO). El alcance 1 hace referencia al conjunto de emisiones directas de fuentes propias o controladas por la organización (combustión de calderas, vehículos, etc.). Por su parte, el alcance 2 se refiere al conjunto de emisiones indirectas derivadas del consumo de electricidad, calefacción y refrigeración. Posteriormente también se ha abordado el calculó del alcancé 3 relacionado con las emisiones producidas por los desplazamientos en medios de transporte por los miembros de la comunidad universitaria.

Alcance 1: La UAM no utiliza biomasa como combustible y durante el año de estudio no se registró ninguna emisión de gases fluorados (utilizados en refrigeración y climatización). Por lo que ambos factores tienen un valor cero. Por otra parte, la cantidad de gas natural utilizada en el 2018 fue de 23.936.887 kWh. El factor de emisión del gas natural ese año era 0,203 kg CO_2/kWh. Por lo que las instalaciones fijas de la UAM que consumían combustibles fósiles generaron un total de **4.859.188** kg CO_2 equivalentes. (Tabla 3.1).

Tabla 3.1. Consumo de combustibles en instalaciones fijas. (Fuente: Paula Solascasas).

CONSUMO DE COMBUSTIBLES EN INSTALACIONES FIJAS					
Tipo de Combustible[2]	Cantidad de Combustible (ud)[3]	Factor emisión (kg $CO_{2/ud}$)[4]		Emisiones parciales (kg CO_2)	EMISIONES TOTALES INSTALACIONES FIJAS (kg CO_2)
		Por defecto	Otros		
Gas natural (kWh)*	23.936.887	0,203		4.859.188	**4.859.188**

Alcance 2: El consumo de electricidad de la UAM a lo largo del 2018 fue de un total de 38.551.271 kWh. La energía eléctrica procedía de 3 empresas diferentes, 2 de ellas con factores de emisión con valor 0. Por lo que la electricidad procedente de esas empresas (14.607.122 kWh) no se considera como fuente de GEI. Partiendo de esta información se obtiene un total de 23.944.149 kWh que en su producción se estima que generaron un total de **9.098.776** kg de CO_2 equivalentes (Tabla 3.2).

[1] Este apartado se ha elaborado a partir del trabajo de Paula Solascasas y de fin de grado de Ciencias Ambientales realizado por Diego Zambade bajo la dirección de Javier Benayas.

Tabla 3.2. Consumo de electricidad en edificios de la UAM.

ELECTRICIDAD DE EDIFICIOS					
¿Disponible de Garantía de Combustible (GdO)[2]	Nombre de la comercializadora de energía[3]	Dato de consumo (kWh)[4]	Factor emisión (kg CO_2 /kWh)[5]	Emisiones parciales (kg CO_2)	Emisiones edificios (kg CO_2)
No	ODF ENERGÍA LIBRE COMERCIALIZADORA, S.L.	116	0,00	0,00	**9.098.776**
No	GAS NATURAL FENOSA RENOVABLES, S.L.U.	14.607.006	0,00	0,00	
No	ENDESA ENERGÍA, S.A.	23.944.149	0,38	9.098.776	

Asimismo, dentro de la UAM hay instalados 12.263 m^2 de paneles fotovoltaicos que generan al año 1.272.014 kWh. Esta cantidad de energía, si hubiera sido generada por la misma empresa eléctrica que abasteció la UAM en 2018, hubiera generado una cantidad de **483.365** kg de CO_2 equivalentes que habrían sido emitidos a la atmósfera (Tabla 3.3).

Tabla 3.3. Generación de energías renovables de paneles fotovoltaicos de la UAM.

ENERGÍAS RENOVABLES				
Edificio/Sede[1]	Tipo de Energía Renovable	Energía consumida/ vendida (kWh)	Cantidad total (kWh)	Emisiones (kg CO_2)
Marquesinas aparcamiento	Solar	1.191.286	1.272.014	**0,00**
Cubierta de Psicología	Solar	80.728		

Alcance 3: Para calcular esta dimensión se ha procedido a contabilizar las emisiones producidas tanto por los desplazamientos diarios de toda la comunidad universitaria desde sus domicilios a la UAM y viceversa, así como los desplazamientos de personal de la universidad para asistir a reuniones nacionales o internacionales y sufragados con presupuestos de la propia universidad.

1.- Para estimar las emisiones producidas por los desplazamientos diarios, se estimaron las distancias de ida y vuelta que recorren todas las personas que integran la universidad. Esto ha sido posible ya que se ha podido obtener los códigos postales de los domicilios de residencia de cada una de estas personas. La herramienta utilizada para medir la distancia fue Google Maps, donde se simuló la ruta desde cada uno de los códigos postales hasta la UAM para obtener los km aproximados que se recorren en el viaje de ida. Este dato se multiplicó por dos al considerar tanto el viaje de ida como el de vuelta y a su vez multiplicarlo por el número de personas pertenecientes al mismo código postal. La suma de todos esos kilómetros da como resultado los kilómetros diarios recorridos por toda la comunidad universitaria en un solo día en sus desplazamientos a la universidad.

Con estos datos, se han podido elaborar mapas de procedencia de los cuatro principales colectivos de personas que integran la universidad (en la estrella roja se indica la posición de la UAM) (Figura 3.3).

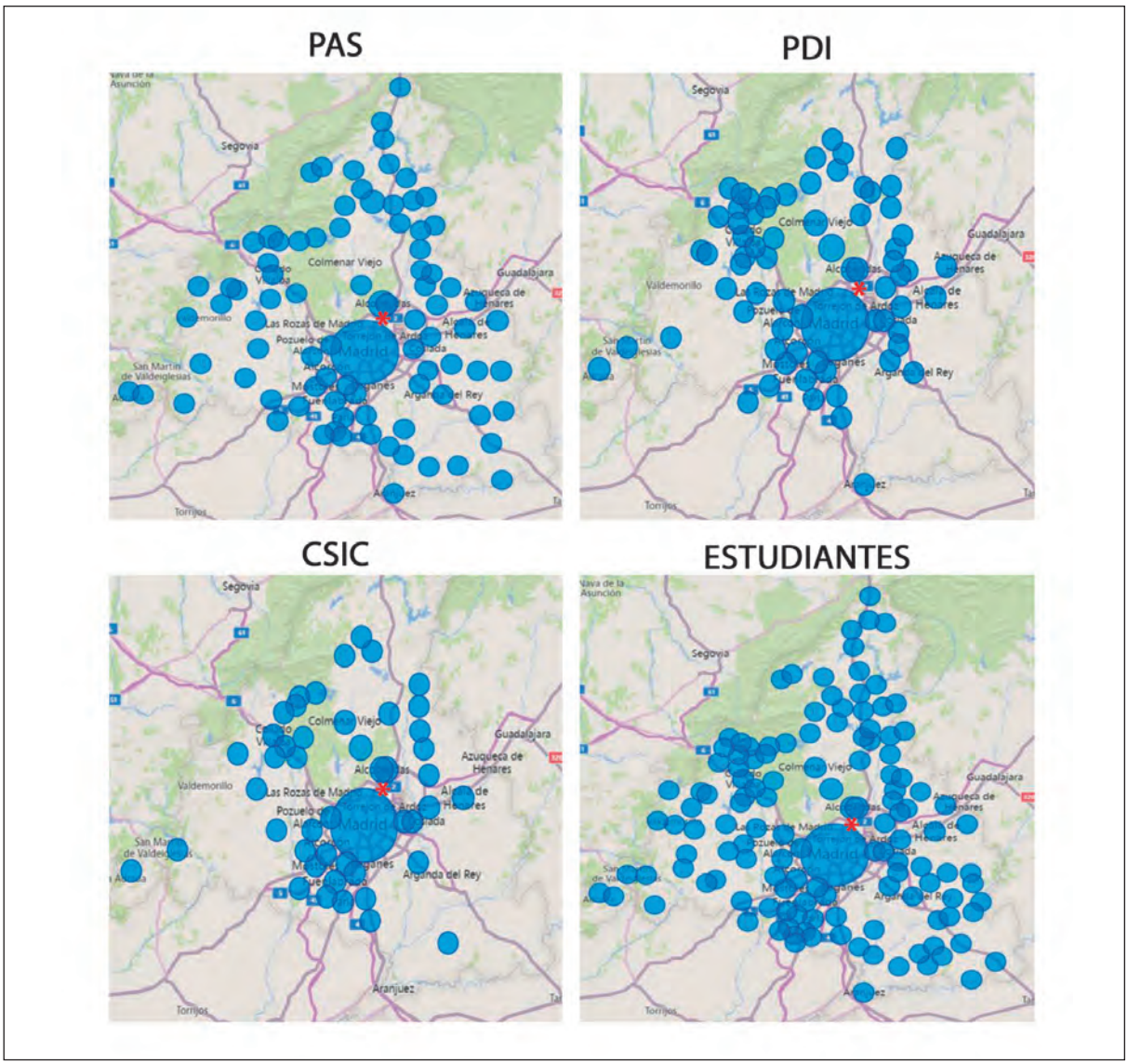


Figura 3.3. Se representan con un círculo los lugares de residencia de los distintos colectivos de la comunidad universitaria de la UAM. (Fuente: Zambade, 2020).

Para calcular la cantidad de km anuales se consideró que los estudiantes asistían a la universidad un total de 150 días al año, mientras que para el resto de los grupos de personas (PAS, PDI y Personal del CSIC) se consideró una estimación de 200 días de asistencia anual.

Para tener una información más precisa de los kms recorridos en cada tipo de medio de transporte, se incluyeron preguntas específicas en las encuestas de servicios anteriormente descrita, en la que se solicitaba a los más de 2000 encuestados que seleccionaran el medio de transporte que ellos utilizaban más frecuentemente para desplazarse a la universidad. Los resultados obtenidos en estas encuestas se muestran en la Figura 3.4.

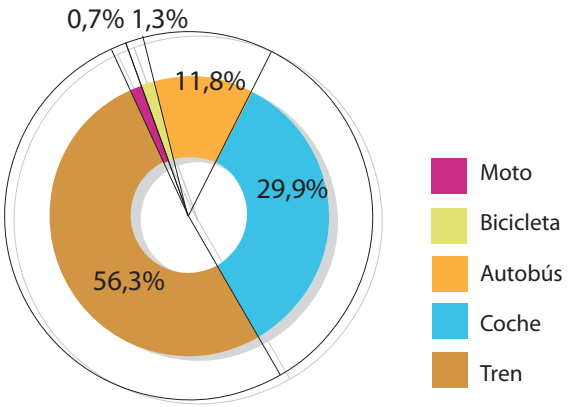


Figura 3.4. Kilómetros recorridos al año por los estudiantes utilizando diferentes medios de transporte para desplazarse a la universidad.

Un análisis más en detalle de estos datos en función de cada colectivo muestra como los estudiantes utilizan el tren como principal medio de desplazamientos seguido del autobús (Figura 3.5). Por otra parte, el resto de los colectivos, con mayor poder adquisitivo, tienen una clara apuesta por utilizar el vehículo privado para sus desplazamientos al campus, aunque el tren también aparece como una opción con bastantes usuarios.

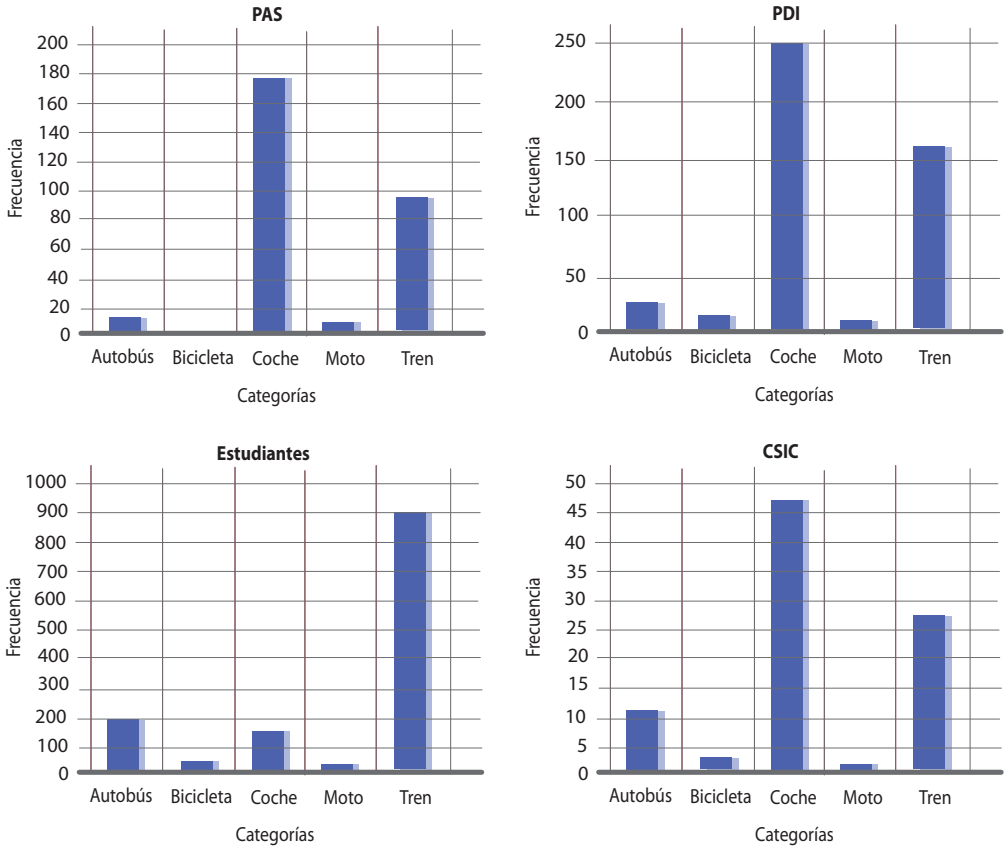


Figura 3.5. Frecuencia de utilización de diferentes medios de transporte por los cuatro colectivos de personas que integran la UAM (Fuente: Zambade, 2020).

Al multiplicar los kms anuales por estos porcentajes se obtienen los kms totales que cada grupo universitario recorre en función de cada medio de transporte a lo largo del año, según se indica en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Kilómetros anuales totales que recorre a lo largo del año cada grupo universitario considerado en función de cada medio de transporte. (Fuente: Zambade, 2020).

TIPO	km/AÑO	MOTO	BICI	BUS	COCHE	TREN
PAS	9.908.240	69.358	128.807	1.169.172	2.962.564	5.578.339
PDI	19.771.360	138.400	257.028	2.333.020	66.124.950	35.117.869
CSIC	4.513.840	31.597	58.680	532.633	1.349.638	2.541.292
ESTUDIANTES	171.108.460	1.199.159	2.227.010	20.214.398	51.221.230	96.446.663

Para realizar el cálculo de las emisiones totales de CO_2 debida al transporte diario se procedió a multiplicar los kms totales anuales de cada tipo de transporte por los factores de emisión de cada uno ellos según se recoge en la Tabla 3.5. Considerando todas las estimaciones descritas se ha estimado unas emisiones globales para el año 2018 de 28.333.675,40 kg de CO_2.

Es importante señalar que, ante la carencia de datos oficiales para definir los factores de emisión, se utilizaron como referencia la media de los datos publicados en tres páginas web distintas, ya que cada una proporcionaba datos similares, pero no exactamente iguales. Concretamente se utilizaron una calculadora proporcionada en la web del Gobierno de Aragón, otra de la Fundación Terra y otra de CO_2nnect.

Tabla 3.5. Estimación de las emisiones de CO_2 por medio de transporte y año en función a los cuatro principales colectivos sociales de la UAM. (Fuente: Zambade, 2020).

(kg CO_2/año)	MOTO	BICI	BUS	COCHE	TREN
PAS	7.057	0	70.540	503.142	219.191
PDI	14.082	0	140.758	11.230.220	1.378.800
CSIC	3.215	0	32.135	229.213	99.935
ESTUDIANTES	122.014	0	1.219.601	8.699.072	3.793.375

2.- Para estimar los desplazamientos de personal de la UAM a reuniones nacionales e internacionales, se identificaron todos los desplazamientos que habían sido abonados por los presupuestos de la UAM durante todo el año 2018. Se consideraron por una parte los desplazamientos en tren y por otra los realizados en avión. No se han considerado aquellos que

se han podido llevar a cabo en vehículo particular. El cálculo de la cantidad de kilómetros era fácil de llevar a cabo pues en el expediente aparece el origen y destino de cada uno de los viajes.

En los casos de los desplazamientos en tren, el cálculo de las emisiones producidas ha sido sencillo y ha consistido en medir la distancia en kms del trayecto realizado y multiplicarla por las emisiones de CO_2 específicas del transporte en cuestión que en el caso de Renfe es de 3,4 g de CO_2/km. Tampoco se ha tenido en cuenta las emisiones que hayan podido ser generadas durante el transporte hasta las estaciones (Tabla 3.6).

Tabla 3.6. Estimación de emisiones en los desplazamientos en tren del personal de la UAM para asistir a reuniones. (Fuente: Zambade, 2020).

	Ferrocarril Nacional	Ferrocarril Europa	Totales
Total Km recorridos	571.199	8.569	579.768
Total g CO_2	1942.076	29.134	1.971.211

Para el caso de los desplazamientos en avión los cálculos son algo más complejos pues es necesario tener la siguiente información:

- La distancia en km recorrida, la cual es fácil de medir (origen y destino).
- El tipo de aeronave utilizada. Se han considerado tres tipos distintos de aeronave en función del tipo de vuelo: A319 (vuelo nacional), A320 (vuelos dentro de Europa) y A340-300 (vuelo internacional).
- La capacidad media de pasajeros de cada aeronave.
- El consumo de combustible de los motores (kg/h).
- La velocidad media de vuelo de cada aeronave (km/h).
- La densidad del combustible (kg/l).
- La relación de emisiones (kg CO_2/kg combustible).

A partir de esta información se procede a llevar a cabo los siguientes cálculos:

- Se divide el consumo de combustible del motor (kg/h) entre la velocidad media de vuelo (km/h) y se obtiene el consumo de combustible por kilómetro (kg/km).
- Se divide este consumo entre el número de pasajeros para obtener el consumo de combustible por kilómetro de cada uno de los pasajeros (kg/pasajero km).
- El paso siguiente consiste en multiplicar el consumo de combustible por kilómetro y pasajero por el factor de emisión para obtener finalmente la cantidad de CO_2 que es emitida por kilómetro por cada uno de los pasajeros (kg CO_2/pasajero km).
- Para finalizar se multiplica el resultado anterior por la distancia total recorrida (km) y por el número total de pasajeros para así, obtener finalmente la cantidad de CO_2 total emitida.

En la tabla 3.7 se estiman las emisiones para los tres tipos de aviones considerados.

Tabla 3.7 Estimaciones de las emisiones de $C0_2$ de los tres tipos de aviones considerados. Fuente: Diego Gómez Zambade.

Características \ Aeronaves	Avión A-319 Vuelos nacionales	Avión A-320 Vuelos europeos	Avión A-340 Vuelos internacionales
Capacidad media de pasajeros	120	160	250
Consumo combustible motores (kg/h)	2.200	2.400	6.000
Velocidad media de vuelo (km/h)	840	840	860
Consumo combustible (kg) / km	2,62	2,86	6,98
Combustible (kg) / pasajero · km	0,022	0,018	0,028
Combustible (kg) / pasajero · 100 km	2,183	1,786	2,791
Relación kg combustible / L combustible	0,8	0,8	0,8
Combustible (L) / pasajero · km	0,027	0,022	0,035
Combustible (L) / pasajero · 100 km	2,728	2,232	3,488
Relación emisiones: kg CO_2/kg combustible	3,15	3,15	3,15
kg CO_2 / pasajero · km	0,069	0,056	0,088
kg CO_2 / pasajero · 100 km	6,875	5,625	8,791
Distancia recorrida (km)	384.271	1.905.890	7.552.423
kg CO_2	26.418,64	107.206,30	663.910,66

La cantidad total de CO_2 emitida por los desplazamientos de personal de la UAM durante el año 2018 en este medio se estima en **797.535** kg de CO_2.

Una vez realizados todos los cálculos que se han ido describiendo de forma progresiva y detallada, en la Figura 3.6 y en la Tabla 3.8 se muestran de forma conjunta y su suma permite obtener un valor total para los tres alcances de **42.294** toneladas de CO_2 equivalentes emitidas. Este dato sería el equivalente a la Huella de Carbono Global de la Universidad Autónoma de Madrid para el año 2018.

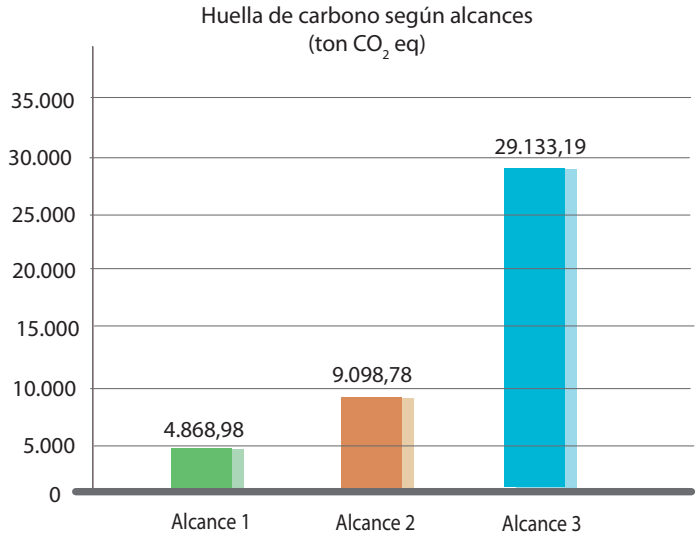


Figura 3.6. Representación de las estimaciones de emisiones en los distintos alcances 1, 2 y 3 de la Huella de Carbono de la UAM (Fuente: Zambade, 2020)

Tabla 3.8. Cálculo de emisiones Alcance 1, 2, y 3 según las diferentes dimensiones analizadas.

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

Este valor es una aproximación a la cantidad real de emisiones de GEI que fueron producidos durante dicho año por la actividad universitaria pues muchos de los apartados se calculan a partir de estimaciones y no de datos reales y exactos. Pero como comentaremos a continuación no existen muchas experiencias previas de universidades del tamaño de la UAM que hayan conseguido obtener una estimación para el alcance 3. Este trabajo es sin duda una aportación metodológica importante para que otras universidades puedan proceder a su cálculo.

Comparativa con otras universidades:

Se ha llevado a cabo una revisión de las universidades españolas que han calculado su huella de carbono en los últimos años. La información recopilada se muestra en la Tabla 3.9. Dado que cada universidad tiene un tamaño y unas características diferentes se ha procedido a estimar la cantidad de emisiones de cada una de ellas en función del número de alumnos matriculados. Es decir, se han obtenidos las emisiones expresadas en toneladas de CO_2 por alumno y año. Este dato representado en la Figura 3.7 permite hacer una comparación bastante visual del valor en la UAM en comparación con el resto de las universidades. En esta gráfica no se han incluido ni la Fundación Universidad San Jorge, ni la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Forestales y del Medio Natural de la Universidad Politécnica de Madrid, debido a que tienen un número de alumnos inferior al resto o son centros unitarios que forman parte de una Universidad.

Los primeros resultados llamativos de estas gráficas es que 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. En relación con la cantidad de CO_2 emitido por alumno y año la UAM se sitúa con 0,407 toneladas en unos valores intermedios pero que pueden considerarse bajos si se compara con universidades de un tamaño o número de alumnos similar como la Universidad Politécnica de Valencia (0,440), la Universidad de Zaragoza (0,454). Solamente la Universidad Politécnica de Madrid que fue la primera en empezar a calcular este dato aparece con niveles inferiores a la UAM con 0,294 toneladas/alumno/ año (2016).

Tabla 3.9. Estimaciones de huellas de carbono por alumno y año de distintas universidades españolas. (Fuente: Zambade, 2020).

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

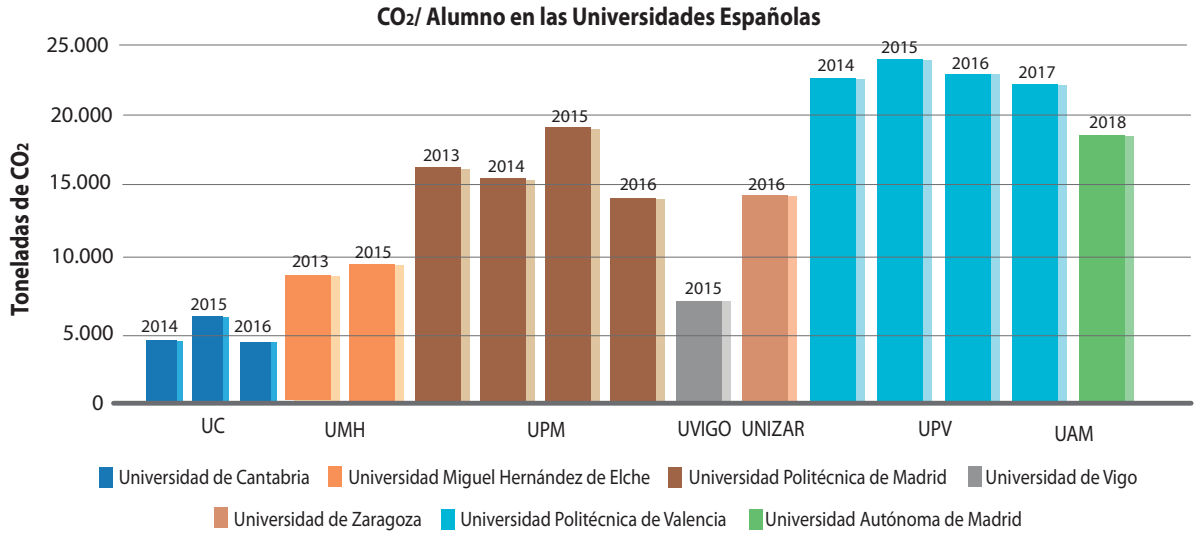


Figura 3.7. Representación gráfica de las emisiones de carbono por alumno y año en distintas universidades españolas. (Fuente: Zambade, 2020).

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, el cálculo de un indicador de sostenibilidad como la huella de Carbono durante años consecutivos permite llevar un registro de las emisiones de CO_2 de tal manera que se puede trabajar en aquellas áreas donde recae una parte importante de las emisiones. Los resultados obtenidos en el análisis muestran la necesaria aplicación de procesos de seguimiento y gestión ambiental más profundos, al menos en los diferentes edificios vinculados a la actividad de la UAM ya que permitiría reducir el consumo eléctrico y disminuir una gran parte de las emisiones.

Pero 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. Cantidad que muy probablemente se vería incrementada si consideramos el transporte de mercancías y suministros a la universidad u otros desplazamientos que no han podido ser estimados como los viajes de investigadores no tramitados por la propia universidad. El elaborar un plan de reducción en este ámbito sería fundamental para poder desarrollar iniciativas y actuaciones para reducir las emisiones de GEI asociadas a los desplazamientos hacia el campus (uso de vehículos particulares para llegar a la universidad por parte de los usuarios) como fuera de él (desplazamientos a larga distancia en avión) ya que constituyen una parte importante del total de GEI emitidos.

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 (repoblaciones y restauración ecológica) y la cantidad de CO_2 que se emite con las diferentes actividades en el campus, de manera que se consiga mejorar la sostenibilidad y el balance entre estas dos variables. En este sentido, multiplicar por 100 la capacidad de secuestro del campus no sería posible, por lo que una gestión más adecuada de las emisiones será fundamental en el marco de configurar un campus más saludable y sostenible.

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

El agua total infiltrada en el Campus de la UAM se ha estimado en 0,003 hm^3 al año (Figura 3.8). Las zonas más importantes del campus para la recarga de acuíferos se encuentran en sus zonas periféricas en el sector, al este del campus, y en los espacios próximos a la carretera, al oeste. Estas zonas son imprescindibles para la recarga por estar compuestas de matrices arenosas que permiten la conductividad hidráu-

lica y, por lo tanto, la recarga del acuífero terciario detrítico de Madrid que como se comentó constituye la reserva de agua más importante de la Comunidad de Madrid (Yelamos & Villarroya, 2007; Martínez-Santos et al. 2010).

Por otro lado, la presencia en estas zonas de vegetación que favorece la percolación del agua permite que se establezca una sinergia entre el secuestro y almacenamiento de carbono y la recarga de acuíferos (Zomlot et al. 2015). Las zonas del campus con mayor infiltración de agua alcanzaron valores de percolación de entre 100 y 260 mm al año por m^2, lo que representa aproximadamente el 40% de toda el agua precipitada durante el año. Por su parte, otras zonas del campus con alta infiltración presentaron valores entre los 50 y 100 mm.

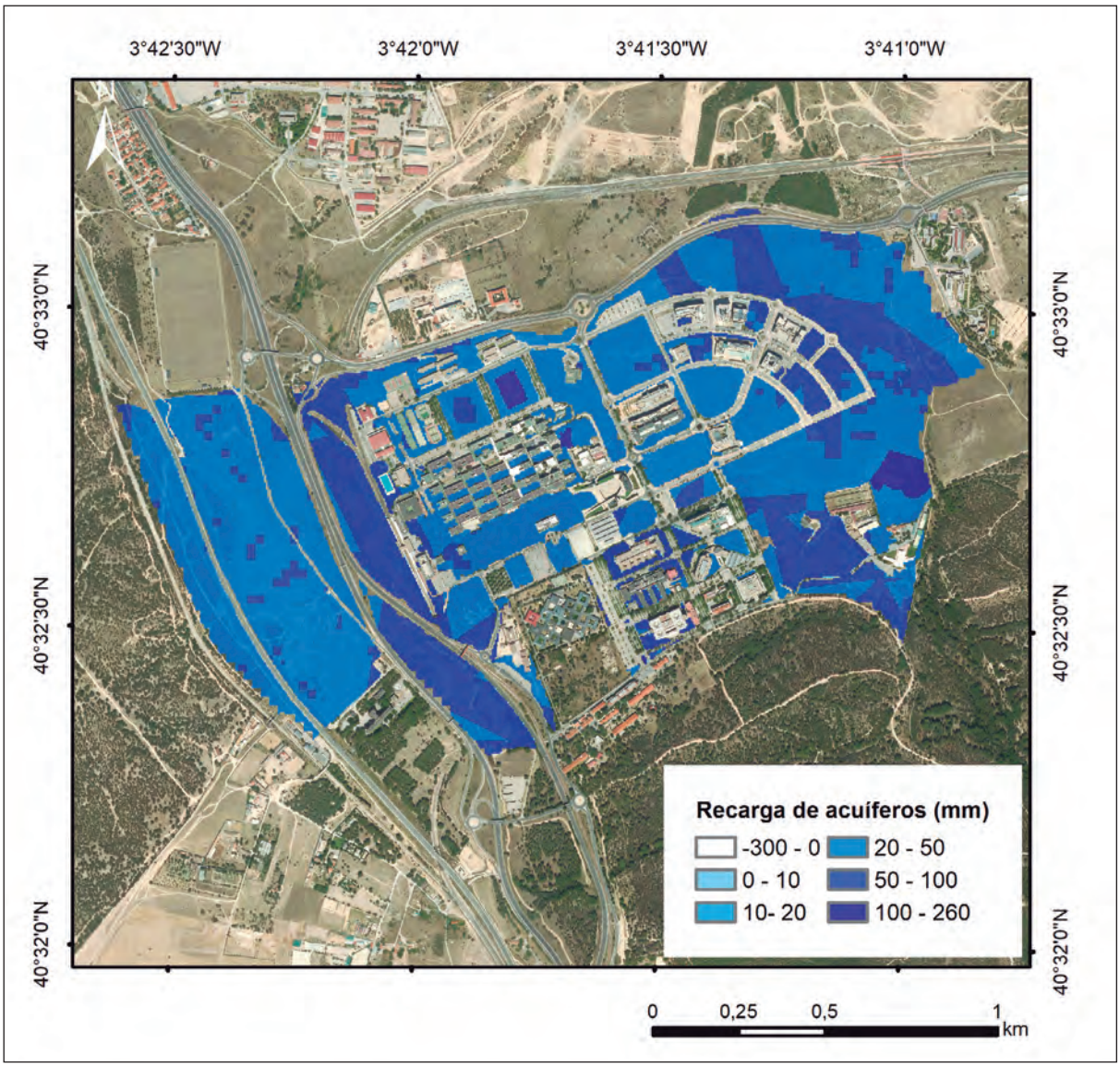


Figura 3.8. Resultados del modelo de recarga de acuíferos (APLIS). El mapa representa el agua procedente de la precipitación que se infiltra en el sustrato del recinto universitario siendo los sectores al este del campus periférico, y en los espacios próximos a la carretera, al oeste donde se produce la recarga prioritaria del acuífero detrítico de Madrid.

El promedio de recarga de acuíferos del Campus de la UAM con respecto al sistema socio-ecológico en el que se encuentra (SEMAGU) y otros espacios naturales de alto valor ecológico se muestra en la Figura 3.9.

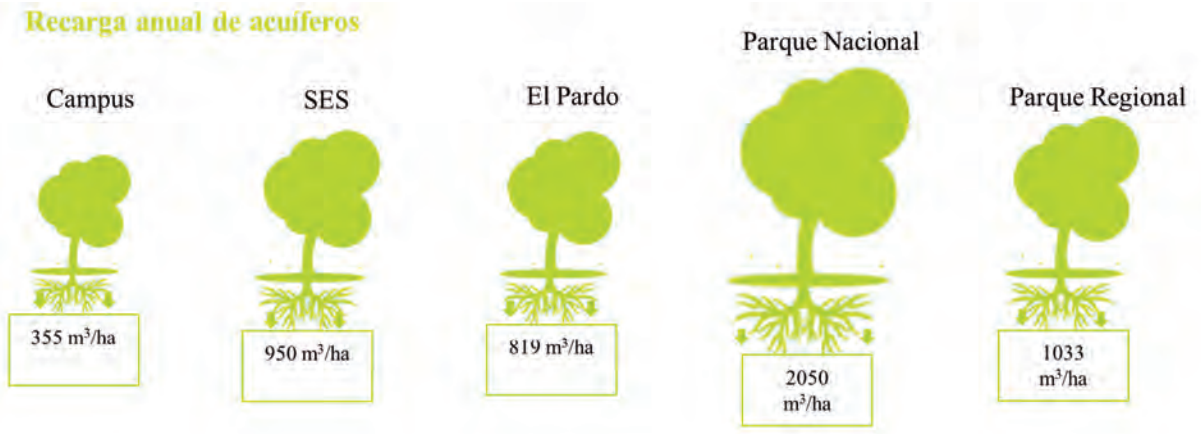


Figura 3.9. Comparativa del promedio de recarga de acuíferos por hectárea con respecto al Sistema Socio-Ecológico Madrid-Sierra de Guadarrama, Monte de El Pardo, el Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama y el Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares no incluido en el campus de las UAM. Los resultados se han comparado con lo obtenido por González-García et al. (en preparación).

Tal y como se desprende de la Figura 3.9, el Campus de la UAM presenta 355 m^3/ha al año de agua recargada en los acuíferos, frente a los 950 m^3/ha que presenta el sistema socio-ecológico en el que se encuentra. Cabe mencionar que el sistema socio-ecológico incluye a la Sierra de Guadarrama, que presenta valores elevados tanto en precipitación como en infiltración (2.050 m^3/ha al año). En este sentido, las superficies urbanizadas del Campus central de la UAM (30%) no favorecen la recarga de acuíferos, por lo que aun encontrándose en un emplazamiento con características biofísicas prácticamente idénticas a las de El Pardo, presenta valores promedio muy inferiores (355 m^3/ha frente a 819 m^3/ha). Cabe destacar, igualmente, que el Parque Regional presenta valores casi tres veces superiores de recarga de acuíferos en comparación con el Campus de la UAM (1033 m^3/ha).

Todos estos resultados muestran la importancia de las áreas periféricas del campus para este servicio, así como la relevancia que tienen los sistemas arenosos para la conductividad del agua (Martínez-Santos et al., 2010). En esta línea, áreas como el campo de fútbol y el campo de rugby favorecen la infiltración de agua en el campus al no presentar zonas impermeabilizadas. Por su parte, y como era de esperar, los elementos asfaltados del campus urbano no permiten la recarga de acuíferos, favoreciendo con ello la escorrentía superficial de agua. En este sentido cabe destacar que determinados edificios del campus, como las Facultades de Psicología y Biología, se encuentran sobre zonas relevantes para la recarga del acuífero. Este hecho pone de manifiesto la importancia que tiene trabajar en diagnósticos previos que ayuden a diseñar estrategias de gestión y planificación territorial del campus que permitan potenciar un servicio tan importante como la recarga de acuíferos (Velis et al. 2017).

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 y, por lo tanto, a impermeabilizarse, se correrá el riesgo de disminuir este servicio tan destacado, especialmente en el contexto de las zonas que rodean al campus, y que, como el caso de el Monte de El Pardo o el Monte de Valdelatas son zonas fundamentales para la recarga del acuífero y el mantenimiento de la vegetación freatofítica asociada a sus bosques riparios.

Por tanto, es fundamental tener en cuenta que, en un futuro incremento del campus urbano, los nuevos edificios deberían estar fuera de las zonas prioritarias de recarga del acuífero y las infraestructuras urbanas asociadas como carreteras, vías ciclistas o peatonales deberían construirse con pavimentos permeables que favorezcan la infiltración del agua de lluvia y escorrentía.

Al igual que se hizo en el apartado anterior con la huella de carbono, es importante en este punto detenerse a analizar el consumo total de agua que tiene lugar en la UAM para calcular su huella hídrica. Como ya se dijo, poder analizar este tipo de indicadores y poder contrastarlos con los valores calculados para los servicios de regulación será fundamental para programar una gobernanza ambiental más sostenible en el Campus de la UAM.

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

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. La base de este indicador consiste en medir el volumen de agua dulce usada para producir bienes y servicios en una empresa o institución, así como la cantidad de agua dulce que es consumida por un individuo o comunidad (Hoekstra et al., 2011). Este indicador ha sido utilizado en múltiples contextos, y cada vez son más los ejemplos existentes relacionados con los campus universitarios (Gu et al. 2019)[2].

Se ha calculado la Huella Hídrica Directa de la UAM desglosada en sus componentes huella azul, huella verde y huella gris según la metodología de Hoekstra et al. (2011).

Huella Hídrica Azul: se entienden los recursos hídricos dulces que hacen falta para fabricar un producto o prestar un servicio, es el volumen de agua dulce consumida de las aguas superficiales (ríos, lagos y embalses) y subterráneas (acuíferos).

HH Azul = Vol (incorporado) + Vol (evaporado) + PFR

Vol. (incorporado): En el caso de la UAM se considera el volumen facturado por las co-

[2] Para la realización de este apartado se ha tomado como referencia el trabajo fin de grado de Ciencias Ambientales Realizado por German Palacios bajo la dirección de Javier Benayas.

mercializadoras de agua. El dato de consumo de agua de los contadores del Canal de Isabel II de la Carretera de Colmenar y LD FTE fue proporcionado por la oficina Ecocampus de la UAM.

Vol.(evaporado): Despreciamos el factor evaporación (asumimos toda el agua canalizada).

PFR (Pérdida del flujo de retorno): Asumimos no pérdida.

Huella hídrica verde: atiende al agua proveniente de las precipitaciones, teniendo en cuenta el volumen de agua evaporada y transpirada desde los recursos globales de agua verde (principalmente agua de lluvia almacenada en el suelo del campus).

HH Verde: Agua incorporada + Evapotranspiración.

La huella hídrica verde se refiere a la precipitación que no sufre escorrentía o es infiltrada recargando acuíferos subterráneos, sino que queda almacena en la superficie del suelo o en la vegetación. Con el tiempo, esta parte de la precipitación se evapora o transpira a través de las plantas, proceso conocido como evapotranspiración.

Agua incorporada = precipitación-escorrentía-recarga de acuíferos.

Los datos de precipitación media anual (MAP), de escorrentía y de recarga de acuíferos en el campus de Cantoblanco, así como el de la Evapotranspiración media anual (EVTP) se han descrito en otros apartados de este informe.

Huella hídrica gris: se refiere al agua que se contamina como resultado de los procesos, este volumen se suele estimar como la cantidad de agua que es necesaria para diluir los contaminantes de forma que se mantengan o superen los niveles de calidad del agua, exigida por la normativa vigente.

HH Gris = (Vol efluente x Concentración efluente) – (Vol afluente x

Concentración afluente) / (Concentración max – Concentración natural).

Se asume el dato de consumo de agua de la depuradora del campus como total de huella gris. El dato de consumo de la depuradora fue suministrado por la oficina Ecocampus de la UAM.

En la Tabla 3.10 se muestran los resultados pormenorizados de la huella hídrica. El valor total estimado para la huella hídrica del Campus de la UAM fue de 1.499.356,90 m^3 y en la Figura 3.10 la importancia relativa de cada una de sus componentes.

Tabla 3.10. Resultados pormenorizados de la huella hídrica (en metros cúbicos de agua) para el año 2018 en el Campus de la UAM.

CÁLCULO HUELLA HÍDRICA DIRECTA CAMPUS DE CANTOBLANCO 2018

Base de cálculo 2018

Componente Huella Hídrico	Dato	Fuente	Valor	Unidades	Cálculo	Resultado
Huella azul	Consumo contador suministrador agua Cantoblanco (LD FTE & Cra COLMENAR)	Laboratorio Socio-Ecosistemas	331.827	m^3		331.827
Huella gris	Consumo depuradora Cantoblanco		204,298	m^3		204,298
Huella verde	MAP (Mean Annual Precipitation) Campus UAM	Laboratorio Socio-Ecosistemas	1.019.740	m^3	(MAP-yield-recarga de acuíferos) + EVTP	963.231
	Escorrentía (Water yield)	Laboratorio Socio-Ecosistemas	845.000	m^3		
	Recarga acuíferos	Laboratorio Socio-Ecosistemas	15.3000	m^3		
	EVTP (Mean Annual Evapotranspiration) Campus UAM	Laboratorio Socio-Ecosistemas	803.791	m^3		
	TOTAL HUELLA HÍDRICA DIRECTA:	*HH azul + HH verde + HH gris*	**1.499.356**	**m^3**		

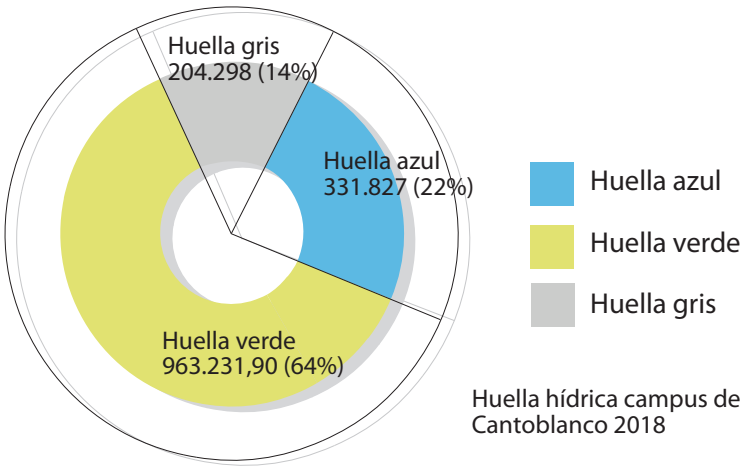


Figura 3.10. Importancia relativa de cada uno de los componentes de la huella hídrica directa del campus de Cantoblanco. (Fuente: Palacios, 2020).

Comparativa con otras universidades:

La huella hídrica es un indicador muy novedoso que tiene claras limitaciones en su aplicación al ámbito universitario. Aún así, permite obtener una visión global de la gestión de este recurso en universidades que cuentan con campus universitarios

Si bien en el cálculo de la huella de carbono se han identificado bastantes universidades españolas que se han enfrentado a valorar este indicador, no ocurre lo mismo en el caso de la huella hídrica. Solo se han identificado dos universidades: la Universidad de Virginia (UVA) (Natyzak, 2017) y a la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) (Pérez et al. 2020) que muy recientemente han llevado a cabo esta estimación. En la Figura 3.11 se muestra una comparativa de los resultados obtenidos en los tres estudios tanto de forma global como estimando un valor en relación con el número de estudiantes en cada campus para poder establecer una comparación entre las tres universidades. Aunque quizás el criterio más relevante no sea el número de alumnos sino las características y extensión de sus campus universitarios. Los datos para la UPM son muy inferiores en relación con las otras dos universidades, muy probablemente debido a lo limitado de las zonas urbanas comunes que gestiona pues parte de sus Escuelas Técnicas son edificios que se localizan dentro de la ciudad de Madrid sin zonas verdes aledañas. Necesitaríamos ese dato para poder establecer una comparación más clara y objetiva de los resultados de las tres universidades.

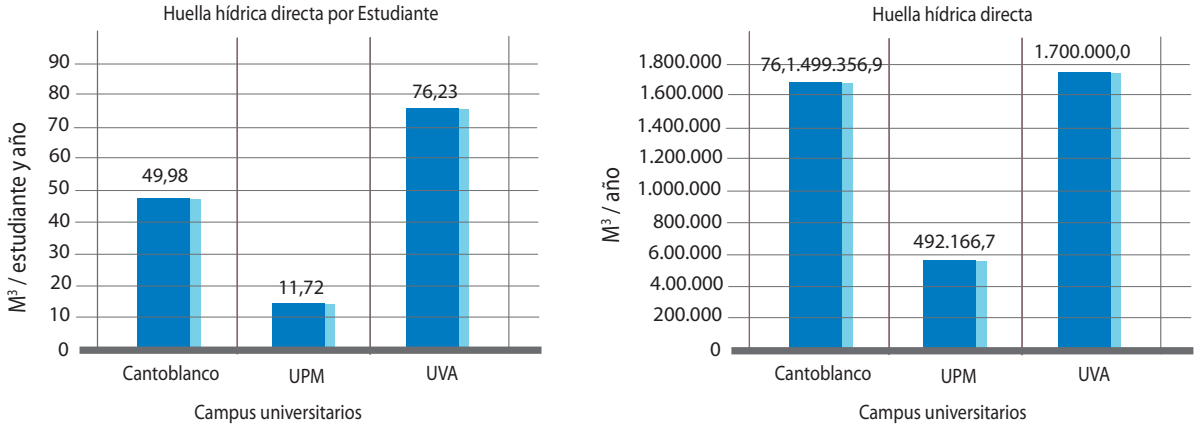


Figura 3.11. Comparativa de huellas hídricas entre campus. (Fuente: Palacios, 2020).

En términos generales, los resultados obtenidos tanto para la huella hídrica como para la huella de carbono muestran la importancia que tiene para la sostenibilidad socio-ecológica de la UAM calcular periódicamente estos indicadores. Esto permitirá ir estudiando los balances existentes entre la capacidad de los ecosistemas del campus de generar servicios ambientales de regulación (secuestro de carbono, recarga de acuíferos) y la demanda de la comunidad universitaria (emisión de GEI, consumo de agua). Este tipo de análisis serán esenciales para que la universidad pueda acometer durante los años venideros cualquier tipo de iniciativa relacionada con la mitigación del cambio climático, el logro de los ODS y la NAU.

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

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 hm^3 al año. La distribución espacial del rendimiento de agua en el campus se muestra en la Figura 3.12. Las zonas periféricas del campus con más vegetación de tipo arbórea combinadas con zonas arenosas fueron las que obtuvieron los valores más bajos para este servicio, debido, principalmente, a la escasa capacidad que tienen estos espacios para transformar el agua de lluvia en escorrentía (Sun et al. 2006).

Como era de esperar, las zonas del campus con más escorrentía fueron aquellas con más superficies artificiales del campus urbano de la zona central (ver Figura 2.3). En este sentido, se observó una correlación significativa y negativa entre el rendimiento de agua y la recarga de acuíferos. Así, las zonas del campus que presentaron mayor infiltración de agua fueron las que tuvieron menor escorrentía (menos de 176 mm al año).

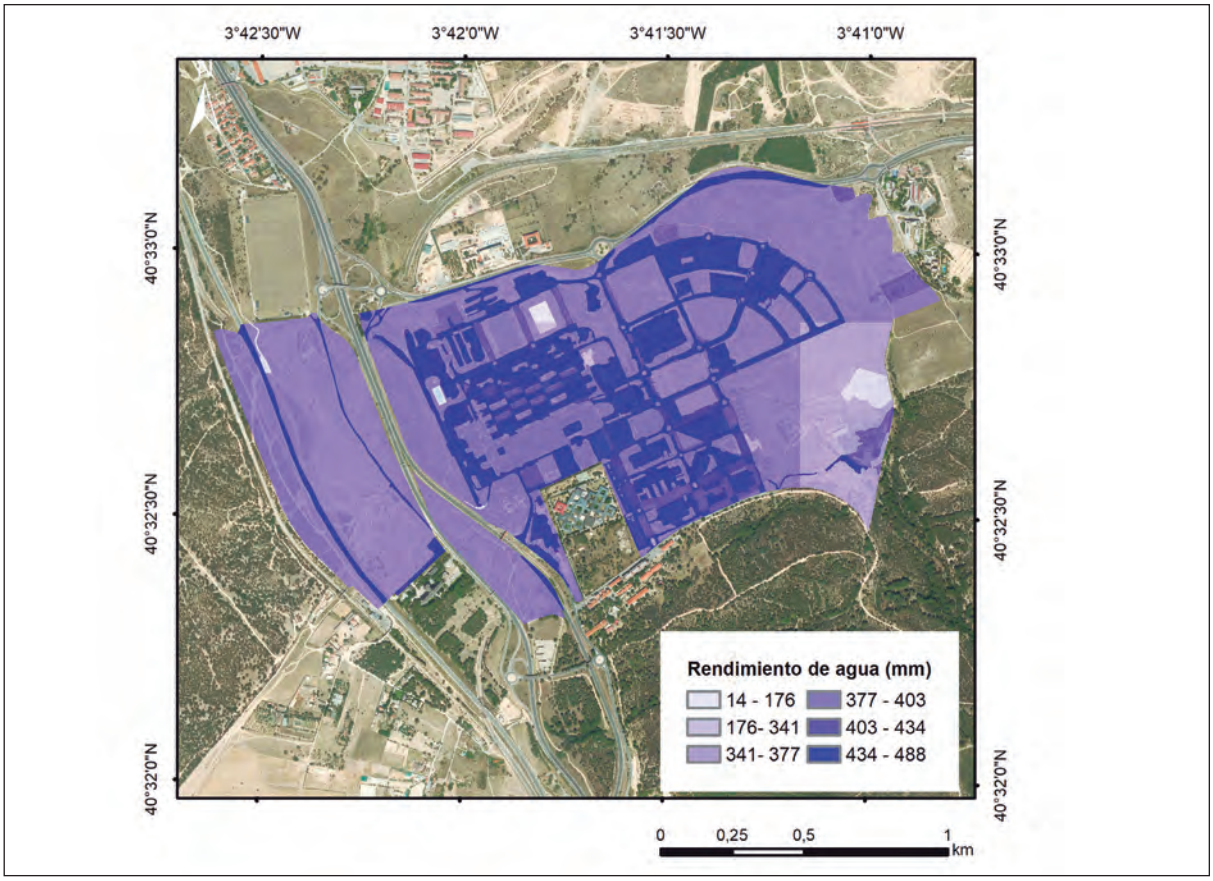


Figura 3.12. Resultados del modelo de rendimiento de agua (escorrentía) (InVEST). El mapa muestra el total de agua de lluvia (en milímetros) que anualmente termina escurriendo en el Campus de la UAM, tras los efectos producidos en sus espacios verdes por el consumo y la retención de agua. El campus urbano es el que muestra los valores más elevados para este servicio.

El promedio estimado de rendimiento de agua por hectárea y año comparado con los valores obtenidos en otros espacios naturales próximos se muestra en la Figura 3.13. Este promedio para el Campus de la UAM es de 3.865 m^3/ha al año, un valor muy similar al observado en el sistema socio-ecológico del que forma parte (3.877 m^3/ha al año). Esto es debido principalmente a que una gran parte del sistema socio-ecológico Madrid-Sierra de Guadarrama presenta valores de precipitación similares a los del Campus de la UAM. Por otro lado, cabe destacar que el valor de rendimiento de agua, en comparación con el Monte de El Pardo (1.990 m^3/ha al año), es dos veces superior en el campus, principalmente debido a la alta permeabilidad de los suelos de El Pardo. Sin embargo, los valores de rendimiento de agua obtenidos en el Parque Nacional (8.190 m^3/ha al año) presentan magnitudes muy superiores a las del Campus de la UAM. Este se debe principalmente a la intensa precipitación que se da en las montañas del Parque Nacional. Asimismo, cabe destacar que en comparación con el valor promedio del Parque Regional (3.624 m^3/ha al año), el Campus de la UAM presenta valores ligeramente superiores (3.865 m^3/ha al año). Esta diferencia se debe principalmente al elevado porcentaje de superficie impermeable que presenta el campus con respecto al Parque Regional no incluido en el recinto universitario.

Figura 3.13. Comparativa del promedio de rendimiento de agua por hectárea con respecto al Sistema Socio-Ecológico Madrid-Sierra de Guadarrama, El Pardo, El Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama y el Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares. Los resultados se han comparado con los obtenido por González-García et al. (2020).

Los resultados arrojados por este modelo son coherentes con otros estudios que mostraron cómo la escorrentía es superior en áreas con coberturas de pastizal o superficies impermeables (Delphin et al. 2016; González-García et al. 2020). Considerando los resultados revelados por este modelo, y teniendo en cuenta las características biofísicas de los ecosistemas tanto dentro como fuera del Campus de la UAM, es importante destacar la relevancia de la recarga de acuíferos frente a la escorrentía. En este sentido, la recarga y buen estado del acuífero detrítico de Madrid favorece la presencia de pequeños arroyos y vegetación freatofítica gracias al agua liberada paulatinamente por el mismo (Martínez-Santos et al. 2010). Hay que tener en cuenta que la red de arroyos temporales que existían en el campus (Imagen 3A) fueron soterrados al construirse en los 70´s el gran edificio modular inicial. En este sentido, los escasos remanentes que quedan de esos antiguos arroyos, junto con la presencia residual de al-

gunas especies freatofíticas, son especialmente dependientes del mantenimiento de estos servicios de recarga de acuíferos y escorrentía (Ficha 12-Apéndice 1).

3.1.6. Regulación de la temperatura local. *Microclima y espacios verdes de la UAM*

Los espacios verdes forestales del Campus de la UAM ejercen un efecto significativo sobre la regulación de la temperatura local. De este modo, las temperaturas en las zonas urbanizadas y asfaltadas del campus fueron de media 1ºC mayores que en las zonas con vegetación seminatural o espacios renaturalizados. Asimismo, los espacios verdes ajardinados regados del campus central mostraron una temperatura media 1ºC menor que las zonas con vegetación seminatural y espacios renaturalizados (Figura 3.14). Dado que

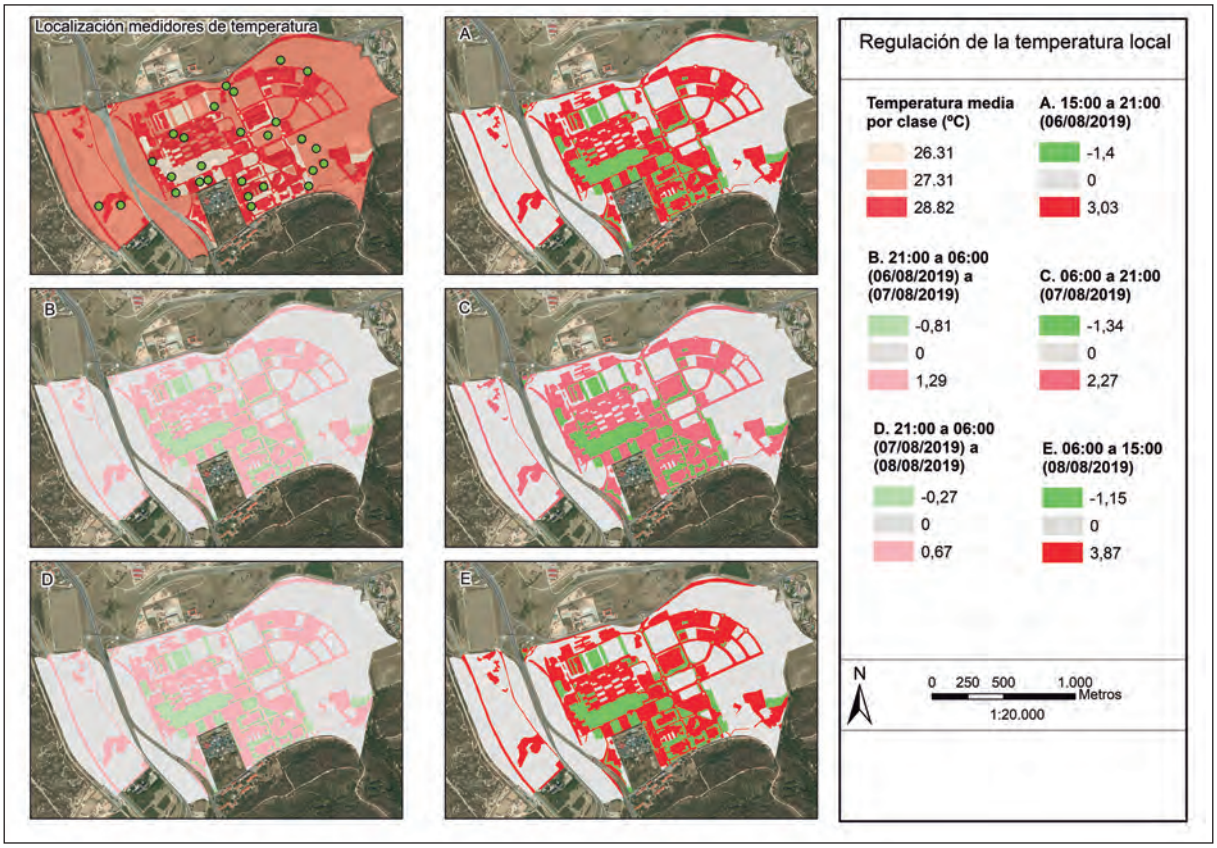


Figura 3.14. Resultados del análisis del efecto de las coberturas vegetales o espacios verdes sobre la temperatura a nivel local. El primer mapa (arriba a la izquierda) muestra el emplazamiento y la distribución de los medidores, así como la temperatura media total registrada por cada clase (urbano, verde regado y verde seminatural). (A) Variación media de la temperatura entre las 15:00 y las 21:00 del día 6 de agosto de 2019. (B) Variación media de la temperatura ente las 21:00 y las 6:00 de los días 6 y 7 de agosto de 2019. (C) Variación media de la temperatura entre las 6:00 y las 21:00 del día 7 de agosto de 2019. (D) Variación media de la temperatura entre las 21:00 y las 6:00 de los días 7 y 8 de agosto de 2019. (E) Variación media de la temperatura entre las 6:00 y las 15:00 del día 8 de agosto de 2019.

las temperaturas se midieron durante dos días de verano, el efecto del riego del césped fue notable, viéndose variaciones más elevadas cuando los sistemas de riego estuvieron activos (Figuras 3.8 A y 3.8 E). Por su parte, la habitual estabilización de la temperatura durante la noche se tradujo en una variación térmica nocturna más leve que la detectada durante el día (Figuras 3.8 B y 3.8 D). Cabe mencionar que el mayor efecto de este servicio ambiental tiene lugar en verano (en los meses de julio y agosto), que es precisamente el momento del año en el que hay menos personas en el Campus de la UAM al no desarrollarse en la universidad actividades docentes.

Estos resultados son coherentes con otros trabajos realizados sobre la reducción del calor urbano que proporcionan los espacios verdes (Oliveira et al. 2011; Declet-Barreto et al. 2013). También estos resultados son similares a los obtenidos en un Trabajo de Fin de Grado sobre la isla de calor urbana en el campus de la UAM que a través de Teledetección analizó la acumulación de calor en las zonas urbanas respecto a las no urbanas (Aragonese, 2020). Las variaciones de temperatura que se han detectado han sido similares, aunque las metodologías aplicadas han sido diferentes.

En este contexto es importante tener en cuenta el alto coste hídrico y económico que supone mantener las zonas regadas del Campus de la UAM para conservar 1ºC de diferencia entre las zonas no regadas (Figura 3.15). Esto pone de manifiesto la necesidad de una reorientación del estilo de ajardinamiento del campus, focalizando los riegos en las zonas más utilizadas por la comunidad universitaria, especialmente alumnos, y restringiendo el riego en las zonas con menor actividad. Esta propuesta permitiría mantener el disfrute de este servicio de regulación de la temperatura al mismo tiempo que se reduce sensiblemente el consumo de agua.

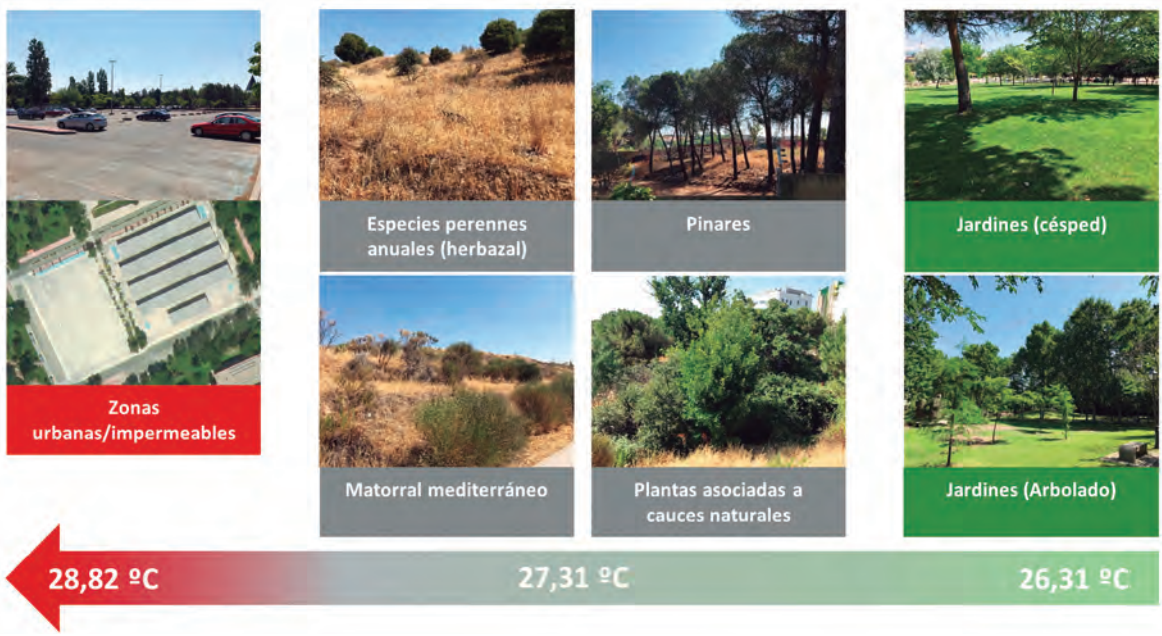


Figura 3.15. Se muestra los efectos microclimáticos de los espacios verdes del campus de la UAM comparando las diferencias de temperatura entre diferentes coberturas del suelo. En rojo, imágenes de los espacios urbanos, en gris, imágenes de los espacios verdes con vegetación renaturalizada del campus periférico y, en verde, imágenes de los espacios verdes ajardinados regados del campus central.

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. 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 hace que el campus verde cubierto de bosquetes durante el verano (5% de campus) y el césped con riego (4% del campus) en días soleados invierno se convierta en un espacio prioritario para desarrollar diferentes tipos de actividades de ocio y docentes al aire libre.

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

La remoción de contaminantes realizada por el arbolado del Campus de la UAM ha sido estimada en 2.404 toneladas al año[3] (Figura 3.16).

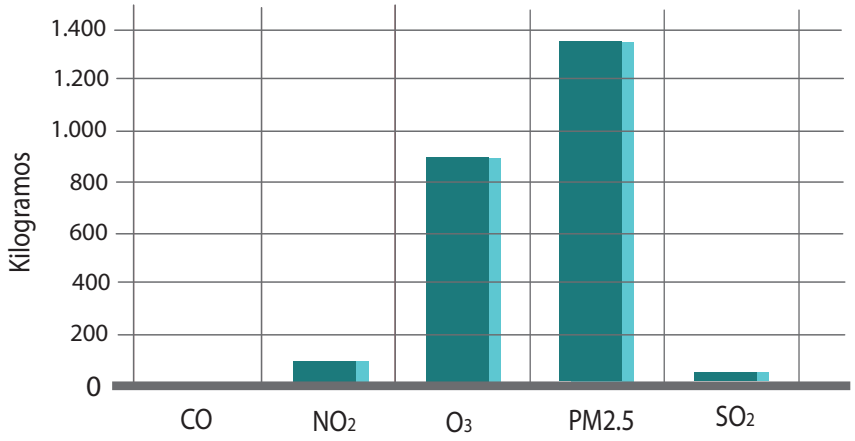


Figura 3.16. Eliminación anual de contaminantes llevada a cabo por el área foliar del arbolado del Campus de la UAM. Cada columna representa el total de la sustancia removida en kilogramos en base a los datos de medición de la estación más próxima.

La remoción de contaminantes es un proceso que realizan las plantas a través de su área foliar (Baró et al. 2016). 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 3.17). Otras especies frecuentes en el campus que contribuyen a la eliminación

[3] Cabe mencionar que estos resultados relativos a la eliminación de contaminantes llevada a cabo por la vegetación del Campus de la UAM probablemente estén algo desactualizados, pues el inventario forestal existente en la UAM tiene ya varios años y a día de hoy es incompleto.

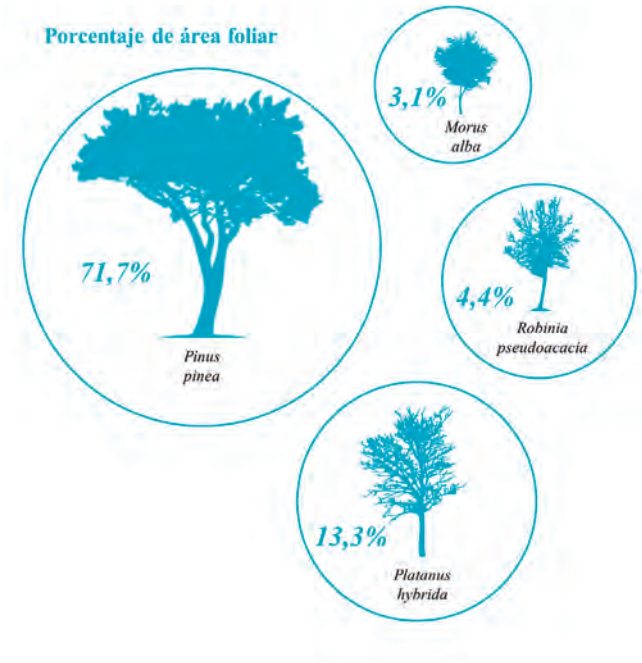


Figura 3.17. Porcentaje de área foliar por especie en el arbolado del Campus de la UAM que refleja su capacidad de eliminar contaminantes del aire. Las encinas del campus en el Parque Regional no se han incluido en este análisis ya que no estaban consideradas en el inventario forestal.

de contaminantes con su área foliar han sido el plátano de sombra *(Platanus hybrida)* (13,3%), la falsa acacia *(Robinia pseudoacacia)* (4,4%) y la morera *(Morus alba)* (3,1%). Sin embargo, cabe mencionar a este respecto que el desarrollo de los pinos existentes resultado del proyecto de repoblación del año 2004 en el sector este del campus periférico no ha sido totalmente efectivo, sobre todo en aquellas zonas con menor acumulación de agua (apartado 1.1.4). Esto ha provocado que algunos de los 18.000 pies de pino piñonero no hayan alcanzado un porte adecuado para desarrollar su máximo potencial, tanto en lo que respecta al secuestro y almacenamiento de carbono como en lo referente a la eliminación de contaminantes. Por último, merece la pena señalar que la producción anual de oxígeno llevada a cabo por el arbolado del Campus de la UAM ha sido estimada en 254,5 toneladas al año.

Los espacios verdes forestales ajardinados y renaturalizados del campus central y periférico de la UAM contribuye notablemente a la reducción de contaminantes en el aire y a 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 servicios como el secuestro y almacenamiento de carbono, la recarga de acuíferos o la regulación de la temperatura local.

Todos estos resultados ponen en evidencia las potentes sinergias que existen entre este servicio (la purificación del aire y la eliminación de contaminantes) y otros servicios importantes de regulación, como el secuestro y almacenamiento de carbono. En este sentido, el desarrollo correcto de los espacios verdes forestales del sector este del campus relacionado con las plantaciones de pino piñonero pueden dar lugar a una mejora sustancial en varios servicios de regulación, como el secuestro y almacenamiento de carbono, la purificación del aire y la recarga de acuíferos. Igualmente, incrementar la variedad de especies en este sector (y en general en todo el Campus de la UAM) sería una medida que podría favorecer notablemente

el incremento de la purificación del aire (mediante, por ejemplo, el aumento de pies de encina *(Quercus illex)*, cuya área foliar es mayor que la de los pinos). Estas medidas deberían tenerse en cuenta a la hora de diseñar estrategias de administración del campus basadas en la gestión de las sinergias entre servicios de regulación.de las sinergias entre servicios de regulación.

3.1.8. Sinergias entre los servicios de regulación. *Gestionando la acción conjunta entre los servicios de regulación para promover un modelo de administración holista del campus de la UAM*

Los resultados más relevantes obtenidos analizando individualmente el flujo de los servicios de regulación considerados que los espacios verdes del Campus de la UAM proporcionan a la comunidad universitaria se resumen en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Resultados más importantes obtenidos para el Campus de la UAM de indicadores relacionados con los servicios de regulación evaluados.

- Carbono secuestrado anualmente.	**124 toneladas**
- Carbono total almacenado.	**8.092 toneladas**
- Agua infiltrada anualmente.	**0,003 hm^3**
- Agua de lluvia interceptada al año.	**0,85 hm^3**
- Temperatura local amortiguada.	**28,8ºC zonas asfaltadas**
	27,3ºC zonas naturales
	26,3ºC zonas ajardinadas/regadas
- Contaminantes eliminados anualmente.	**2.404 toneladas**
- Oxígeno producido anualmente.	**254,5 toneladas**

Pero un análisis de interrelaciones entre estos servicios de regulación muestra que existen importantes sinergias entre ellos (Figura 3.18). Bajo el marco de análisis de los servicios ambientales o de los ecosistemas 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 diferentes tipos de personas receptoras. Esto es lo que ocurre, como hemos visto, con el servicio de secuestro y almacenamiento de carbono que ha mostrado una alta correlación con la recarga de acuíferos, así como con la regulación de la temperatura local (1ºC menos en zonas con vegetación) y con la remoción de contaminantes (mayor eliminación en zonas con presencia de ecosistemas forestales).

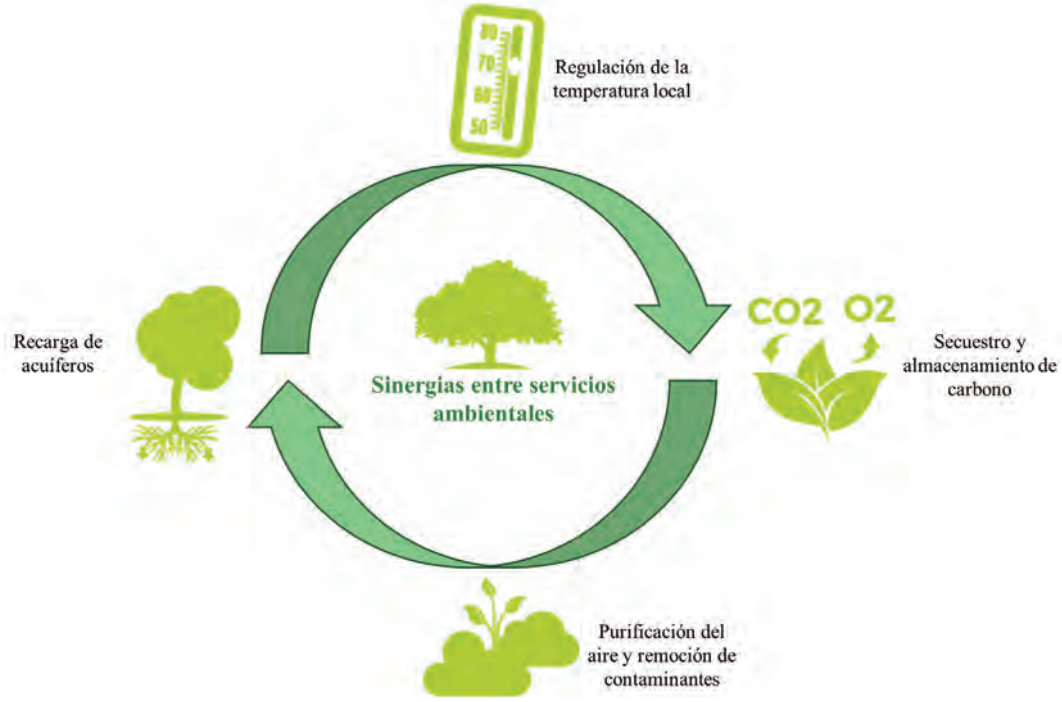


Figura 3.18. Representación gráfica de las sinergias positivas que se establecen entre los servicios ambientales de regulación evaluados. El incremento en las superficies de los espacios verdes del campus, especialmente los espacios forestales, puede favorecer, al mismo tiempo, la recarga de acuíferos, la regulación de la temperatura local, el secuestro y almacenamiento de carbono y la purificación del aire.

Estas sinergias entre servicios ponen de manifiesto la importancia de promover una gestión integral de todos ellos y no de una forma particularizada, impulsando actuaciones que incrementen el suministro de varios servicios, al mismo tiempo que se reduce la demanda de otros (Dobbs et al. 2014). En este sentido se ha visto cómo las zonas más relevantes para la recarga de acuíferos del campus periférico son las más prioritarias para la gestión integral de los ecosistemas. Un ejemplo de esto lo encontramos en el campus periférico del este donde se pudo detectar un mejor desarrollo de determinados espacios verdes forestales coincidiendo con zonas donde los niveles freáticos del acuífero son más altos en determinados periodos del año. De este modo, cualquier actuación enfocada a mejorar el secuestro y el almacenamiento de carbono debería tener en cuenta al mismo tiempo cómo se puede potenciar el servicio de recarga de acuíferos. Asimismo, atender a las características ecológicas del territorio dentro del Campus de la UAM será de vital importancia para evaluar qué elementos pueden estar reduciendo o afectando al suministro de los servicios de regulación.

La regulación de la temperatura local presenta notables diferencias entre las áreas con asfalto y las zonas verdes, revelando la importancia de los espacios verdes ajardinados con riego del campus central, así como los seminaturales del campus periférico de sus extremos, para el mantenimiento de este servicio (Oliveira et al. 2011). Además, la regulación de la temperatura

local muestra importantes sinergias con el secuestro y almacenamiento de carbono, así como con la recarga de acuíferos, por lo que cualquier mejora que se pretenda promover en este servicio debe tener en cuenta los posibles efectos sobre los demás. La adecuada gestión de los espacios verdes del campus es un elemento clave para el desarrollo y manejo de los servicios de regulación que estos espacios proporcionan (Camps-Calvet et al. 2016), incluyendo algunos servicios de vital importancia que no han podido ser evaluados en este proyecto, como el control de la erosión de los suelos.

Por último, cabe destacar y reiterar que el Campus de la UAM tiene en sus inmediaciones importantes espacios naturales (Figura 1.4), además de formar parte del gradiente urbano-rural que existe entre la ciudad de Madrid y la Sierra de Guadarrama (González-García et al., 2020). Este hecho, junto a varios de los resultados arrojados por este proyecto, pone en evidencia la importancia que tienen los servicios de regulación proporcionados por los espacios verdes del Campus de la UAM, más allá de los propios límites administrativos del recinto universitario adquiriendo relevancia a escala local y regional (Figura 3.19). Cualquier mejora que se plantee sobre la sostenibilidad socio-ecológica del Campus de la UAM es necesario analizarla a diferentes escalas. Por ejemplo, la contribución de los espacios verdes del campus de la UAM a la mitigación del cambio climático inducido se tiene que evaluar de forma sinérgica en el contexto de su emplazamiento territorial en este caso dentro del conjunto de los espacios naturales protegidos bien conservados de su entorno y del gradiente altitudinal rampa de arcosas – sierra de Guadarrama.

Figura 3.19. 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 socio-ecológica entre los espacios naturales protegidos de su entorno.

En vez de gestionar de forma independiente cada uno de los servicios ambientales de regulación evaluados, hay que potenciar la administración de las sinergias que se producen entre ellos, considerándolas como una estrategia clave para conseguir un campus socio-ecológicamente sostenible, que respete los límites biofísicos de sus ecosistemas; es necesario por tanto mantener su funciones o capacidad de generar servicios para diferentes tipos de beneficiarios de la comunidad universitaria. Además, el alto valor ecológico de los espacios naturales protegidos y no protegidos que rodean el campus y el gradiente urbano-rural donde se ubica hace que estas sinergias sean muy relevantes para mejorar y potenciar la conectividad socio-ecológica del campus de la UAM más allá de sus límites administrativos. Por tanto, la evaluación de los servicios de regulación que suministran los espacios verdes del campus de la UAM debe llevarse a cabo a diferentes escalas. Una escala local en relación con los espacios naturales protegidos de su entorno y una escala regional respecto al gradiente urbano – rural Madrid – Sierra de Guadarrama donde se ubica.

3.2. Los servicios ambientales culturales. Los beneficios inmateriales de los espacios verdes de la UAM

Las evaluaciones socioculturales de los servicios ambientales están siendo utilizadas cada vez con más frecuencia para apoyar –a cualquier escala– las políticas de gestión ambiental; unas políticas que tradicionalmente han estado basadas casi exclusivamente en indicadores de tipo biofísico y económico (Chan et al. 2012). Así, y pese a ser consideradas una prioridad de investigación, han sido pocas las investigaciones que hasta la fecha han abordado la dimensión sociocultural de los servicios que los ecosistemas, incluidos los espacios verdes urbanos, proporcionan a los seres humanos (Daniel et al. 2012; Cruz-García et al. 2017).

La importancia de los servicios culturales para el bienestar humano ha sido ampliamente reconocida por la comunidad científica internacional (Bryce et al. 2016; Bullock et al. 2018). Sin embargo, la evaluación de este tipo de servicios plantea varias dificultades conceptuales y metodológicas que habitualmente los ha relegado a un segundo plano en el panorama académico en comparación con los servicios de abastecimiento y regulación (Hirons et al., 2016; Plieninger et al. 2013). A este respecto los enfoques cartográficos participativos (como el aplicado para el Campus de la UAM en este proyecto) están siendo utilizados cada vez con más asiduidad para evaluar y comprender la distribución espacial de este tipo de servicios, así como su relación con las diferentes características del paisaje (Brown, 2005, Ridding et al. 2018), las coberturas del suelo (Plieninger et al. 2013) y el bienestar humano (Ridding et al. 2018). Estas evaluaciones permiten además ensanchar los debates sobre los valores culturales de los ecosistemas al tiempo que facilitan la toma de decisiones (Hirons et al. 2016).

Incorporar la dimensión sociocultural de los servicios ambientales del campus a través de técnicas de cartografía participativa será fundamental para construir nuevas políticas de gestión integrada del campus urbano y el campus verde de la UAM que, yendo más allá de los indicadores biofísicos y económicos, aspiren a una evaluación holística y plural de las contribuciones que sus espacios verdes ajardinados, seminaturales y renaturalizados realizan sobre el bienestar de la comunidad universitaria.

3.2.1. Características de las personas encuestadas. *El perfil de los miembros de la comunidad universitaria de la UAM*

Como ya se indicó en el capítulo anterior, la evaluación de los servicios culturales se llevó a cabo de forma participativa 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. En la Figura 3.20 se resumen las características básicas de los encuestados.

El género de los encuestados estuvo bien equilibrado de acuerdo con la composición de la población que conforma la comunidad universitaria, con un 59,9% de mujeres y un 37,9% de hombres. Respecto a la edad, el 58,6% de los informantes tenían menos de 30 años, mientras que el 37,7% tenían entre 30 y 60 años y el 3,7% tenían más de 60. Por su parte, el 58,4% de todos los encuestados manifestó residir en el municipio de Madrid mientras que el 41,6% declaró residir fuera del mismo (Figura 3.20).

El 59,7% de todos los participantes fueron estudiantes (el 78% de grado y el 22% de posgrado), el 21,4% personal docente e investigador, el 13,5% personal de administración y servicios, el 4,1% personal técnico e investigador del CSIC y el 1,3% trabajadores externos (Figura 3.20).

El 32,5% de los participantes declaró llevar menos de dos años vinculado a la UAM, bien sea estudiando o trabajando, mientras que el 28,4% manifestó llevar entre dos y cinco años, el 11,8% entre cinco y diez años y el 27,3% más de diez años vinculado a la institución (Figura 3.20).

Respecto al tiempo que los encuestados declararon pasar diariamente en la UAM durante el periodo lectivo, la mayoría (el 40,1%) manifestó pasar entre cinco y ocho horas al día de media. El 31,1% declaró pasar entre dos y cinco horas mientras que sólo el 3,9% reconoció pasar menos de dos horas al día de media en la UAM. Cabe destacar que un porcentaje importante de participantes (el 24,9%) manifestó pasar más de ocho horas diarias dentro de las instalaciones de la universidad (Figura 3.20).

Al preguntar a los encuestados acerca del tiempo que dedican diariamente a estar al aire libre y en relación directa con los espacios verdes del campus, el 91,5% de los encuestados manifestó pasar menos de una hora al día, del cual el 56,4% reconoció pasar incluso menos de media hora al día. El 6,9% declaró pasar entre una y dos horas al día y el 1,6% más de dos horas al día (Figura 3.20.).

Por último, se preguntó a los participantes del cuestionario cuál era el medio de transporte que normalmente utilizaban para llegar hasta la universidad. El 68,2% manifestó usar el transporte público (el 56,4% el tren de cercanías y el 11,8% los autobuses interurbanos) y el 29,9% el coche privado. Por su parte, el 1,3% declaró usar la bicicleta como medio habitual de transporte y el 0,7% manifestó llegar habitualmente hasta la universidad en motocicleta (Figura 3.20).

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 lleva 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.

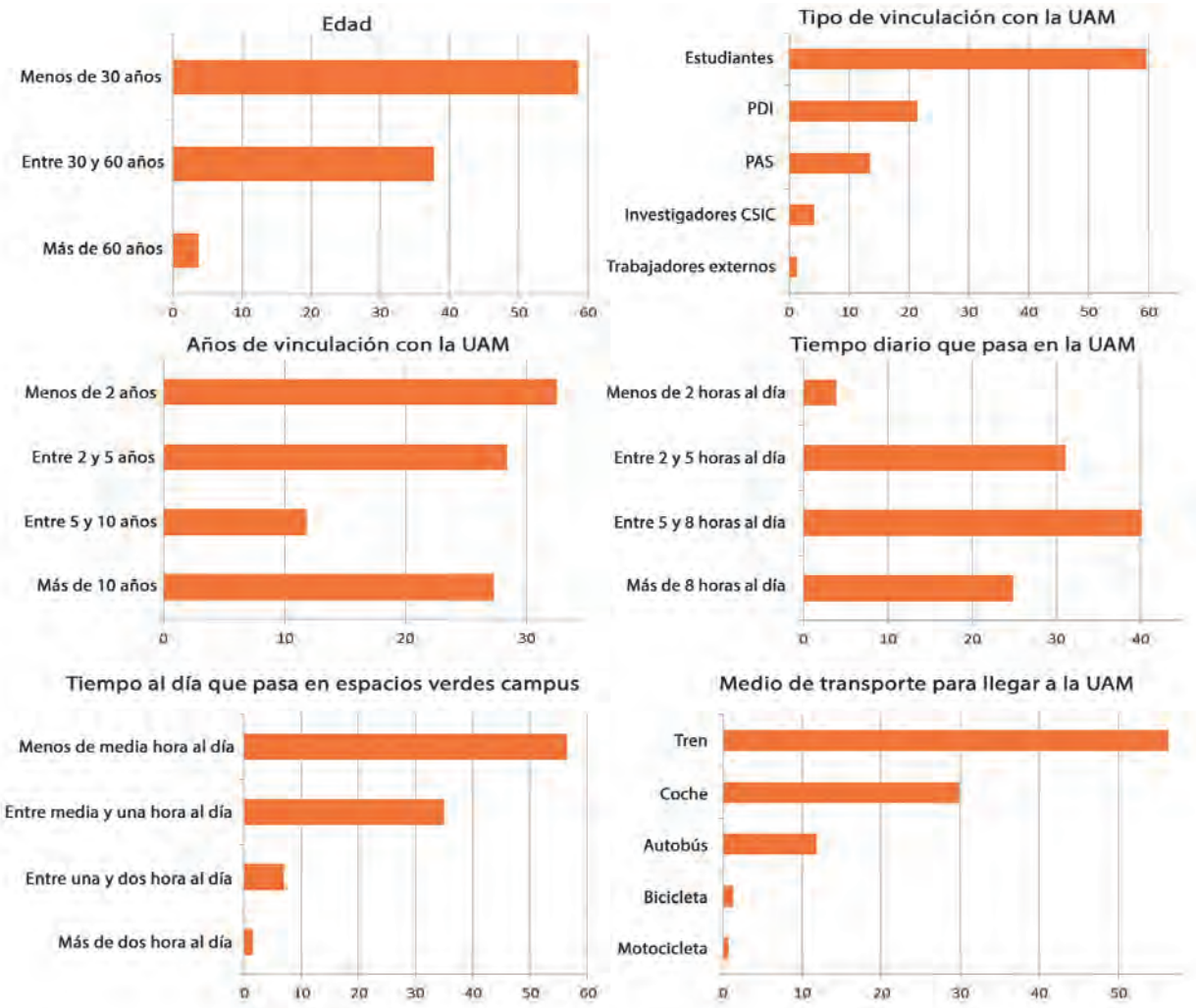


Figura 3.20. Estadísticas descriptivas de los encuestados: edad (arriba a la izquierda), tipo de vinculación con la institución (arriba a la derecha), años de vinculación con la universidad (centro izquierda), tiempo diario que pasan en la UAM (centro derecha), tiempo al día que pasan en los espacios verdes del campus (abajo a la izquierda), y medio de transporte utilizado para llegar a la universidad (abajo a la derecha).

3.2.2. Patrones espaciales de los servicios culturales evaluados en el campus de la UAM. *Donde disfrutan los miembros de la comunidad universitaria los beneficios de los espacios verdes de la UAM*

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 (a razón de 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). De este modo, las actividades recreativas y de

ocio y el disfrute estético de los paisajes fueron, respectivamente, los dos servicios más identificados y señalados en el recinto universitario por los encuestados (Figura 3.21 y Figura 3.22).

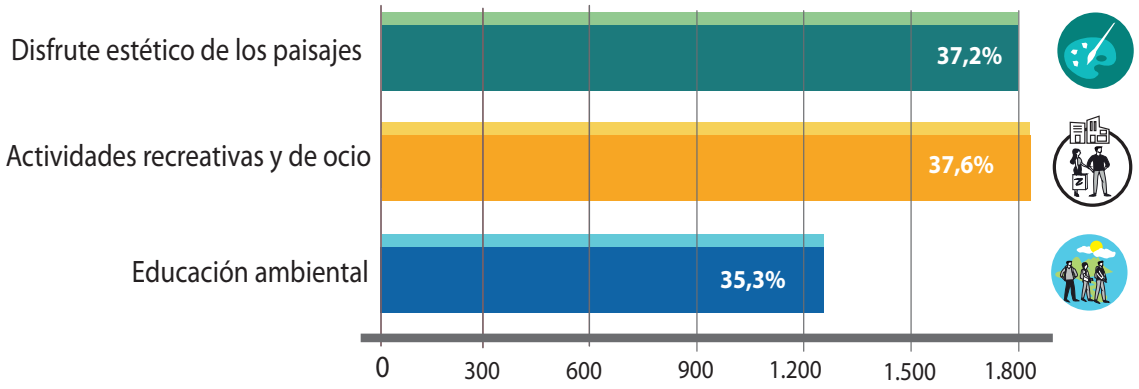


Figura 3.21. Número total de puntos señalados por los encuestados dentro del mapa del Campus de la UAM en función del tipo de servicio cultural evaluado. Casi por igual el disfrute estético de los paisajes de los espacios verdes y la realización en ellos de actividades recreativas y de ocio han sido los servicios más reconocidos y valorados.

El disfrute estético de los paisajes del campus acaparó el 37,2% de todos los puntos mapeados por los encuestados. Cuando se preguntó sobre cuáles eran los elementos del paisaje más llamativos, el 23,4% de los encuestados respondió que la *vegetación,* seguido muy de cerca de aquellos que respondieron el *paisaje en su conjunto* (21,7%). *La sombra y la temperatura fresca* (14,9%) y *la tranquilidad y el silencio* (12,1%) fueron las siguientes opciones más respondidas por los encuestados en relación con el disfrute estético de los paisajes.

Con el 37,6% de todos los puntos mapeados, las actividades recreativas y de ocio fue el servicio cultural más señalado por los encuestados y dentro del Campus central con espacios verdes ajardinados de la UAM (Figura 1.16). Respecto al tipo de actividades realizadas, las opciones más señaladas fueron: *reunirse con amigos* (21,1%), *comer al aire libre* (16,0%) y *descansar, relajase o meditar* (15,7%). Otras acciones mencionadas con frecuencia incluyeron *pasear* (12,9%) y *realizar actividades diversas de ocio y entretenimiento* (12,3%).

Por su parte, la educación ambiental, con el 25,3% del total de puntos, fue el servicio menos mapeado (Figura 3.16.). El patrón de distribución espacial de este servicio fue además algo más disperso que los de los otros dos servicios analizados, un resultado que es coincidente con lo detectado por un estudio similar desarrollado en la ciudad de Berlín (Rall et al., 2017). Asimismo, es importante indicar que, a pesar de que la mayoría de encuestados señalaron en el mapa lugares del campus con potencial educativo, la mayor parte de ellos (el 55,5%) reconocieron no desarrollar ahí ninguna actividad educativa específica.

Tal y como se desprende de la Figura 3.16, y pese a las diferencias muestrales existentes en cada caso, los tres servicios culturales cartografiados mostraron distribuciones espaciales bastante similares en el campus central donde se concentran los espacios verdes ajardinados (Figura 2.1).

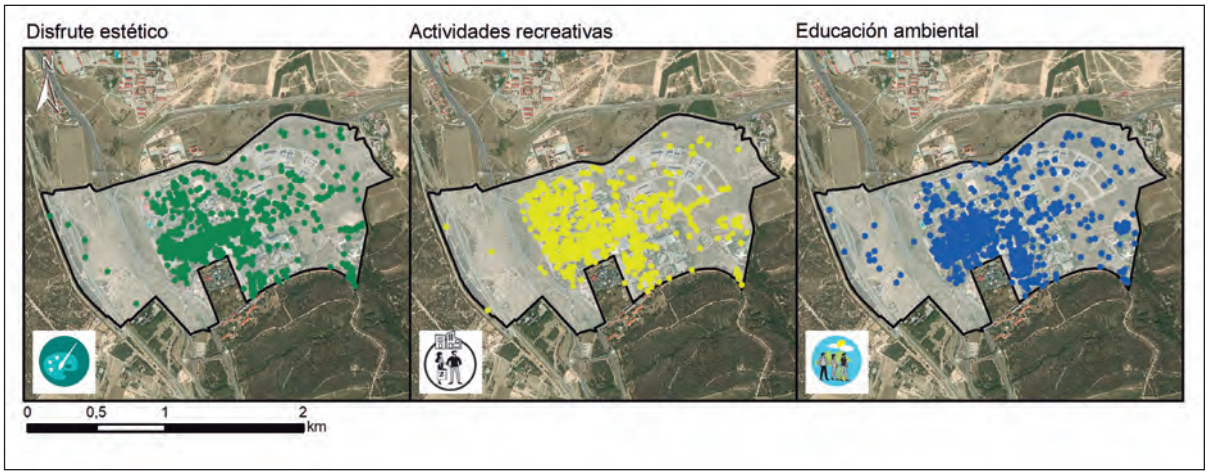


Figura 3.22. Lugares señalados por los encuestados en el mapa del Campus de la UAM para cada uno de los tres servicios culturales evaluado. El campus central que contiene los espacios verdes ajardinados recoge la mayoría de los puntos señalados para el disfrute de los tres servicios culturales evaluados.

Los resultados del mapeo participativo llevado a cabo en el proyecto mostraron que los servicios culturales analizados al igual que ocurre con los servicios de regulación considerados no se disponen aleatoriamente en el territorio del Campus de la UAM, sino que siguen patrones concretos de distribución espacial asociados a lugares específicos del campus (Figura 3.23). Esta distribución nos permite hablar, al igual que han hecho con anterioridad otros trabajos similares (ver, por ejemplo, Van Berkel and Verburg, 2012), de *hotspots* (o puntos calientes) tanto de servicios culturales como de regulación (Davids et al. 2016). Los *hotspots* son áreas críticas de suministro para uno o más servicios cuyos valores de las cuadrículas definidas en el territorio son mayores que el valor medio (Davids et al. 2016).

Los *hotspots* de servicios de regulación están relacionados con las particularidades biofísicas del territorio. Para el caso de los servicios culturales sus *hotspots* suelen estar relacionados con las características del paisaje y con las clases de cobertura del suelo (Plieninger et al., 2013). Es razonable que la gente, por norma general, prefiera pasear, correr, montar en bici, descansar o dar y recibir clases al aire libre en aquellos lugares que por sus características paisajísticas suscitan una mayor belleza o atractivo escénico (Kellert & Wilson, 1995; Van den Berg et al. 2007). En este contexto los patrones espaciales detectados para los servicios culturales refuerzan la naturaleza interrelacionada y holística que varios autores atribuyen a este tipo de servicios (Daniel et al. 2012; Plieninger et al. 2013; Raudsepp-Hearne et al. 2010).

Un análisis de densidad de kernel permite caracterizar los *hotspots* de los servicios evaluados. Para el caso de los servicios de culturales se caracterizaron varias diferencias significativas respecto a los patrones de distribución espaciales de los puntos mapeados para los tres servicios culturales estudiados (Figura 3.23). Para todos ellos, la frecuencia de sus mapeos se relacionó positivamente con varias clases de coberturas del suelo relacionadas con los distintos tipos de espacios verdes ajardinados (Tabla 2.1). De este modo, los espacios verdes ajardinados del campus central, caracterizados por amplias extensiones de césped, matorral de jardín y árboles de jardín como el plátano, el olmo o el chopo, fueron con diferencia los lugares del campus

más señalado por los encuestados para los tres tipos de servicios culturales evaluados, aglutinando entre el 70 y el 90% de todos los puntos mapeados en el cuestionario.

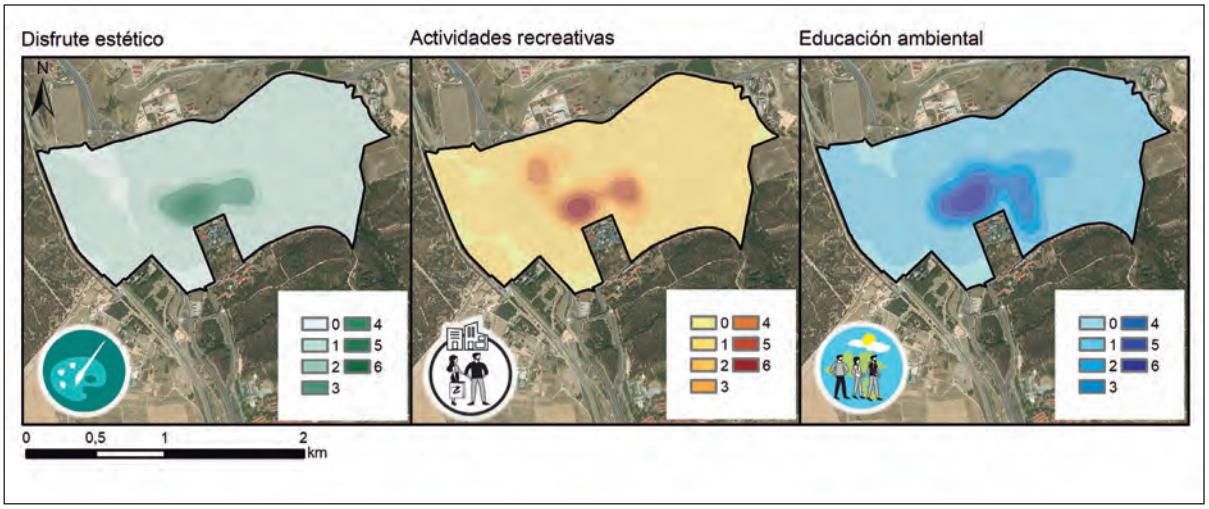


Figura 3.23. Distribución espacial de los hotspots *de los tres servicios culturales evaluados según la graduación de densidades proporcionada por el análisis de densidad de kernel. La zona del campus central con los diferentes tipos de espacios verdes ajardinados se corresponde con la zona de mayor actividad y trasiego de personas, fue para los tres servicios analizados la región del campus más señalada para el disfrute de los tres servicios de regulación evaluados.*

Reconocer y trabajar sobre los *hotspots* de servicios ambientales culturales, así como de los de regulación identificados 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.

De este modo, los diferentes tipos de espacios verdes ajardinados del campus central tuvieron un efecto significativo en el mapeo de los tres servicios culturales evaluados. Tal y como se aprecia en la Figura 3.24 los espacios verdes ajardinados, con césped de riego, matorral de jardín y bosquetes (ver Tabla 2.1), obtuvo valores muy superiores al resto de tipos de espacios verdes no ajardinados del campus periférico para los tres servicios culturales evaluados a pesar de que ocupan el mayor porcentaje del recinto universitario. Este hecho de las preferencias, especialmente de los estudiantes, por paisajes verdes formales, estables y planificados de los campus como son los espacios ajardinados y regados frente a los espacios con paisajes más naturales (bosques, matorrales, herbazales) y cambiantes se ha descrito en otros campus universitarios (Speake et al. 2013). Los estudiantes se sienten más identificados con los espacios ajardinados ya que perciben directamente el flujo de servicios culturales y desarrollan actividades recreativas o de ocio en un buen microclima frente a los espacios verdes seminaturales que suministran un flujo, mayoritariamente invisible, de servicios de regulación.

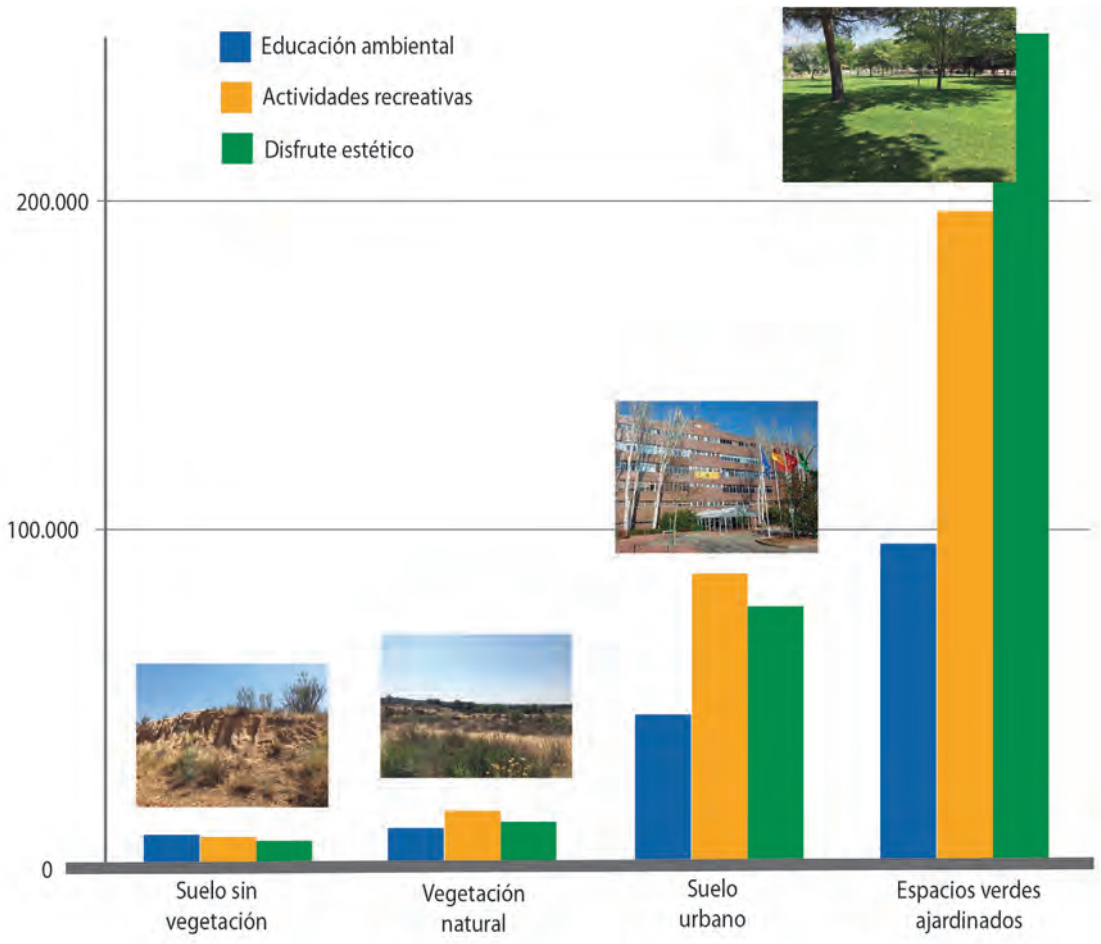


Figura 3.24. Diferencias, para los tres servicios culturales evaluados, de las predilecciones mostradas por los encuestado entre los distintos tipos de espacios verdes del campus de la UAM agrupados en el Nivel 1 de la Tabla 2.1.

Este resultado muestra la predilección de los encuestados por los espacios verdes ajardinados y regados del campus a la hora de señalar los lugares con mayor potencial estético, recreativo y educativo. En el apartado 3.1.6 relacionado con la valoración del servicio de regulación microclimática se puso de manifiesto como los espacios verdes regados del campus central con césped y bosquetes ejercen un efecto significativo muy notable sobre la regulación de la temperatura local mostrando temperaturas menores que las zonas con vegetación seminatural y espacios renaturalizados del campus periférico. Estas condiciones microclimáticas óptimas que mitigan los efectos de las islas de calor del campus explicarían, en parte, porque los miembros de la comunidad universitaria encuestados respondían que seleccionaban estos espacios verdes por la vegetación (fitofilia) la sombra y la temperatura fresca y los invitaba a realizar actividades de pasear, reunirse con amigos, comer al aire libre, descansar, relajase o meditar (Imagen 5).

Imagen 5. Los espacios verdes ajardinados regados, predominantes en la zona central del campus y caracterizados por amplias extensiones de césped y árboles de jardín, obtuvieron los valores más altos para los tres servicios culturales evaluados; Disfrute estético de paisajes, actividades recreativas y educación ambiental.

Los espacios verdes regados del campus central de la UAM, a pesar de que suponen una superficie reducida respecto al total de la superficie verde del recinto universitario periférico con vegetación seminatural o renaturalizada son, con mucha diferencia, los más valorados estéticamente y seleccionados para desarrollar actividades recreativas, de ocio y educación.

También, es probable que los tipos de espacios verdes ajardinados no sea el único factor que explique estas diferencias de predilección entre los espacios verdes ajardinados del campus central y los seminaturales del campus periférico, pues tal y como han señalado otros autores (Soini et al. 2012) la *familiaridad* con el entorno local parece ser uno de los factores que mejor explican las percepciones sociales hacia los paisajes. Así, la zona ajardinada del campus central, al concentrar a las facultades y a la mayor parte de centros y edificios administrativos, es de largo la zona más frecuentada y transitada de todo el campus. De este modo, los sitios

más señalados del campus (correspondiente a su zona central) no sólo lo fueron –probablemente– por ser los más ajardinados y con condiciones microclimáticas más optimas (apartado 3.1.6) sino también por ser los más conocidos y concurridos de todo el campus.

Por su parte, y como era de esperar, la zona del campus urbanizado en donde se emplazan las instalaciones deportivas (al norte) también fue, para el servicio cultural de las actividades recreativas y de ocio, altamente identificada en el mapa por los participantes del cuestionario (Figura 3.23, Figura 3.24).

Por otro lado, y tal y como se desprende de la Figura 3.22, y pese a las diferencias muestrales existentes en cada caso, los tres servicios culturales cartografiados, mostraron distribuciones espaciales bastante similares. En este sentido, el análisis de correlación llevado a cabo mostró, al igual que ocurre con los servicios de regulación evaluados (apartado 3.1.8) importantes sinergias positivas que se reflejan en las correlaciones significativas y positivas que existen entre los tres servicios culturales; algo que ha sido identificado con anterioridad por otros autores (Plieninger et al. 2013; Rall et al. 2017).

Al igual que con los servicios de regulación existen importantes sinergias positivas entre los servicios culturales evaluados ya que los lugares del campus más identificado por los usuarios por su valor estético y paisajístico fueron también los lugares más elegidos para la educación ambiental y para desarrollar actividades recreativas y de ocio al aire libre.

3.2.3. La contribución de los servicios culturales al bienestar de la comunidad universitaria. *No todos lo perciben y valoran de igual manera*

Al finalizar la parte del cuestionario relativa al mapeo de servicios culturales, se pidió a los encuestados que valorasen la contribución que, según su opinión, realizaba cada uno de los tres servicios culturales estudiados a su bienestar humano (preguntas 17–19 del cuestionario; Apéndice 4). Esta valoración se hizo en base a una escala psicométrica entre 1 y 100, en donde el 1 significaba que el servicio en cuestión no contribuía en *nada* a su bienestar y el 100 que contribuía *totalmente*.

La valoración del disfrute estético de los paisajes mostró diferencias significativas en base a la vinculación de los encuestados con la universidad, de modo que fueron los trabajadores externos (media de 85,0 sobre 100,0) los que más altamente valoraron la contribución que este servicio tiene sobre el bienestar, seguidos del personal de administración y servicios (77,1), los técnicos e investigadores del CSIC (75,3), el personal docente e investigador (72,6) y los estudiantes (72,1) (Figura 3.25).

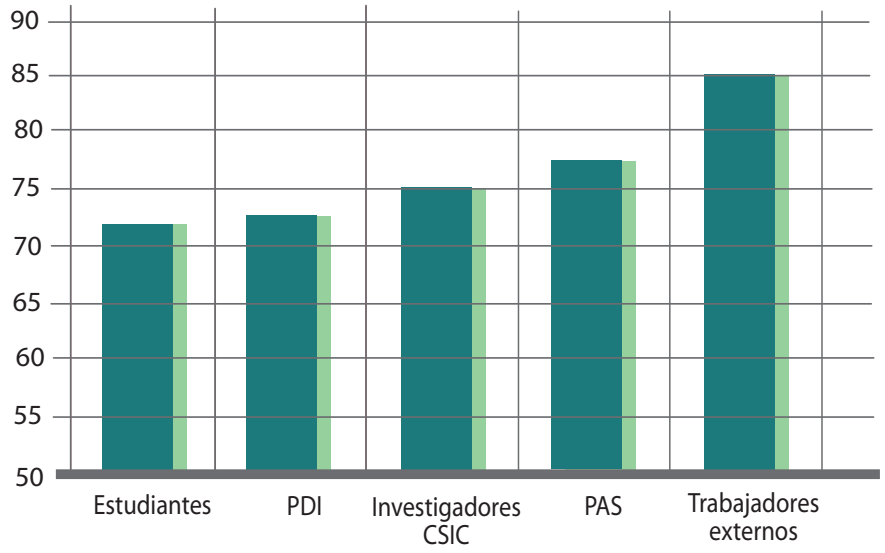


Figura 3.25. Diferencias entre los diferentes actores sociales de la comunidad universitaria de la UAM respecto a la contribución que sobre su bienestar tienen el disfrute estético de los paisajes del campus.

Además, se vio que los encuestados de la Facultad de Psicología fueron los que más altamente valoraron la contribución que sobre su bienestar humano tienen tanto el disfrute estético de los paisajes como las actividades recreativas y de ocio. Este resultado no debería de sorprender, pues son precisamente los profesores y estudiantes de esta facultad los que –por norma general– mejor conocen los efectos beneficiosos que sobre el bienestar tienen tanto los paisajes naturales y espacios verdes (Corraliza, 2000, Bertram & Rehdanz, 2015; Velarde et al. 2007) como la realización de actividades de ocio y recreo al aire libre (Pretty et al. 2007).

Como ya se ha visto, la educación ambiental fue, con el 25,3% del total de puntos, el servicio cultural menos identificado y señalado por los encuestados en el mapa del Campus de la UAM (Figura 3.21). Además, este servicio obtuvo una valoración significativamente menor que las valoraciones otorgadas por los encuestados a los otros dos servicios culturales.

La educación ambiental mostró diferencias significativas en función del sexo, de manera que las mujeres (media de 59,9 sobre 100) tendieron a valorar la educación ambiental más altamente que los hombres (media de 55,4 sobre 100) (Beichler, 2015). Las diferencias de género en la percepción de los servicios ambientales han sido detectadas previamente (Martín-López et al. 2012; Rall et al. 2017) y se justifican, al menos en parte, de acuerdo con el hecho de que las mujeres conceden un mayor énfasis que los hombres al altruismo que resulta de la socialización (Dietz et al. 2002).

Al igual que sucedió con el disfrute estético de los paisajes, la valoración de la educación ambiental también mostró diferencias significativas en base a la vinculación de los encuestados. Sorprendentemente, fueron los profesores e investigadores los actores sociales que en menor medida valoraron el potencial que la educación ambiental tiene en el Campus de la UAM

para contribuir al bienestar de la comunidad universitaria (media de 53,7 sobre 100,0). En el extremo contrario se ubicaron los trabajadores externos (media de 78,5 sobre 100,0), que fueron los que en mayor medida identificaron el potencial educativo de los espacios verdes del campus (Figura 3.26).

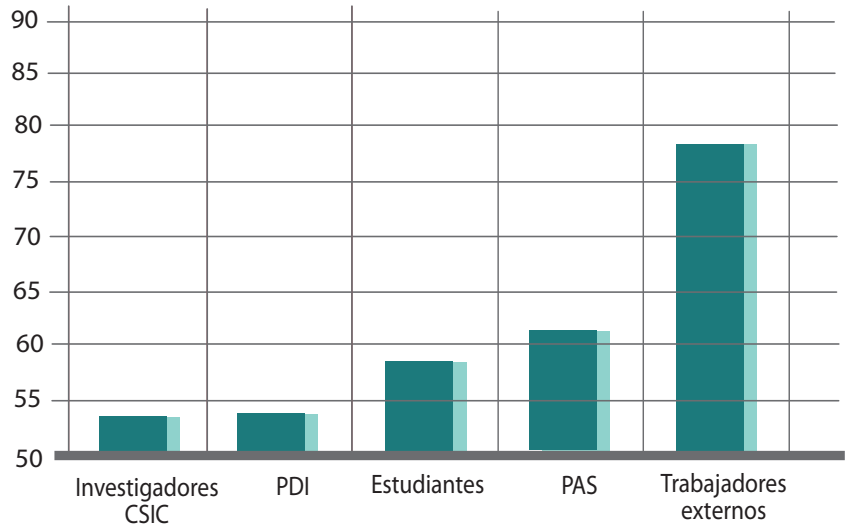


Figura 3.26. Diferencias entre los distintos actores sociales de la comunidad universitaria de la UAM respecto a la contribución que sobre su bienestar tiene el servicio de educación ambiental.

Igualmente, el servicio de la educación ambiental también mostró diferencias significativas en función de la facultad de procedencia de los encuestados, de modo que, como era *a priori* de esperar (y como resulta lógico), fueron los participantes de la Facultad de Formación de Profesorado y Educación los que más altamente valoraron la contribución que este servicio hace a su bienestar.

Este análisis también puso de manifiesto que aquellos encuestados que manifestaron en el cuestionario haber pasado poco tiempo en contacto directo con la naturaleza durante su infancia fueron los que valoraron en menor grado el servicio estético proporcionado por los espacios verdes del campus. Todos estos resultados concuerdan bien con un amplio repertorio de investigaciones científicas que han evidenciado de forma clara y notoria el papel clave que desempeña el contacto con la naturaleza en la salud y el bienestar humano (para una revisión amplia y reciente al respecto se recomienda consultar Bratman et al. 2019).

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.

Los hallazgos de este trabajo refuerzan los convencimientos previos de que las personas perciben y valoran los servicios culturales de manera diferente según variables como el género, los estudios, el empleo, o la frecuencia con la que visitan espacios verdes (Martín-López et al. 2012; Plieninger et al. 2013). Más específicamente, esta investigación ha documentado como las personas que forman parte de la comunidad universitaria encuentran diversos valores culturales asociados a los espacios verdes del Campus de la UAM. Así, la inmensa mayoría de encuestados pudieron identificar lugares del campus cuyos valores estéticos, recreativos y educativos contribuyen cotidianamente a su bienestar y expresan diferentes propuestas de mejora del entorno donde realizan sus actividades proponiendo, a través del cuestionario realizado (Apéndice 4), la creación de algunos equipamientos e infraestructuras verdes como la ampliación de los espacios verdes ajardinados del campus, el incremento del arbolado o el aumento del número de bancos y mesas al aire libre (Figura 3.27).

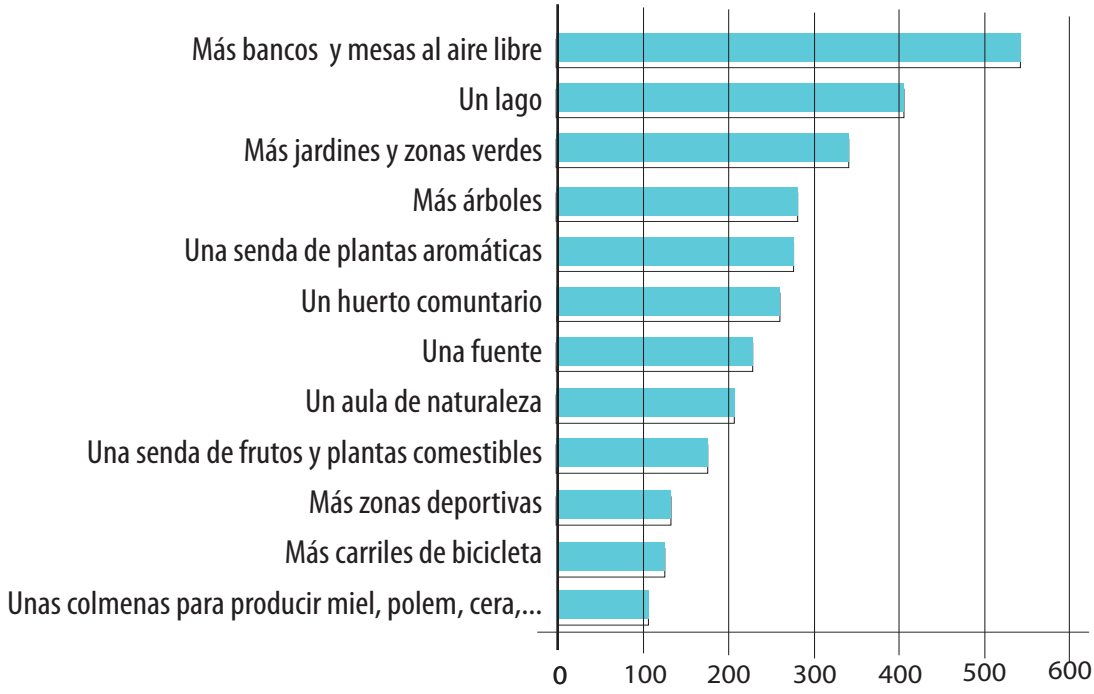


Figura 3.27. Lista de los elementos y equipamientos más demandados por los usuarios del Campus de la UAM relacionada con las mejoras que éstos desearían ir viendo en el campus durante los próximos años (ver pregunta número 20 del Apéndice 4).

Estos resultados confirman que las personas relacionan los servicios culturales y los diferentes lugares del campus con su bienestar humano (Plieninger et al. 2013).

Este hecho tiene una enorme relevancia de cara a poder justificar nuevos planes estratégicos más saludables, sostenibles y resilientes para el Campus de la UAM que estén basados en los servicios ambientales que sus espacios verdes generan y que se centren en la conectividad socio-ecológica del territorio donde se ubican más allá de sus límites administrativos (apartado 3.1.6).

4. ¿CÓMO PODEMOS AVANZAR HACIA UN CAMPUS MÁS SOSTENIBLE Y RESILIENTE EN LA UAM?

MENSAJES CLAVE

• La arquitectura del Plan Estratégico de campus socio-ecológicamente sostenible y resiliente propuesto tiene como fin último generar y aplicar principios, criterios y directrices para un ordenamiento territorial integrado y unitario de los usos del suelo que supere la gestión dual existente entre un campus central urbano ajardinado y unos campus periféricos con ecosistemas seminaturales/renaturalizados. La finalidad última es construir un recinto universitario multifuncional que optimice, a diferentes escalas, el flujo de los servicios ambientales de sus espacios verdes para el bienestar de la comunidad universitaria y de la población del sistema territorial en que se ubica.

• La salud es uno de los componentes del concepto multidimensional de bienestar humano y, en muchos de sus aspectos, está estrechamente vinculada con los servicios ambientales de los espacios verdes del campus por lo que no parece adecuado realizar un plan de universidad saludable y otro de universidad sostenible sino elaborar un único plan de campus socio-ecológicamente sostenible que integre varios conceptos.

• El marco conceptual de los sistemas socio-ecológicos aplicado a la UAM permite llevar a cabo una administración integrada y unitaria del campus urbano y del campus verde vinculando el bienestar universitario al flujo de los servicios ambientales que aportan sus espacios verdes ajardinados, seminaturales y naturalizados.

• Dado que la biodiversidad es la componente más importante de los ecosistemas del campus con capacidad para genera servicios ambientales, y por tanto, responsable de gran parte del bienestar universitario, su conservación debería ser asumida por todos los órganos de gestión de la universidad poniéndola en el centro de la política universitaria de la UAM, junto con la excelencia en la docencia y la investigación.

• El marco de los sistemas socio-ecológicos se hace operativo desarrollando procesos de ecologización (dependencia de los servicios ambientales de sus espacios verdes) y ambientalización (concienciación ambiental de la comunidad universitaria) del campus además de tejer alianzas con múltiples entidades de la administración regional y local junto con las ONGs. La educación ambiental, la ciencia de la sostenibilidad y el liderazgo educativo y científico constituyen sus ejes transversales unificadores.

• El enfoque de las Soluciones Basadas en la Naturaleza asociado a los beneficios que genera el flujo de servicios ambientales de los amplios espacios verdes del campus de la UAM, puede ser una alternativa sostenible y menos costosa económica y socialmente que muchas de las soluciones convencionales de gestión ambiental y urbanismo que se emplean para abordar los problemas de administración de la energía, el agua o los residuos de la universidad, basadas en infraestructuras tecnológicas y urbanas artificiales.

• Custodiar el flujo de servicios ambientales de los espacios verdes del campus no sólo es importante para mantener elevados niveles de bienestar universitario sino también para construir una UAM resiliente que tenga capacidad para lidiar con las crisis que generan las perturbaciones de origen natural o humano, cada vez más frecuentes, asociadas al proceso emergente del Cambio Global en los tiempos del Antropoceno.

• El campus de la UAM no es una isla en el territorio, sino que constituye un elemento fundamental en las tramas socio-ecológicas del gradiente Madrid-Sierra de Guadarrama.

• La propuesta del Plan Estratégico se articula alrededor de tres Áreas Estratégicas de Planificación interdependientes; un área estratégica de conservación de ecosistemas y su biodiversidad o UAM VERDE, un área estratégica de gestión ambiental o UAM URBANA y un área estratégica de bienestar y salud de la comunidad universitaria o UAM HUMANA.

4.1. La Universidad Autónoma de Madrid y el reto de la sostenibilidad socio-ecológica. *Luces y sombras para un futuro más sostenible*

A partir de la Cumbre de la Tierra de Río 92 las universidades de todo el mundo, como instituciones académicas de enseñanza superior e investigación, se unieron al reto de la sostenibilidad poniendo en marcha sus Agendas 21 entendidas como un Plan de Acción propuesto por Naciones Unidas para conseguir un desarrollo más sostenible en el siglo XXI, implicando a todos los actores sociales. En este contexto la mayoría de las universidades, incluyendo las españolas, elaboraron e implementaron planes estratégicos para promover políticas de sostenibilidad en sus campus.

Veinte años después, aprovechando el marco de la Conferencia de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas; Rio+20, se llevaron a cabo evaluaciones locales y globales sobre los objetivos que se habían alcanzado durante este periodo. Se llegó a la conclusión de que las universidades no estaban entendiendo los retos y los compromisos con la sostenibilidad al no tener claro cuáles son los verdaderos principios de la sostenibilidad ambiental (Benayas, 2014). La consecuencia más importante de esta realidad es que, en muchas universidades, las políticas ambientales calificadas de sostenibles se han traducido en actuaciones incipientes, escasas y aisladas al carecer de un plan global de actuación que pueda cambiar significativamente el modo de funcionar de unas universidades convencionales que siguen abrazando paradigmas reduccionistas, cartesianos y mecanicistas que promueven un aislamiento disciplinar (Benayas, 2014; Colding & Barthel, 2017). El predominio de la cultura de la unidisciplinaridad en la universidad es una de las limitaciones más importantes para alcanzar niveles aceptables de sostenibilidad ya que uno de sus principios se vincula con la necesidad de impulsar el conocimiento inter y transdiciplinario desde las ciencias ecológicas, sociales y tecnológicas como la única manera de poder abordar, de forma integradora y global, la complejidad de los desafíos ambientales asociados al proceso emergente del cambio global (apartado 1.2.1).

Otras de las insuficiencias más importantes detectadas en las evaluaciones se relacionan con la apuesta preferente por las soluciones tecnológicas para minimizar los efectos de los problemas ambientales asociados a la gestión insostenible del agua, la energía o los residuos (Colding & Barthel, 2017). Muchas universidades asocian sus planes de desarrollo sostenible a poner en marcha acciones prioritarias sobre el uso más eficiente de la energía de sus edificios e infraestructuras para reducir las emisiones de CO_2 que junto a una movilidad más sostenible intentan mitigar el impacto de los campus universitarios urbanos en el cambio climático inducido. También la gestión eficiente en materia de abastecimiento y depuración de aguas junto con el tratamiento de residuos constituye otro de los elementos preferentes en los programas de gestión ambiental que erróneamente son asociados y percibidos, por

la comunidad universitaria, como la columna vertebral de la política de sostenibilidad de las universidades. El darle tanto peso a la tecnología ambiental, necesaria pero no suficiente, para alcanzar la sostenibilidad de los campus universitarios, invisibiliza dimensiones tan importantes como son la ética, la participación, la educación ambiental, la docencia e investigación para la sostenibilidad, el papel de sus espacios verdes o el compromiso de la implicación social para promover una mayor conciencia ambiental.

En parte, este sesgo relacionado con la priorización de los avances tecnológicos para el ambiente y de presentarlos frecuentemente, como la piedra angular de la sostenibilidad de los campus está ligado a la importancia que se le da en las evaluaciones de sostenibilidad de los campus universitarios a los indicadores asociados con el área de actuación sobre gestión ambiental que evalúa la eficiencia de las políticas ambientales fundamentalmente en materia de energía, agua, residuos o movilidad frente a otros ámbitos como la sensibilización de la comunidad universitaria, la docencia o la investigación y la transferencia de conocimientos.

De todas formas, en los últimos informes del Grupo de trabajo sobre Evaluación de la Sostenibilidad en las universidades españolas se pone de manifiesto que cada vez tienen valoraciones más altas los ámbitos de la política ambiental y de implicación y sensibilización, aunque no ocurre lo mismo en docencia e investigación o evaluación del impacto ambiental. (GESU-CRUE-Sostenibilidad, 2019).

Desde el inicio de la implementación de las Agendas 21 en los años 90´s la Universidad Autónoma de Madrid no se quedó al margen del doble reto de construir por un lado campus universitarios más sostenibles y por otro, como instituciones cercanas a los ciudadanos por su condición docente y de liderazgo social, contribuir a la construcción de un mundo más concienciado con la conservación de la naturaleza de la que depende y forma parte además de un planeta más justo en el reparto de la riqueza.

Como se ha comentado en el apartado 1.1.4, la dimensión ambiental se introdujo en una fase muy temprana del desarrollo de la UAM al crearse en 1992 la comisión de Medio Ambiente a propuesta de un grupo de estudiantes en el claustro universitario de ese año. Esta comisión formada por estudiantes y profesores dio los primeros pasos para llevar a cabo una auditoría ambiental del campus centrada prioritariamente en la gestión de los diversos residuos químicos, biológicos o urbanos que se generaban en la UAM. También se llevó a cabo la primera campaña de sensibilización ambiental con un conjunto de pegatinas temáticas que aún se pueden ver en algunos lugares de las facultades. En 1995 el Rector Raúl Villar incorpora al Vicerrectorado de Estudiantes las competencias de Medio Ambiente creándose en 1996 el cargo específico de Delegado del Rector de Medio Ambiente. La creación de este cargo implicaba una pequeña dotación económica y la creación de la Oficina Ecocampus para el fomento y coordinación del proyecto[1]. Este proyecto se inicia tomando como modelo las iniciativas en marcha de universidades americanas como Cornell y en coordinación con los proyectos impulsados en España por la Universidad Autónoma de Barcelona y la Universidad Politécnica de Valencia. Principalmente con la UAB ha existido durante estas décadas un trabajo de colaboración muy estrecha tanto por ser universidades hermanas en origen

[1] http://www.uam.es/UAM/Ecocampus

como por compartir enfoques y planteamientos comunes sobre el papel ambiental que debe asumir una universidad. Esta colaboración llevó a impulsar la creación del grupo de trabajo sobre sostenibilidad y calidad ambiental dentro de la CRUE. Dentro de las acciones más relevantes de estos inicios fue elaborar un Plan Estratégico de la Oficina con una hoja de ruta para promover un proceso de ambientalización de la comunidad universitaria de la UAM (Benayas et al. 2002) cuyas líneas generales de intervención siguen vigentes en la actualidad. El concepto de ambientalización trataba de unificar actuaciones de mejoras tecnológicas de gestión ambiental en materia de energía, residuos, agua, jardinería, contaminación, movilidad o edificación del campus con actuaciones de educación y participación ambiental de la comunidad universitaria.

Se partía de la convicción de que por mucho que se implementen, innovaciones tecnológicas por personas y empresas cualificadas para una buena gestión ambiental del recinto universitario no se conseguirá una universidad realmente sostenible sino se consigue concienciar e implicar a los distintos actores de la comunidad universitaria; estudiantes, profesores, investigadores y Personal de Administración y Servicios (PAS). Por tanto, la mejora ambiental del campus debería ir acompañada por un dominio creciente de una comunidad universitaria cada vez más preocupada por el cambio de actitudes y conductas ambientalmente inaceptables hacia otras más sostenibles que se puedan aplicar dentro y fuera de la universidad. En este contexto para desarrollar planteamientos y comportamientos proambientales se pusieron en marcha programas y actividades de educación ambiental relacionadas con la información y sensibilización (semana verde), programas de participación (voluntariado ambiental, Comisión de Usuarios y Calidad Ambiental) de ambientalización curricular, de investigación para la sostenibilidad o de implicación con la sociedad.

La UAM introdujo, de forma pionera, y a través de la Oficina de Ecocampus el concepto-proceso de ambientalización de la universidad como una estrategia de acción colaborativa para forjar una comunidad universitaria que desarrolla conductas proambientales y participativas para construir una universidad sostenible más allá de las mejoras tecnológicas de la gestión ambiental de los campus. Sólo desde la concienciación ambiental y la participación de todos los actores sociales del colectivo universitario pueden construirse, a largo plazo, universidades ambientalmente sostenibles.

También para abordar el reto de la sostenibilidad ambiental en la UAM hay que tener presente el compromiso recientemente adquirido por las universidades en general y las españolas en particular de cumplir con los 17 ODS de la Agenda 2030 ya comentado en el apartado 1.1.1 y Caja 1.1. La obligación del logro de los ODS abre una ventana de oportunidad para llevar a cabo actuaciones ambientales menos aisladas y más coordinadas, así como evaluaciones sobre la sostenibilidad universitaria más integradas que busquen las interrelaciones entre

los indicadores utilizados en las diferentes áreas y ámbitos a evaluar (GESU-CRUE-Sostenibilidad, 2019).

Pero también al reto de la sostenibilidad de los campus universitarios se le añadió, desde la creación en el año 2008 de la Red Española de Universidades Saludables (REUS) (ver Caja 1.4), el reto de alcanzar campus que promuevan la salud de los miembros de la comunidad universitaria. Desde ese momento el desafío de las políticas universitarias era alcanzar campus que fueran no sólo sostenibles sino también saludables.

En resumen, se pone de manifiesto que durante los 50 años que han pasado desde la creación de la UAM, los diferentes niveles de su arquitectura organizativa (Vicerrectorados, Facultades, Institutos, Departamentos) han desarrollado múltiples proyectos, programas planes y estrategias que contribuyen al desarrollo de una universidad más saludable y sostenible. Sin embargo, el hecho de que estas iniciativas no estuviera suficientemente conectadas y coordinadas junto con la falta de una conciencia y compromiso ambiental por parte de la comunidad universitaria (Benayas et al. 2002) explicaría por qué la UAM no ha conseguido estar inmersa en un proceso real de ambientalización.

En 2002 con la llegada del Rector Ángel Gabilondo se crea el Vicerrectorado de Campus y Calidad Ambiental que desde sus inicios y hasta 2009 se plantea con una visión integradora de la gestión ambiental del campus. La oficina Ecocampus pasa de ser un departamento aislado y sin apenas competencias a encargarse de la gestión de diversos servicios como son las zonas verdes, la gestión de residuos, el suministro de agua o energía o los transportes públicos al campus a la vez que se promueve la gestión integrada del Campus con el CSIC y se impulsa el nuevo diseño y plan urbanístico del Campus (Figura 1.7). En este periodo se dan pasos importantes para que la UAM se convierta en una verdadera ciudad universitaria con un modelo ambiental integrado que fue reconocido por el programa HABITAT de Naciones Unidas.

También en este periodo se diseña un espacio verde en la gran parcela, situada al lado de la Plaza Mayor y delante de la Escuela Politécnica. Dicho espacio con una clara vocación docente incluye la creación de un jardín de especies representativas de los ecosistemas madrileños (siguiendo un proyecto original de Fernando González Bernáldez), así como una zona húmeda y pequeños auditorios para poder impartir clases al aire libre. Este proyecto (un resumen se incluye como Apéndice 6) cuyo presupuesto estimado era de un millón y medio de euros se incluyó dentro del Campus de Excelencia Internacional UAM-CSIC pero no se ha conseguido llevar a cabo hasta la fecha.

Lo avances que se dieron en este periodo no tuvieron continuidad en años sucesivos y se perdió la visión global de conjunto cayendo en un enfoque de recinto universitario con una distribución espacial disimétrica y dual formada por un campus central urbano y otro periférico bien diferenciados y no suficientemente bien conectados (apartado 1.1.4).

Sin duda se echa en falta un nuevo marco conceptual y operativo que termine con los modelos sectoriales, compartimentados, unidisciplinares e introspectivos que dominan en la

actualidad y se promueva, desde una perspectiva sistémica, transdisciplinar y cooperativa un modelo de gobernanza universitaria centrado en la sostenibilidad socio-ecológica y el bienestar de los miembros de la comunidad universitaria. Como propone este proyecto, la aplicación de un marco teórico y operativo de los servicios ambientales que suministran los espacios verdes del campus, en el contexto de los sistemas socio-ecológicos, permitiría generar las directrices de un futuro plan inclusivo de ordenamiento territorial del espacio universitario. Este plan facilitaría alcanzar una gestión unitaria y sistémica del campus que integre múltiples proyectos e iniciativas nuevas o existentes sobre sostenibilidad con la finalidad de conseguir niveles considerables de bienestar humano para su comunidad universitaria.

4.2. El marco conceptual de los servicios ambientales para reconocer los espacios verdes del campus con la comunidad universitaria. *La UAM como un sistema socio-ecológico*

4.2.1. ¿Por qué necesitamos los espacios verdes de la UAM para el bienestar de su comunidad universitaria? *El seguro verde de la UAM*

Como ya se analizó en el apartado 1.1.2 y Caja 1.2 son muchos los gobiernos locales que promueven ciudades más humanas incrementando la superficie de espacios verdes para abordar los problemas ambientales y psicosociales relacionados con la sobrepoblación y la intensificación de un proceso creciente de un urbanismo insostenible que caracteriza el mundo humano-urbano del Antropoceno. Existen múltiples estudios científicos que demuestran que los espacios verdes de las ciudades contribuyen a la salud humana en particular y al bienestar de la sociedad urbana en general a través de los servicios ambientales que suministran (Green et al., 2016). Por esta razón, se plantan árboles en las ciudades para mejorar la calidad del aire o reducir los efectos de las islas de calor urbano, y se construyen parques en vecindarios para fomentar la actividad física o actividades de ocio y recreación. Pero también se ha demostrado que las experiencias en los espacios verdes de las ciudades pueden favorecer el bienestar psicológico y la función cognitiva de las personas lo que se traduce en una mayor actividad social y un mayor sentido y significado de las acciones que se realizan al aire libre (Bratman et al. 2019).

Aunque no se puede decir que haya un límite máximo de superficie verde en las ciudades, hoy día se acepta que se necesita aproximadamente una cobertura forestal mínima de un 20% para que las ciudades o asentamientos urbanos se resguarden de patologías psicosociales como la depresión, el estrés o la ansiedad además de beneficiarse de otros tipos de servicios ambientales (McDonald et al. 2018).

También estos beneficios ambientales son cada vez más reconocidos y valorados en los recintos universitarios que tienen superficies significativas de espacios verdes. Son muchas las universidades que utilizan como seña de identidad de la institución sus campus verdes y por ello han elaborado programas específicos para el diseño, planificación y gestión de sus zonas verdes ajardinadas, seminaturales y renaturalizadas (Colding & Barthel, 2017). Como ya se mencionó en el apartado 1.2.2, existe una correlación positiva entre una buena gestión y utilización de los espacios verdes de los campus universitarios y la percepción de sus trabajadores, ya sean estudiantes, profesores o PAS, de que en esas universidades se tiene una elevada calidad de vida. Además, existen trabajos que ponen de manifiesto que los alumnos que estudian en recintos universitarios con espacios verdes y los utilizan con frecuencia in-

crementan positiva y significativamente su memoria y atención y, en consecuencia, su rendimiento académico y su productividad (McFarland et al. 2008).

En este contexto llama la atención que una universidad como la Universidad Autónoma de Madrid que cuenta con uno de recintos universitarios de mayor extensión de España en el que sus espacios verdes ajardinados, seminaturales y renaturalizados ocupan el 70% de su superficie, no posea un plan de gestión ambiental de su campus con medidas concretas para el diseño, ordenación y gestión integrada de estas importantes unidades suministradoras de servicios para el bienestar de la comunidad universitaria. Otras universidades con campus verdes considerables como la Universidad Autónoma de Barcelona[2], la Universidad de Murcia[3], la Universidad Internacional Menéndez Pelayo[4] o la Universidad de Navarra[5] entre otras, han elaborado planes de gestión ambiental de sus campus en donde los espacios verdes adquieren un papel protagonista en su política universitaria.

En la Estrategia UAM 2025 los espacios verdes, a pesar de su importancia cualitativa y cuantitativa en su recinto universitario, no tienen el peso que le correspondería por su contribución al bienestar de la comunidad universitaria a través de los servicios ambientales que suministran. Son mencionados en la línea de actuación de Sostenibilidad Ambiental dentro del Área de Compromiso Social y Sostenibilidad *"Mantenimiento de espacios verdes: es necesario propiciar un plan de sustitución e incorporación de especies y ejemplares que se adecuen a las condiciones ambientales del propio campus y realizar un seguimiento de las áreas de carácter silvestre"*. Asociado a este punto también se recoge *"Promoción del conocimiento de la flora y fauna que habitan en el campus. Realización de guías y recorridos para el reconocimiento y disfrute de la riqueza natural y naturalizada"* Si bien en la misma línea de actuación de la Estrategia y en el apartado de Campus saludable se indica la necesidad de llevar a cabo un *"Diseño de un Plan de Universidad Saludable"* no se establece esta exigencia para los espacios verdes del campus ya sean jardines o seminaturales.

Aunque se ha evaluado empíricamente la importancia de ocho servicios ambientales que suministran los diferentes tipos de espacios verdes de la UAM (Tabla 2.1) en la Tabla 4.1 se muestran otros servicios ambientales de los que también podrían disfrutar los miembros de su comunidad universitaria si se pusiera en marcha un plan integrado de gestión de las funciones o capacidad de generar servicios de estas unidades suministradoras de beneficios ambientales. Puede apreciarse como los servicios invisibles de regulación asociados fundamentalmente a los espacios verdes seminaturales o renaturalizados son los que tienen una mayor relevancia, pero también los más difíciles de valorar por la comunidad universitaria frente a los culturales asociados a los espacios verdes ajardinados. Es conocido que los estudiantes de universidades con campus verdes no son conscientes, tal como ocurre en la UAM (apartado 3.2.4), del papel ecológico que juegan las zonas verdes seminaturales o renaturalizadas, ya que no visualizan directamente los beneficios de sus servicios de regulación. Ge-

[2] https://www.uab.cat/web/entorno-natural/los-bosques-1345660888680.html

[3] https://www.um.es/eubacteria/jardines.html

[4] https://web.unican.es/unidades/ecocampus/Documents/Estudio%20de%20Zonas%20Verdes%20(2).pdf

[5] http://www.greenflagaward.org.uk/data/UploadedDocuments/a3afdf89-f95d-4ed7-9e2f-8197dcb254e6_Campus%20Management_2019%2002%2028.pdf

neralmente, prefieren seleccionar para sus actividades de ocio y recreación los espacios formales y estables de los jardines urbanos, que consideran además poseedores de un mayor valor estético, superior a los espacios verdes seminaturales no diseñados y cambiantes (Speake et al. 2013).

Tabla 4.1. Servicios ambientales que pueden suministrar los espacios verdes de la UAM para el bienestar de su comunidad universitaria si se pusiera en marcha un nuevo modelo de gestión socio-ecológica de su campus verde. Se resaltan en color verde los ocho servicios que han sido evaluados en este proyecto.

ABASTECIMIENTO

- Alimentos
- Agua dulce
- Materias primas
- Origen biológico
- Acervo genético.
- Energía renovable

REGULACIÓN

- **Secuestro y almacenamiento de carbono**
- **Recarga de acuíferos**
- **Rendimiento de agua**
- **Regulación de la temperatura local**
- **Purificación del aire 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

En la actualidad el marco de los servicios de los ecosistemas está adquiriendo un papel cada más relevante en la conservación de la naturaleza al visibilizar y cuantificar la interdependencia que existe entre los sistemas ecológicos y el bienestar humano. Por esta razón la perspectiva de los servicios ambientales está suponiendo uno de los pilares de las nuevas políticas de conservación, basadas en los valores instrumentales de la naturaleza, que tratan de reconectar ecosistemas y sociedad. Es el caso de las estrategias del "enfoque por ecosistemas", la "infraestructura verde" y recientemente las *"soluciones basadas en la naturaleza"* (NBS por sus siglas en inglés) (Caja 4.1).

Caja 4.1. Soluciones basadas en la naturaleza. La sociedad trabajando junto con los ecosistemas y su biodiversidad para el beneficio de ambos.

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza define las soluciones basadas en la naturaleza (NBS) como las "acciones para proteger, gestionar de forma sostenible, y restaurar los ecosistemas naturales o modificados, que permiten abordar los desafíos sociales de manera efectiva y adaptativa, proporcionando simultáneamente beneficios para el bienestar humano y la biodiversidad" (Cohen-Shacham et al., 2016). Para la Comisión Europea las soluciones basadas en la naturaleza para abordar los desafíos sociales son las soluciones inspiradas y respaldadas por la naturaleza que son rentables ya que al mismo tiempo proporcionan servicios ambientales, sociales y beneficios económicos además de ayudar a mejorar la resiliencia (EU, 2016).

Según la IUCN existen ocho principios que deben regir los proyectos sobre NBS:

1. Debe basarse en los conocimientos sobre el funcionamiento de la naturaleza

2. Pueden implementarse de forma autónoma o integrada con otras soluciones tecnológicas y de ingeniería.

3. Vienen determinadas por contextos naturales y culturales específicos de los lugares donde se llevan a cabo incluyendo los conocimientos ecológicos tradicionales, locales y científicos.

4. Aportan beneficios sociales de un modo justo y equitativo por lo que promueve la transparencia y la participación.

5. Mantienen la diversidad biológica y cultural junto con la capacidad de los ecosistemas de evolucionar con el tiempo.

6. Se aplican a una escala de paisaje.

7. Reconocen y abordan las compensaciones entre la obtención de unos pocos beneficios económicos para el desarrollo inmediato y las opciones futuras para la producción de la gama completa de servicios de los ecosistemas.

8. Forman parte integrante del diseño general de las políticas y medidas o acciones encaminadas a hacer frente a un reto social específico.

eneral de las políticas y medidas o acciones encaminadas a hacer frente a un reto social específico.

Las NBS se fundamentan en el marco de los servicios de los ecosistemas y tienen como objetivo crear conciencia sobre la variedad de beneficios que se pueden obtener de los ecosistemas si son protegidos, gestionados o restaurados de manera sostenible proporcionado simultáneamente bienestar humano y aceptación social de las políticas de conservación de la biodiversidad.

El concepto de NBS fue presentando a finales de la década de 2.000 por la UICN y el Banco Mundial para promover enfoques, acciones o procesos que utilizan los principios de la naturaleza para dar solución a distintos problemas relacionados con la gestión territorial y urbana como la adaptación al cambio climático, la gestión de los recursos, la gestión del agua, la seguridad alimentaria o la calidad del aire y el entorno (Cohen-Shacham et al. 2016). Más tarde, las NBS fueron adoptadas por la Comisión Europea para la gestión urbana (EU, 2016) y la Estrategia de Infraestructura verde (EEA, 2015) y posteriormente se ha incorporado a la Agenda 2030 para contribuir al logro de los ODS, al Acuerdo de Paris sobre el Cambio Climático y a la Nueva Agenda Urbana (Hábitat III) de Naciones Unidas.

Las soluciones basadas en la naturaleza, o las acciones inspiradas, apoyadas o copiadas de la naturaleza para abordar diversos desafíos sociales y ambientales asociados al proceso emergente del cambio global, se consideran cruciales para mitigar varios de los problemas a los que se enfrentan las personas en las ciudades o en el medio rural.

La idea central de las NBS es evitar sobrepasar ciertos umbrales críticos o puntos de inflexión relacionados por ejemplo con el control de las temperaturas de la atmosfera, la escasez o abundancia de agua o la producción de alimentos. Al rebasar estos umbrales se producen efectos nocivos para la sociedad como es el caso de los asociados al cambio climático inducido como sequías, inundaciones, olas de calor o hambrunas. Las NBS basándose en los servicios que suministran los ecosistemas, pueden ser una alternativa menos costosa económicamente a las soluciones convencionales que implican estructuras construidas y artificiales. Sería el caso de la utilización de los servicios de regulación hídrica del control de inundaciones que suministran los ecosistemas de llanuras de inundación, con sus bosques de galería bien conservados, frente a la construcción intensiva de infraestructuras hidráulicas como diques, embalses, represas o sistemas de drenaje.

En una sociedad cada vez más urbana las NBS están adquiriendo una gran importancia para abordar los problemas asociados a un urbanismo convencional insostenible (EU, 2016). Frente a la propuesta de construir ciudades sostenibles basadas fundamentalmente en el modelo de "Smart Cities" o ciudades inteligentes donde dominan las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) que ambientalmente se traduce en costosas innovaciones tecnológicas para un uso más eficiente de la energía, el agua o los residuos se están imponiendo las NBS asociadas a los diferentes tipos de servicios ambientales que suministran sus espacios verdes ajardinados o seminaturales. Los parques, jardines, techos y otras infraestructuras verdes pueden ayudar, a las ciudades a minimizar los efectos del cambio climático inducido (aunque nunca al nivel de alcanzar una movilidad sostenible) y otros cambios ambientales no deseados. Introducir o aumentar la naturaleza urbana plantando árboles para incrementar la sombra y reducir la temperatura y evitar islas de calor, o construir techos y paredes verdes para regular flujos de aire y agua y otras soluciones arquitectónicas biofílicas permitiría reducir costes económicos. El objetivo final de las NBS implementadas en las ciudades es obtener los beneficios de una urbanización sostenible con amplias superficies verdes para conseguir ciudades mas habitables en las que se pueda vivir saludablemente.

El enfoque de las NBS aplicado a las universidades, que tienen una considerable superficie

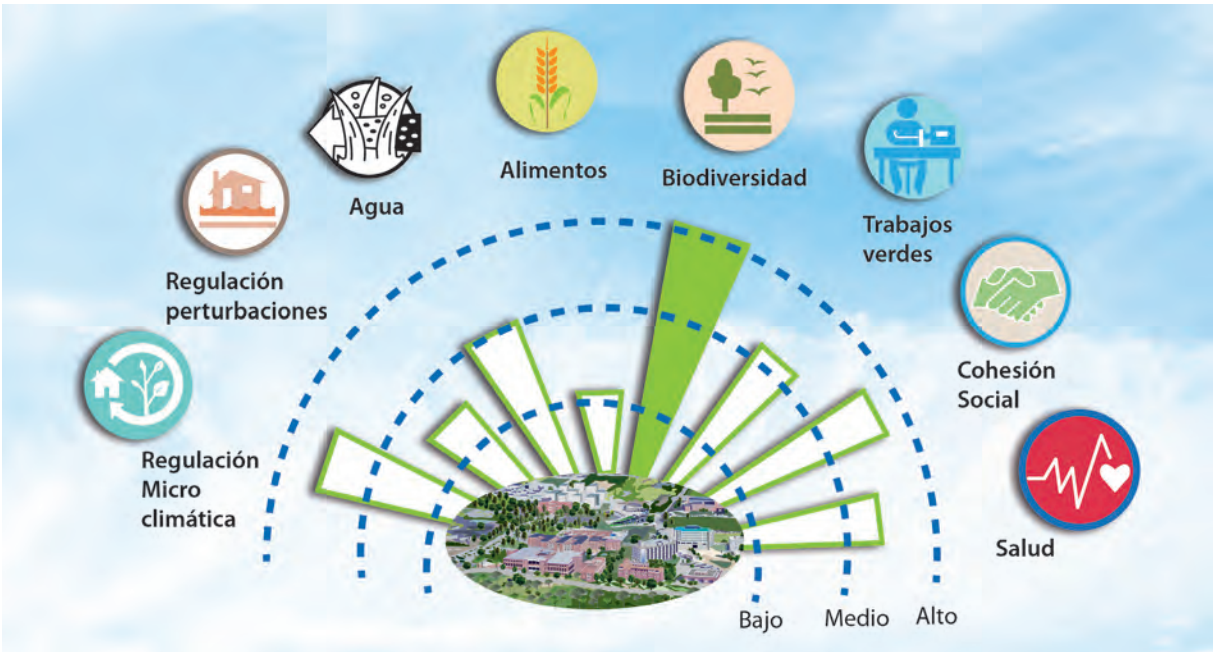


Figura 4.1. Beneficios ambientales, sociales y económicos que pueden obtenerse desde un enfoque de Soluciones Basadas en la Naturaleza para el bienestar y la salud de la comunidad universitaria de la UAM asentados en los servicios que suministran sus espacios verdes ajardinados, seminaturales y renaturalizados relacionados con la conservación de la biodiversidad (basado en Faivre et al., 2017).

de espacios verdes, pueden ser un valor seguro para construir campus saludables, sostenibles y resilientes, en definitiva, campus más habitables y vivos (Colding & Barthel, 2017). Para el caso de la Universidad Autónoma de Madrid se abrirían grandes oportunidades de innovación si se incluyera en un futuro plan de gestión de los espacios verdes de su campus un enfoque de NBS con acciones y procesos relacionados con el rico y variado flujo de servicios ambientales que suministran estos ecosistemas que se muestran en la Tabla 4.1 y que se pueden visualizar en la Figura 4.1. En cualquier caso, es importante tener en cuenta que la implementación del enfoque de NBS tiene como requisito previo asegurar la conservación de la biodiversidad ya que es la componente más importante de los ecosistemas que determina sus funciones o capacidad de generar servicios (EME, 2011).

En la actualidad existe una experiencia modesta que utiliza el enfoque de NBS en el Campus de la UAM relacionada con la creación, desde la Oficina Ecocampus, de una pared verde de 12 metros cuadrados en un aula del Edificio de Biología. Consiste en un proyecto piloto de "Aula Verde" que tiene fines educativos, de mejora de la calidad del aire y en definitiva para el fortalecimiento de la salud y el confort general de los estudiantes que utilizan la clase (Imagen 6).

Las NBS pueden implementarse de forma independiente o buscando sinergias con otras soluciones tecnológicas y de ingeniería. Para el caso de la UAM el enfoque de NBS abre una ventana de oportunidad para la acción conjunta de medidas tecnológicas relacionadas con la administración eficiente de la energía, el suministro y depuración del agua o residuos del campus junto con las relacionadas con los servicios ambientales que suministran sus espacios verdes (Figura 4.1). Permite así darle un enfoque socio-ecológico a los programas de Gestión Ambiental que

Imagen 6. Proyecto de "Aula Verde "que, bajo el enfoque de Soluciones Basadas en la Naturaleza, se ha llevado a cabo en el edificio de Biología de la UAM construyendo una pared verde en una clase para mejorar el confort de los estudiantes.

como se comentó en el apartado 4.1, al tener un peso preferente en la dimensión ambiental de la política universitaria, se asocian equivocadamente al grado de sostenibilidad ambiental que alcanzan los campus.

En definitiva, la aplicación del enfoque de NBS a la gestión del campus de la UAM crearía nuevas oportunidades de creatividad e innovación que servirían para optimizar las sinergias entre su naturaleza, la economía y su cohesión social para el bienestar de su comunidad universitaria. (Figura 4.1).

Por último, desde el marco de los servicios ambientales y el concepto de bienestar humano utilizado en este proyecto (apartado 1.1.2) surge la pregunta de si sostenibilidad y salud, aunque se acepta que están relacionados, son conceptos que pueden gestionarse de una forma independiente elaborándose un Plan de campus saludable y otro Plan de campus sostenible (Caja 1.4). Desde una aproximación socio-ecológica la salud es uno de los cinco componentes del bienestar humano (Figura 1.2) y en muchos de sus aspectos (salud física, salud psicológica, salud espiritual) están estrechamente vinculados con los servicios de los ecosistemas (Aguado, 2016). De hecho, la Organización Mundial de la Salud además de definirla como un estado de completo bienestar físico, mental y social más allá de la ausencia de enfermedad o dolencia, la considera un derecho humano que requiere a) paz b) recursos económicos adecuados c) *alimentación y alojamiento,* pero también d) *ecosistemas estables*, y e) *un uso sostenible de los recursos* (OMS, 1986).

Hoy en día se habla, cada vez más, de *"trastorno por déficit de naturaleza",* un concepto asociado a las patologías denominadas psicoterráticas (Louv, 2005; Corraliza, 2011), que son enfermedades vinculadas a una carencia de contacto con el entorno natural que nos rodea. Esta desconexión con la naturaleza, por el predominio de estilos de vida cada vez más urba-

nos y *tecnodependientes,* favorece la propagación de enfermedades como la obesidad, la depresión, la ansiedad, el estrés o el déficit de atención. Por tanto, si se pretende lograr niveles de salud y bienestar aceptables, es fundamental recuperar y promover la conexión cultural y cotidiana con la naturaleza (Aguado, 2016).

Estos argumentos servirían para justificar, desde la perspectiva socio-ecológica planteada, la necesidad de realizar en el contexto de la Estrategia UAM 2025 un único plan integrado e integrador de campus socio-ecológicamente sostenible y saludable como ya han llevado a cabo otras universidades como la Universidad Autónoma de Barcelona[6].

Es evidente que en un campus como el de la UAM, que posee un 70% de su superficie ocupada por espacios verdes artificiales y seminaturales, muchos de los aspectos relacionados con un campus saludable como la práctica de actividad física al aire libre, la alimentación saludable, el bienestar emocional o la cohesión social están muy vinculados a los servicios de abastecimiento, regulación y culturales que suministran los ecosistemas de su recinto universitario.

4.2.2. Hacia un nuevo modelo de campus basado en los principios de la sostenibilidad socio-ecológica y la resiliencia. *Ecologizando el Campus UAM*

La dimensión natural está adquiriendo un peso cada vez mayor en el diseño y planificación de los recintos universitarios, como resultado de los cambios significativos que se están produciendo en sus modelos convencionales de gobernanza, en gran parte motivados por el compromiso de cumplir con la hoja de ruta de la Agenda 2030 de Naciones Unidas (Caja 1.1).

Muchos de los campus que poseen considerables extensiones de terreno incluyendo una superficie verde importante son considerados actualmente verdaderos ecosistemas (Colding & Barthel, 2017). Algunos de ellos, como por ejemplo el Campus Urbano en la Universidad de Estocolmo, se han conceptualizado y diseñado como un sistema socio-ecológico o socio-ecosistema para promover una gestión integrada y unitaria de su recinto universitario centrada en las interrelaciones que se establecen entre sus espacios verdes, espacios urbanos y su comunidad universitaria (Barthel et al. 2016). Desde la perspectiva de los socio-ecosistemas, el objetivo final de la gobernanza y administración universitaria, es promover una agenda local y global, basada en los principios de la sostenibilidad socio-ecológica, que haga posible una reconexión cercana de todos los estamentos de la comunidad universitaria con la naturaleza de sus campus y con la biosfera en general. Para llevar a cabo esta tarea, se buscan sinergias entre sus sistemas ecológicos o espacios verdes y los socio-espaciales que configuran su dimensión urbana. Utiliza los fundamentos del urbanismo socio-ecológico (Barthel et al. 2013) que integra el marco de los servicios ambientales en el diseño urbano siguiendo el enfoque de las Soluciones Basadas en la Naturaleza (Marcus & Colding, 2014; Caja 4.1) además de los principios de la resiliencia socio-ecológica.

[6] https://www.uab.cat/doc/Campus6_Pla2018_2022

Figura 4.2. Esquema del concepto de socio-ecosistema aplicado a la planificación y gestión socio-ecológica del Campus de Cantoblanco de la UAM. Los espacios verdes artificiales (jardines) y seminaturales del campus constituyen unidades suministradoras de un rico y variado flujo de servicios ambientales que determinan, con mayor o menor peso, diferentes componentes del bienestar de la comunidad universitaria incluida la salud. El sistema de gobernanza y administración de la institución universitaria responde promoviendo acciones y procesos para conservar o restaurar las funciones o capacidad de genera servicios de sus espacios verdes a través de un Plan Estratégico de Campus socio-ecológicamente sostenible y resiliente. Desde esta perspectiva se promueve una administración integrada y unitaria del recinto universitario ya que no se puede gestionar de forma independiente el sistema ecológico del campus verde por un lado y el sistema socioeconómico y cultural del campus urbano por otro. Además, ambos sistemas están vinculados a diferentes escalas, una local relacionada con los espacios naturales protegidos de su entorno y otra regional asociada al gradiente urbano-rural, Madrid-Sierra de Guadarrama.

El proyecto SERCAMPUS sigue este enfoque socio-ecológico y conceptualiza a la Universidad Autónoma de Madrid como un socio-ecosistema (Figura 4.2).

En la mayoría de los planes de gestión ambiental o en los informes de evaluación de la sostenibilidad de las universidades españolas, las acciones a llevar a cabo en los espacios verdes de sus campus no suelen tener un apartado específico, sino que generalmente están incluidas dentro del Área de Gestión Ambiental y en el Ámbito de Urbanismo y Biodiversidad junto con otros temas como la energía, el agua, la movilidad, los residuos, la compra verde o los compromisos con la gestión ambiental. Desde la aproximación de los sistemas socio-ecológicos una superficie constituida por espacios verdes artificiales ajardinados (22,0 ha, 10%) y seminaturales (131,3 ha, 60%) ocupando el 70% (153,3 ha) del recinto universitario de la UAM no puede considerarse un componente más del campus ya que sus servicios ambientales (Tabla 4.1) tienen una influencia directa o indirecta importante sobre el bienestar y la salud

de los miembros de su comunidad. Como ya se comentó en el apartado 4.2.1, los asentamientos urbanos con más del 20% de superficie de espacios verdes poseen una gran capacidad para afrontar los trastornos psicosociales de su población además de disfrutar de otros beneficios asociados al flujo de servicios que suministran.

En el caso de la UAM se considera que existe una estrecha relación de interdependencia entre la dimensión natural, o ecosistemas del campus verde, y la dimensión sociocultural de su campus urbano. Por tanto, se debería llevar a cabo un modelo de gestión integrada y unitaria de ambos campus centrándose en las relaciones socio-ecológicas que se establecen entre su componente natural y sociocultural mediadas por el flujo de suministro y demanda de servicios que los vinculan (Figura 4.1). Adoptar el marco de los servicios ambientales como la piedra angular de un nuevo plan estratégico de gestión socio-ecológica del campus significa centrarse en los vínculos complejos que se establecen entre los espacios verdes y el bienestar de la comunidad universitaria rompiendo la dualidad o incluso dicotomía actual de un campus verde y otro urbano que hoy en día son gestionados de una forma, más o menos, independiente (apartado 2.1; Figura 2.3). De esta forma y bajo el paraguas de los servicios ambientales y en el contexto de los sistemas socio-ecológicos, se podrían gestionar simultáneamente los desafíos ambientales y sociales de la universidad.

También desde el enfoque de los socio-ecosistemas se puede avanzar en el proceso de reconexión de su comunidad universitaria, en la que dominan comportamientos asociados al medio urbano (apartado 3.2.3), con la naturaleza de su campus verde, promoviendo, a través de diferentes actuaciones comportamientos proambientales y prosociales que potencian la cohesión social (apartado 4.3).

En ese nuevo plan de gestión socio-ecológica del campus, la UAM se conceptúa como un sistema, es decir como un conjunto de elementos naturales, socioculturales y económicos interrelacionados que funcionan como un todo por lo que no se podría actuar en un elemento concreto sin afectar, con mayor o menor intensidad, a la totalidad o a una parte del sistema en este caso relacionado con las Áreas Estratégicas de la Estrategia UAM 2025. Este planteamiento evitaría llevar a cabo acciones aisladas poco eficientes y facilitaría la búsqueda de sinergias entre programas y proyectos que persiguen gestionar las interrelaciones entre sus espacios verdes y las diferentes componentes del bienestar de la comunidad universitaria.

> La UAM como socio-ecosistema podría definirse como un sistema formado por una comunidad universitaria integrada en una gran superficie de espacios verdes con los que interactúa, multiescalarmente, a través del flujo de servicios ambientales que estos suministran y que sus miembros (estudiantes, profesores, investigadores, PAS) demandan para su bienestar junto con un sistema de gobernanza que lo gestiona mediante un Plan Estratégico de campus socioecológicamente sostenible y resiliente (Figura 4.1).

Este enfoque de los socio-ecosistemas justifica la aproximación socio-ecológica a la sostenibilidad que se centra en la gestión, no de sus componentes, sino de la interfase entre los sis-

temas ecológicos y sociales respetando los límites biofísicos de los ecosistemas que en nuestro caso se refiere a la conservación o restauración de sus funciones o capacidad de generar servicios para el bienestar humano acercándose al concepto de universidad sostenible que abraza el proyecto (apartado 1.2.1).

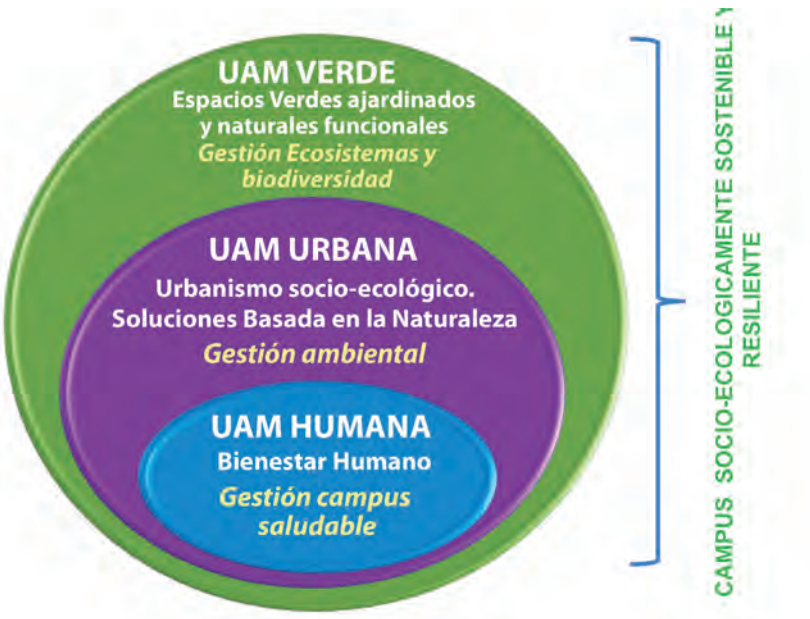


Figura 4.3. Visualización de un proceso de "ecologización" de la UAM aplicando la aproximación de los socio-ecosistemas, para construir un campus socio-ecológicamente sostenible y resiliente representado por tres esferas anidadas e interdependientes que tiene como objetivo último el bienestar y la salud de la comunidad universitaria sustentada preferentemente por el flujo de servicios de los espacios verdes del recinto universitario mediado por un modelo de gestión ambiental que incorpora el enfoque de las soluciones basadas en la naturaleza.

En la Figura 4.3 se muestra un marco integrador y unificador para hacer operativo el concepto teórico de socio-ecosistema (Figura 4.2), representado por tres esferas anidadas e interdependientes, que exige coordinar y jerarquizar los procesos y acciones necesarios para elaborar un Plan Estratégico de Campus socio-ecológicamente sostenible y resiliente (apartado 4.3).

La Figura 4.3 se resume un proceso de "ecologización" de la UAM que tiene como objetivo último el bienestar de la comunidad universitaria que ocupa el círculo basal y justificaría el desarrollo de un campus socio-ecológicamente sostenible cimentado en sus espacios verdes. Se parte del supuesto de que no se puede alcanzar niveles aceptables de bienestar "a parte" de los ecosistemas artificiales y seminaturales del recinto universitario. Es necesario aceptar que algunos de sus componentes, incluida la salud de la población académica, está directa o indirectamente afectada por el flujo de servicios ambientales que suministran los espacios verdes de su campus verde (Tabla 4.1). En gran medida, el bienestar y la salud de la comunidad universitaria de la UAM "forma parte" de su Campus verde o lo que es lo mismo está vinculada al estado de conservación de sus ecosistemas. Por tanto, todas aquellas actuaciones que se pongan en marcha desde la administración universitaria que tengan incidencia en el Campus verde estarían comprometidas a respetar los límites de los procesos ecológicos esenciales de sus ecosistemas seminaturales para asegurar un flujo sostenible de servicios ambientales a la comunidad. El programa de conservación, restauración y/o renaturalización de los ecosistemas seminaturales del campus tendría un carácter transversal y serviría de guía para evaluar la viabilidad socio-ecológica de las infraestructuras urbanas u otro tipo que se quieran llevar a cabo en el recinto universitario.

Este proceso de "ecologización" afectaría al modelo convencional del área de Gestión ambiental (Figura 4.3) de la administración universitaria fundamentado en respuestas tecnológicas a los problemas de sostenibilidad ambiental de los campus relacionados con la gerencia de la energía, agua, residuos o el impacto de edificios e infraestructuras urbanas (apartado 4.1). Desde la perspectiva de la sostenibilidad socio-ecológica, que se focaliza en la gestión de la interfase entre la dimensión natural y social, la esfera tecnológica y urbanística dejaría de ser un fin en si mismo para convertirse en una herramienta esencial para la promoción no solo del bienestar y la salud de la población universitaria sino también para la conservación funcional de los espacios verdes del campus. En este sentido el enfoque de las Soluciones Basadas en la Naturaleza (apartado 4.2.1; Caja 4.1; Figura 4.1) aplicado a la tecnología ambiental y al denominado nuevo urbanismo socio-ecológico permitiría "ecologizar" esta esfera de Gestión ambiental, vinculada básicamente al campus urbano, transformándose en un puente entre el campus verde y el bienestar y la salud de la comunidad universitaria (Figura 4.1).

Desde la perspectiva de las tres esferas anidadas el Plan Estratégico de campus socio-ecológicamente sostenible y resiliente que propone SERCAMPUS, estaría conformado por tres áreas estratégicas de planificación interdependientes; un área estratégica de gestión de ecosistemas y su biodiversidad del campus, un área estratégica de Gestión Ambiental urbana y un área estratégica de Bienestar y salud de la comunidad universitaria (apartado 4.3).

Pero para construir, desde la aproximación de los socio-ecosistemas, un campus socio-ecológicamente sostenible hace falta no sólo un proceso de "ecologización" sino también, como ya se ha comentado en el apartado 4.1, un proceso de "ambientalización" de la comunidad universitaria. Como muestra la Figura 4.4, sólo sería posible llevar a cabo una propuesta como la que plantea el proyecto si existe una colectivo universitario con todos sus integrantes ya sean estudiantes, profesores, investigadores y/o PAS que estén sensibilizados ambientalmente y por tanto significados con conductas proambientales que les motiven a intervenir en acciones participativas de educación ambiental, alfabetización ambiental, voluntariado o investigación para la sostenibilidad a fin de llevar a cabo individual y colectivamente los proyectos y programas comprometidos en cada una de las esferas que definen el marco operativo de la aproximación de los socio-ecosistemas. Por tanto, los procesos de "ecologización" y "ambientalización" deberían implementarse simultáneamente y de forma adaptativa desde el inicio y durante el desarrollo del Plan Estratégico de campus socio-ecológicamente sostenible y resiliente.

Por último, no es posible hablar de sostenibilidad de los socio-ecosistemas sin tener en cuenta el concepto de resiliencia socio-ecológica. Mientras que la mayoría de las universidades tienen planes y oficinas de campus sostenible, muy pocas tienen planes o programas para construir campus resilientes a pesar de que, en el contexto del Antropoceno y el Cambio Global, la sociedad y sus instituciones están sometidas a los efectos de un incremento del régimen de perturbaciones naturales (sequías, inundaciones, olas de calor, incendios, pandemias) o antrópicas (destrucción de empleo, desigualdades, pobreza, revueltas sociales) asociadas a la crisis climática, financiera, social o sanitaria (Foster & Smith, 2015; Storms et al. 2019). En

Figura 4.4. Para llevar a cabo el proceso de "ecologización" del campus de la UAM, visualizado en el modelo de las tres esferas de gestión anidadas, es necesario que actúe simultáneamente un proceso de "ambientalización" de la comunidad universitaria que impulse comportamientos proambientales individuales o colectivos que permitan a sus miembros implicarse en el desarrollo de proyectos para promover la sostenibilidad socio-ecológica de la universidad.

parte, la ausencia de planes de campus resilientes puede explicarse por la confusión frecuente entre la concepción y el uso de los términos sostenibilidad y resiliencia debido a la vaguedad de sus definiciones.

Muchas veces, sostenibilidad y resiliencia se utilizan de forma indiscriminada y aunque ambos términos están relacionados, en general positivamente, no son sinónimos y tienen significados diferentes e implican acciones distintas, aunque siempre coordinadas (Montes & Duque, 2015; Elmqvist et al. 2019). Ambos comparten la idea de alcanzar y mantener a largo plazo el bienestar de una comunidad, pero en contextos socio-ecológicos diferentes. El concepto de sostenibilidad tiene un carácter normativo y trata de definir los condicionantes de la calidad de vida o bienestar de las generaciones presentes y futuras tanto en el ámbito económico, social y ambiental incorporando el principio de equidad social para que no se haga acosta de las comunidades de otros lugares. Por otro lado, la resiliencia es un concepto, no normativo, que nos permite entender cómo los sistemas naturales, urbanos o socio-ecológicos desarrollan frente a un determinado régimen de perturbaciones habilidades para construir capacidad adaptiva y promover transformaciones socio-ecológicas positivas que le permiten recuperarse del impacto de un evento catastrófico y mantener las mismas funciones, estructura, bucles de realimentación y por tanto su identidad (Folke, 2016). Tres serían las características básicas de la resiliencia 1) la cantidad de cambio que el sistema puede soportar o amortiguar sin colapsar y por tanto mantener sus atributos esenciales 2) la capacidad del sistema para renovarse y reorganizarse después de la perturbación, y 3) la capacidad del sistema para aprender y adap-

tarse mejor en un contexto de cambio e incertidumbre (Berkes et al. 2003).

La UAM, como socio-ecosistema, es resiliente si tiene la capacidad de lidiar con las perturbaciones naturales o antrópicas, en un contexto de cambio e incertidumbres, adaptándose o transformándose para evitar un estado socio-ecológico no deseado y poder mantener, sin pérdidas, el bienestar de su comunidad universitaria.

Desde la perspectiva de la sostenibilidad aplicada a las ciudades se busca alcanzar la máxima eficiencia en el uso de los recursos para optimizar su gestión. Este precepto puede reducir su resiliencia ya que incrementa su vulnerabilidad al ignorar uno de los principios básicos de los sistemas resilientes que es la redundancia (Caja 4.2). Se puede ejemplificar este hecho con promover un modelo de urbanismo de alta densidad que puede ser muy eficiente en el uso de recursos energéticos, hídricos, materiales, etc. pero en el caso de que ocurra un evento extremo, de origen natural o antrópico, pueden resultar afectadas más personas e infraestructuras. Otro ejemplo puede ser focalizarse en el desarrollo de un único sistema de transporte y carreteras altamente eficiente pero frente a una perturbación climática o social podría quedar rápidamente colapsado.

Diseñar para la resiliencia es menos eficiente, pero el sistema mantendrá sus niveles de sostenibilidad después del impacto de una perturbación. Por tanto, sostenibilidad y resiliencia son conceptos necesariamente complementarios y sería un error considerar que un plan de campus sostenible sea interpretado también como un plan de campus resiliente. La resiliencia socio-ecológica indicaría, en un contexto de cambio e incertidumbre, el camino y la dirección correcta que debería tomar el proceso, sin fin, de la sostenibilidad para el bienestar humano sin que afecte a la capacidad de generar servicios ambientales de sus ecosistemas que determinan, en gran parte, sus componentes (incluida la salud).

En este contexto construir un campus socio-ecológicamente sostenible en la UAM sería un objetivo social normativo relacionado con lograr niveles considerables de bienestar de su comunidad universitaria necesariamente asociado a un campus resiliente diseñado para generar adaptaciones y transformaciones positivas de su sistema de gobernanza y administración frente al efecto perturbador de un evento extremo asegurando un flujo duradero de los servicios ambientales que suministran sus espacios verdes en un contexto de incertidumbre e *impredictibilidad.* Por consiguiente, sostenibilidad y resiliencia son conceptos estrechamente vinculados en el desarrollo de los socio-ecosistemas que justificaría la elaboración de un Plan Estratégico de Campus Sostenible y Resiliente en los tiempos del Antropoceno.

La mayoría de los planes de campus universitarios resilientes aplican el concepto en tres dimensiones; la ambiental relacionada con sus espacios verdes o ecosistemas, la urbana relacionada con el modelo de urbanismo y la financiera relacionada con su modelo económico, tomando como ejes unificadores el liderazgo, el conocimiento interdisciplinar, instalaciones y recursos y la planificación para cumplir con los objetivos de resiliencia establecidos por la institución universitaria (Storms et al., 2019). En cualquier caso, la gestión de los sistemas socio-ecológicos en general y el diseño de los campus universitarios en particular deberían

basarse en los siete principios del Pensamiento Resiliente elaborados por el Centro de la Resiliencia de Estocolmo[7] (Caja 4.2).

Caja 4.2. Aplicando el pensamiento resiliente. Siete principios para desarrollar resiliencia en Sistemas socio-ecológicos

Los sistemas socio-ecológicos son aquellos sistemas que son moldeados por las interacciones entre los ecosistemas y las personas co-evolucionando a lo largo del tiempo. El pensamiento resiliente explora como estos sistemas ya sea un bosque, una economía, una ciudad o un campus universitario se desarrollan manteniendo su integridad frente a un régimen de perturbaciones adaptándose o transformándose. Existen siete principios considerados clave para promover la resiliencia de estos sistemas socio-ecológicos y poder gestionarlos mejor en un contexto de sorpresas, incertidumbre e *impredictibilidad*.

P.1. Mantener la diversidad y la redundancia. La redundancia proporciona un "seguro" en el sistema al permitir a algunos de sus componentes compensar la pérdida o degradación de otros.

P.2. Gestionar la conectividad. Ya que la conectividad puede potenciar o reducir la resiliencia de los sistemas socio-ecológicos.

P.3. Gestionar las variables lentas y los bucles de realimentación en un mundo cambiante. Ya que son esenciales para mantener una configuración que asegure un flujo de servicios de ecosistemas esenciales.

P.4. Fomentar el pensamiento sistémico complejo adaptativo. Ya que los socio-ecosistemas están basados en una red compleja e impredecible de conexiones de interdependencia entre naturaleza y sociedad.

P.5. Fomentar el aprendizaje. El aprendizaje, la experimentación y la innovación a través de la gestión adaptativa y colaborativa es un mecanismo importante para desarrollar resiliencia.

P.6. Ampliar la participación. Una participación amplia puede desarrollar la confianza y crear una visión y comprensión compartida entre todos los actores de la comunidad.

P.7. Promover una gobernanza policéntrica. Las colaboraciones entre instituciones a diferentes escalas mejoran la conectividad y el aprendizaje pudiendo lidiar rápidamente con las perturbaciones y abordarse por las personas adecuadas en el momento adecuado.

R.Biggs, M.Schluter & M.L.Schoon (eds). 2015. *Principles for Building Resilience. Sustaining Ecosystem services in Social-Ecological Systems.* Cambridge University Press.

[7] https://stockholmresilience.org/download/18.10119fc11455d3c557d6928/1459560241272/SRC+Applying+Resilience+final.pdf

Hoy en día en la planificación urbana cada vez se les da más importancia a los espacios verdes metropolitanos para crear y desarrollar ciudades resilientes. Los espacios verdes, según su tamaño, morfología y modelo de gestión, constituyen un valor seguro para reducir la vulnerabilidad de los asentamientos urbanos resilientes frente a un determinado régimen de perturbaciones (Erixon et al. 2013; Green et al. 2016).

En este contexto, la gestión adecuada del flujo de servicios ambientales suministrados por las zonas verdes urbanas no sólo es importante para transitar hacia ciudades más sostenibles, por su relación con las componentes del bienestar humano, sino también para construir, bajo el enfoque de las Soluciones Basadas en la Naturaleza (apartado 4.2.1 Caja 4.1) asentamientos urbanos resilientes, como es el caso los campus universitarios (Jansson, 2013; McPhearson et al. 2014). Por ejemplo y especialmente a través de los servicios de regulación como el control de la erosión, la regulación hídrica, la regulación climática, la recarga de acuíferos (Tabla 4.1) se puede reducir la vulnerabilidad y el riesgo de eventos extremos asociados al cambio climático inducido como inundaciones, sequías u olas de calor incrementando la resiliencia de campus.

La UAM necesita conservar o restaurar el flujo de servicios ambientales de su campus verde no sólo para para promover un campus socio-ecológicamente sostenible con elevados niveles de bienestar sino también para construir un campus resiliente frente a futuras perturbaciones de origen natural o antrópico asociadas al proceso emergente del Cambio Global en los tiempos del Antropoceno.

Desde la gestión urbana basada en los principios del pensamiento resiliente (Caja 4.2) en especial los relacionados con el de estimular el aprendizaje y ampliar la participación, cada vez se le está dando más importancia a la gestión comunal de los espacios verdes de las ciudades para promover la resiliencia socio-ecológica (Colding & Barthel, 2013). Las tierras comunales son aquellas cuyo aprovechamiento y disfrute recae directamente en la comunidad vecinal. Este modelo de espacios verdes urbanos comunales (parques, huertos, jardines comunitarios) en los que los vecinos se organizan y lo gestionan colectivamente, independientemente de la propiedad del suelo, se está aplicando con mucha frecuencia en múltiples ciudades del mundo ya que genera entusiasmo, compromiso y reconexión con la naturaleza urbana además de un fuerte sentimiento de comunidad (Colding & Barthel, 2013).

El diseño y la aplicación en el campus de la UAM de este modelo de espacios verdes con una gestión comunitaria, especialmente por estudiantes, puede resultar de gran utilidad para promover su resiliencia socio-ecológica. Por un lado, son espacios que al tener una administración de abajo-arriba y de forma participativa se puede construir con mayor facilidad un importante capital social y el sentido de pertenencia a una universidad comprometida con la conservación de la naturaleza. También en estos espacios administrados por los propios usuarios se pueden reducir los costes de su gestión ya que se basa en acciones impulsada por el interés propio de los participantes y llevadas a cabo por voluntarios. Finalmente, son espacios donde, por su carácter inclusivo, se facilita y promueve una fertilización cruzada de ideas donde pueden emerger proyectos innovadores que nutren la resiliencia tanto indivi-

dual como comunitaria. De igual forma, para impulsar campus resilientes cada vez se le da más importancia al diseño y establecimiento de lugares de encuentros y reunión asociados a espacios verdes donde propiciar la conversación pausada entre miembros de la comunidad universitaria (Speake et al. 2013).

También los espacios verdes naturales y ajardinados se están convirtiendo en excelentes aliados de los procesos educativos de formación y aprendizaje que se desarrollan habitualmente en recintos cerrados. Existen múltiples estudios, fundamentalmente en educación primaria y secundaria (Marchant et al., 2019) cuyos resultados son exportables a la educación superior, que ponen de manifiesto la mejora considerable en el aprendizaje, la concentración y la conducta de los alumnos junto con la satisfacción laboral de los profesores. En general se detecta que una o dos horas a la semana de aprendizaje al aire libre en contacto con la naturaleza, tiene un impacto muy positivo en el bienestar y la salud de los estudiantes y los docentes (Marchant et al. 2019).

A pesar del gran potencial educativo que tiene la extensa superficie (153,3 ha) de espacios verdes del campus de la UAM no existen medidas ni recomendaciones para la promoción de actividades educativas al aire libre. Tal vez por esta razón el servicio de educación ambiental fue el menos valorado (25,3%) de los tres servicios culturales considerados en este estudio (apartado 3.2.4). De todos modos, los encuestados identificaron lugares del campus con un gran potencial educativo. Fundamentalmente se seleccionaron los espacios verdes ajardinados del campus central pero también se escogieron los espacios verdes seminaturales de los campus periféricos (Figura 3.16. y 3.17). Las zonas ajardinadas pueden ser espacios adecuados para desarrollar actividades educativas sobre cualquier tipo de materia y los espacios verdes de los campus periféricos pueden considerarse aulas al aire libre donde explicar la estructura y funcionamiento de los ecosistemas naturales y su biodiversidad, así como sus vínculos con el bienestar humano a través de los servicios ambientales que suministran sus funciones. Sin duda el impulso de la educación al aire libre en contacto con los espacios verdes del campus es uno de temas pendientes que se debería abordar, por la administración de la universidad, ya que el desarrollo de las actividades educativas en el campus verde además de fomentar el bienestar y la salud de los estudiantes y los profesores (Nasir et al. 2014) pueden ser una de las señas de identidad de la UAM como ya ocurre con otras universidades europeas e internacionales (André et al. 2016).

Extender y normalizar la enseñanza al aire libre se ha identificado como una línea estratégica clave que permitiría aprovechar mucho mejor el enorme potencial que tienen los espacios verdes del Campus de la UAM para contribuir a los diferentes aspectos del bienestar de la comunidad universitaria.

Por último, y en el contexto de construir ciudades y campus universitarios resilientes, se está poniendo en valor el papel tan importante que juegan los espacios verdes urbanos frente a la crisis sanitaria generada por la expansión del virus SARS -COV2 responsable de la pandemia del COVID-19 (Samuelsson et al., 2020). Favorecer el acceso a la naturaleza de las ciudades constituye una estrategia fundamental para lidiar con los factores estresantes de una vida

urbana que se han visto magnificados por el aislamiento social. Los espacios verdes, como ya se ha comentado anteriormente (apartado 4.2.1; Caja 1.2), proporcionan múltiples efectos positivos para el bienestar y la salud de los ciudadanos además de garantizar la distancia de seguridad entre personas. Ahora más que nunca se está poniendo de manifiesto el error que se ha cometido al reducir la resiliencia de muchas ciudades, y por tanto su capacidad de amortiguar los impactos de la pandemia al urbanizar y por tanto reducir los espacios públicos libres que podría servir para ampliar la superficie urbana verde.

A este respecto, el campus de la UAM, con su gran superficie pública de espacios verdes posee un elevado nivel de resiliencia socio-ecológica frente al impacto que esta y otras crisis sanitarias podría tener en la salud física y mental de su comunidad universitaria. Mantener y fomentar la superficie y diversidad de sus espacios verdes debería ser uno de los objetivos prioritarios en planificación actual y futura del recinto universitario para incrementar su resiliencia y por tanto reducir su vulnerabilidad frente a estas y otras perturbaciones de origen natural y antrópico.

4.3. Caminando hacia una ciudad universitaria/campus-verde mediante un Plan Estratégico de Campus socio-ecológicamente sostenible y resiliente. *Reconectando la naturaleza de la UAM con el bienestar de su comunidad universitaria*

4.3.1. El Plan Estratégico de campus sostenible y resiliente de la UAM como la base de un modelo de gobernanza asociado a una ciudad universitaria periurbana con campus verde

Hasta treinta años después de la creación de la UAM no se comenzó realmente a forjar la concepción inicial de una ciudad universitaria periurbana que fuera lo más "autónoma" posible. Las experiencias en otros países y universidades periféricas consideran que un campus para que sea territorial y socialmente viable debe adquirir un carácter urbano, para lo que tiene que incorporar otras funciones más allá de las docentes y de investigación como la vivienda, la cultura el comercio o el ocio (Miralles-Guach, 2010).

En este contexto, en la UAM se han implantado algunos equipamientos y servicios que facilitan la vida de los miembros de la comunidad universitaria en el campus y reducen sus desplazamientos fuera de su recinto (apartado 1.1.4). En la actualidad el campus de la UAM cuenta con centros escolares (guardería y colegio), un centro cívico en la Plaza Mayor, residencias de estudiantes, una amplia oferta deportiva y cultural, además de otros servicios básicos (librería, restaurantes, banco, agencia de viajes, servicio médico, etc.), que contribuyen a satisfacer parte de las demandas habituales de las personas que integran la comunidad universitaria y fomentan un campus cada vez más vivo y habitable.

No obstante, en el diseño originario de una ciudad universitaria "autónoma" y en su evolución renovada posterior no se ha tenido suficientemente en cuenta que se trataba no de una universidad ubicada en ámbito urbano, con pocas superficies verdes más allá de las zonas ajardinadas de su entorno, sino de una universidad periurbana, localizada en la periferia de una gran urbe como es la ciudad de Madrid, que requiere un modelo de gestión diferente al de las universidades urbanas con campus más o menos dispersos y desconectados. La UAM se aleja del modelo de universidad en la ciudad y puede clasificarse por su emplazamiento –sin olvidar el campus de la Facultad de Medicina-, como una universidad con un campus concentrado, extenso, segregado de la ciudad e integrado en un territorio de dominante natural y rural, de gran valor socio-ecológico, que mantiene una superficie importante de espacios verdes seminaturales. Este modelo de universidad-campus, además de promover su autonomía funcional y una movilidad crecientemente sostenible

mediante el uso transporte público, necesita contar con una estrategia de gestión unitaria que, entre otras cosas, promueva lugares de encuentro entre los miembros de su comunidad universitaria aprovechando sus espacios verdes. La UAM puede considerarse como una universidad con un campus verde, de implantación suburbana y con la vocación y el compromiso de erigirse en un agente territorial de primer orden, sin perjuicio su carácter y su fundamental función universitaria.

La política universitaria de mejora de equipamientos y dotaciones de la UAM en las dos últimas décadas para promover una ciudad universidad periurbana más o menos autosuficiente, con nuevos usos del suelo de su campus, además de los docentes, construyendo nuevos edificios e infraestructuras para potenciar la excelencia científica (Figura 1.7), ha invisibilizado y desatendido la mayor parte (60%) del recinto universitario, que alberga los espacios verdes seminaturales que suministran servicios ambientales esenciales para el bienestar y la salud de los miembros de su comunidad universitaria. El resultado de este hecho, descrito en el apartado 1.1.4, es que la UAM posee un campus universitario espacialmente desequilibrado, que genera dilemas y demanda compromisos de gestión o *trade offs* entre un campus central con espacios verdes ajardinados (22,0 ha, 10%) frente a un campus periférico con espacios verdes seminaturales o renaturalizados (131,2 ha, 60%) (Figuras 1.8. y 2.3). Romper barreras y tender puentes entre estos *dos campus* es uno de los desafíos más importante al que se enfrenta la gobernanza y ordenación territorial de la UAM para alcanzar un modelo de gestión cooperativo, integrador, sistémico y auténticamente sostenible de uno de los campus universitarios más extensos de España (apartado 4.1).

El enfoque de los sistemas socio-ecológicos (apartado 4.2.2), que incluye el tratamiento de los servicios ambientales (apartados 1.2, 2.1 y 4.2.1), propuesto por SERCAMPUS, constituye la mejor base teórica y metodológica para desarrollar un plan estratégico inclusivo e integrador de ordenación territorial del espacio universitario, que acabe con su dicotomía y desequilibrios internos, y lo articule de modo proactivo con el contexto territorial del que forma parte.

El Plan Estratégico de campus socio-ecológicamente sostenible y resiliente de la UAM pretende ser la propuesta de un modelo de gobernanza de una ciudad universitaria periurbana con campus verde que, desde el enfoque de los sistemas socio-ecológicos (Figura 4.2), reconoce que gran parte del bienestar y la salud de su comunidad universitaria depende del flujo de servicios de sus espacios verdes ajardinados, seminaturales y renaturalizados. Eso requiere una gestión del recinto universitario como una realidad integrada, unitaria y sistémica, en diálogo y sinergia con el contexto territorial del gradiente urbano rural de Madrid Sierra de Guadarrama, del que constituye una pieza importante.

En la Figura 4.5 se muestra el modelo conceptual sobre el que se articula el Plan Estratégico de campus socio-ecológicamente sostenible y resiliente propuesto en este proyecto. Según dicho modelo, la construcción de un campus sostenible y resiliente depende de dos procesos esen-

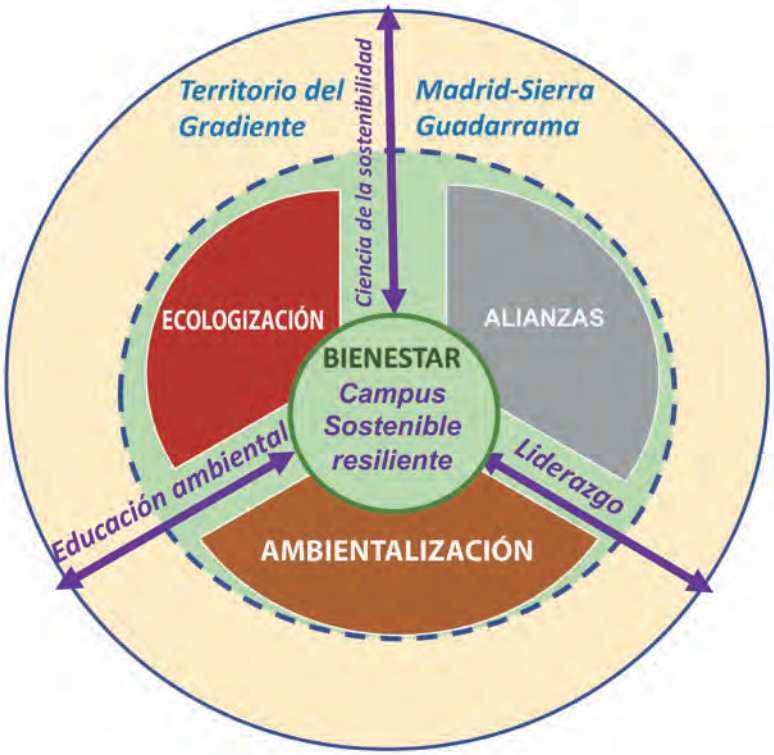


Figura 4.5. Modelo conceptual del Plan Estratégico de campus socio-ecológicamente sostenible y resiliente propuesto por SERCAMPUS basado en tres dimensiones y tres ejes unificadores en el contexto de la matriz territorial donde se ubica la UAM en el gradiente urbano-rural del gradiente Madrid-Sierra de Guadarrama.

ciales. Por un lado, la *ecologización* del campus, que supone reconocer la dependencia que existe entre el bienestar universitario y el flujo de servicios ambientales y la biodiversidad del campus verde (apartado 4.2.2; Figura 4.3); por ello, cualquier actuación que se lleve a cabo en el recinto universitario debe respetar los procesos ecológicos esenciales que determinan sus funciones. Por otro, un proceso de concienciación ambiental *(ambientalización)* de todos las personas y estamentos de la comunidad universitaria, con objeto de conseguir un colectivo universitario sensibilizado ambientalmente, que participa y propone iniciativas, y que se implican en el desarrollo de los programas y acciones que conforman el Plan Estratégico (apartado 4.3); a lo que se suma la introducción de criterios ambientales socialmente responsables en todas las actividades y actuaciones de la universidad, desde la compra de productos hasta la contratación pública de obras y servicios, en particular los de restauración y alimentación. Como no puede ser de otra manera ambos procesos actuarán de forma sinérgica desde el momento en que se comienza a implementar el Plan Estratégico (Figura 4.4).

Pero también para alcanzar los objetivos y fortalecer el Plan Estratégico es necesario tejer alianzas estratégicas con diferentes instituciones formales y no formales privadas o pública como administraciones ambientales, municipales, asociaciones u ONGs con la finalidad de promover acciones cooperativas para desarrollar proyectos comunes y compartidos que impulsen el Plan Estratégico.

Estas tres dimensiones tienen como ejes unificadores en primer lugar la educación ambiental como instrumento para educar en el cambio hacia modelos de sostenibilidad socio-ecológica. En segundo lugar, las ciencias de la sostenibilidad que vinculan el conocimiento científico transdisciplinar desde las ciencias ecológicas, las ciencias sociales y las humanidades junto con el conocimiento ecológico tradicional con la gestión sostenible de los ecosistemas y la acción social dentro de un sistema ciencia-gestión-sociedad. La Ciencia de la sostenibilidad se presenta como una ciencia transversal que impulsa una orquestación de las ciencias biofísicas y las humanidades para construir sostenibilidad socio-ecológica global y local (Clark & Dickson, 2003). En este contexto, sería recomendable incorporar el paradigma de las *Ciencias de la Sostenibilidad* en los Planes de Estudios y en las Guías Docentes de la universidad (Martín-López et al. 2012), adaptándolos al contexto actual de crisis ambiental en sintonía con las recomendaciones hechas por la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y por el Acuerdo de París sobre el Cambio Climático. Y es que, como sostiene Jones (2013), las instituciones de educación superior tienen un potencial único para catalizar "multiplicadores de sostenibilidad" que contribuyan a dinamizar una transición social hacia la sostenibilidad. El tercer eje se refiere a la capacidad de liderazgo que debería tener la UAM en la esfera educativa, científica, social, cultural y ambiental en el territorio donde se ubica y del que forma parte.

4.3.2. La UAM como campus de conocimiento y agente territorial primordial en el gradiente socio-ecológico Madrid-Sierra de Guadarrama. *La dimensión territorial del Plan Estratégico*

No es frecuente que las universidades españolas realicen análisis, desde una perspectiva de política territorial, sobre su papel como agentes sociales y regionales (Miralles-Guach, 2010) y, en el caso concreto de las universidades periurbanas, que aborden la conectividad ecológica del territorio donde se ubican.

La UAM, más allá de su función académica, por su carácter periurbano y ubicación estratégica en el gradiente socio-ecológico Madrid-Sierra de Guadarrama (Figura 1.4) es un agente territorial social y ambiental de primer orden con un gran potencial de liderazgo y capacidad para desarrollar sinergias territoriales con el tejido social, económico y cultural de su entorno.

Pero independientemente de su localización, la UAM, al igual que otras universidades periurbanas como la UAB, se erigen en un *territorio o campus* de conocimiento (Miralles-Guach, 2010) en el que los que los capitales humanos, culturales y naturales interaccionan y construyen tramas socio-ecológicas en el territorio a diferentes escalas. Por su capacidad de generar conocimiento, innovación, aprendizaje, y transferirlo a la sociedad, las universidades periurbanas pueden convertirse en agentes transformadores esenciales del sistema territorial donde se ubican. Pueden influir en las políticas de desarrollo local incluyendo modelos de transición ecológica para alcanzar las metas de los ODS tomando como ejemplos demostrativos sus propios campus universitarios sostenibles y resilientes.

Los límites de la UAM, concebida como un *campus de conocimiento,* no se ciñen a su linde administrativa sino al espacio sobre el que proyecta sus funciones como agente socioeconómico y cultural de territorio. Su "área funcional" vendría definida por el flujo de conocimientos y experiencias interdisciplinares transmitido, fundamentalmente, por los miembros de su comunidad universitaria.

Pero el campus de la UAM no solo es permeable al flujo de conocimientos experimentales y experienciales del territorio donde se ubica, sino también al flujo socio-ecológico de los servicios ambientales que suministran los ecosistemas funcionales de su entorno, así como al flujo biológico de las especies de flora y fauna silvestres que conforman su biodiversidad (Figura 4.6). Como ya se explicó en el apartado 1.1.3 el campus de la UAM está emplazado en un entorno natural excepcional rodeado localmente de espacios naturales protegidos bien conservados, como son el Monte de Valdelatas, el Monte de El Pardo y el Soto de Viñuelas, que mantienen las características originales de los ecosistemas naturales del ámbito geográfico de la UAM (Figura 1.4 e Imagen 2). También, a una escala regional, el campus está dentro del sistema socio-ecológico Madrid-Sierra de Guadarrama, que alberga además el Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares y el Parque Nacional del Guadarrama (Figura 1.4).

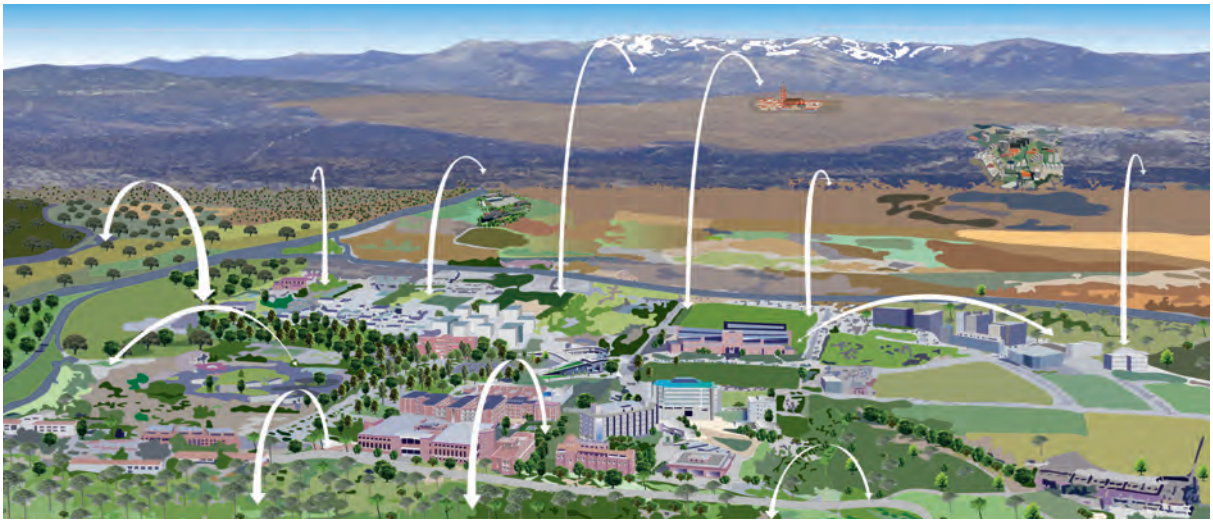


Figura 4.6. El campus de la UAM no es una isla en el territorio, sino que constituye un nodo fundamental en la gestión de la conectividad socio-ecológica del gradiente Madrid-Sierra de Guadarrama. Su recinto universitario puede favorecer la dispersión y el flujo biológico de especies de flora y fauna silvestres en las redes ecológicas del territorio, así como potenciar los servicios ambientales de sus espacios verdes a escala local y regional.

Es evidente que el campus de la UAM por tener una gran extensión (219 ha) que alberga una considerable variedad de espacios verdes seminaturales y ajardinados (153,3 ha) (Tabla 2.1) y estar ubicado en un sistema territorial en el que el 50% de su superficie son espacios naturales protegidos por diferentes figuras legales, juega un papel esencial en la mejora de las conexiones espaciales entre las teselas de un territorio fragmentado. Su recinto uni-

versitario favorece los procesos de transferencia de los flujos físicos y biológicos del territorio contribuyendo a la conservación de la biodiversidad de la zona, así como a mantener los procesos ecológicos esenciales o funciones que determinan el flujo de servicios ambientales.

En definitiva, como ya se explicó en el apartado 1.1, el campus de la UAM constituye un nodo esencial en el fomento de las redes ecológicas que conforman la infraestructura verde de la Comunidad de Madrid para la conservación de su biodiversidad. En concreto constituye un importante punto de escala o estriberón en el desarrollo de la red ecológica denominada Arco Verde con la que la comunidad autónoma está construyendo una infraestructura verde que conecta los parques periurbanos del norte de Madrid con 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) (Figura 1.4).

Como se expuso en el apartado 3.1.8, el flujo de servicios ambientales de regulación que suministran los espacios verdes de la UAM transciende sus límites administrativos (Figura 3.19) por lo que su evaluación y gestión debe realizarse a diferentes escalas territoriales (Figura 4.7).

Figura 4.7. Los espacios verdes del campus de la UAM suministran servicios ambientales, básicamente de regulación, más allá de los límites de su recinto universitario para el bienestar de las poblaciones locales, pero también 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.

Desde la escala de lugar en la que se encuentra el campus de la UAM es necesario seleccionar la escala o escalas más adecuadas para analizar y desarrollar propuestas de gestión robustas ya que lo que tiene sentido y viabilidad en una escala no tiene por qué tenerlo en otra con la misma intensidad o importancia. La escala local, asociada a la extensa superficie de espacios naturales protegidos que rodea el campus, puede ser la adecuada para potenciar servicios de regulación como el secuestro y almacenamiento de carbono o la purificación de aire y la

eliminación de contaminantes además de la recarga de acuíferos mientras que la escala regional, relacionada con el gradiente altitudinal Madrid-Sierra de Guadarrama, puede ser la apropiada para gestionar servicios como el control de la erosión o la regulación hídrica. Para los servicios culturales el conocimiento científico, la educación ambiental o la identidad cultural y el sentido de pertenencia de la población universitaria residente en el territorio, las escalas local y regional pueden ser las adecuadas para su evaluación y gestión.

De acuerdo con estas breves referencias, el campus de conocimiento de la UAM puede ser un agente territorial que impulse cambios sociales y ambientales renovadores en el gradiente Madrid-Sierra de Guadarrama al reconocerse su papel socio-ecológico como unidad suministradora de servicios ambientales a diferentes escalas. El Plan Estratégico de Campus propone las siguientes acciones para promover una línea estratégica específica dentro del modelo de ordenación territorial sostenible y resiliente de la UAM, con criterios de sostenibilidad socio-ecológica, que permita articular y conectar sus espacios verdes con la planificación urbanística de los municipios colindantes y con la ordenación de los espacios naturales protegidos de su entorno:

- Llevar a cabo un estudio sobre el papel que juega el campus de la UAM en la conectividad biológica y ecológica estructural y funcional del gradiente altitudinal de Madrid-Sierra de Guadarrama. El objetivo fundamental será probar, con datos empíricos, que su recinto universitario es un nodo importante en las redes ecológicas que la Comunidad Autónoma está desarrollando actualmente, bajo el marco legal de la infraestructura verde, por su capacidad de conexión entre los espacios naturales protegidos y no protegidos del territorio.

- Realizar un estudio sobre la contribución de los servicios ambientales de los espacios verdes del campus verde de la UAM al bienestar de las poblaciones del gradiente urbano-rural Madrid-Sierra de Guadarrama con la finalidad de visibilizar el papel socio-ecológico que tiene la universidad, más allá de sus funciones tradicionales de docencia en investigación, incrementando su protagonismo en el tejido social del territorio.

- Incorporar al Plan Estratégico de la UAM 2025 y al que se plantee posteriormente, a partir de los resultados de dichos estudios y de este documento, un eje estratégico sobre espacios verdes ajardinados y seminaturales como elemento vertebrador del campus y componente fundamental de calidad ambiental y bienestar colectivo, potenciando sus múltiples funciones ambientales.

- En ese sentido, elaborar e implementar un plan de gestión de áreas verdes del campus, con fundamentación socio-ecológica, que conserve, restaure y active las diferentes piezas que integran el sistema verde de Cantoblanco, con una visión integral y ecológica, y con acciones diferenciadas para cada unidad de espacio verde.

- Coordinar la planificación y gestión del sistema verde del campus de Cantoblanco con las iniciativas de conservación de los espacios naturales protegidos de su entorno y con otras acciones autonómicas y municipales de protección y gestión de terrenos de valor natural, en concreto, con las acciones encaminadas a la definición de una infraestructura verde.

Los dos estudios que se han citado podrían llevarse a cabo por el *Centro de Investigación en Biodiversidad y Cambio Global de la UAM (CIBC-UAM*[8]*),* que integra a diversos grupos de investigación de la universidad que son necesarios para llevarlos a cabo con un elevado nivel de excelencia y operatividad.

Para desarrollar esta línea estratégica de ordenación territorial de los espacios verdes del campus en coordinación y cooperación con la planificación general del sistema territorial donde se encuentra, se necesitan alianzas estratégicas fundamentalmente. Alianzas que deben incorporar a la administración ambiental regional y municipios, a los órganos de gobiernos y técnicos de la UAM implicados, así como a asociaciones y ONG que comparten el mismo objetivo para trabajar en red con todos los agentes territoriales, sin que cada uno pierda su autonomía y competencia.

En primer lugar, es necesario establecer una comunicación fluida con la Dirección General de Biodiversidad y Recursos Naturales de la Consejería de Medio Ambiente Ordenación del Territorio y Sostenibilidad de la Comunidad de Madrid, responsable del diseño y ejecución del Proyecto de Arco Verde, así como de la gestión de la red de espacios naturales protegidos de la Comunidad. El objetivo sería formalizar la incorporación del campus verde de la UAM, como un elemento territorial importante, en el proyecto de Arco Verde, y analizar en profundidad su papel socio-ecológico en el contexto de la planificación de los espacios naturales protegidos de su entorno, y las iniciativas prioritarias de gestión en el campus.

Se necesita también establecer alianzas territoriales con el Ayuntamiento de Madrid a fin de visibilizar y darle entidad propia al campus verde la UAM en el contexto de su Plan de Infraestructura Verde y Biodiversidad[9].

Este plan pretende conservar y potenciar el patrimonio natural y la biodiversidad de la ciudad planificando y mejorando su infraestructura verde urbana, así como de sus servicios ecosistémicos. El distrito de Fuencarral-El Pardo, donde está ubicado el campus de la UAM (Figura 1.3.), adquiere un papel primordial en la planificación de una potente infraestructura verde, conectada, equilibrada, diversa, resiliente, integrada, y visible por la ciudadanía.

Es fundamental incorporar a la sociedad civil y a otros actores del territorio para impulsar la gestión y activación del campus verde la UAM y su integración en el entorno, y promover la transferencia de conocimiento socioecológico. Existe un considerable número de ONG y asociaciones que trabajan con el objetivo común de promover el desarrollo sostenible de la Sierra de Guadarrama, con las que hay que establecer una relación constante para ofrecer el apoyo de la universidad como campus de conocimiento. Se puede destacar en ese sentido la Agrupación Intermunicipal Sierra de Guadarrama (AISGUA)[10], y, en el ámbito de la promoción y el desarrollo sostenible, la Asociación de Desarrollo Sierra de Guadarrama (Adesgam)[11].

[8] https://www.uam.es/UAM/CIBC

[9] https://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/Medio-ambiente/Parques-y-jardines/Plan-de-Infraestructura-Verde-y-Biodiversidad/?vgnextoid=5fdec0f221714610VgnVCM2000001f4a900aRCRD&vgnextchannel=2ba279ed268fe410VgnVCM1000000b205a0aRCRD

[10] https://www.aigua.com

[11] https://www.adesgam.org

4.3.3. Gestionando los gradientes de suministro y demanda de los servicios ambientales de los espacios verdes del campus de la UAM para la administración global de su recinto universitario y superar su disimetría espacial

En el apartado 4.3.1 se planteaba que para alcanzar un modelo de planificación y administración integrada, integradora y sistémica del recinto universitario de la UAM era necesario romper con su disimetría espacial y de gestión que configura un campus central y otro campus periférico (Figura 4.8A). Esta dualidad impulsa políticas universitarias sectoriales y compartimentadas polarizando programas y acciones hacia el campus urbano principal con espacios verdes ajardinados y desatendiendo sus periferias que albergan sus espacios verdes seminaturales y renaturalizados.

Para evitar que esta configuración espacial dual se convierta en una dicotomía de gestión el marco de los servicios ambientales, a través de la caracterización de los gradientes y puntos calientes de suministro y sinergias positivas, puede servir para tender puentes entre ambos campus y así lograr un único modelo sistémico de administración transdisciplinar del recinto universitario.

Como se explicó en el apartado 3.2.2, los servicios de regulación -y especialmente los culturales- no se distribuyen al azar en el recinto universitario, sino que muestran áreas críticas de suministro de uno a más servicios denominadas *puntos calientes* o *hotspots* que siguen patrones espaciales asociados a las características biofísicas del territorio, el paisaje o las coberturas de usos del suelo. También es frecuente que en estas áreas críticas de suministro de servicios se produzcan sinergias positivas entre ellos (apartado 3.1.8).

En la Figura 4.8 se muestran los gradientes de suministro y sinergias positivas de cuatro servicios de regulación y tres servicios culturales evaluados. Puede observarse como tres de los servicios de regulación (secuestro de carbono y almacenamiento de carbono y recarga de acuíferos) tienen sus áreas críticas de suministro o *hotspots* en los extremos de sus campus periféricos vinculados a sus espacios verdes seminaturales forestales, mientas que un servicio de regulación (regulación de la temperatura local) y tres servicios culturales presentan sus *hotspots* y sinergias en el campus central asociado a los espacios verdes ajardinados. .

La caracterización y la cartografía de gradientes de suministro de un conjunto de servicios de regulación y culturales, incluido sus *hotspots* y sinergias, nos permite realizar una planificación integrada e integradora de todos los espacios verdes del campus para optimizar espacialmente el flujo de servicios para el bienestar universitario superando las dicotomías de gestión que plantea un campus dual (urbano vs periférico; Figura 4.8A). En este punto podemos potenciar los hotspots de suministro de servicios, muy valorados por la comunidad universitaria, asociados a los servicios culturales relacionados con el disfrute estético, el ocio o actividades recreativas ampliando la superficie de espacios verdes ajardinados del campus central con el coste de mantenimiento en agua y energía que conlleva. O bien podemos favorecer los *hotspots* de los servicios invisibles de regulación que tienen un papel ecológico

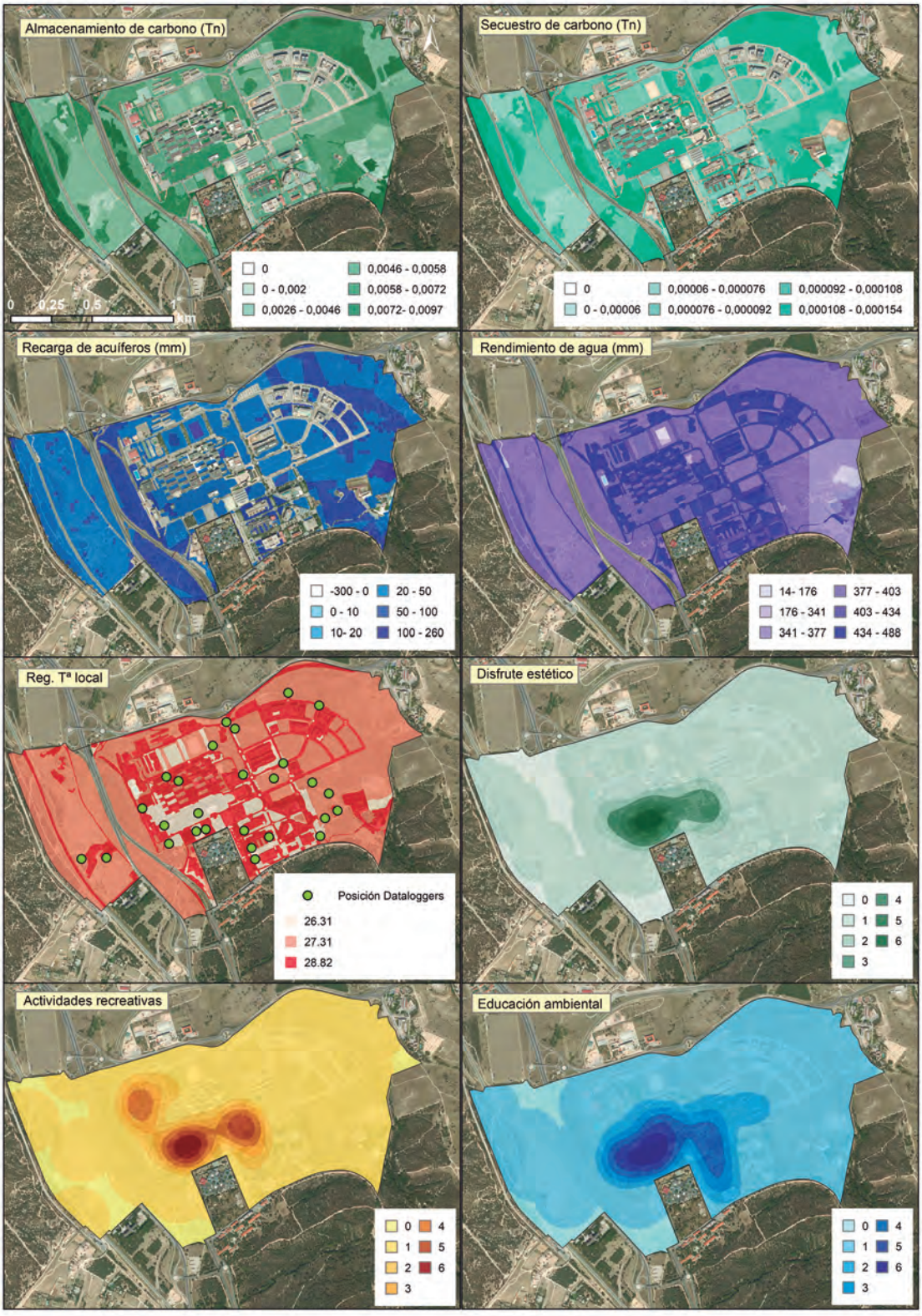


Figura 4.8. Los gradientes de intensidad y hotspots de suministro de servicios de regulación (B) y culturales (C), que coinciden con sinergias positivas entre ellos, rompen la posible dicotomía de gestión entre un campus central y otro periférico (A) permitiendo la planificación territorial del campus como un todo como una entidad multifuncional integrada y unitaria para promover el bienestar de la comunidad universitaria.

muy importante, pero que son más difíciles de valorar por el mundo académico (apartado 4.2.1), poniendo en marcha programas de restauración ecológica de sus espacios verdes forestales muy degradados en el campus periférico del Parque Regional que también conllevan costes económicos y de tiempo importantes. Trabajar con la cartografía de gradientes de suministro de servicios y sinergias nos permite abordar este compromiso o *trade-off* planificando los espacios verdes del campus como un todo sustituyendo los *hotspots* del centro y la periferia por varios *"centros de hotspots de servicios"* de regulación o culturales más allá de la posición central o periférica del recinto universitario. De esta forma nos aproximamos a un campus multifuncional que optimiza, a diferentes escalas (lugar, local, regional: Figura 4.7), el flujo global de los servicios de sus espacios verdes para el bienestar de su comunidad universitaria y de la población del sistema territorial en el que se ubica (Figura 4.9).

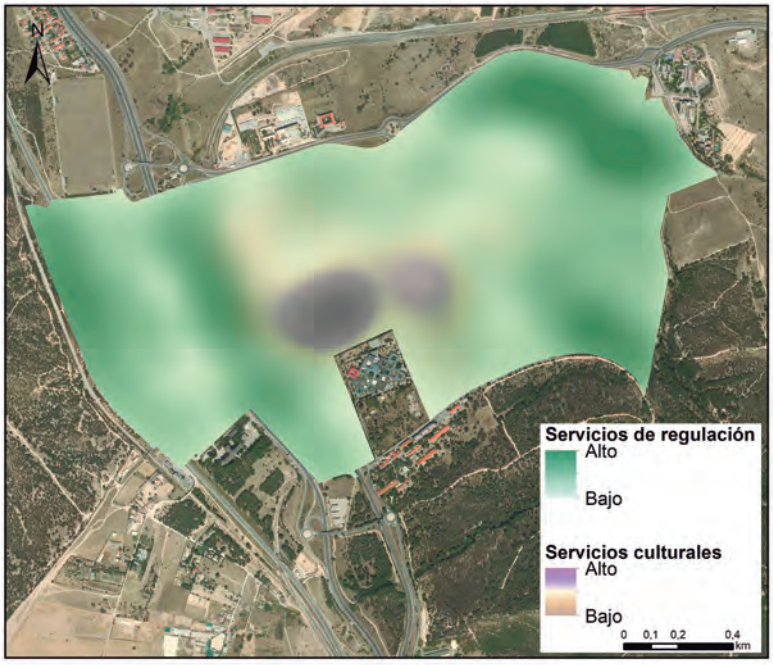


Figura 4.9. Visión del recinto universitario de la UAM como una entidad territorial multifuncional que integra los gradientes, hotspots y sinergias de los servicios ambientales de regulación y culturales. La gestión de gradientes de servicios permite superar la disimetría entre un campus urbano y un campus periférico asentando las bases de una gestión holista y coherente de los diferentes usos del suelo del recinto universitario.

Por tanto, caracterizar y cartografiar los gradientes de suministro de servicios ambientales, incluidos los *hotspots* y sinergias, resulta de gran utilidad para gestionar un campus multifuncional de una forma integrada y unitaria superando la disimetría actualmente existente entre un campus urbano que suministra servicios culturales a través de sus espacios verdes ajardinados y un campus verde periférico del este y del Parque Regional que abastece de servicios de regulación. Permitiría identificar áreas prioritarias de gestión dentro del recinto universitario organizando territorialmente los programas y líneas de actuación prioritarias dentro de un Plan Estratégico de Campus socio-ecológicamente sostenible y resiliente cuya finalidad última sería promover la multifuncionalidad del espacio universitario para satisfacer las diferentes demandas de servicios ambientales de los distintos actores de la comunidad universitaria.

4.3.4. Hacia una Planificación y gestión integrada y unitaria del campus de la UAM utilizando unidades socio-ecológicas de gestión

Para fomentar la multifuncionalidad del recinto universitario en el suministro de servicios culturales y de regulación se ha elaborado una propuesta de cuatro grandes Unidades Socio-Ecológicas de Gestión (USEG) para el Campus de Cantoblanco de la UAM (Figura 4.10). Se ha llevado a cabo sobre la base de la integración de los resultados arrojados por las evaluaciones de servicios ambientales realizadas en este proyecto junto a los criterios que se citan a continuación: 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) competencial (jurisdicción en la gestión de usos del suelo); y d) accesibilidad (grado de aislamiento en relación con las infraestructuras de movilidad). Estas unidades socio-ecológicas de gestión se erigen como una herramienta fundamental para la ordenación general de los usos del suelo del Campus de la UAM dentro de un futuro Plan Estratégico de campus socio-ecológicamente sostenible

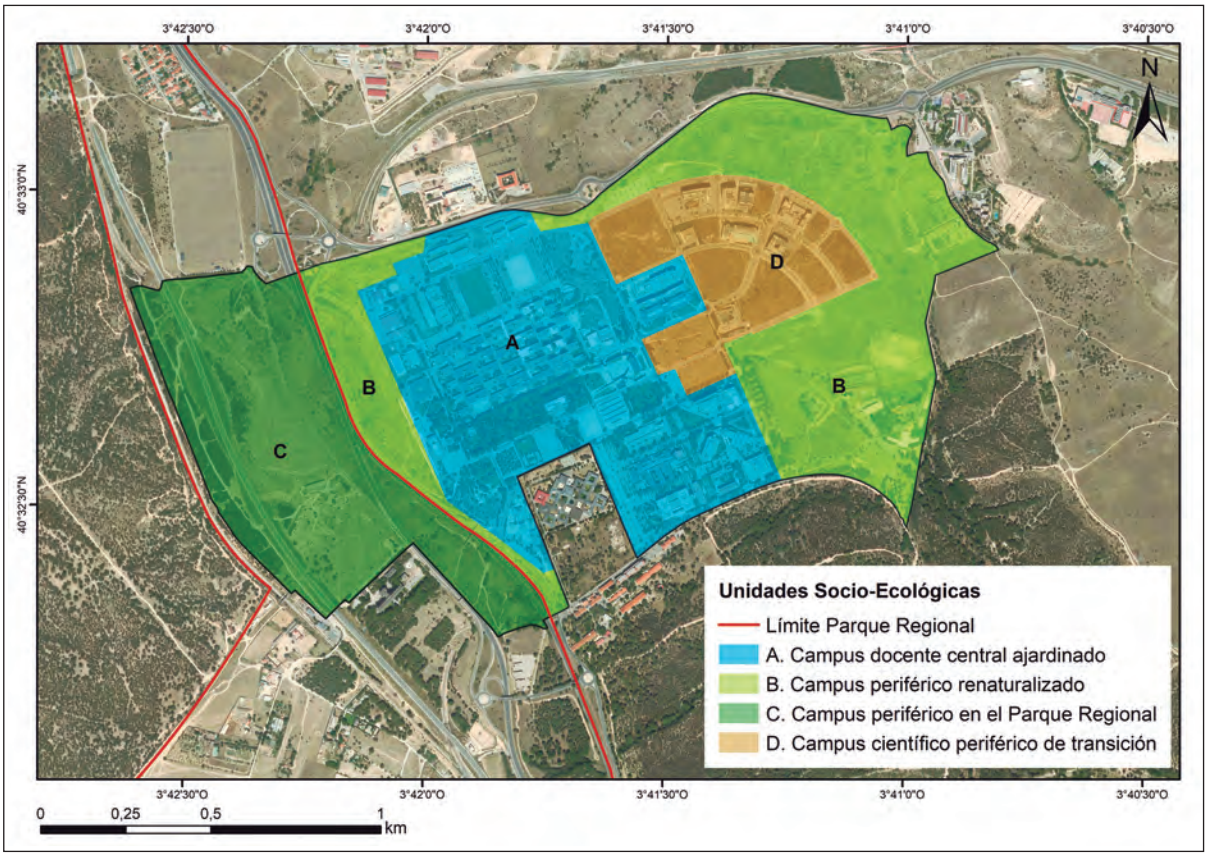


Figura 4.10. Basándose en la evaluación y cartografía de 8 servicios de regulación y culturales que suministran los espacios verdes del Campus de la UAM, junto con otros criterios complementarios, se han definido cuatro unidades socio-ecológicas de gestión que constituyen la herramienta fundamental para una asignación espacial, socio-ecológicamente coherente, de los usos del suelo del recinto universitario impulsando un modelo de gestión multifuncional, integrado y unitario.

y resiliente. Hay que tener en cuenta que los límites entre las USEG son más operativos que reales ya que los flujos de servicios las interconectan al operar más allá de las divisorias de gestión establecidas (Figura 4.6 y 4.9).

En la Figura 4.11 se muestra la importancia relativa de las superficies de cada una de las USEG definidas en el campus de la UAM donde se pone de manifiesto el gran potencial que tiene el recinto universitario para suministrar servicios de regulación asignando y potenciando usos del suelo compatibles con el mantenimiento de las funciones o capacidad de generar servicios de regulación de los espacios verdes que se corresponden con las unidades de los campus periféricos (68%).

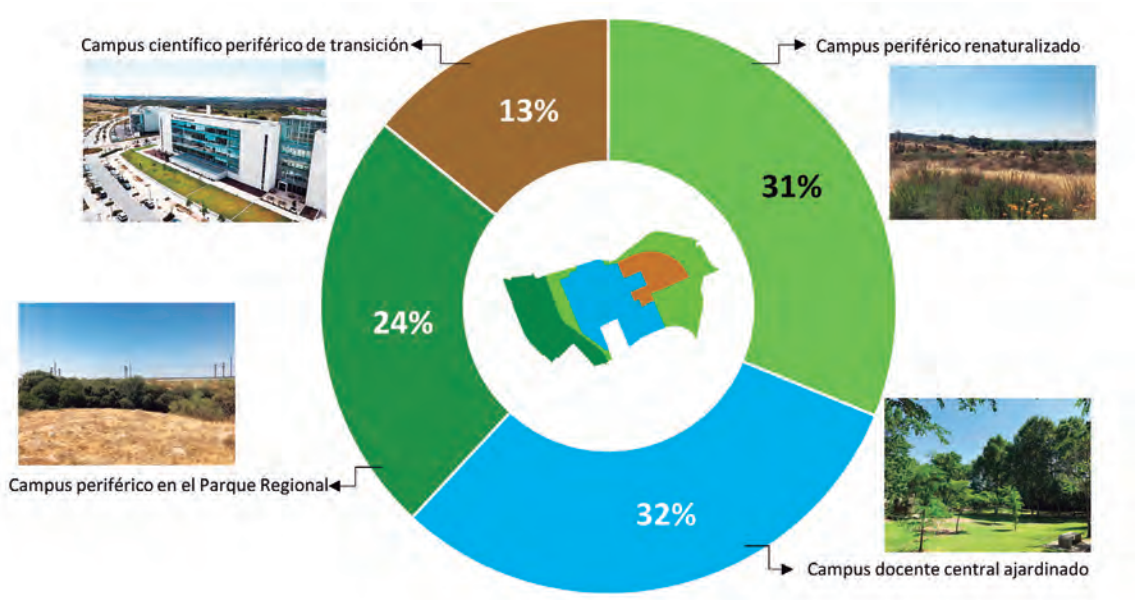


Figura 4.11. Importancia relativa de las cuatro unidades socio-ecológicas de gestión definidas en el Campus de Cantoblanco la UAM, que muestra como las USEG que mantienen los espacios verdes seminaturales o renaturalizados periféricos constituyen la mayor parte de la superficie del recinto universitario (68%), frente a la que incluye la superficie edificada junto con los espacios verdes ajardinados del campus docente central (32%).

Este hecho queda recogido en la Figura 4.12 donde se expone la capacidad relativa que tiene cada una de las USEG definidas para el suministro prioritario de los diferentes tipos de servicios de regulación y culturales evaluados.

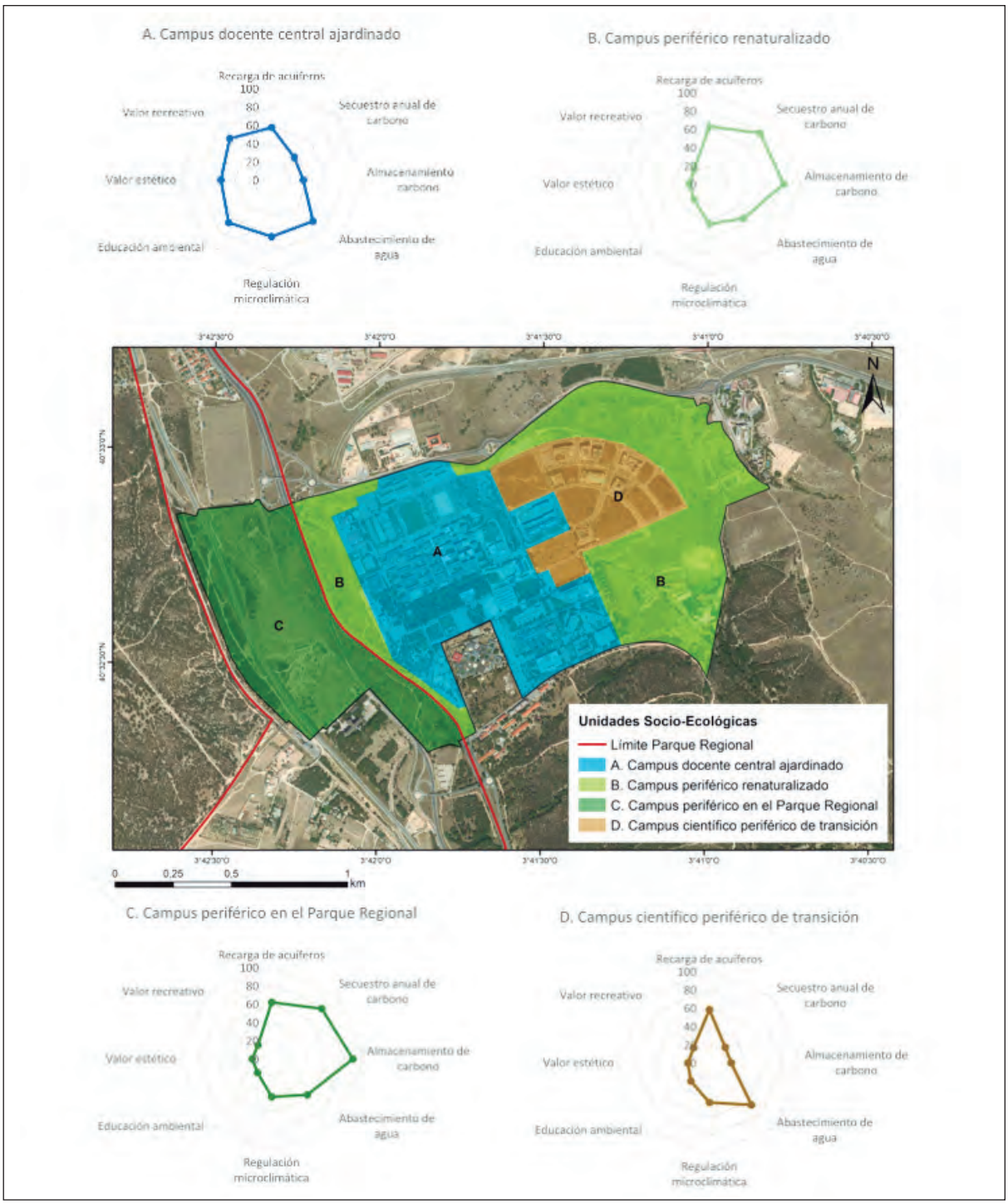
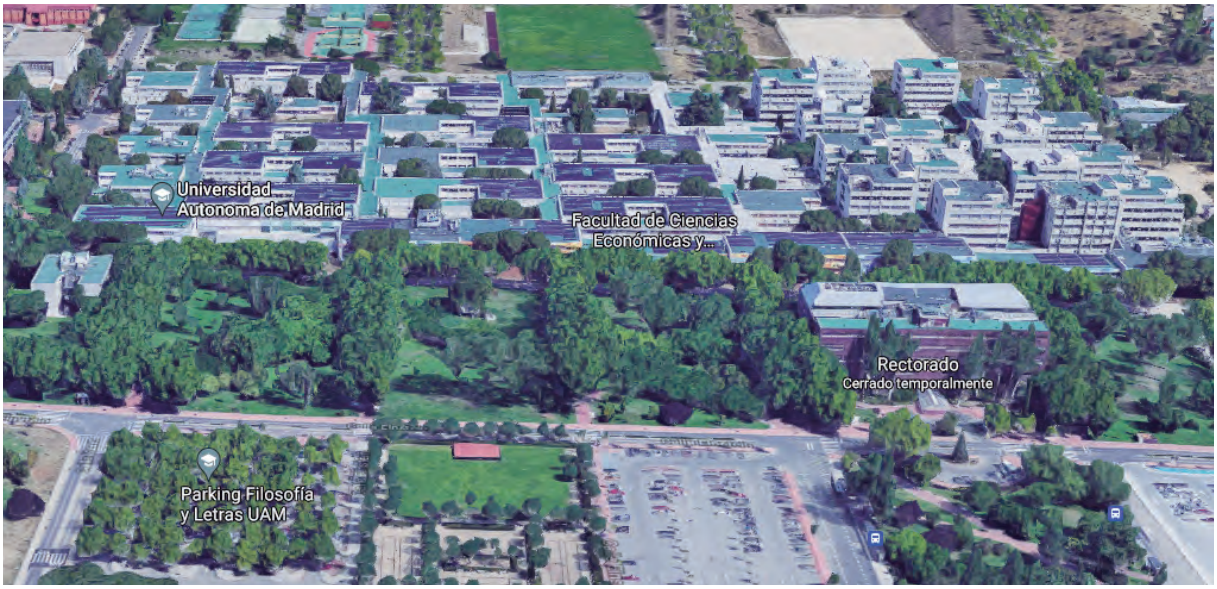


Figura 4.12. Capacidad relativa de cada una de las USEG definidas en el campus de la UAM para suministrar los diferentes tipos de servicios de regulación y culturales evaluados. Excepto el campus científico periférico de transición, que presenta una situación intermedia, el resto de las USEG poseen un gran potencial para proporcionar servicios de regulación o culturales en función de la dominancia de espacios verdes seminaturales o renaturalizados o ajardinados.

A continuación, se resumen los rasgos más característicos de cada una de la USEG en relación con los criterios utilizados para su definición y su potencial para suministrar servicios ambientales.

A. Campus docente central ajardinado



Junto con la USEG del Campus Periférico renaturalizado es la unidad más extensa de todo el recinto universitario con una superficie de 69,4 ha (31%; Figura 4.11). Representa la zona central urbana del campus con vocación docente y de gestión universitaria. En ella se emplazan las facultades y bibliotecas, así como la mayor parte de centros y edificios administrativos, además de la estación de RENFE, la escuela infantil, el colegio, el polideportivo, la Plaza Mayor y la residencia de estudiantes. Es la zona más frecuentada y transitada de todo el campus y en ella se encuentran los principales espacios verdes ajardinados y de riego de toda la universidad, caracterizados por amplias extensiones de césped, matorrales de jardín y bosquetes con árboles de jardín como el plátano, el olmo y el chopo (8,5 ha). Estas características hacen que esta unidad socio-ecológica de gestión sea la que más servicios culturales proporciona al bienestar universitario (apartado 3.2; Figura 4.12).

B.- Campus periférico renaturalizado

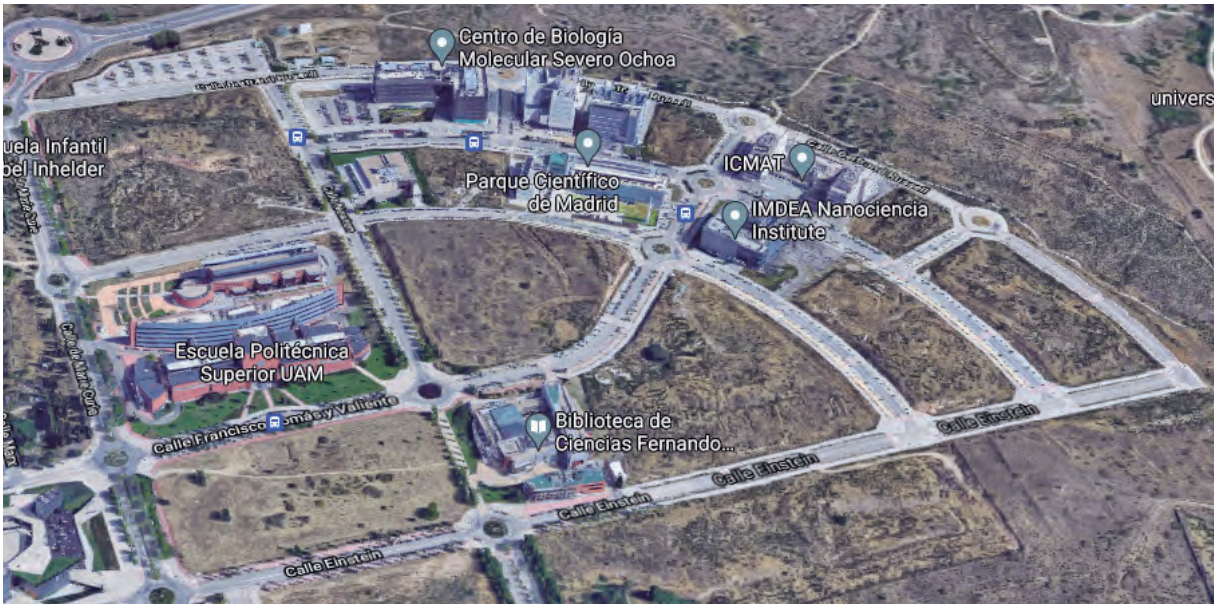
Esta unidad, caracterizada por la presencia de herbazales, pinares de replantación y áreas en proceso de renaturalización (con algún que otro encinar y algún fragmento de matorral mediterráneo), es la segunda unidad más extensa de todo el campus de Cantoblanco (70 ha; 31% del total; Figura 4.11) y la que más servicios de regulación suministra (apartado 3.1; Figura 4.12). Aunque la mayor parte de ella se localiza en el extremo oriental del campus, cuenta con una pequeña porción en el extremo oeste antes de llegar al Parque Regional,

entre la estación de RENFE y la carretera M-607 (Figura 4.10). En esta unidad, que actualmente no tiene ningún uso asignado, no se realiza ninguna actividad conocida, por lo que sufre de cierta infra gestión y en ella, como sucedía con la parte del campus emplazada en el Parque Regional, se dan suelos degradados con presencia de escombros y residuos. Además, el desarrollo del arbolado es muy heterogéneo, existiendo zonas en la parte alta de las laderas que han experimentado un proceso de renaturalización muy lento. Por otro lado, algunas de las especias plantadas no han sobrevivido o están en proceso de secado por ocupar la citada aparte alta de las laderas, más erosionadas y con menor capacidad de retención de humedad.

C.- Campus periférico en el Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares

Es la unidad formada por la parte del campus ubicada en el extremo occidental del mismo. Tienen una extensión de 54 hectáreas (Figura 4.11) y está constituida, principalmente, por herbáceas perennes y por vegetación seminatural bastante degradada de encinares–carrascales, herbazales, y otras especies del monte mediterráneo. Actualmente, no se realiza ninguna actividad específica vinculada a la universidad, siendo un lugar sin uso asignado (salvo pastoreo muy esporádico de ovejas) y con presencia frecuente de escombros en montones distribuidos por todo el terreno. Aunque esta unidad posee una alta capacidad para suministrar servicios de regulación (apartado 3.1; Figura 4.12) su estado actual es de semi-abandono, siendo necesario acometer en ella varias labores de restauración ecológica para poder aprovechar mejor su potencial suministrador de servicios ambientales. Hay que tener en cuenta que en esta unidad, al estar incluida dentro del Parque Regional de la Cuenca alta del Manzanares, la UAM no tiene capacidad para tomar decisiones de uso y gestión al margen de la Comunidad Autónoma de Madrid. Esta USEG aparece en el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Regional como suelo no urbanizable protegido nivel 2 (apartado 1.1.4; Figura 1.7).

D.- Campus científico periférico de transición



Con una extensión total de 32 ha (apenas el 14% del total; Figura 4.11), esta unidad constituye la zona de transición entre el campus periférico renaturalizado y el campus central (ver Figura 4.10). Tiene la vocación de campus científico al albergar los institutos científicos del CSIC, el Parque Científico de Madrid, el Centro de Microanálisis de Materiales (CMAM) y el Instituto Madrileño de Estudios Avanzados en Nanociencia. Posee 8 parcelas no construidas que están actualmente en proceso de renaturalización, aunque algunas de ellas están calificadas como suelo de uso docente e investigación en el Plan Especial de la UAM (Figura 1.7). Si bien algunas de estas parcelas cuentan con un mayor grado de renaturalización, todas ellas presentan en general gravas y residuos procedentes de obras y/o infra-gestión. También se caracteriza por la presencia de varias rotondas y medianas con jardines mediterráneos con lavandas y tomi-

llos. Su potencial suministrador de servicios ambientales podría ser mayor si aquí se acometiesen trabajos de restauración ecológica de manera que se aprovechase la renaturalización de alguna de las parcelas para convertirlas en espacios de transición que conectarían el campus renaturalizado suministrador esencial de servicios culturales y el campus urbano central ajardinado donde la mayor parte de la comunidad universitaria disfruta de los servicios culturales evaluados.

Por otra parte, la posible implantación de nuevos edificios en las parcelas vacantes de esta unidad debería considerar en su distribución y diseño las funciones ecológicas que los espacios libres deberán desempeñar, favoreciendo tanto la calidad ambiental del propio espacio edificado como la conectividad ecológica de esta unidad de gestión con el campus periférico renaturalizado y el campus docente central ajardinado.

4.3.5. La arquitectura de un Plan Estratégico de Campus socio-ecológicamente sostenible y resiliente

Lo que se presenta en este apartado no es el *Plan Estratégico de Campus socio-ecológicamente sostenible y resiliente* de la UAM sino una propuesta conceptual y operativa fundamentada en el marco de los servicios ambientales (Capítulo 1 y apartado 4.1) y en la información empírica obtenida de la evaluación y cartografía de 8 servicios de regulación y culturales que suministra su campus verde (Capítulo 3). Se proponen un conjunto de áreas y líneas estratégicas de actuación que incluyen una serie de criterios, directrices, acciones y opciones programáticas de carácter constructivo que impulsen un proceso participativo, entre todos los actores y disciplinas académicas de la UAM, que culmine con la elaboración y aprobación de un Plan institucional que integraría el Plan de Campus Saludable demandado por la Estrategia UAM 2025 junto con un programa de seguimiento con indicadores de sostenibilidad para la evaluación periódica del grado de cumplimiento de los objetivos de sus áreas estratégicas y programas.

Este Plan capacitaría a la UAM como institución formal de educación superior e investigación para lidiar con los desafíos asociados al proceso emergente del Antropoceno y el Cambio Global. En esta nueva etapa socio-ecológica de la humanidad del siglo XXI las perturbaciones de origen natural o antrópicas (apartado 4.2.2) lejos de ser una excepción serán cada vez serán más frecuentes y de mayor intensidad. En este contexto de incertidumbres e impredictibilidad las instituciones, como las universidades, que se hayan diseñado como entidades estáticas imaginando un mundo estable serán más vulnerables frente a las crisis actuales como la climática, financiera, social o más recientemente la sanitaria asociada a la pandemia del COVID-19.

Para cimentar una UAM adaptativa en el contexto del Antropoceno y el Cambio Global, este trabajo presenta la arquitectura de lo que podría ser un futuro Plan de Campus socio-ecológicamente sostenible y resiliente. El cual pretende apoyar la construcción de una ciudad universitaria suburbana con un campus-verde y con la vocación de erigirse en un agente de

cambio fundamental en el territorio en que se ubica dentro del gradiente urbano-rural de Madrid-Sierra de Guadarrama (apartado 4.3.2).

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. Las propuestas que surjan de este plan deben partir de las líneas de acción definidas en estos marcos más amplios. De forma más específica sería interesante plantear las propuestas al menos en 6 de las 10 líneas estratégicas de la Agenda Urbana. Concretamente serían las siguientes líneas:

1.- Ordenar el territorio y hacer un uso racional del suelo, conservarlo y protegerlo.

2.- Evitar la dispersión urbana y revitalizar la ciudad existente.

3.- Prevenir y reducir los impactos del cambio climático y mejorar la resiliencia.

4.- Hacer una gestión sostenible de los recursos y favorecer la economía circular .

5.- Favorecer la proximidad y la movilidad sostenible.

6.- Fomentar la cohesión social y buscar la equidad.

La estructura del plan propuesto tiene como fin último generar y aplicar principios, criterios y directrices (apartado 4.3) para el ordenamiento territorial, con base socio-ecológica, de los usos del suelo de un recinto universitario multifuncional que integre y dé significado a todo un conjunto de proyectos e iniciativas ya existentes y recogidas en la Estrategia UAM 2025 junto con otras propuestas nuevas basadas en el marco conceptual de los sistemas socio-ecológicos y la aproximación de los servicios ambientales (apartados 1.1.2 y 4.2) para fomentar una universidad sostenible, saludable y resiliente.

El conceptuar la UAM como un sistema socio-ecológico permite en primer lugar evitar que el futuro plan sea, como viene siendo frecuente en las estrategias convencionales, un catálogo o listado de propuestas y acciones más o menos coordinadas. Desde el enfoque sistémico no se podría intervenir en una de las unidades socio-ecológicas de gestión del campus propuestas (Figura 4.10) sin afectar al resto de las unidades y a la totalidad del recinto universitario (apartado 4.2.2). En segundo lugar, la incorporación, dentro del concepto de sistema socio-ecológico (Figura 4.2), de la aproximación de los servicios ambientales permite que las directrices de gestión no se centren ni en la dimensión socioeconómica y cultural de campus ni en la natural de sus espacios verdes sino en la interfaz entre ambas. El objetivo es superar la gestión dual entre un campus central urbano ajardinado y unos campus periféricos con ecosistemas naturales o renaturalizados (Figura 1.8). Se pretende construir un campus conceptuado como un entidad integrada, unitaria y multifuncional (Figura 4.9) que interaccione con su entorno natural y socioeconómico, a diferentes escalas (apartado 4.3.2; Figuras 4.6 y 4.7), para promover el bienestar humano de su comunidad universitaria.

Para hacer operativo el marco de los socio-ecosistemas aplicado a la UAM se ha elaborado un modelo conceptual (apartado 4.3.1 y Figura 4.5) basado en tres dimensiones relacionadas con los procesos de *ecologización* (apartado 4.2.2) y *ambientalización* (apartado 4.1) del campus y

la necesidad de tejer *alianzas* con múltiples entidades de la administración y ONGs. Las tres dimensiones se articularían alrededor de tres ejes unificadores; la ciencia de la sostenibilidad, la educación ambiental y el liderazgo (apartado 4.3.1).

La operatividad de este marco conceptual se visualiza en un modelo de tres esferas interdependientes (apartado 4.2.2 y Figura 4.3) que tiene como finalidad última construir bienestar universitario -incluyendo la salud- aceptando que éste depende del flujo de los servicios ambientales que suministran sus espacios verdes, ya sea ajardinados, seminaturales o renaturalizados (proceso de *ecologización*). Pero este modelo no funcionaría si a la vez no se implementara un proceso de ambientalización para promover transversalmente, entre todos los miembros de la comunidad universitaria, conductas proactivas y proambientales que apoyen y se impliquen en el desarrollo de las líneas estratégicas propuestas (apartado 4.2.2 y Figura 4.4).

En la figura 4.13 se muestra las *tres grandes áreas estratégicas de planificación que incluyen las diferentes líneas generales de actuación* que se proponen para un futuro Plan de campus socio-ecológicamente sostenible. Su contexto territorial se estableció en una línea estratégica de ordenación territorial que permite integrar sus espacios verdes en la planificación urbanística de los municipios colindantes y en la de los espacios protegidos de su entorno (apartado 4.3.2).

Las áreas estratégicas de planificación y las líneas de actuación no son independientes y están vinculadas según el modelo operativo de las tres esferas que abraza el Plan (Figura 4.3). En la Tabla 4.2 se indican las USEG prioritarias donde se llevarían a cabo cada una de las líneas estratégicas de actuación propuestas dentro de cada área de planificación con la finalidad de promover una ordenación multifuncional de los usos del suelo del recinto universitario que potencie un flujo rico y variado de los servicios ambientales que generan sus espacios verdes para el bienestar universitario.

Hay que tener en cuenta que los límites de operatividad de una u otra línea estratégica de actuación son difusos y artificiales ya que el flujo de servicios de regulación y culturales sigue en el campus un modelo espacial de gradientes, de *hotspots* y de sinergias (apartado 3.2.2 y Figuras 4.8 y 4.9), por lo que puede llevarse a cabo en más de una USEG. Las líneas estratégicas de actuación tratan de recoger las propuestas en materia de sostenibilidad ambiental de la Estrategia UAM 2025, las formuladas por el SDGLab Campus UAM y las sugeridas en las encuestas realizadas.

Es evidente que la iniciativa, la elaboración y el desarrollo del futuro Plan Estratégico de Campus Sostenible y Resiliente tiene que ser liderado por la Oficina Ecocampus ya que desde 1992 viene gestionando todos los temas de gestión ambiental y de participación y sensibilización ambiental de la comunidad universitaria. El Plan partiría de las enseñanzas obtenidas de las múltiples iniciativas y experiencias que se han llevado en la UAM, durante las últimas décadas, en materia ambiental que han sido coordinadas desde esta Oficina Ecocampus. El nuevo Plan le daría un significado socio-ecológico a sus ejes actuales de Gestión Ambiental y de Sensibilización e implicación de la comunidad universitaria utilizando el marco conceptual y operativo

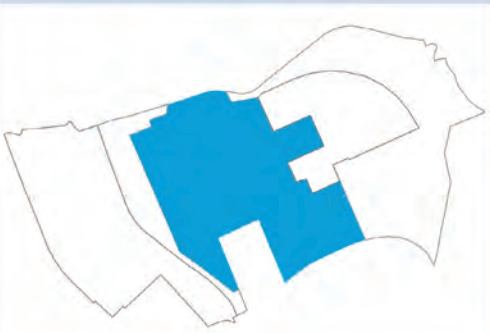
Figura 4.13. Interrelación entre las tres grandes áreas estratégicas de planificación y las líneas estratégicas de actuación que se proponen para desarrollar el Plan de campus socio-ecológicamente sostenible y resiliente según un modelo de tres esferas interdependientes que vincula a la que podríamos denominar la UAM NATURAL o VERDE (espacios verdes seminaturales, renaturalizados y ajardinados) y la UAM URBANA (edificios e infraestructuras) con la UAM HUMANA que incluye el bienestar de la comunidad universitaria.

de los socio-ecosistemas para vincular algunos de los componentes del bienestar de la comunidad universitaria al flujo de los servicios ambientales que suministran los espacios verdes del campus (apartado 4.2.2 y Figura 4.2). Para poder desarrollar este plan es necesario realizar una apuesta por fortalecer esta oficina de la universidad, dotándole de más recursos tanto económicos como de personal.

Tabla 4.2. Características básicas y líneas estratégicas generales de gestión para cada una de las USEG definidas en el campus de la UAM para promover una planificación multifuncional del recinto universitario mediante un mosaico de usos del suelo que potencie, a diferentes escalas, un flujo rico y variado de los servicios ambientales que suministran sus espacios verdes para el bienestar universitario.

Unidad Socio-ecológica de gestión: A. Campus docente central ajardinado

Superficie: 73 ha (32%)



Suministro prioritario de servicios

Tipos de espacios verdes dominantes: Césped regado, matorrales y bosquetes ornamentales; vegetación mediterránea plantada en rotondas

Uso del suelo preferente: Docencia e investigación y parque urbano.

Líneas estratégicas de actuación:

AE I. ECOSISTEMAS Y BIODIVERSIDAD

L.I.1. Línea base de conocimientos de la biodiversidad.
L.I.2. Control de especies exóticas invasoras.
L.I.3. Crear hábitats para la biodiversidad en edificios.
L.I.7.Gestión de los espacios ajardinados con criterios socio-ecológicos.

AE II. GESTION AMBIENTAL

LA II.1. Metabolismo flujos de energía, agua y residuos.
LA.II.2. Urbanismo socio-ecológico.

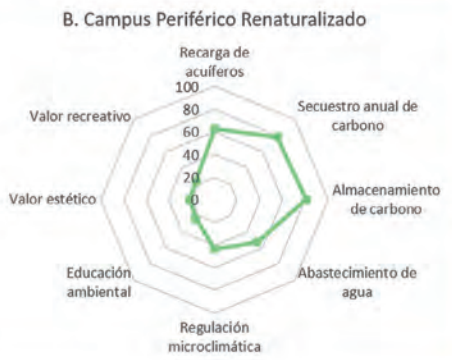
AE III. BIENESTAR UNIVERSITARIO

LA III.1. Campus saludable y espacios verdes.
LA.III.2. EA desde campus didáctico y científico.
LA.III.3. Ambientalización de la UAM.

Unidad Socio-ecológica de gestión: B. Campus periférico renaturalizado

Superficie: 70 ha (31%)

Suministro prioritario de servicios



Tipos de espacios verdes dominantes: Pinar de repoblación, herbazales perennes y anuales y matorral mediterráneo.

Uso del suelo preferente: Parque suburbano y equipamiento deportivo.

Líneas estratégicas de actuación:

AE I. ECOSISTEMAS Y BIODIVERSIDAD

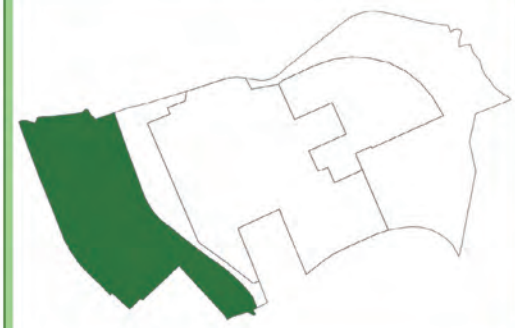
L.I.1. Línea base de conocimientos de la biodiversidad.
L.I.2. Control de especies exóticas invasoras.
LA.I.6. Espacio de Agroecología. AgroCampUAM.
LA-I.8 y 9. Restauración/renaturalización campus periféricos.

AE III. BIENESTAR UNIVERSITARIO

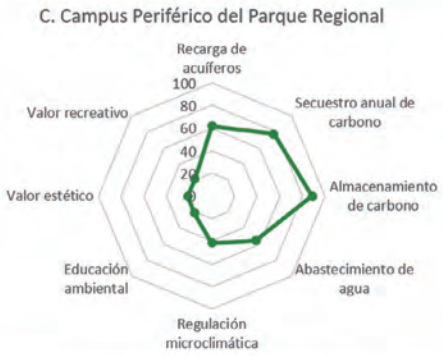
LA III.1. Campus saludable y espacios verdes.
LA.III.2. EA desde Campus didáctico y científico.
LA.III.3. Ambientalización de la UAM.

Unidad Socio-ecológica de gestión: C. Campus periférico en el parque regional

Superficie: 54 ha (24%)



Suministro prioritario de servicios



Tipos de espacios verdes dominantes: Encinares bien conservados y herbazales perennes y anuales.

Uso del suelo preferente: Espacios protegidos, suelo protegido tipo 2.

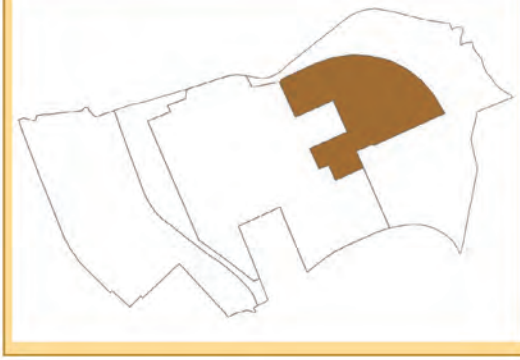
Líneas estratégicas de actuación:

AE I. ECOSISTEMAS Y BIODIVERSIDAD

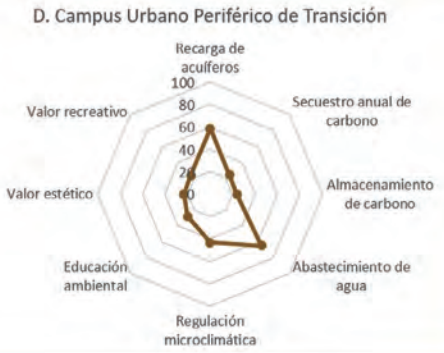
L.1. Línea base de conocimientos de la biodiversidad.
L.2. Control especies exóticas invasoras.
LA-I.8 y 9. Restauración/renaturalización campus periféricos.

Unidad Socio-ecológica de gestión: D. Campus científico periférico de transición

Superficie: 28 ha (13%)



Suministro prioritario de servicios



Tipos de espacios verdes dominantes: Vegetación mediterránea plantada en rotondas, matorral mediterráneo y herbazales perennes y anuales.

Uso del suelo preferente: Docencia e investigación y parque urbano.

Líneas estratégicas de actuación:

AE I. ECOSISTEMAS Y BIODIVERSIDAD

L.I.1. Línea base de conocimientos de la biodiversidad.
L.I.2. Control de especies exóticas invasoras.
LA.I.4. Recreación de un complejo de humedales.
LA.I.5. Jardín etnobotánico.
LA-I.8 y 9. Restauración/renaturalización campus periféricos.

AE II. GESTION AMBIENTAL

LA II.1. Metabolismo flujos de energía, agua y residuos.
LA.II.2. Urbanismo socio-ecológico.

AE III. BIENESTAR UNIVERSITARIO

LA III.1. Campus saludable y espacios verdes.
LA.III.2.EA desde Campus didáctico y científico.
LA.III.3. Ambientalización de la UAM.

5. ÁREAS DE PLANIFICACIÓN Y LÍNEAS DE ACTUACIÓN RELACIONADAS CON LA AGENDA URBANA ESPAÑOLA PARA EL DESARROLLO DE UN PLAN DE CAMPUS SOCIO-ECOLÓGICAMENTE SOSTENIBLE Y RESILIENTE

Todo estudio de análisis y diagnóstico debe finalizar con una serie de propuestas que permitan hacer frente a los problemas y retos detectados. Por este motivo, los investigadores y docentes no deben quedarse solo en la identificación de los problemas a los que se enfrenta el Campus de la UAM, sino que tiene la obligación ética y moral de proponer aquellas medidas que permitan transformar nuestra universidad en un campus vivo y socio-ecológicamente comprometido con la sostenibilidad. Las áreas de planificación y las líneas de actuación que se proponen a continuación son solo algunas pinceladas de un cuadro mucho más amplio que debe concebirse conjuntamente y de forma participada por los diferentes órganos de gobierno de la UAM.

5.1. Área de planificación I. Gestión de los espacios verdes seminaturales y ajardinados y su biodiversidad. *La UAM verde*

Las líneas generales de actuación de esta área se articulan alrededor del proceso de *ecologización* relacionado, en primer lugar, con la conservación/restauración de las funciones de los ecosistemas y su biodiversidad, responsables del flujo de los servicios ambientales de regulación y culturales evaluados en este documento y que determinan, en gran parte, las diferentes componentes del bienestar humano de la comunidad universitaria (apartado 4.2.1). En segundo lugar, las líneas de actuación que se proponen tratan de incrementar la conectividad ecológica entre los diferentes tipos de espacios verdes del recinto universitario, y entre éstos y los espacios naturales protegidos y no protegidos de su entorno dentro del gradiente urbano-rural Madrid-Sierra de Guadarrama (Figura 4.6).

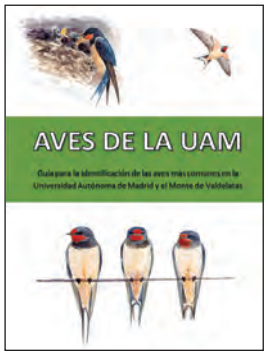
La conservación de la biodiversidad se conceptuaría como un elemento transversal en la planificación y gestión del campus verde y urbano de la UAM, por lo que sus acciones irían más allá de promover espacios verdes naturales, seminaturales o ajardinados. El mensaje es que no se puede gestionar el bienestar de la comunidad universitaria de la UAM -incluida la salud- al margen de los servicios ambientales que suministran sus ecosistemas o espacios verdes (apartado 1.1.2).

La conservación de la biodiversidad del campus para mejorar la calidad de vida de su comunidad debería ser asumido por todos los órganos de administración de la universidad como un objetivo prioritario, posicionándolo en el centro de la política universitaria de la UAM junto con la excelencia en la docencia y la investigación.

Esta línea estratégica coincidiría con el primer objetivo de la Agenda Urbana, que busca una ordenación territorial para hacer un uso racional de suelo, conservarlo y protegerlo.

Dado que el Centro de Investigación en Biodiversidad y Cambio Global de la UAM (CIBC-UAM)[1] integra a todos los grupos de investigación de la universidad que llevan a cabo investigaciones básicas y aplicadas sobre la biodiversidad, a diferentes niveles, podría ser la entidad encargada de coordinar y desarrollar este Área estratégica de Planificación que incluye las siguientes nueve Líneas Generales de Actuación.

Línea general de actuación I.1. Establecer una línea base de conocimientos sobre la biodiversidad de los diferentes tipos de espacios verdes del campus.



Promover inventarios de flora y fauna de todos los tipos de espacios verdes del campus así como estudios de biología y ecología de las especies más singulares, incluyendo programas de seguimiento y medidas de control para las poblaciones más amenazadas. En este sentido, diferentes laboratorios de la UAM ya han comenzado a hacer inventarios de diferentes comunidades biológicas, especialmente de plantas y aves, presentes en el campus que deben ser tenidos en cuenta a la hora de progresar en esta línea.

Línea general de actuación I.2. Control de especies de flora y fauna exótica invasoras en el campus.

En el campus de la UAM, al igual que en otros espacios verdes y urbanos, proliferan especies exóticas invasoras que amenazan su biodiversidad autóctona. En la UAM destacan las colonias de gatos urbanos, que constituyen la principal amenaza para las poblaciones de aves del campus (Montícola, 2015) así como para pequeños mamíferos y reptiles. También las cotorras argentinas han proliferado en el campus, lo que supone un vector de enfermedades y una amenaza para algunas especies insectívoras de aves y de murciélagos. Por otro lado, la olivarda *(Dittrichia viscosa L.)* se ha asentado en múltiples parcelas del campus de la UAM siendo una especie con propiedades alelopáticas que provoca el desplazamiento de comunidades vegetales autóctonas. Los gobiernos locales han elaborado una guía con recomendaciones y directrices de actuación para el control de especies exóticas invasoras que puede servir de referencia para su aplicación en el campus de la UAM (FEMP, 2018).

[1] https://www.uam.es/UAM/CIBC

Línea general de actuación I.3. Crear espacios-hábitats para la biodiversidad del campus urbano.

Promover prácticas en la construcción o rehabilitación de los edificios del campus que contribuyan a la conservación de la biodiversidad urbana, como la naturalización de las construcciones, la incorporación de medidas correctoras para evitar los riesgos para la fauna (en especial las aves o murciélagos), así como la creación de estructuras para su refugio y reproducción (tales como tabiques pluviales, cámaras de aire, orificios de ventilación de fachadas, estructura de canalones y bajantes, tejados, huecos bajo las tejas, bajocubiertas, cajas y ladrillos nido, aleros y voladizos, cajetines de persianas y contraventanas, entre otros muchos). Estas medidas favorecerían las poblaciones de aves insectívoras del campus de la UAM, como aviones o golondrinas (Montícola, 2015), potenciando así servicios ambientales de regulación tan importantes como el control de plagas. Existen múltiples manuales y guías para la conservación y fomento de la biodiversidad en la construcción y rehabilitación de edificios, así como en ambientes urbanos en general, destacando el que ha elaborado recientemente SEO-Birdlife (Fernández Calvo, 2019).

Línea general de actuación I. 4. Recreación de un complejo de humedales artificiales y bosque urbano en el campus periférico de transición.

Desde hace tiempo ha existido el proyecto de construir en el campus de la UAM una serie de charcas artificiales con el fin de incrementar la biodiversidad acuática, junto con objetivos educativos, científicos y de uso público. Además, ha sido una de las propuestas más demandadas por los encuestados en este estudio (Figura 3.21.) y valoradas en el SDG Lab UAM (Apéndice 5).

La idea inicial consistía en construir un conjunto de charcas interconectadas con una variedad de formas, profundidades e hidroperiodos que fomenten una comunidad con una gran diversidad de especies de macrófitos acuáticos y macroinvertebrados acuáticos. En un futuro proyecto a poner en marcha

se pondría un especial interés en la creación de hábitats adecuados para los anfibios cuyas poblaciones se encuentran entre las más amenazadas de la biodiversidad a escala regional, nacional y mundial. Estos humedales artificiales también supondrían un importante apoyo a la docencia y a la investigación en diferentes asignaturas, especialmente en los Grado de Biología y Ciencias Ambientales. Existen muchos manuales para la construcción de humedales artificiales con fines de conservación de la biodiversidad acuática y la educación ambiental que pueden usarse como referencia (p.ej. Sancho & Lacomba, 2010).

El proyecto iría acompañado de la recreación de un bosque urbano de vegetación de ribera y un pequeño auditorio para impartir clases al aire libre, con el objetivo de que todo el complejo se convierta en uno de los lugares de encuentro más importantes y singulares de la comunidad universitaria más allá de los espacios verdes ajardinados y regados del campus central. La propuesta del auditorio ya viene recogida en el Plan Especial de la UAM (Figura 1.7). Como ya se comentó en los apartados 3.2.2 y 4.2.2, estos espacios de reunión propician la conversación y el intercambio de ideas e iniciativas entre miembros de la comunidad universitaria, siendo elementos esenciales para promover un campus resiliente, ya que fomentan el proceso de aprendizaje, experimentación, innovación y participación (Caja 4.2). Además, este complejo de humedales serviría para visibilizar la importancia de los servicios ambientales de regulación entre la comunidad universitaria, ya que éstos apenas son valorados frente a los servicios culturales relacionados con el disfrute estético del paisaje y las actividades recreativas suministrados por los espacios verdes ajardinados del campus central (apartado 3.2).

Línea general de actuación I. 5. Creación del Jardín Etnobotánico Fernando González Bernáldez en el campus periférico de transición.

Dos de las universidades públicas de Madrid (Complutense y Alcalá) que poseen un campus verde de menor superficie que el de la UAM tienen jardines Botánicos muy reconocidos, por lo que parece adecuado que la UAM comience a crear uno con vocación etnobotánica que integre ciencia, cultura y educación en el campus periférico de transición (Tabla 4.2).

El jardín podría mostrar los estrechos vínculos que existen entre el bienestar humano y las plantas, exponiendo de forma pedagógica la historia de la evolución de los agroecosistemas, la alimentación y los conocimientos ecológicos tradicionales, especialmente de los ecosistemas culturales mediterráneos, en general, y de los madrileños en particular. De esta forma, se llevaría a cabo la propuesta ya mencionada (apartado 1.1.4) de Fer-

[2] https://www.ucm.es/agroecologia/

[3] https://www.ucavila.es/agrocampus-2030-el-proyecto-de-la-ucav-que-plantea-un-huerto-ecologico-como-herramienta-didactica/

nando González Bernáldez de construir en el campus un jardín botánico con las especies más representativas de los ecosistemas de la Comunidad de Madrid (Apéndice 6).

El jardín etnobotánico estaría íntimamente relacionado con los objetivos y alcance de la siguiente línea estratégica de actuación, relacionada con el fomento de la disciplina de la Agroecología.

Línea general de actuación I. 6. Creación de un espacio de agroecología en el campus renaturalizado del este. Proyecto *AgroCampUAM*.

El Campus periférico renaturalizado del este tiene las condiciones adecuadas para que se pueda llevar a cabo un novedoso proyecto de agroecología como el que poseen otras universidades del país. En Madrid, la Universidad Complutense desarrolla un proyecto de innovación muy exitoso denominado *HuertaAula comunitaria de Agroecología Cantarranas*[2].

Otro ejemplo es el proyecto del Grupo de Innovación Docente en Educación Ambiental y Agroecológica de la Universidad Católica de Ávila (UCAV), a través del proyecto Agrocampus 2030, vinculado con la Agenda 2030 y los objetivos agroalimentarios, nutricionales y con la innovación didáctica[3].

La propuesta de *AgroCampUAM* se centra en recuperar, reactivar y acercar los espacios verdes del campus renaturalizado (Tabla 4.2) a la comunidad universitaria a través de un proyecto activo y participativo en clave agroecológica. Se pretende crear una zona de encuentro y conexión con la naturaleza, de producción de alimentos saludables, junto con otros servicios ambientales y psicosociales, y de investigación y formación práctica universitaria.

La propuesta se alinea con la Estrategia de la UAM 2025 a través del área de sostenibilidad ambiental y de compromiso social, adecuándose a varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y a la Estrategia de Campus Saludable. La propuesta *AgroCampUAM* pretende contribuir así al desarrollo del conocimiento e innovación buscando un cambio en la relación que se establece entre la comunidad universitaria y el campus mediada por sus zonas verdes, fomentando los valores relacionales para impulsar una comunidad universitaria más conectada y activa. Se establecería un espacio productivo donde se pudieran desarrollar actividades de agricultura tradicional, recuperando los antiguos campos de cultivo, pastoreo, apicultura, huertos, o trabajos agroforestales. En este contexto se atendería a las demandas mostradas por los encuestados en este estudio, que solicitan equipamientos relacionados con sendas de plantas aromáticas y comestibles, huertos o colmenas (Figura 3.27). Asimismo, la creación de un espacio agroecológico fue una de las propuestas más valoradas en el SDG Lab UAM (Apéndice 5).

Sería igualmente muy interesante explorar la posibilidad de utilizar algunas zonas del campus que actualmente no están siendo aprovechadas del todo (como sería el caso del Campus periférico renaturalizado, el Campus periférico en el Parque Regional, y el Campus científico periférico de transición) para introducir un pequeño rebaño de ovejas y/o cabras con su respectivo pastor. Una acción tan singular y original como esta (hasta donde se ha podido

averiguar no existe ningún campus universitario en el mundo que acoja pastoreo), además de ayudar a preservar una actividad tan emblemática y tradicional para los paisajes mediterráneos como el pastoreo extensivo, contribuiría a la prevención de incendios, a la fertilización de los suelos y a la dispersión de semillas (Acín-Carrera et al., 2013; Azcárate et al., 2013), lo que a su vez contribuiría a la restauración ecológica de estas zonas facilitando así su conservación. Cada año, a finales del otoño, tiene lugar el movimiento trashumante de un rebaño de ovejas que se desplaza desde el municipio de Puebla de la Sierra a la Casa de Campo de Madrid, donde pasa el invierno para posteriormente realizar el trayecto inverso en primavera. Este rebaño se desplaza por la tapia del Pardo, próximo a la UAM, y podrían hacer una parada de una o varias semanas en el Campus de Cantoblanco.

También *AgroCampUAM* podría crear un espacio donde realizar actividades vinculadas con el movimiento *green care* (cuidados verdes), orientado a la obtención de servicios ambientales psicosociales en colaboración con otros agentes del campus (ej. residencia de mayores, etc.), contribuyendo al desarrollo de un campus saludable que minimizase los efectos del *trastorno por déficit de naturaleza* (apartado 4.2.1). Se intentaría proporcionar un espacio único en el que vincular la producción y el consumo a través de la promoción y sensibilización sobre la compra pública agroecológica. Por último, con *AgroCampUAM* se ampliaría el abanico de servicios ambientales que suministran los espacios verdes del campus, incorporando los servicios de suministro de alimentos, materias primas de origen biológico o acervo genético (Tabla 4.1). El quiosco acristalado que se encuentra próximo a la Facultad de Psicología, actualmente sin utilización, podría reconvertirse en una tienda de productos agropecuarios ecológicos, dotando así a la UAM de un punto de venta y divulgación de estas actividades y productos.

En definitiva, *AgroCampUAM* constituiría una oportunidad para abrir el campus universitario al exterior, tratando de romper la barrera que separa la formación superior universitaria de la sociedad, haciéndola más accesible y cercana.

Línea general de actuación I. 7. Elaborar un programa de gestión de los espacios verdes ajardinados con criterios de sostenibilidad socio-ecológica.

El campus de la UAM cuenta actualmente con una extensión muy importante de diferentes tipos de espacios verdes ajardinados (Tabla 2.1) que ocupan el 9,2% (20,7 ha) de su superficie. Estos espacios se localizan únicamente en el campus urbano central (Figura 4.10) y están aso-

ciados a los edificios docentes, de administración, deportivos, residenciales y de servicios

Como muestran los resultados de los servicios ambientales evaluados, los espacios verdes ajardinados con bosquetes, matorrales, césped y praderas regadas son, con diferencia, las zonas más valoradas por la comunidad universitaria (apartado 3.2.3) a pesar de que los ecosistemas seminaturales ocupan la mayor parte de la superficie del campus (70%). Estos espacios son seleccionados mayoritariamente por los universitarios porque suministran servicios culturales que afectan directamente a su bienestar, ya que estos espacios conforman un escenario idóneo para realizar actividades recreativas, de ocio, relajación, descanso o disfrute estético de paisajes en un buen contexto microclimático frente a los espacios verdes seminaturales/naturalizados que suministran un flujo, mayoritariamente invisible, de servicios de regulación que afectan indirectamente a su bienestar. Por esta razón los encuestados en el estudio demandan más jardines y zonas verdes y no hacen ninguna propuesta de actuaciones sobre los espacios más naturales o naturalizados del campus (Figura 3.27).

De nuevo aparece una dualidad o compromiso de gestión sobre los usos del suelo del recinto universitario que nos lleva al planteamiento desacertado de seguir incrementando la superficie de espacios verdes ajardinados más allá del campus central, demandada por una gran parte de la comunidad universitaria, o no ampliarla y fomentar actividades de educación e investigación en los espacios verdes seminaturales de los campus periféricos.

Hay que tener en cuenta, como ya se comentó en el apartado 3.1.5, que mantener el microclima que ofrecen las zonas regadas implica un alto coste, difícilmente sostenible a largo plazo, de energía y agua tratada procedente directamente de la red de abastecimiento de agua potable del Canal de Isabel II. Por este motivo, se propone en el Plan Estratégico, por un lado, no ampliar la superficie actual regada del campus y, por otro, reorientar el modelo actual de jardinería que se lleva a cabo en la UAM.

El Pliego de Prescripciones Técnicas para la contratación del servicio de mantenimiento de la jardinería y limpieza de exteriores de las zonas dependientes de la Universidad Autónoma de Madrid establece un modelo de jardinería convencional muy alejado de lo que en la actualidad se considera el referente de una jardinería sostenible con base socio-ecológica fundamentada en los principios de: 1) reducir

y optimizar el consumo de agua de riego con técnicas de xerojardinería, empleando mayoritariamente especies autóctonas de bajo requerimiento hídrico y evitando especies alergénicas, 2) reducir y optimizar el consumo de energía, 3) llevar a cabo una gestión sostenible de los residuos, 4) potenciar el control biológico de las plagas, y 5) favorecer el aumento de la biodiversidad de plantas y animales, especialmente de insectos polinizadores. El manual del Ayuntamiento de Madrid para desarrollar una jardinería sostenible puede servir de guía para cambiar el modelo actual, poco sostenible, establecido en el campus de la UAM[4].

El hecho de que el objetivo final del nuevo modelo de jardinería, con base socio-ecológica, que se propone para un futuro Plan Estratégico sea el incremento de la biodiversidad hace que los espacios verdes regados del campus dejen de considerarse meros jardines para el ocio y las actividades recreativas. Estos espacios se deben considerar como importantes unidades suministradoras de servicios ambientales no sólo culturales sino también de regulación, tales como el secuestro y almacenamiento de carbono, la mejora de la calidad del aire, la recarga de acuíferos, la regulación microclimática, el control de la erosión o la polinización.

Esta nueva concepción de los jardines de la UAM, como unidades suministradoras de múltiples servicios culturales y de regulación, los incluye dentro de la definición socio-ecológica que establece este trabajo sobre los espacios verdes urbanos (apartado 1.1.2). Esta idea exige una gestión integrada y unitaria de todo el mosaico de espacios verdes del recinto universitario, ya sean éstos ajardinados, seminaturales o renaturalizados, para de esta manera romper la falsa dicotomía entre un campus de espacios ajardinados frente a un campus de espacios más o menos naturales para construir un modelo de planificación territorial multifuncional (Figura 4.9). Para hacer realidad esta propuesta sería importante crear dentro de la Oficina de Ecocampus una sección para la gestión integrada y coordinación de todas las actividades que se lleven a cabo en los espacios verdes del campus de la UAM, ya sean ajardinados o seminaturales/naturalizados.

Por último, es importante destacar un tipo de espacio verde ajardinado, actualmente en desuso, que necesita una gestión particular. Es el caso de los espacios ajardinados del interior de los edificios, especialmente los de las antiguas facultades. Tal y como ha demandado Gómez Mendoza et al. (1985) y el SDG Lab UAM, estos espacios verdes necesitan un equipamiento especial y algunos de ellos pueden convertirse en lugares atractivos de encuentro que promuevan la conversación pausada y el intercambio de ideas entre alumnos, profesores y entre ambos para que de esta manera no se utilicen solamente como meros pasillos entre facultades.

Línea general de actuación I. 8. Programa de restauración/ renaturalización del campus periférico del este.

El campus periférico del este posee unas características que lo convierten en una zona potencial para poner en marcha proyectos de restauración ecológica activando procesos de rena-

[4] www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Educacion_Ambiental/ContenidosBasicos/Publicaciones/HuertoJardineria/CriteriosJardineriaSostenibleMadrid.pdf

turalización. Se entiende por renaturalización el proceso de gestión pasiva de la sucesión ecológica con el objetivo de restaurar los procesos esenciales que determinan la integridad ecológica de los ecosistemas naturales (Navarro & Pereira, 2015). Aunque se centra en una gestión pasiva que implica la ausencia o niveles bajos de manejo, puede ser necesaria una intervención directa, activa, y considerable en las primeras etapas de la restauración. El objetivo final del proceso de restauración ecológica es conseguir ecosistemas autosostenibles con capacidad de generar servicios para el bienestar humano. Estos nuevos ecosistemas o "ecosistemas emergentes" pueden diseñarse para ser lo más similares posible a alguna línea de base histórica en el pasado reciente, que en nuestro caso tendría como referentes a los ecosistemas de los espacios naturales bien conservados de su entorno (apartado 1.1.3 y Figura 1.4), aunque a menudo sea necesario introducir algunos elementos bióticos y geóticos nuevos.

Si bien entre los años 2004 y 2007 en 22 ha de este sector se llevó a cabo un proyecto de plantación forestal, básicamente con pino piñonero (apartado 1.1.4), el estado actual presenta claros síntomas de infragestión, como puede ser la presencia de escombros y basuras o el crecimiento desigual de las diferentes especies plantadas. La elaboración de un programa de renaturalización con perspectiva socio-ecológica -es decir dirigida al suministro de un rico y variado flujo de servicios ambientales para el bienestar universitario- sería el fundamento sobre el que se asentaría esta línea general de actuación. Además, en parte de este sector del campus periférico se ubicaría el proyecto de agroecología *AgroCampUAM,* ya comentado en la línea general de actuación I.6.

Dado que la red de arroyos temporales que existía en el campus (Imagen 3) fue sepultada fundamentalmente por el gran edificio modular que se construyó al inicio de la universidad en los 70´s, es muy importante desarrollar un proyecto específico de restauración de los escasos remanentes que quedan de estos arroyos en esta zona del campus que aún mantienen restos de la vegetación freatofítica original.

Esta unidad socio-ecológica del campus debería coordinar su gestión con el espacio natural colindante del monte o dehesa de Valdelatas (Figura 1.4 e Imagen 2) perteneciente a los tér-

minos municipales de Madrid y Alcobendas y administrado por la Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Sostenibilidad a través del Parque Regional de la Cuenca Alta de Manzanares en el que se integra como un área recreativa.

Línea general de actuación I.9. Programa de restauración/ renaturalización del Campus Periférico del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares.

Si existe una zona singular dentro del recinto universitario de la UAM sin duda es el campus periférico del oeste, incluido dentro de los límites del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares (Figuras 1.4, 1.8 y 4.10). Sobre las 54 ha (24% del campus) que abarca, la universidad no tiene capacidad para determinar, cambiar ni gestionar sus usos del suelo y actividades permitidas, ya que las directrices de su administración vienen establecidas en el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Regional. Esta es la razón por la que esta zona del campus no aparece en el Plano de Ordenación de los usos del suelo incluidos en la segunda modificación del Plan Especial de la UAM aprobado en 2009 por el Ayuntamiento de Madrid (Figura 1.7). Esta singularidad se explica si tenemos en cuenta que el Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares se declaró en el año 1985; esto es, diecisiete años después de la creación de la UAM en 1968, incluyendo dentro de sus límites parte de los terrenos del campus universitario.

Como ya se comentó en el apartado 1.1.3, debido a la ubicación de la UAM en el contexto del proyecto de Arco Verde (Figura 1.5) que ha puesto en marcha la Comunidad de Madrid para crear una infraestructura verde que tiene como objetivo fundamental *"la mejora de la Biodiversidad, el aumento de espacios naturales, la conectividad de hábitats, el fomento de la movilidad sostenible y la lucha contra el cambio climático en la Comunidad de Madrid*[5], su recinto universitario, con un extenso mosaico de espacios verdes ajardinados y seminaturales/renaturalizado (82 ha), juega un papel fundamental para potenciar la conectividad ecológica en el gradiente Madrid – Sierra de Guadarrama (apartado 4.3.2 y Figura 4.6).

El proyecto Arco Verde ya reconoce al cam-

[5] https://www.comunidad.madrid/servicios/urbanismo-medio-ambiente/arco-verde

pus de la UAM como localización singular para su desarrollo. Sin embargo, el hecho de que pretenda conectar mediante diferentes actuaciones los tres parques regionales de la Comunidad, incluyendo el de la Cuenca Alta del Río Manzanares, lo implica directamente con el campus periférico del oeste del recinto universitario, y por tanto con la universidad. Como se explicó en el apartado 4.3.2, es necesario continuar con las gestiones, que ya se han iniciado, con la Dirección General de Biodiversidad y Recursos Naturales de la Consejería de Medio Ambiente Ordenación del Territorio y Sostenibilidad de la Comunidad de Madrid, responsable del diseño y ejecución del proyecto de Arco Verde, así como de la gestión de la red de espacios naturales protegidos de la comunidad para apoyar las actuaciones que pueda afectar a esta zona del campus.

Hay que tener en cuenta que el proyecto Arco Verde tiene prevista la plantación de más de 540.000 árboles y arbustos autóctonos, por lo que esta unidad de gestión del campus podría ser una de las zonas de actuación prioritarias. Se podría poner en marcha un proyecto asesorado por la universidad -como institución educativa y de investigación- que vaya más allá de una repoblación forestal convencional, promoviendo procesos de renaturalización como los que se han planteado en la línea estratégica anterior. Este proyecto estaría dirigido al desarrollo de ecosistemas emergentes similares a los que presentaba la zona en el año 1956 (apartado 1.1.4; Imagen 3A) y a incrementar la conectividad ecológica con los diferentes espacios naturales protegidos circundantes, como son el Monte de El Pardo y el Montes de Valdelatas, así como con el resto de las unidades de gestión del campus. La UAM cuenta con diferentes grupos de investigación que pueden fortalecer estas actuaciones de una forma innovadora y al mismo tiempo aprovechar el potencial formativo y educativo de esta unidad socio-ecológica.

5.2. Área de planificación II. Gestión ambiental/tecnológica. La UAM urbana

Es en esta área donde la UAM, a través de la Oficina de Ecocampus, ha llevado a cabo más actuaciones, impulsando proyectos de reducción, reciclaje y reutilización de residuos mediante una gestión integrada de residuos tóxicos y peligrosos. También a través de una reducción del consumo energético o la disminución de los niveles de emisión de dióxido de carbono a la atmósfera derivados principalmente de la gran movilidad universitaria, mediante la promoción del transporte público y disminución del número de vehículos privados que acceden a los diferentes campus de la UAM[6] . Asimismo, se llevan a cabo acciones de compra verde y responsable y de comercio justo además de la aplicación de los indicadores de seguimiento y evaluación de las políticas de sostenibilidad en el ámbito universitario[7].

En el contexto de la Agenda Urbana, este bloque de propuestas estratégicas se podría relacionar con el objetivo 4, relacionado con promover una gestión sostenible de los recursos para favorecer una economía circular y con el objetivo 5 que busca favorecer la proximidad y la movilidad sostenible.

Las líneas estratégicas de actuación que se proponen para el futuro Plan se incluyen dentro de la esfera de tecnología ambiental del marco integrador y unificador que se ha elaborado para hacer operativo el concepto teórico de socio-ecosistema (Figuras 4.3 y 4.13).

El objetivo final de estas líneas generales de la UAM-URBANA seria, por un lado, facilitar la calidad de vida de los miembros de su comunidad universitaria y, por otro, evitar o minimizar el impacto que las actividades de administración, docentes y de investigación que se llevan a cabo en la universidad puedan tener en la conservación de sus ecosistemas y, por tanto, en su capacidad de generar servicios.

Para desarrollar esta área estratégica de planificación es necesario promover un campus universitario que tenga las herramientas tecnológicas más robustas relacionadas con el uso eficaz y eficiente de la energía, el agua, los residuos, así como la contaminación y el urbanismo. Esta área de planificación incluye dos líneas generales de actuación.

[6] http://www.uam.es/UAM/Ecocampus

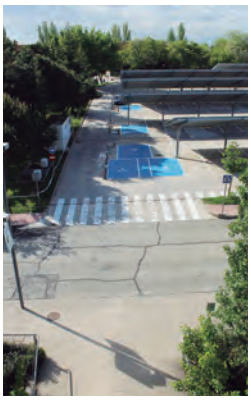
[7] https://ods.uam.es/uam-sostenible

Línea general de actuación II.1. Gestionar el metabolismo de la UAM en términos de los flujos de entrada y salida de energía, agua y materiales.

Al conceptuar la UAM como un socio-ecosistema, se abordaría, desde una perspectiva sistémica su metabolismo, tratando de encontrar un equilibrio dinámico entre satisfacer las necesidades de su comunidad universitaria y el impacto generado por los flujos de salida de energía, agua y materiales.

Esta línea estratégica incluiría tres programas:

Programa 1. Fomentar la eficiencia energética de las instalaciones del campus y promover el ahorro energético de los equipamientos.



El programa incluiría actuaciones como: a) mejorar la eficiencia energética de las instalaciones de climatización (calefacción y refrigeración) y el aislamiento de los edificios, b) optimizar la contratación de la energía, c) promover el ahorro energético de los equipamientos, aulas, despachos y laboratorios, y d) potenciar las energías renovables. En este campo la UAM tiene un proyecto piloto innovador sobre el desarrollo de centrales fotovoltaicas de participación popular, denominado "la Ola Solar de la UAM"[8].

Programa 2. Promover una gestión más eficiente y responsable del agua.

El programa incluiría actuaciones como: a) implementar contadores en todos los edificios del campus para monitorizar el consumo de agua, b) implementar medidas de ahorro de agua en las instalaciones docentes y de investigación, c) optimizar el riego de los espacios verdes ajardinados, y d) evaluar la posibilidad de desarrollar un sistema mixto con agua potable de la red de abastecimiento del Canal de Isabel II para una demanda de consumo humano y con agua subterránea, procedente del acuífero terciario detrítico de Madrid, para satisfacer la gran demanda de riego de los espacios ajardinados del campus central que puede ser completada con agua depurada de la EDAR de la UAM.

Programa 3. Prevenir la generación de residuos y mejorar la gestión de los que se generan.

La UAM como ciudad universitaria periurbana necesita contar con un sistema propio innovador y eficiente de gestión integral de residuos sólidos y líquidos que sirva como modelo para otras instituciones.

En este sentido se considera fundamental poner en funcionamiento en la UAM un plan de compostaje que permita gestionar los residuos orgánicos generados en la universidad

[8] http://www.uam.es/UAM/Ecocampus_energia/1446762442353.htm?language=es&nodepath=Energ?a

(cafeterías, comedores, podas de jardinería, etc.), cerrando ciclos de materiales y siendo más autosuficiente al no depender tanto de abonos orgánicos externos.

La correcta gestión de los *biorresiduos* está considerada como una de las claves para conseguir un eficiente sistema de gestión de residuos. Teniendo siempre presente la prioridad de prevenir su generación, una vez generados, si los biorresiduos se recogen de forma separada y se someten a tratamiento biológico, mediante compostaje, se obtiene una enmienda orgánica muy valiosa que puede utilizarse como componente de sustratos y para incrementar el contenido en materia orgánica de los suelos, mejorando con ello la fertilidad y el rendimiento de los cultivos que en la UAM pudieran ponerse en marcha al amparo de las propuestas recogidas en la línea estratégica de actuación I.6 *(creación de un espacio de agroecología en el campus renaturalizado del este; Proyecto AgroCampUAM)*. Además, en los suelos más deficitarios en materia orgánica, la enmienda orgánica producida podría ser de utilidad para la lucha contra la erosión y la desertificación, mejorando la estructura del suelo y conservando su humedad al tiempo que se facilita la disponibilidad de nutrientes para las plantas y la captura de carbono, contribuyendo así a reducir las emisiones a la atmósfera. Todo ello redunda, claro está, en una mejora de la fertilidad del suelo y, por tanto, en un aumento de la producción primaria del campus.

Asimismo, la recogida separada y la gestión diferenciada de los *biorresiduos* es uno de los mecanismos más efectivos para dar cumplimiento a la Directiva 1999/31/CEE, relativa al vertido de residuos, y reducir drásticamente la entrada de material biodegradable en los vertederos, con la consiguiente reducción de las emisiones de metano asociadas a la degradación de la materia orgánica en condiciones anaerobias.

Este plan de compostaje tendría, adicionalmente, un alto potencial pedagógico y educativo, pues permitiría realizar cursos teórico-prácticos sobre compostaje y gestión de residuos orgánicos al tiempo que se visibilizaría un modus operandi en el campus mucho más sostenible que incrementaría la sensibilización ambiental de estudiantes, profesores y trabajadores.

Igual de importante es activar el "Punto Limpio" de la UAM, que está diseñado desde hace años y que tiene fijada su ubicación dentro del Plan Especial de la Universidad Autónoma de Madrid (Figura 1.7). Este lugar podría concebirse como un centro de innovación de tratamiento de todo tipo de residuos generados por el campus.

También es necesaria la renovación de la actual Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) del campus

de Cantoblanco para evaluar la posibilidad de generar agua con una calidad suficiente como para satisfacer la gran demanda de riego de las zonas verdes ajardinadas del campus central.

De forma complementaria, es necesario fomentar el reciclaje, minimizar la producción y facilitar la recogida selectiva de los residuos sólidos tal y como propone el SDG Lab UAM (Apéndice 5).

Línea general de actuación II.2. Planificación y gestión de un modelo de urbanismo socio-ecológico para el campus.

Actualmente, alrededor del 30% de campus está ocupado por edificios o suelos asfaltados y, según el Plan Especial de la UAM, las construcciones no podrían superar el 36% de la superficie del recinto universitario. Si se utilizara todo el suelo urbanizable seguiríamos teniendo un campus claramente verde (64%) frente a un campus urbano (36%). La mayoría de las parcelas que todavía pueden urbanizarse se encuentran en el campus científico periférico UAM+CSIC (Figura 1.7), y cómo ya se comentó en el apartado 3.1.3, estas zonas periféricas son esenciales para la recarga del acuífero detrítico de Madrid, por lo que hay que tratar de evitar que los nuevos edificios se levanten fuera de las zonas prioritarias de infiltración y que las nuevas infraestructuras urbanas asociadas se construyan con pavimentos permeables.

Por otro lado, se considera muy importante incorporar en el futuro desarrollo urbano del campus el enfoque de Soluciones Basadas en la Naturaleza (apartado 4.2.1), que caracteriza al denominado urbanismo socio-ecológico o también al urbanismo biofílico. En ambos modelos, frente al dominio de costosas soluciones tecnológicas, se incorporan elementos de la naturaleza para un uso más eficiente de la energía, el agua o los residuos relacionado con los diferentes tipos de servicios ambientales que suministran sus espacios verdes ajardinados, seminaturales o renaturalizados, así como otras infraestructuras arquitectónicas de techos o cubiertas verdes.

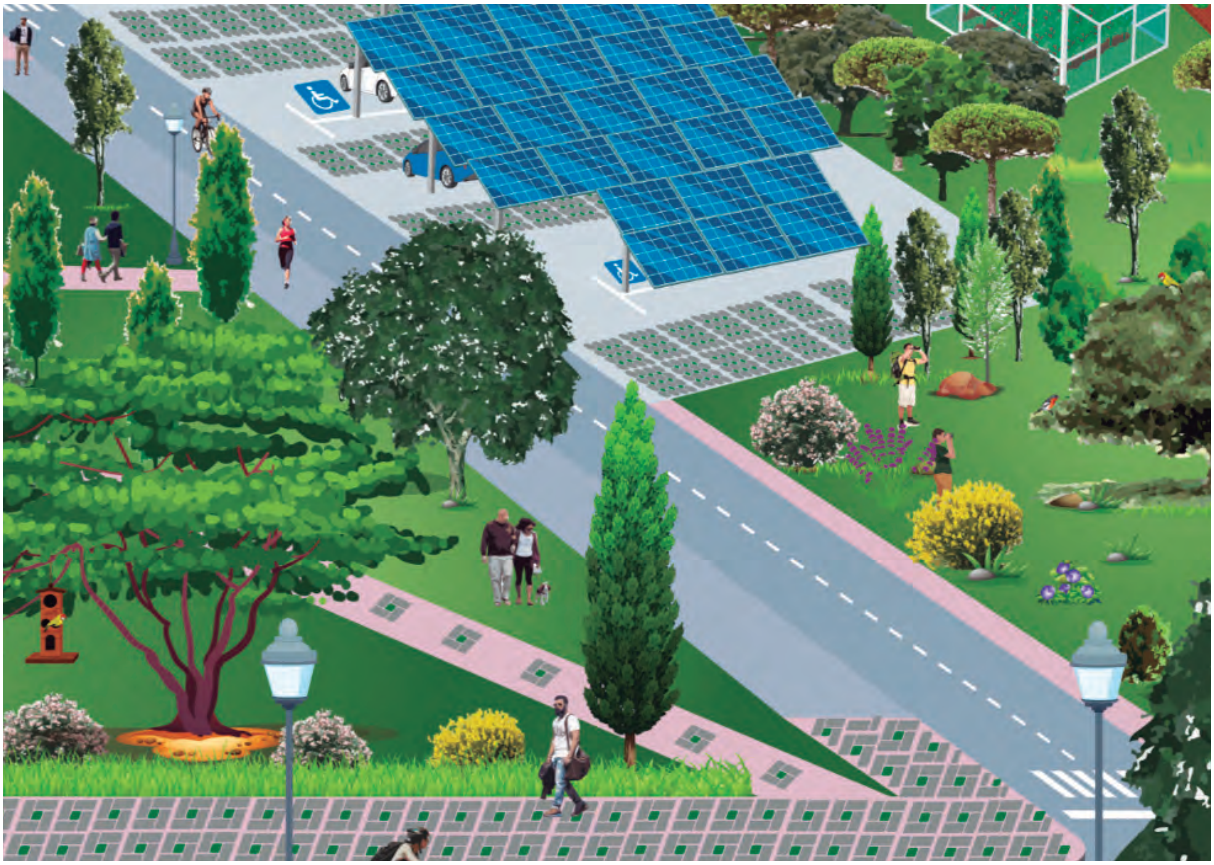
En definitiva, la remodelación y la ampliación de las nuevas construcciones en el campus de la UAM deberían abrazar un modelo de planificación urbana compacta y utilizar criterios de sostenibilidad socio-ecológica como los que se han explicado en este trabajo.

5.3. Área de planificación III. Gestión del bienestar universitario. La UAM humana

La Figura 4.3, que muestra el marco integrador de las tres Áreas Estratégicas que se proponen para el desarrollo de un futuro Plan Estratégico de campus, evidencia que la finalidad última de dicho Plan es promover el bienestar humano de todos los miembros de la comunidad universitaria.

> Se pretende construir un campus saludable, sostenible y resiliente que reconozca que una UAM más humana depende, en gran parte, del rico y variado flujo de servicios ambientales que suministran sus espacios verdes y la biodiversidad de la UAM verde, así como de la gestión ambiental de los flujos de energía, agua y residuos de la UAM urbana utilizando las mejores ecotecnologías disponibles (apartado 4.2.1).

Esta área estratégica incluye tres líneas generales de actuación que, dentro del contexto de la Agenda urbana, podrían enmarcarse en el objetivo 6, que pretende fomentar la cohesión social de la comunidad universitaria así como la búsqueda de equidad.



Línea general de actuación III.1. Promover una UAM saludable vinculada a sus espacios verdes.

En el apartado 4.2.1 se justificó las estrechas conexiones que existen entre ecosistemas sanos que suministran un flujo rico y variado de servicios ambientales y la salud humana. Este hecho argumentaba la necesidad de que, en un recinto universitario como el de la UAM, con un 70% de su superficie ocupada por espacios verdes, se desarrolle un único plan de campus saludable y sostenible que vincule ambos conceptos. Conviene recordar (apartado 4.1) que existen evidencias científicas que prueban como asentamientos urbanos que tienen más del 20% de su superficie con espacios verdes -fundamentalmente forestales- generan ambientes favorables para prevenir o sanar trastornos psicosociales como el estrés, la ansiedad, la fatiga psíquica o la depresión, asociados a algunos entornos laborales sometidos a tensiones como puede ser la enseñanza y la investigación.

En esta línea de actuación, más allá de promover programas de alimentación saludable potenciando en las cafeterías menús y platos basados en la dieta mediterránea o programas de bienestar emocional en el estudio, el trabajo y las relaciones interpersonales, se pretende fomentar un estilo vida saludable asociado a algunos de los servicios ambientales evaluados, ya sean de regulación (aire limpio, microclima favorable) o culturales (recreación, disfrute estético). Esta línea incluiría programas que promuevan en la comunidad universitaria un estilo de vida activo, favoreciendo la actividad física de los profesores, los alumnos y los trabajadores en general en los espacios verdes mediante diferentes circuitos o rutas adaptadas. La idea se basaría en seguir profundizando en el diseño de recorridos como las 28 rutas diferentes que se han planteado desde el Vicerrectorado de Campus y Sostenibilidad para conocer el próximo monte de Valdelatas, o las rutas botánicas diseñadas para conmemorar los 50 años de la UAM, o el circuito perimetral de paseo de 5 km que recorre el campus. También la promoción de algunas aplicaciones que contribuyen al conocimiento ecológico del campus, como la desarrollada recientemente "FloraUAM", desarrollada con financiación de la convocatoria INNOVA de proyectos de innovación docente.

Pero además de generar nuevas ofertas de actividades, es importante dinamizar procesos para que los estudiantes u otros miembros de la comunidad universitaria tomen parte activa en su diseño y desarrollo.

Algunos espacios verdes –sobre todo las zonas más centrales del campus- ya cumplen con una clara función recreativa de disfrute (apartado 3.2.3), pues son numerosos los estudiantes que los utilizan como lugar de relaja-

ción con sus compañeros. El gran reto que se plantea es cómo incorporar el resto de las zonas verdes del campus más alejadas para que puedan cumplir también esta función de esparcimiento. Sin duda, una propuesta es ofrecer espacios en estos lugares a proyectos e iniciativas que pudieran liderar o llevar a cabo alumnos o incluso profesores de la universidad. Ya existen algunas iniciativas encaminadas en este sentido como la zona del huerto o el pequeño vivero gestionado por APADUAM; o la zona de ocio para escolares gestionada por la asociación de padres del colegio príncipe de Asturias. También hay asociaciones con gran tradición en la UAM como el grupo Montícola /SEO que podrían plantear proyectos interesantes.

Entre los años 1996 y 2000 la oficina Ecocampus lideró una serie de convocatorias del "Concurso de ideas y proyectos para la mejora ambiental del Campus". En estos concursos existía el compromiso de llevar a cabo el proyecto ganador de dichas convocatorias. Quizás sería interesante retomar esta vieja idea para vestirla con nuevos planteamientos dirigidos a "repoblar" de iniciativas y actividades complementarias estos espacios vacíos de nuestro campus. El ceder espacios para proyectos originales se puede convertir en una de las mejores formas de dotar de vida y actividad a esa parte del campus alejado y olvidado.

Línea general de actuación III.2. Educación ambiental desde un campus verde, didáctico y científico.

El espacio físico de la universidad debe superar el papel tradicional de los complejos universitarios como meros soportes pasivos de actividades formativas. El campus debe alojar y transmitir valores tales como la creación de una comunidad de aprendizaje dentro de una armonía espacial y una envoltura afectivo-intelectual que integre naturaleza y arte, sensibilidad local, adaptación al medio, tributo a la memoria y vanguardia y fomento de las modalidades innovadoras de enseñanza-aprendizaje. Debe convertirse en un entorno de sensibilización ambiental de la comunidad universitaria.

En la encuesta realizada se ponía de manifiesto que la utilización del campus como un recurso educativo de sensibilización es poco apreciado y valorado tanto por los estudiantes como por los profesores. El tener un campus en el que se incorporan los recursos descritos en los apartados anteriores es sin ninguna duda apostar por generar un entorno con grandes potencialidades educativas que va más allá del mero disfrute o valor recreativo. Son muchas las

iniciativas que se pueden llevar a cabo para fomentar este valor educativo y científico de un campus rico y diverso en espacios verdes como el de la UAM.

Quizá una de las ideas más interesantes es dotar a determinadas zonas tranquilas del campus de pequeños auditorios o ágoras que pudieran ser utilizadas por los profesores para impartir algunas de sus clases al aire libre. Es seguro que, al menos en determinados días de otoño y primavera, se convertirían es espacios deseados y muy demandados (apartado 4.2.2). En muchas ocasiones es factible e incluso aconsejable poder llegar a impartir las clases en un entorno natural fuera de las cuatro paredes del aula.

Hace ya tiempo se planteó también sacar a las zonas verdes algunas de las exposiciones y museos con los que cuenta nuestra universidad y que suelen estar en lugares muy recónditos y son muy poco visitados. Por ejemplo, el crear un espacio parcialmente cerrado para una parte del Museo de Mineralogia serviría para sacar este valioso patrimonio a que pueda disfrutarse de forma más abierta y directa. Incluso se podrían montar exposiciones temporales en la Plaza Mayor o en espacios acondicionados para esta actividad.

Para impulsar y llevar a cabo algunas de estas iniciativas, se puede recurrir al certamen de ideas y proyectos anteriormente comentado, pero es aún más interesante plantearlas como actividades que surgen de las programaciones de las prácticas de algunas asignaturas concretas. Pero es aún más interesante el dinamizar procesos de apoyo o subvención a aquellos Trabajos Fin de Grado o Fin de Máster que tomen al campus de la UAM como ámbito de sus investigaciones y propuestas técnicas de desarrollo. Hay universidades, como la Universidad del País Vasco, que ya están promoviendo estas iniciativas, sacando convocatorias anuales específicas u otorgando premios y reconocimientos a los alumnos que centran sus trabajos de grado o máster en plantear o resolver retos específicos de la universidad. Algunos de los proyectos emblemáticos que se desarrollaron en nuestra universidad a principios de este siglo surgieron a partir de trabajos de fin de grado realizados por estudiantes de Ciencias Ambientales. La instalación del sistema de recogida de papel, el centro de la bicicleta que se encuentra en las proximidades de la estación de Cercanías, la elaboración de mapas de ruido o la isla de calor del Campus son algunos ejemplos de este tipo de iniciativas.

Otra propuesta interesante consistiría en plantear con los alumnos de Formación del Profesorado la realización de proyectos para el aprovechamiento didáctico del campus. Con los alumnos de Biología se podrían realizar inventarios de Biodiversidad. La definición de indicadores de emisiones o la definición del número de usuarios que se desplazan en los dife-

rentes medios de transporte puede ser muy apropiado para los alumnos de Ciencias Ambientales. También sería interesante generar enterramientos para las prácticas de arqueología. Son muchas las posibilidades que profesores de distintas disciplinar podrían presentar en una convocatoria abierta que pudiera contar con algún apoyo o financiación.

Pero quizás el mayor potencial del campus a nivel de sensibilización se encuentra en las actividades extraescolares no docentes que pudieran desarrollar asociaciones de estudiantes. Al igual que el huerto ha sido una actividad que se ha mantenido durante décadas con la participación de distintos miembros de la comunidad universitaria (principalmente estudiantes y PAS), o el vivero que gestiona APADUAM, se podrían ceder espacios para nuevas iniciativas que puedan cumplir un claro papel de desarrollo personal y en favor de la calidad ambiental del campus.

Línea general de actuación III.3. Promover la ambientalización de la UAM.

Esta línea estratégica es transversal a las tres esferas -la UAM verde, la UAM urbana y la UAM humana (Figura 4.4)- ya que el proceso de ambientalización de la UAM, como se explicó en el apartado 4.1, pretende forjar una comunidad universitaria en la que todos sus miembros, (profesores, estudiantes, investigadores y PAS) han desarrollado comportamientos proambientales y, por tanto, se involucran, de forma individual o colectiva, en el desarrollo de las acciones que conforman cada una de las líneas estratégicas del Plan.

No se pretende en este apartado diseñar o proponer un plan de ambientalización de la UAM, pues nuestra universidad ya cuenta con un amplio recorrido e historia. En los años 90 fue una de las primeras universidades españolas que empezaron a liderar proyectos para ambientalizar los campus y las aulas. Los contextos han cambiado y 40 años más tarde las acciones a impulsar deben referirse a la Agenda 2030 y a algunas de las 169 metas recogidas en los 17 Objetivos de Desarrollos Sostenible. En una investigación reciente llevada a cabo por De Filippo et al. (2020) se ha puesto de manifiesto como las denominaciones de los Vicerrectorados en las universidades españolas han evolucionado desde el año 2010 a la actualidad. Los Vicerrectorados de Medio Ambiente o Calidad Ambiental del inicio de la década han sido sustituidos por Vicerrectorados en los que el término Sostenibilidad es el concepto dominante. Por tanto, parece más correcto hablar de hacer más sostenibles nuestros campus y no sólo ambientalizarlos. Independientemente del término que se desee emplear, sí es necesario incorporar en estas acciones una visión más integral de las dimensiones social, ambiental y económica.

En otro trabajo de investigación también reciente de Blanco et al. (2018) se analizaban las principales barreras a las que se enfrentaban las universidades para incorporar la sostenibilidad en sus campus. De forma muy clara, el principal obstáculo que se identificaba era la resistencia al cambio de la propia institución y de su comunidad universitaria. Sin duda, las universidades son una de las instituciones sociales más antiguas, y eso les convierte, en muchas ocasiones, en organizaciones muy rígidas y poco resilientes para responder a los cambios o adaptarse a nuevas demandas y tendencias. Esta circunstancia hace aún más difícil y complejo este reto de hacer la institución más sostenible. Quién dota de rigidez a la institución no son los edificios y equipamientos que la conforman, sino la mentalidad de los profesores y personal que trabajan en ellos. Si queremos transformar nuestra universidad debemos empezar por asumir no solo que es una institución basada en procesos insostenibles, sino que una gran parte de su comunidad universitaria se asienta sobre hábitos y conductas totalmente insostenibles. Por este motivo el principal plan de acción de transformación de la UAM debe tomar como eje vertebrador el cambio de visión y forma de pensar de sus profesores y personal de administración y servicios, que son los miembros permanentes que dan sentido y continuidad a la trayectoria de la universidad. En estos momentos, la universidad debe identificar a las personas (profesores y PAS) más sensibilizadas en estos temas para apoyar sus propuestas e iniciativas y convertirlos en los referentes sociales que puedan liderar cambios dentro de la propia institución. Para ello es necesario impulsar procesos de incentivación o reconocimiento que animen a estas personas a dinamizar nuevos proyectos. El cambio en la universidad solo será posible si se cuenta con un grupo activo de personas implicadas en liderar estos procesos de transformación.

Los estudiantes universitarios, aunque pasan un tiempo limitado en los campus, también pueden desempeñar un importante papel como dinamizadores de procesos hacia la sostenibilidad. La estrategia no es muy diferente a la planteada en el párrafo anterior con los otros miembros de la comunidad universitaria. De nuevo, se debe incentivar a los estudiantes más sensibilizados para que se conviertan en el ejercito de transformación del resto de compañeros. En este sentido el programa de voluntariado ambiental que durante décadas estuvo impulsando la oficina Ecocampus de la UAM se convirtió en un referente de acción para la transformación ambiental de nuestra universidad. Los voluntarios /as se encargaban de llevar a las aulas de las distintas facultades las propuestas y proyectos que se diseñaban desde la oficina Ecocampus. Este colectivo dinamizaba actividades como la Semana Verde o montaban mesas informativas en las entradas de las facultades. Era un grupo humano que disfrutaba llevando a cabo estas actividades para transmitir ideas y valores nuevos y diferentes. Es fundamental que si se desea producir proceso de transición hacia la sostenibilidad en los estudiantes las propuestas salgan del propio colectivo. Para ello se debe retomar y fortalecer a estos grupos que con muy poco esfuerzo y apoyo generan sus propias dinámicas y acciones de intervención. Los cambios deben nacer y crecer dentro de la propia comunidad universitaria y los responsables y equipos de dirección deben preocuparse de generar las condiciones apropiadas y regar de forma continua estas semillas cargadas de un gran poder de cambio.

En resumidas cuentas, el camino para transitar hacia una ciudad universitaria campus-verde de una UAM socio-ecológicamente sostenible y resiliente ya se inició con la aprobación de la Estrategia UAM 2025, pero, sin lugar a duda, aún queda mucho camino por recorrer, espe-

cialmente en su área estratégica de sostenibilidad ambiental. El proyecto SERCAMPUS pretenden ser una hoja de ruta para caminar ese sendero mediante la elaboración e implementación de un Plan Estratégico de Campus Sostenible y Resiliente cuyas bases se han establecido en este trabajo. Este plan no puede tener metas, ya que se desarrolla en un contexto de cambios, sorpresas e incertidumbres asociadas al Cambio Global, por lo que hay que conceptuarlo como un proceso que durante su desarrollo construye bienestar humano y resiliencia entre todos los miembros de la comunidad universitaria de la UAM.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6. Referencias bibliográficas

Acín-Carrera, M., José Marques, M., Carral, P., Álvarez, A. M., López, C., Martín-López, B., & González, J. A. (2013). Impacts of land-use intensity on soil organic carbon content, soil structure and water-holding capacity. Soil use and Management, 29(4), 547-556.

Aguado,M. (2016). Vivir bien en un planeta finito. Una mirada socio-ecológica al concepto de bienestar humano. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.

Alcazar, S. S., Olivieri, F., & Neila, J. (2016). Green roofs: Experimental and analytical study of its potential for urban microclimate regulation in Mediterranean–continental climates. Urban Climate, 17, 304-317.

Alessa, L., Kliskey, A. y Brown, G. (2008). Social–ecological hotspots mapping: A spatial approach for identifying coupled social–ecological space, Landscape and Urban Planning, 85: 27–39.

Álvarez Gallego, S., Rubio Sánchez, A., Rodríguez Olalla, A. (2015). Conceptos básicos de la huella de carbono. AENOR.

Andre, E. K., Williams, N., Schwartz, F., & Bullard, C. (2017). Benefits of campus outdoor recreation programs: A review of the literature. Journal of Outdoor Recreation, Education, and Leadership, 9(1), 15-25.

Andreo, B., Vías, J., Durán, J. J., Jiménez, P., López-Geta, J. A., & Carrasco, F. (2008). Methodology for groundwater recharge assessment in carbonate aquifers: application to pilot sites in southern Spain. Hydrogeology Journal, 16(5), 911-925.

Aragonese, E. (2020). Caracterización de la isla de calor urbana en el campus de la UAM por medio de teledetección. Trabajo Fin de Grado. Doble Grado en Ciencias Ambientales, Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad Autónoma de Madrid.

Azcárate, F. M., Robleño, I., Seoane, J., Manzano, P., & Peco, B. (2013). Drove roads as local biodiversity reservoirs: effects on landscape pattern and plant communities in a Mediterranean region. Applied Vegetation Science, 16(3), 480-490.

Baró, F., & Gómez-Baggethun, E. (2017). Assessing the potential of regulating ecosystem services as nature-based solutions in urban areas. In Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas (pp. 139-158). Springer, Cham.

Baró, F., Palomo, I., Zulian, G., Vizcaino, P., Haase, D., & Gómez-Baggethun, E. (2016). Mapping ecosystem service capacity, flow and demand for landscape and urban planning: A case study in the Barcelona metropolitan region. Land use policy, 57, 405-417.

Barthel, S., Colding, J., Andersson, E., & Schewenius, M. (2016). Campus Albano, Stockholm-Creating a social-ecological 'best practices' campus area in the Baltic region for supporting learning, innovation, and sense of community: In Live Baltic Campus: Inventory Reports.

Barthel, S., Colding, J., Ernstson, H.; Erixon, H., Grahn, S., Kärsten, C., Marcus, L., Torsvall, J.

(2013). Principles of Social-Ecological Urbanism. Case Study: Albano Campus, Stockholm; TRITA-ARK-Forskningspublikationer: Stockholm, Sweden.

Beichler, S. A. (2015). Exploring the link between supply and demand of cultural ecosystem services–towards an integrated vulnerability assessment. International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management, 11(3), 250-263.

Benayas, J. (2014). Universidad y sostenibilidad. reflexiones para un debate. ¿la universidad está liderando los cambios necesarios para que la sociedad se comprometa con un futuro más sostenible? Centro Nacional de Educación Ambiental.

Benayas, J., Alba, D., & Sánchez, S. (2002). La ambientalización de los campus universitarios: El caso de la Universidad Autónoma de Madrid. Revista Ecosistemas, 11(3).

Berkes, F., Colding, J., & Folke, C. (Eds.). (2003). Navigating social–ecological systems. Building resilience for complexity and change . Cambridge: Cambridge University Press.

Bertram, C., & Rehdanz, K. (2015). The role of urban green space for human well-being. Ecological Economics, 120, 139-152.

Blanco-Portela, N., Benayas, J., & Lozano, R. (2018). Sustainability leaders' perceptions on the drivers for and the barriers to the integration of sustainability in Latin American higher education institutions. Sustainability, 10(8), 2954.

Bouffard, I., Miley, D., Piana M. & Strobo, R. (2011). An ecosystem services plan for Yale's Central Campus. Yale School of Forestry & Environmental Studies.

Bradshaw, J. L., & Luthy, R. G. (2017). Modeling and optimization of recycled water systems to augment urban groundwater recharge through underutilized stormwater spreading basins. Environmental science & technology, 51(20), 11809-11819.

Bratman, G. N., Anderson, C. B., Berman, M. G., Cochran, B., De Vries, S., Flanders, J., & Kahn, P. H. (2019). Nature and mental health: An ecosystem service perspective. Science advances, 5(7), eaax0903.

Brown, G. (2005). Mapping spatial attributes in survey research for natural resource management: methods and applications. Society and natural resources, 18(1), 17-39.

Bryce, R., Irvine, K. N., Church, A., Fish, R., Ranger, S., & Kenter, J. O. (2016). Subjective well-being indicators for large-scale assessment of cultural ecosystem services. Ecosystem Services, 21, 258-269.

Bullock, C., Joyce, D., & Collier, M. (2018). An exploration of the relationships between cultural ecosystem services, socio-cultural values and well-being. Ecosystem services, 31, 142-152.

Burkhard, B., & Maes, J. (2017). Mapping ecosystem services. Advanced books.

Burriel,J.A.,Ibañez,J.J. & Terradas,J.(2006). El mapa ecológico de Barcelona: los cambios de la ciudad en las últimas tres décadas. XII Congreso Nacional de tecnologías de la información geográfica: 1415-1427 Universidad de Granada.

Camps-Calvet, M., Langemeyer, J., Calvet-Mir, L., & Gómez-Baggethun, E. (2016). Ecosystem

services provided by urban gardens in Barcelona, Spain: Insights for policy and planning. Environmental Science & Policy, 62, 14-23.

Chan, K. M., Guerry, A. D., Balvanera, P., Klain, S., Satterfield, T., Basurto, X., & Hannahs, N. (2012). Where are cultural and social in ecosystem services? A framework for constructive engagement. BioScience, 62(8), 744-756.

Chaparro, L. & Terradas, J. (2009). Serveis Ecològics del Verd Urbà a Barcelona Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals. Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.

Clark, W. C., & Dickson, N. M. (2003). Sustainability science: the emerging research program. Proceedings of the National Academy of Sciences, 100(14), 8059-8061.

Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., & Maginnis, S. (2016). Nature-based solutions to address global societal challenges. IUCN: Gland, Switzerland, 97.

Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., & Maginnis, S. (2016). Nature-based solutions to address global societal challenges. IUCN: Gland, Switzerland, 97.

Colding, J., & Barthel, S. (2013). The potential of 'Urban Green Commons' in the resilience building of cities. Ecological economics, 86, 156-166.

Colding, J., & Barthel, S. (2017). The role of University campuses in reconnecting humans to the biosphere. Sustainability, 9(12), 2349.

Colding,J & Barthel,J. (2013). The potential of urban Green commons in the resilience building cities. Ecological Economics 86:156-166.

Colding,J. & Barthel, S. (2017). The role of University Campuses in reconnecting humans to biosphere.Sustainability 9:2349

Comisión Europea (CE). (2013). Infraestructura verde: mejora del capital natural de Europa. COM (2013) 249 final. Bruselas.

Comisión Europea (CE). (2014). Construir una infraestructura verde para Europa. Bruselas.

Corraliza, J. A., & Collado, S. (2011). La naturaleza cercana como moderadora del estrés infantil. Psicothema, 221-226.

Corraliza, J.A. (2000). Emoción y Ambiente. En J. Aragonés Tapia, M. Amérigo C. Arango, Psicología Ambiental: 59-76. Pirámide.

Cortinovis, C., & Geneletti, D. (2019). A framework to explore the effects of urban planning decisions on regulating ecosystem services in cities. Ecosystem Services, 38(C), 1-1.

Crews, T. E., & Peoples, M. B. (2004). Legume versus fertilizer sources of nitrogen: ecological tradeoffs and human needs. Agriculture, ecosystems & environment, 102(3), 279-297.

Cruz-Garcia, G. S., Sachet, E., Blundo-Canto, G., Vanegas, M., & Quintero, M. (2017). To what extent have the links between ecosystem services and human well-being been researched in Africa, Asia, and Latin America?. Ecosystem services, 25, 201-212.

Daniel, T. C., Muhar, A., Arnberger, A., Aznar, O., Boyd, J. W., Chan, K. M.,. & Grêt-Regamey, A. (2012). Contributions of cultural services to the ecosystem services agenda. Proceedings

of the National Academy of Sciences, 109(23), 8812-8819.

Davids, R., Rouget, M., Boon, R., & Roberts, D. (2016). Identifying ecosystem service hotspots for environmental management in Durban, South Africa. Bothalia-African Biodiversity & Conservation, 46(2), 1-18.

De Filippo,D, Benayas,J., Peña K. & Sánchez,F. (2020).Communication on Sustainability in Spanish Universities: Analysis of Websites, Scientific Papers and Impact in Social Media.Sustainability,12, 8278.

De Groot, R. S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., & Willemen, L. (2010). Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. Ecological complexity, 7(3), 260-272.

De la Torre Llorente, D. (2018). Novedades corológicas y citas interesantes en el Monte de El Pardo y en la Casa de Campo de Madrid. Flora Montiberica, (72), 34-38.

Declet-Barreto, J., Brazel, A. J., Martin, C. A., Chow, W. T., & Harlan, S. L. (2013). Creating the park cool island in an inner-city neighborhood: heat mitigation strategy for Phoenix, AZ. Urban Ecosystems, 16(3), 617-635.

Delphin, S., Escobedo, F. J., Abd-Elrahman, A., & Cropper, W. P. (2016). Urbanization as a land use change driver of forest ecosystem services. Land Use Policy, 54, 188-199.

Dietz, T., Kalof, L., & Stern, P. C. (2002). Gender, values, and environmentalism. Social science quarterly, 83(1), 353-364.

Dobbs, C., Kendal, D., & 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.

Egoh, B., Reyers, B., Rouget, M., Richardson, D. M., Le Maitre, D. C., & van Jaarsveld, A. S. (2008). Mapping ecosystem services for planning and management. Agriculture, Ecosystems & Environment, 127(1-2), 135-140.

Elmqvist, T., Andersson, E., Frantzeskaki, N., McPhearson, T., Olsson, P., Gaffney, O., ... & Folke, C. (2019). Sustainability and resilience for transformation in the urban century. Nature Sustainability, 2(4), 267-273.

EME (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de España). (2011). La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de España. Síntesis de resultados. Fundación Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Erixon, H., Borgström, S., & Andersson, E. (2013). Challenging dichotomies–exploring resilience as an integrative and operative conceptual framework for large-scale urban green structures. Planning Theory & Practice, 14(3), 349-372.

European Commission. (2016). Policy topics: nature-based solutions.

European Commission. (2016). Policy topics: nature-based solutions.

Faivre,N., Fritz, M.,F.Tiago, de Boissezon, B. & Vandewoestijne,S. (2017). Nature-Based Solutions

in the EU: Innovating with nature to address social, economic and environmental challenges. Environmental Research,159:509-518.

FEMP. (2018). Guía de Actuación para los Gobiernos Locales en relación con las Especies Exóticas Invasoras. Federación Española de Municipios y provincias.

Fernández Calvo,I. (2019). 100 medidas para la conservación de la biodiversidad en entornos urbanos. SEO Birdlife.

Folke,C. (2016). Resilience. Ecology and Society 21(4):44

Foster, E., & Smith, C. (2015). Integrating resilience planning into university campus planning: Measuring risks and leveraging opportunities. Planning for Higher Education, 44(1), 10.

Fuster, M. D. M. G. (1989). Flora vascular del Monte de Valdelatas y su entorno. Ecología, (3), 75-98.

Geijzendorffer, I. R., Cohen-Shacham, E., Cord, A. F., Cramer, W., Guerra, C., & Martín-López, B. (2017). Ecosystem services in global sustainability policies. Environmental Science & Policy, 74, 40-48.

GESU-CRUE-Sostenibilidad. (2019). Diagnóstico de la Sostenibilidad Ambiental en las Universidades Españolas. Informe 2019. Grupo de Evaluación de la Sostenibilidad Universitaria (GESU) de Crue Sostenibilidad.

Goméz Mendoza,J. Luna Rodrigo,G., Mas Hernández, R. Mollá M. & Sáez Pombo, E. (1985). Ghettos universitarios. El Campus de la Universidad Autónoma de Madrid.

Goméz Mendoza,J. Marías Martínez, D. & Sáez Pombo,E. (2006). En busca del tiempo pérdido. Génesis y evolución reciente del Campus de Cantoblanco (Madrid). En: C.Bellet & J. Ganal (eds).Ciudad y universidad. Ciudades universitarias y campus urbano. Lleida, Milenio.

González-García, A., Palomo, I., González, J. A., López, C. A., & Montes, C. (2020). Quantifying spatial supply-demand mismatches in ecosystem services provides insights for land-use planning. Land Use Policy, 94, 104493.

Green, O. O., Garmestani, A. S., Albro, S., Ban, N. C., Berland, A., Burkman, C. E., ... & Shuster, W. D. (2016). Adaptive governance to promote ecosystem services in urban green spaces. Urban ecosystems, 19(1), 77-93.

Green, T.L.,KronenbergT.L., Kronenberg,J. Elmqvist,T. & Gómez-Baggetum.E. (2016). Insurance Value of Green Infrastructure in and arund cities. Ecosystems, 19:1051-1063.

Griggs, D., Stafford-Smith, M., Gaffney, O., Rockström, J., Öhman, M. C., Shyamsundar, P., ... & Noble, I. (2013). Sustainable development goals for people and planet. Nature, 495(7441), 305-307.

Gu, Y., Wang, H., Xu, J., Wang, Y., Wang, X., Robinson, Z. P., & Zhi, X. (2019). Quantification of interlinked environmental footprints on a sustainable university campus: A nexus analysis perspective. Applied energy, 246, 65-76.

Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M. and Mekonnen, M. (2011). The Water Footprint Assessment Manual. London, Washington DC: Earthscan.

i-Tree (2012). ieTree Eco. http://www.itreetools.org/eco/ (accessed 20.01.12.).

Izco, J. (1979). La flora y la vegetación del monte de El Pardo y de la Casa de Campo. Bol.R.Soc.Española Hist. Nat. (Biol.),77:101.

Jansson, A. (2013). Reaching for a sustainable, resilient urban future using the lens of ecosystem services. Ecological Economics 86:285-291.

Jennings, V., & Bamkole, O. (2019). The relationship between social cohesion and urban green space: An avenue for health promotion. International journal of environmental research and public health, 16(3), 452.

Jones, D.R. (2013). "The biophilic university": A de-familiarizing organizational metaphor for ecological sustainability? J. Clean. Prod., 48, 148–165.

Karl, S., Barthel, S., Colding, J., Macassa, G., & Giusti, M. (2020). Urban nature as a source of resilience during social distancing amidst the coronavirus pandemic. OSF preprints.

Kellert, S. R., & Wilson, E. O. (1995). The Biophilia Hypothesis. Island Press.

Kulkarni, M.; Dighe, S.; Sawant, A.; Oswal, P.; Sahasrabuddhe, K.; Patwardhan, A. (2001). Institutions: Biodiversity hotspots in urban areas. In Tropical Ecosystems: Structure, Diversity and Human Welfare; Oxford and IBH: New Dehli, India, pp. 693–695.

Louv, R. (2008). The Last Child in the Woods. Saving our children from Nature-Deficit Disorder. Chapel Hill, NC: Algonquin Books

Lozano, R.; Lukman, R.; Lozano, F.J.; Huisingh, D.; Lambrechts, W. (2013). Declarations for sustainability in higher education: Becoming better leaders, through addressing the university system. J. Clean. Prod., 48, 10–19.

MA (Millennium Ecosystem Assessment). (2005). Ecosystems and human well-being: Synthesis. Island Press.

Marchant, E., Todd, C., Cooksey, R., Dredge, S., Jones, H., Reynolds, D., ... & Brophy, S. (2019). Curriculum-based outdoor learning for children aged 9-11: A qualitative analysis of pupils' and teachers' views. PloS one, 14(5), e0212242.

Marcus,L. & Colding,J. (2014). Toward an integrated theory of spatial morphology and resilient urban systems . Ecology and Society 19(4): 55

Martínez-Harms, M. J., & Balvanera, P. (2012). Methods for mapping ecosystem service supply: a review. International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management, 8(1-2), 17-25.

Martínez-Santos, P., Pedretti, D., Martínez-Alfaro, P. E., Conde, M., & Casado, M. (2010). Modelling the effects of groundwater-based urban supply in Low-permeability aquifers: application to the Madrid Aquifer, Spain. Water resources management, 24(15), 4613-4638.

Martín-López, B. & Montes C. (2014). Restoring the human capacity for conserving biodiversity: a social–ecological approach. Sustainability Science, 1-8.

Martín-López, B., González,J., & Villardy,S. (coord.). (2012). Guía docente ciencias de la sostenibilidad. Universidad del Magdalena. Instituto Humboldt. Universidad Autónoma de Madrid.

Martín-López, B., Iniesta-Arandia, I., García-Llorente, M., Palomo, I., Casado-Arzuaga, I., Del Amo, D. G.,& González, J. A. (2012). Uncovering ecosystem service bundles through social preferences. PLoS one, 7(6).

Mata, R. Galiana, L.; Allende Álvarez, F. Fernández, S.; Lacasta, P.; López, N.; Molina, P.; Sanz, C. (2009). Evaluación del paisaje de la Comunidad de Madrid: de la protección a la gestión territorial. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

McDonald, R. I., Beatley, T., & Elmqvist, T. (2018). The green soul of the concrete jungle: The urban century, the urban psychological penalty, and the role of nature. Sustainable earth, 1(1), 1-13.

McFarland, A. L., Waliczek, T. M., & Zajicek, J. M. (2008). The relationship between student use of campus green spaces and perceptions of quality of life. HortTechnology, 18(2), 232-238.

McPhearson, T., Andersson, E.,Elmqvist,T. & Frantzeskaki,N. (2014). Resilience of and through urban ecosystem services. Ecosystem Services 12:152-156.

Miralles-Guash,C. (2010). De Universidad-Campus, aislada y suburbana a polo metropolitano del conocimiento. El caso de la Universitat Autonoma de Barcelona.Scripta Nova Vol XIV (319).

Montes, C. & Duque,M. (2015). Ciudades resilientes en el antropoceno: mito o realidad. Ciudad y Territorio. XLVII (183): 9-22.

Morcillo, A., Borrajo, J.M., Rastrollo, A., Nowak, D.J. (2017). Valor del Bosque Urbano de Madrid. Efectos en la Calidad del Aire, Reducción de la Contaminación y Salud Ciudadana. Ayuntamiento de Madrid, Spain.

Nasir, N. H. M., Salim, F., & Yaman, M. (2014). The potential of outdoor space utilization for learning interaction. UMRAN2014: Fostering Ecosphere in Built Environment, International Islamic University Malaysia; Kulliyyah of Architecture and Environmental Design: Selangor, Malaysia, 1-17.

Natyzak J., Castner, E., D'Odorico, P. & Galloway, A. (2017). Virtual Water as a Metric for Institutional Sustainability. 10th ed. Environmental Sciences Department, University of Virginia, Charlottesville: MARY ANN LIEBERT, INC.

Navarro,L & Pereira,H. (2015). Rewilding Abandoned Landscapes in Europe. In:H.Pereira & L, Navaro (eds). Rewilding European Landscapes: 3-24. Springer Open.

Nesshöver, C., Assmuth, T., Irvine, K. N., Rusch, G. M., Waylen, K. A., Delbaere, B. ... & Krauze, K. (2017). The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective. Science

Nowak, D. J., Greenfield, E. J., Hoehn, R. E., & Lapoint, E. (2013). Carbon storage and seques-

tration by trees in urban and community areas of the United States. Environmental pollution, 178, 229-236.

Nyblom, J., Barthel, S., Colding, J., Ernstson, H., Erixon, H., Grahn, S. & Marcus, L. (2010). Q-book Albano 4: Sustainability. Akademiska Hus, Sweden.

Oliveira, S., Andrade, H., & Vaz, T. (2011). The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: A case study in Lisbon. Building and environment, 46(11), 2186-2194.

Palacios, G. (2020). Cuantificación de la Huella Hídrica del campus de Cantoblanco de la Universidad Autónoma de Madrid (2018). Trabajo Fin de Grado Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de Madrid.

Patwardhan, A.; Nalavade, S.; Sahasrabuddhe, K.; Utkarsh, G. (2001) urban wildlife and protected areas in India. Park Cities Prot. Areas, 11, 28–34.

Pérez, M., Rodriguez A., Ordoñez, D. (2020). Indicadores de sostenibilidad de la Universidad Politécnica de Madrid. Cuantificación de la Huella Hídrica. Años 2017-2018. Trabajo Fin de Grado. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural. Universidad Politécnica de Madrid.

Pineda, F. D., & Montalvo, J. (1995). Dehesa systems in the western Mediterranean. Conserving biodiversity outside protected areas, 107-122.

Plieninger, T., Dijks,S., Oteros-Rozas,E. & Bieling,C.(2013).Assessing, mapping and quantifying cultural ecosystem services at community level. Land use policy,33:118-129.

Pombo, E. S., Mendoza, J. G., Ruiz-Gómez, M. M., & Rodrigo, G. L. (2018). El campus de la Universidad Autónoma de Madrid: del tardofranquismo a la democracia. Universidad Autónoma de Madrid.

Pretty, J., Peacock, J., Hine, R., Sellens, M., South, N., & Griffin, M. (2007). Green exercise in the UK countryside: Effects on health and psychological well-being, and implications for policy and planning. Journal of environmental planning and management, 50(2), 211-231.

Quintas-Soriano, C., Castro, A. J., García-Llorente, M., Cabello, J., & Castro, H. (2014). From supply to social demand: a landscape-scale analysis of the water regulation service. Landscape Ecology, 29(6), 1069-1082.

Rall, E., Bieling, C., Zytynska, S., & Haase, D. (2017). Exploring citywide patterns of cultural ecosystem service perceptions and use. Ecological Indicators, 77, 80-95.

Raudsepp-Hearne, C., Peterson, G. D., & Bennett, E. M. (2010). Ecosystem service bundles for analyzing tradeoffs in diverse landscapes. Proceedings of the National Academy of Sciences, 107(11), 5242-5247.

Redhead, J. W., Stratford, C., Sharps, K., Jones, L., Ziv, G., Clarke, D. & Bullock, J. M. (2016). Empirical validation of the InVEST water yield ecosystem service model at a national scale. Science of the Total Environment, 569, 1418-1426.

Ridding, L. E., Redhead, J. W., Oliver, T. H., Schmucki, R., McGinlay, J., Graves, A. R., & Bullock, J. M. (2018). The importance of landscape characteristics for the delivery of cultural ecosystem services. Journal of environmental management, 206, 1145-1154.

Rodriguez Renales, B. (2016). Análisis y seguimiento de la plantación forestall en el Campus de la Universidad Autónoma de Madrid. Trabajo de Fin de Grado. Biología. Universidad Autónoma de Madrid.

Sancho,V. & Lacomba, I. (2019). Conservación y restauración de puntos de agua para la biodiversidad.Colección Manuales Técnicos de Biodiversidad.Conselleria de Medi Ambient,Aigua, Urbanisme i Habitatge.Generalitat Valenciana.

Schewenius, M., Keränen, P., & al Rawaf, R. (2017). Dreams and Seeds: The role of campuses in sustainable urban development. Helsinki Metropolia University of Applied Sciences and Stockholm Resilience Centre.

SDSN Australia/Pacific. (2017). Getting started with the SDGs in universities: A guide for universities, higher education institutions, and the academic sector. Australia, New Zealand and Pacific Edition. Sustainable Development Solutions Network – Australia/Pacific, Melbourne.

SEO Montícola. (2015). Aves de la UAM.Guía para la identificación de las aves más comunes en la Universidad Autónoma de Madrid y el Monte de Valdelatas. Universidad Autónoma de Madrid.

Sherrouse, B.C., Clement, J.M. y Semmens, D.J. (2011). A GIS application for assessing, mapping, and quantifying the social values of ecosystem services. Applied Geography, 31: 748-760.

Soini, K., Vaarala, H., & Pouta, E. (2012). Residents' sense of place and landscape perceptions at the rural–urban interface. Landscape and Urban Planning, 104(1), 124-134.

Sonetti, G.; Lombardi, P.; Chelleri, L. (2016). True green and sustainable university campuses? Toward a clusters approach. Sustainability. 8, 83.

Speake, J., Edmondson, S., & Nawaz, H. (2013). Everyday encounters with nature: students'perceptions and use of university campus green spaces. Human Geographies--Journal of Studies & Research in Human Geography, 7(1).

Storms, K., Simundza, D., Morgan, E., & Miller, S. (2019). Developing a resilience tool for higher education institutions: A must-have in campus master planning. Journal of Green Building, 14(1), 187-198.

Sun, G., Zhou, G., Zhang, Z., Wei, X., McNulty, S. G., & Vose, J. M. (2006). Potential water yield reduction due to forestation across China. Journal of Hydrology, 328(3-4), 548-558.

Tallis, H.T., Ricketts, T., Guerry, A.D., Wood, S.A., Sharp, R., Nelson, F., Ennaanay, D., Wolny, S., Olwero, N., Vigerstol, K., Pennington, D., Mendoza, G., Aukema, J., Foster, J., Forrest, J., Cameron, D., Arkema, K., Lonsdorf, E., Kennedy, C., Verutes, G., Kim, C.K., Guannel, G., Papenfus, M., Toft, J., Marsik, M., Bernhardt, J. (2011). InVEST 2.4.4 User's Guide. The Natural Capital Project., Stanford.

Termorshuizen, J. W., & Opdam, P. (2009). Landscape services as a bridge between landscape ecology and sustainable development. Landscape ecology, 24(8), 1037-1052.

Tiyarattanachai , R., & Hollmann, N. M. (2016). Green Campus initiative and its impacts on quality of life of stakeholders in Green and Non-Green Campus universities. SpringerPlus, 5(1), 84.

UE. (2011). Estrategia de la UE sobre la biodiversidad hasta 2020. Unión Europea. Luxemburgo.

Van Berkel, D. B., & Verburg, P. H. (2014). Spatial quantification and valuation of cultural ecosystem services in an agricultural landscape. Ecological indicators, 37, 163-174.

Van den Berg, A. E., Hartig, T., & Staats, H. (2007). Preference for nature in urbanized societies: Stress, restoration, and the pursuit of sustainability. Journal of social issues, 63(1), 79-96.

Velarde, M. D., Fry, G., & Tveit, M. (2007). Health effects of viewing landscapes–Landscape types in environmental psychology. Urban Forestry & Urban Greening, 6(4), 199-212.

Velazquez, L.; Munguia, N.; Platt, A.; Taddei, J. (2006). Sustainable university: What can be the matter? J. Clean. Prod., 14, 810–819.

Velis, M., Conti, K. I., & Biermann, F. (2017). Groundwater and human development: synergies and trade-offs within the context of the sustainable development goals. Sustainability science, 12(6), 1007-1017.

Yélamos, J. G., & Vilarroya, F. (2007). El acuífero terciario detrítico de Madrid: pasado, posibilidades actuales y retos pendientes. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 15(3), 317-324.

Zambade Gómez, D. (2020). Cálculo de la huella de carbono de la UAM. Trabajo fin de grado de Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de Madrid.

Zomlot, Z., Verbeiren, B., Huysmans, M., & Batelaan, O. (2015). Spatial distribution of groundwater recharge and base flow: Assessment of controlling factors. Journal of Hydrology: Regional Studies, 4, 349-368.

7. APÉNDICES

Apéndice 1

Fichas descriptivas de unidades de usos y coberturas del suelo (en CD adjunto).

Apéndice 2

Valores base utilizados para los cálculos de almacenamiento y secuestro de carbono.

Apéndice 3

Número de árboles evaluados para la estimación del servicio de purificación del aire y eliminación de contaminantes, según especie.

Apéndice 4

Cuestionario aplicado a la comunidad universitaria sobre los servicios culturales proporcionados por los espacios verdes de la UAM.

Apéndice 5

Propuestas generales y detalladas que se promueven desde el SDG Lab Campus UAM para promover el avance de los ODS en la Universidad Autónoma (http://sdglab-campusuam.es).

Apéndice 6

Algunos bocetos elaborados por el Prof. Fernando González Bernáldez para la creación de un Jardín Botánico en el campus de la UAM.

APÉNDICE 1. FICHAS DESCRIPTIVAS DE UNIDADES DE USOS Y COBERTURAS DEL SUELO (EN CD ADJUNTO).

1.Urbano impermeable/artificial (Nivel 1: Suelo urbano, Nivel 2: Urbano impermeable, Nivel 3: Edificios e infraestructuras urbanas).

Descripción: Zonas que, por estar asfaltadas o ser parte de edificaciones, no suministran suelo capaz de generar servicios de los ecosistemas. Se caracterizan por ser impermeables y artificiales.

Superficie en el campus = 66,29 hectáreas (29,9%).

Localización:

Imagen aérea y fotografías:

Aparcamiento que linda con la zona central del campus con escenario y zonas ajardinadas.

2.Piscina (Nivel 1: Aguas urbanas, Nivel 2: Instalaciones deportivas, Nivel 3: Piscina).

Descripción: Superficies de agua utilizadas con fines deportivos o de ocio.

Superficie en el campus = 0,17 hectáreas (0,07%).

Localización:

Imagen aérea y fotografías:

Piscina exterior en la zona de polideportivo.

3. Depuradora (Nivel 1: Aguas urbanas, Nivel 2: Instalaciones de saneamiento, Nivel 3: Depuradora).

Descripción: Superficies de agua resultantes del tratamiento de aguas residuales, piscinas de la propia depuradora. Actualmente se encuentra en obras (a día 18/06/2019).

Superficie en el campus = 0,07 hectáreas (0,03%).

Localización:

Imagen aérea y fotografías:

Depuradora en la zona este del campus, próxima al campo de tiro.

4. Césped (Nivel 1: Espacios verdes ajardinados, Nivel 2: Jardín de herbáceas, Nivel 3: Césped con riego).

Descripción: Zonas con césped regado y verde todo el año. Aparece combinado con arbolado de jardín y matorral de jardín.

Superficie en el campus = 8,5 hectáreas (3,8%).

Localización:

Imagen aérea y fotografías:

Césped próximo a las placas solares, en frente de la facultad de psicología.

5.Matorrales de jardín (Nivel 1: Espacios verdes ajardinados, Nivel 2: Jardín de matorral, Nivel 3: Matorrales de jardín).

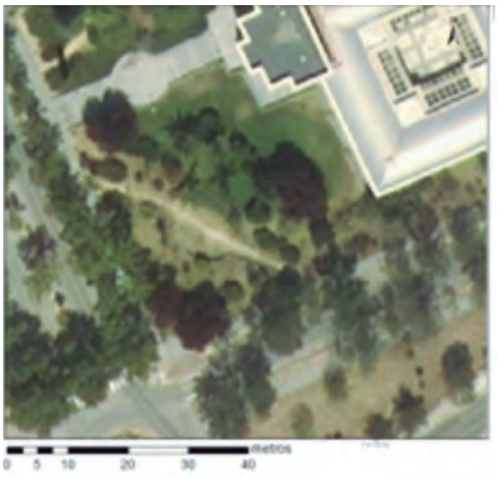
Descripción: Matorrales típicos de jardín normalmente localizados en las lindes de las zonas ajardinadas con césped, o en espacios residuales entre parcelas o entre edificaciones.

Principales especies: *Nerium oleander* (adelfa), Cupresus arizonica (arizónica)

Superficie en el campus = 0,82 hectáreas (0,37%).

Localización: (no se han identificado polígonos que por su extensión y homogeneidad puedan ser considerados de matorral de jardín al estar combinados con otras coberturas).

Imagen aérea y fotografías:



Matorrales de jardín en la Facultad de derecho, entrada rotonda sur.

6. Arbolado de jardín (Nivel 1: Espacios verdes ajardinados, Nivel 2: Jardín arbolado, Nivel 3: Bosquete).

Descripción: Se presenta en dos formas principalmente, (1) Asociado a césped y matorral de jardín y (2) En zonas de parking o medianas, rodeados de asfalto, dejando libre únicamente el alcorque. En términos generales los árboles del campus de este tipo son de gran porte.

Principales especies: *Platanus* × *acerifolia* (plátano de sombra), *Populus alba* (chopo blanco), *Robinia pseudoacacia* (falsa acacia), *Salyx babilónica* (sauce llorón), *Cupressus sempervirens* (ciprés común), *Morus alba* (morera), *Fraxinus excelsior* (fresno), *Cedrus deodara* (cedro de la india), *Elaeagnus angustifolia* (cinamomo) y *Ulmus minor* (olmo).

Superficie en el campus = 11,43 hectáreas (5,1%)).

Localización:

Imagen aérea y fotografías:

Zona central de la facultad, jardín que se encuentra en frente de la Facultad de Filosofía y Letras y la Facultad de Economía.

7. Vegetación mediterránea plantada (Nivel 1: Espacios verdes ajardinados, Nivel 2: Jardín mediterráneo, Nivel 3: Vegetación mediterránea plantada en rotondas y medianas).

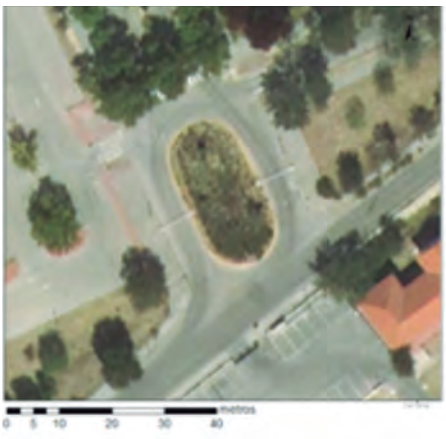
Descripción: Rotondas y divisorias entre arcenes que presentan especies mediterráneas regadas por goteo. Son espacios singulares dada que su infiltración no es efectiva pero sus jardines no presentan características comunes con los jardines de césped.

Especies principales: *Quercus ilex* (encina), *Pinus halepensis* (pino carrasco), *Olea europaea* (olivo), *Quercus suber* (alcornoque), *Lavandula* (lavandas), *Rosmarinus officinalis* (romero), *Cistus ladanifer* (jara pringosa), Cistus albidus (jara blanca), *Arbutus unedo* (madroño).

Superficie en el campus = 1,3 hectáreas (0,6%).

Localización:

Imagen aérea y fotografías



Rotonda en la entrada por la Facultad de derecho.

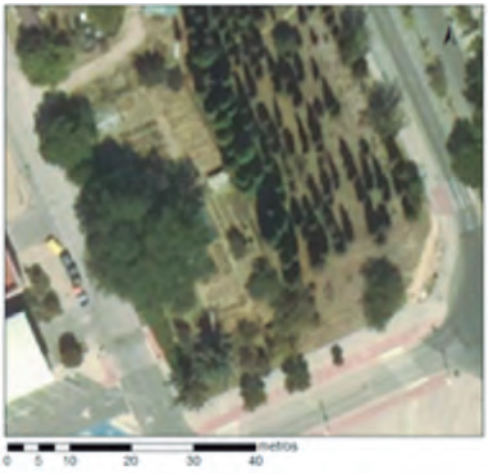
8. Huerta abierta (Nivel 1: Cultivos, Nivel 2: Invernaderos/huerta, Nivel 3: Huerta comunitario).

Descripción: Huertas utilizadas principalmente con fines de ocio y aprendizaje, gestionadas por asociaciones universitarias.

Superficie en el campus = 0,47 hectáreas (0,21%).

Localización:

Imagen aérea y fotografías:



Huerta en la zona central del campus, próxima a la zona comercial.

9. Encinares y otras especies mediterráneas (Nivel 1: Vegetación natural, Nivel 2: Vegetación natural de arbolado, Nivel 3: Fragmentos de encinares sobre arcosas).

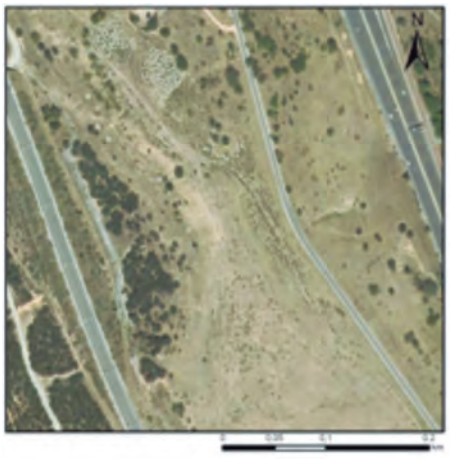
Descripción: Zonas con encina *(Quercus illex),* generalmente en zonas próximas al parque regional o de forma residual en las parcelas no construidas o en las zonas de repoblación de pinar.

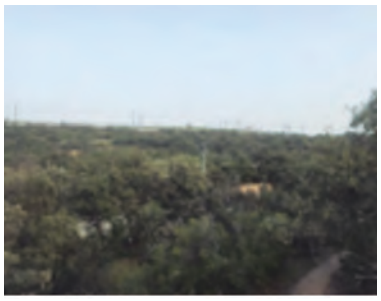
Especies principales: *Quercus illex* (encina), *Olea europea* (olivo).

Superficie en el campus = 20,6 hectáreas (9,3%).

Localización:

Imagen aérea y fotografías





Encinares situados en la zona oeste del campus, en la parte integrada en el Parque Regional.

10. Matorral mediterráneo (Nivel 1: Vegetación natural, Nivel 2: Vegetación natural de matorral, Nivel 3: Matorral mediterráneo).

Descripción: Zonas con una sucesión ecológica de herbazal a matorral destacada, se muestran con herbáceas y en ocasiones con arbolado. Muestran comunidades complejas con muchas especies.

Especies principales: *Retama sphaerocarpa* (retama de bolas), *Dittrichia viscosa* (olivarda), *Cistus ladanifer* (jara pringosa), *Cistus albidus* (jara blanca)

Superficie en el campus = 14,2 hectáreas (6,4%).

Localización:

Imagen aérea y fotografías:

Matorral mediterráneo en frente de la Biblioteca de Ciencias en el límite este urbanizado del campus.

11. Especies perennes y anuales (herbazal) (Nivel 1: Vegetación natural, Nivel 2: Vegetación natural de herbáceas, Nivel 3: Especies perennes y anuales (herbazal).

Descripción: Zonas naturalizadas con presencia principalmente de herbáceas de tipo estacional y perenne características del pastizal mediterráneo. Suelen estar en presencia de algunos arbustos mediterráneos y de arbolado.

Especies principales: *Scolymus hispanicus* (cardillo), *Chondrilla juncea* (ajonjera), *Rumex pulcher* (romaza), *Foeniculum vulgare* (hinojo), *Carduus tenuiflorus* (cardo), *Bromus hordeaceus* (espiguilla), *Chenopodium album* (cenizo), *Convolvulus arvensis* (corregüela), *Euphorbia peplus* (lecherina), *Galium aparine* (Amor de hortelano), *Papaver rhoeas* (amapola), *Plantago lanceolata* (llantén), *Lactuca serriola* (Lechuguilla), *Sonchus tenerrimus* (Cerraja), *Sagina apelata* (sagina), *Sedum album* (uña de gato), *Cardaria draba* (mostacilla), *Capsella bursa-pastoris* (salsifí), *Malva sylvestris* (malva), *Hordeum munnum* (cebadilla), *Crepis vesicaria* (achicoria amarilla), *Diplotaxis virgata* (jaramago), *Senecio vulgaris* (Zuzón), *Salvia verbanaca* (gallocresta), *Lamuym amplexicaule* (zapatitios), *Piptatherum miliaceum* (mijera), *Eryngium campestres* (cardo corredor).

Superficie en el campus = 20,6 hectáreas (9,3%).

Localización:

Imagen aérea y fotografías

Herbazal en las inmediaciones de la depuradora al oeste del campus.

12. Plantas freatofíticas asociadas a cauces naturales (Nivel 1: Vegetación natural, Nivel 2: Vegetación natural de ribera, Nivel 3: Plantas freatofíticas asociadas a cauces naturales).

Descripción: Vegetación asociada a la presencia de agua subterránea o al flujo subcortical de algún antiguo arroyo. Solo existe un ejemplo remarcable en el campus. Destaca la presencia de zarzamoras *(Rubus ulmifolius)*.

Superficie en el campus = 0,29 hectáreas (0,13%).

Localización:

Imagen aérea y fotografías:

Zona próxima a la Biblioteca de Ciencias en el límite de la antigua perrera.

13. Pinares de pino piñonero de repoblación (Nivel 1: Vegetación natural, Nivel 2: Vegetación natural de arbolado, Nivel 3: Pinares de pino piñonero de repoblación).

Descripción: Pinares generalmente plantados, se encuentran en varias zonas del campus siendo la zona más destacada la este (replantación). Hay otros ejemplares de buen porte distribuidos a lo largo de todo el campus.

Especies principales: *Pinus pinea* (pino piñonero).

Superficie en el campus = 20,6 hectáreas (9,3%).

Localización:

Imagen aérea y fotografías

Pinares situados en la zona noreste del campus, en la zona que limita con la carretera al norte.

14. Arcosas (areniscas feldespáticas); (Nivel 1: Suelo sin vegetación, Nivel 2: Suelo desnudo, Nivel 3: Arcosas, areniscas feldespáticas).

Descripción: Zonas no rellenadas o escasamente removidas del sustrato original (arcosas de origen granítico resultado de la hidrólisis). Se presentan en zonas no construidas residuales del área urbanizable, en zonas del campus al otro lado de la carretera M-607 y en la zona este, lindando con Alcobendas. Generalmente se encuentra en combinación con herbáceas mediterráneas mostrándose a modo de manchas.

Superficie en el campus = 5,2 hectáreas (2,37%).

Localización:

Imagen aérea y fotografías:

Afloramientos arenosos zona parque tecnológico (salida norte campus).

15. Escombros (Nivel 1: Suelos contaminado, Nivel 2: Suelo degradado con escasa vegetación, Nivel 3: Escombros, restos de material de construcción).

Descripción: Zonas cubiertas de escombros procedentes de obras, principalmente se encuentran en las islas de terreno situadas entre carreteras que son atravesadas por la línea de tren. Están situadas dentro de los límites del Parque Regional.

Superficie en el campus = 5,1 hectáreas (2,3%).

Localización:

Imagen aérea y fotografías

Escombros en la zona entre carreteras al oeste del campus.

16. Sustratos artificiales permeables (Nivel 1: Suelos sin vegetación natural, Nivel 2: Suelos para actividades deportivas, Nivel 3: Sustratos artificiales permeables).

Descripción: Zonas permeables de carácter artificial, rellenadas o alteradas. Generalmente campos de futbol de arena o pistas para otros deportes. Su representación en el campus es escasa, pero con una superficie continua remarcable.

Superficie en el campus = 5,2 hectáreas (2,37%).

Localización:

Imagen aérea y fotografías:

Campo de futbol en la zona norte del campus

APÉNDICE 2. VALORES BASE UTILIZADOS PARA LOS CÁLCULOS DE ALMACENAMIENTO Y SECUESTRO DE CARBONO (TN CO_2 / HA) (TOMADO DE GONZÁLEZ-GARCÍA ET AL. 2020)

Clase	Coberturas	Almacenamiento de carbono aéreo	Almacenamiento de carbono subterráneo	Almacenamiento de carbono suelo	Almacenamiento de carbono materia muerta	Secuestro anual de carbono
1	Urbano impermeable/artificial	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Césped	0,30	4,35	7,90	0,00	0,60
3	Matorrales de jardín	15,40	8,62	27,60	0,00	0,97
4	Arbolado de jardín	38,96	8,99	27,60	0,00	0,99
5	Vegetación mediterránea plantada	15,40	8,62	22,20	3,00	1,12
6	Arenas graníticas (arcosas)	0,00	0,84	40,10	1,00	0,00
7	Otros sustratos	0,00	0,84	40,10	1,00	0,00
8	Escombros	0,00	0,84	0,00	0,00	0,00
9	Huerta abierta	1,04	0,58	7,90	0,00	0,60
10	Especies perennes y anuales (herbazal)	4,26	4,35	27,60	2,00	0,60
11	Matorral mediterráneo	15,40	8,62	22,20	0,20	0,97
12	Pinares	42,40	14,00	40,80	0,80	1,54
13	Encinares y otras especies mediterráneas	35,50	8,50	45,80	0,30	1,25
14	Plantas asociadas a cauces naturales	38,96	8,99	27,60	0,30	1,25
15	Piscina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16	Depuradora	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

APÉNDICE 3. NÚMERO DE ÁRBOLES EVALUADOS PARA LA ESTIMACIÓN DEL SERVICIO DE PURIFICACIÓN DEL AIRE Y ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTES, SEGÚN ESPECIE

Especie	Número de pies de árbol
Acer negundo	37
Acer plananoides	43
Aesculus hippocastanum	252
Arbutus unedo	30
Catalpa bignonides	62
Cercis siliquastrum	51
Cupressus arizonica	44
Cupressus sempervirens	65
Chamaecyparis lawsoniana	33
Ginkgo biloba	18
Ligustrum kucidum	68
Morus alba	305

Especie	Número de pies de árbol
Pinus halepensis	25
Pinus pinea	18.112
Platanus hybrida	1003
Populus nigra	173
Prunus cerasifera	204
Quercus ilex	3.825
Robina pseudoacacia	513
Tmarix parviflora	80
Thuja orientalis	114
Tylia platiphyllos	70
Ulmus minor	153

APÉNDICE 4. CUESTIONARIO APLICADO A LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA SOBRE LOS SERVICIOS CULTURALES PROPORCIONADOS POR LOS ESPACIOS VERDES DE LA UAM

Mapeo participativo de algunos de los beneficios que generan los ecosistemas del Campus de Cantoblanco de la UAM

Hacia un campus verde, saludable y sostenible para el bienestar de la Comunidad Universitaria

¡Hola!

Desde la Universidad Autónoma de Madrid, su Laboratorio de Socio-Ecosistemas del Departamento de Ecología y el Vicerrectorado de Campus y Sostenibilidad estamos trabajando en un proyecto sobre los beneficios ambientales que los espacios verdes y abiertos del campus de Cantoblanco de la UAM proporcionan al bienestar de la comunidad universitaria.

Para ello, te invitamos a participar en este estudio rellenando este cuestionario telemático cuyo objetivo es localizar, sobre un mapa del campus de la UAM, las zonas más importantes por su valor estético, recreativo y educativo.

Concretamente nos gustaría que nos señalases las zonas del campus que, según tu opinión, contribuyen a generar:

1) Experiencias de disfrute por su belleza o atractivo escénico (zonas con **valor estético**).

2) Momentos de esparcimiento, ocio, recreo o entretenimiento (zonas con **valor recreativo**).

3) Oportunidades para la educación ambiental (zonas con **valor educativo**).

Estos tres tipos de valores pueden estar o no interrelacionados entre sí, de manera que una misma zona del campus podrá relacionarse, indistintamente, con uno o varios de estos valores.

Y recuerda, no hay respuestas correctas o incorrectas; simplemente dinos lo que piensas. Tan solo queremos conocer tu opinión. Este cuestionario es totalmente anónima y confidencial y su información únicamente será utilizada para los fines de este proyecto.

El tiempo estimado para completar el cuestionario es de 15 minutos.

¡Gracias por tu participación!

¡Disfruta del mapeo!

INTRODUCCIÓN

Antes de comenzar con el mapeo, responde por favor a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es tu vinculación actual con esta universidad?

a	Estudiante de la UAM	
b	Personal Docente e Investigador de la UAM (PDI)	
c	Personal de Administración y Servicios de la UAM (PAS)	
d	Investigador o técnico en alguno de los centros del CSIC en la UAM	
e	Trabajador externo	

2. En caso de ser estudiante, ¿podrías indicarnos qué estudias actualmente?

a	Un grado	
b	Un máster	
c	Un doctorado	

3. ¿En qué facultad, escuela o centro desarrollas tu actividad principal?

a	Facultad de Ciencias	
b	Facultad de Filosofía y Letras	
c	Facultad de Psicología	
d	Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales	
e	Facultad de Formación de Profesorado y Educación	
f	Facultad de Derecho	
g	Escuela Politécnica Superior	
h	Centros del CSIC	
i	Otros centros, oficinas o servicios centrales	

4. ¿Cuántos años llevas vinculado a la UAM (estudiando y/o trabajando)?

a	Menos de 2 años	
b	Entre 2 y 5 años	
c	Entre 5 y 10 años	
d	Más de 10 años	

5. ¿Durante el periodo lectivo, cuántas horas dirías que pasas de media al día en la UAM?

a	Menos de 2 horas al día	
b	Entre 2 y 5 horas al día	
c	Entre 5 y 8 horas al día	
d	Más de 8 horas al día	

6. Y de todo este tiempo, ¿cuántas horas dirías que pasas diariamente fuera de los edificios de la UAM; es decir, en relación directa con los espacios verdes y abiertos del campus?

a	Menos de media hora al día	
b	Entre media y una hora al día	
c	Entre una y dos horas al día	
d	Más de dos horas al día	

7. ¿Cuál es el principal medio que utilizas para venir hasta la universidad?

a	Tren	
b	Autobús	
c	Coche	
d	Bicicleta	
e	Moto	

Mapeo de los beneficios ambientales del campus

Como puedes observar, sobre el mapa aparece dibujado un polígono de color rojo. Este polígono marca los límites del Campus de Cantoblanco de la UAM. Dentro de estos límites te vamos a pedir que localices aquellos lugares que más asocias a los **valores estéticos, recreativos y educativos** anteriormente descritos.

Para emplazar estos lugares sobre el mapa haz click en los globos de colores que se muestran más abajo (verde para el valor estético, azul para el valor recreativo y rosa para el valor educativo). A continuación, desplaza el globo hasta el lugar deseado en el mapa y suéltalo. Podrás acercarte utilizando la herramienta de zoom (-/+) o moviendo la rueda del ratón. Cuando tengas decidido el lugar en donde emplazar el globo pulsa el icono de confirmación (√). En ese momento quedará fijado el punto sobre el mapa y, acto seguido, se abrirá un pequeño cuestionario asociado a este lugar.

NOTA: De cara a reconocer mejor los diferentes lugares del campus y emplazar los puntos durante el mapeo, quizás prefieras ver el mapa como imagen satelital (con mayor detalle). Para ello, pincha en la esquina superior derecha sobre el botón "Google Hybrid" (si estás completando el cuestionario desde un dispositivo móvil deberás seleccionar primero el icono cuadrado situado en dicha esquina).

Mapeo del Valor Estético:

8. Sitúa sobre el mapa hasta un máximo de 3 lugares que por su belleza o atractivo escénico te generen experiencias de disfrute estético y/o contemplativo.

9. ¿Con qué frecuencia visitas este lugar?

a	A diario	
b	Alguna vez a la semana	
c	Alguna vez al mes	
d	Ocasionalmente (dos o tres veces al año)	
e	Casi nunca (menos de una vez al año)	

10. ¿Qué elemento o elementos dirías que contribuyen a hacer de este un lugar llamativo para ti? (Marca tantas opciones como consideres oportuno).

a	La vegetación	
b	El canto de los pájaros	
c	El paisaje en su conjunto	
d	Los elementos antrópicos integrados en el paisaje (esculturas, estatuas o monumentos)	
e	La tranquilidad y el silencio	
f	La sombra y la temperatura fresca	
g	El aire limpio	
Otro (escribir cuál):		

Mapeo del Valor Recreativo:

11. Sitúa sobre el mapa hasta un máximo de 3 lugares que consideres interesantes por ser espacios en donde poder desarrollar actividades de ocio, recreo o entretenimiento.

12. ¿Con qué frecuencia visitas este lugar?

a	A diario	
b	Alguna vez a la semana	
c	Alguna vez al mes	
d	Ocasionalmente (dos o tres veces al año)	
e	Casi nunca (menos de una vez al año)	

13. ¿Qué tipo de actividad o actividades sueles realizar en este lugar? (Marca tantas opciones como consideres oportuno).

a	Comer	
b	Pasear	
c	Descansar / Relajarme / Meditar	
d	Hacer deporte	
e	Realizar actividades de ocio y entretenimiento	
f	Leer / Escribir	
g	Reunirme con compañeros y amigos	
h	Estudiar / Hacer deberes o tareas de clase	
Otro tipo de actividad (detallar cuál):		

Mapeo del Valor Educativo:

14. Sitúa sobre el mapa hasta un máximo de 3 lugares que consideres interesantes por poder ofrecer dentro del campus oportunidades para la educación ambiental.

15. ¿Con qué frecuencia visitas este lugar?

a	A diario	
b	Alguna vez a la semana	
c	Alguna vez al mes	
d	Ocasionalmente (dos o tres veces al año)	
e	Casi nunca (menos de una vez al año)	

16. ¿Qué tipo de actividad o actividades sueles realizar en este lugar? (Marca tantas opciones como consideres oportuno).

a	Impartir / recibir clases teóricas al aire libre	
b	Impartir / recibir clases prácticas al aire libre	
c	Ninguna actividad educativa específica	
Otro tipo de actividad educativa (detallar cuál):		

Evaluación subjetiva de los beneficios ambientales del campus

17. ¿En qué medida dirías que estas zonas del campus que has señalado por su valor estético contribuyen a tu bienestar? (escala 1-100).

En nada ←----------[]----------→ Totalmente

18. ¿En qué medida dirías que estas zonas del campus que has señalado por su valor recreativo contribuyen a tu bienestar? (escala 1-100).

En nada ←----------[]----------→ Totalmente

19. ¿En qué medida dirías que estas zonas del campus que has señalado por su valor educativo contribuyen a tu bienestar? (escala 1-100).

En nada ←----------[]----------→ Totalmente

Hacia un campus vivo y sostenible

Uno de los principales objetivos del Vicerrectorado de Campus y Sostenibilidad de la UAM es poder avanzar hacia un campus vivo y sostenible que esté al servicio del conocimiento y del bienestar de la Comunidad Universitaria.

20. ¿De entre las siguientes opciones, cuáles te gustaría que se hiciesen realidad en nuestro campus durante los próximos años? (Selecciona un máximo de 3 opciones).

a	Un lago	
b	Una fuente	
c	Más jardines y zonas verdes	
d	Más árboles	
e	Más zonas deportivas	
f	Un aula de naturaleza	
g	Más carriles de bicicleta	
h	Más bancos y mesas al aire libre	
i	Unas colmenas para producir miel, polen, cera y jalea real	
j	Una senda de plantas aromáticas	
k	Una senda de frutos y plantas comestibles	
l	Un huerto comunitario	
Otra (escribir cuál):		

¡Último paso!

Ahora, para finalizar el cuestionario, te pedimos por favor que respondas a una serie de preguntas breves de carácter general para facilitar el análisis de los resultados:

21. ¿Cuál es el nombre del municipio en el que naciste?_____

_____

22. ¿En qué año naciste?_____

23. Respecto a los años de tu niñez, ¿cuánto tiempo dirías que pasaste en contacto con la naturaleza?

a	La mayoría (vivía en un entorno rural o natural)	
b	Bastante (pasaba mucho tiempo libre en la naturaleza)	
c	Escaso (salidas esporádicas)	
d	Casi nada (ninguna visita evocadora que recuerde)	

24. Identidad de género:

a	Hombre	
b	Mujer	
c	No binario	

25. ¿En dónde vives actualmente?

a	En el municipio de Madrid	
b	En otro municipio	

26. En caso de haber marcado "En el municipio de Madrid", selecciona por favor el distrito de Madrid en el que vives:

a	Arganzuela	
b	Centro	
c	Chamartín	
d	Chamberí	
e	Moncloa	
f	Retiro	
g	Salamanca	
h	Barajas	
i	Ciudad Lineal	
j	Fuencarral	
k	Hortaleza	

l	Tetuán	
m	Carabanchel	
n	Latina	
ñ	Moratalaz	
o	Puente de Vallecas	
p	San Blas	
q	Usera	
r	Vicálvaro	
s	Villa de Vallecas	
t	Villaverde	

27. En caso de haber marcado "En otro municipio", escribe por favor a continuación el nombre del municipio en el que vives:

_____

¡Muchas gracias por tu participación!

Gracias por tu colaboración. Los datos cosechados serán de gran utilidad dentro del Plan de Universidad Saludable de la Estrategia UAM 2025 para avanzar durante los próximos años hacia un campus vivo y sostenible en nuestra universidad. ¡Gracias!

Si lo deseas, puedes realizar cualquier sugerencia o comentario acerca de este cuestionario a continuación:

Para cualquier consulta o aclaración relativa al estudio puedes contactar con nosotros a través de:

http://www.laboratoriosocioecosistemas.es/

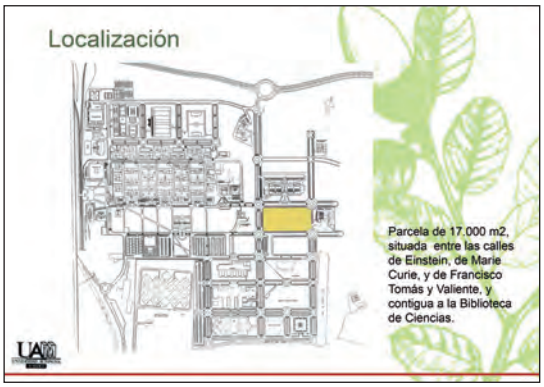
Por último, te estaríamos muy agradecidos si le reenviara este cuestionario a tus conocidos y amigos de la UAM que creas pueden estar interesados en participar (¡Ojo! Solo a personas que trabajen o estudien en la UAM).

APÉNDICE 5. PROPUESTAS GENERALES Y DETALLADAS QUE SE PROMUEVEN DESDE EL SDG LAB CAMPUS UAM PARA LOS ODS

ÁMBITO	ID	MEDIDA	PUNTUACIÓN
GESTIÓN Y VIDA UNIVERSITARIA: POLÍTICA	P8	Quiosco para referencia de sostenibilidad, tienda, cafetería ecológica, punto reparto APADUAM	15
GESTIÓN Y VIDA UNIVERSITARIA: TÉCNICAS	T1	Orientar a la UAM hacia la economía circular.	15
INVESTIGACIÓN	I5	Posicionar a la UAM como referentes de investigación en un o unos ODS (IMDEAS ODS)	14
GESTIÓN Y VIDA UNIVERSITARIA: TÉCNICAS	T13	Uso agroecológico: frutales, zona de huertas, ganadería, apicultura.	14
DOCENCIA	D4	Inclusión de contenidos sobre ODS en las asignaturas.	7
DOCENCIA	D7	Facilitar la utilización del campus como aula ambiental de prácticum, TFGs o TFMS, etc.	6
GESTIÓN Y VIDA UNIVERSITARIA: TÉCNICAS	T2	Analizar la producción de residuos, mejorar la separación.	6
GESTIÓN Y VIDA UNIVERSITARIA: EDUCATIVAS	E5	Metrominuto (Distancia en metros y tiempo) ubicada en puntos de acceso (estación tren, parada de buses) y centrales (Rectorado, Plaza Mayor)	5
INVESTIGACIÓN	I1	Observatorio para la difusión - Inventario de equipo de investigación sobre ODS (dinámica, activa)	5
INVESTIGACIÓN	I2	Plataforma de colaboración para investigaciones de los ODS	5
GESTIÓN Y VIDA UNIVERSITARIA: TÉCNICAS	T3	Peatonalizar la zona del núcleo histórico.	5
GESTIÓN Y VIDA UNIVERSITARIA: TÉCNICAS	T9	Mejorar la depuradora, análisis calidad del agua (contaminantes); diseño de geofiltro.	5

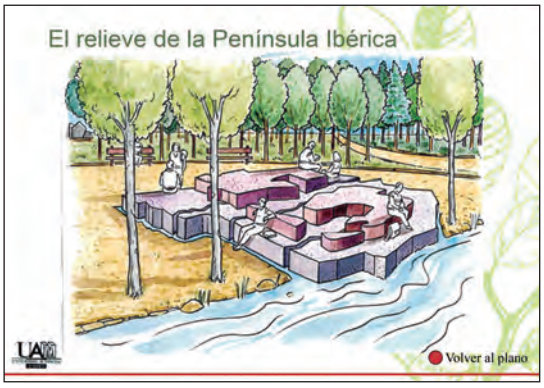
DOCENCIA	INVESTIGACIÓN	GESTIÓN Y VIDA UNIVERSITARIA: POLÍTICA	GESTIÓN Y VIDA UNIVERSITARIA: EDUCATIVAS	GESTIÓN Y VIDA UNIVERSITARIA: TÉCNICAS
D4. Inclusión de contenidos sobre ODS en las asignaturas. (7)	I5. Posicionar a la UAM como referentes de investigación en un o unos ODS (IMDEAS ODS) (14)	P8. Quiosco para referencia de sostenibilidad, tienda, cafetería ecológica, punto reparto APADUAM (15).	E5. Metrominuto (Distancia en metros y tiempo) ubicada en puntos de acceso (estación tren, parada de buses) y céntrales (Rectorado, Plaza Mayor) (5)	T1. Orientar a la UAM hacia la economía circula (15)
D7. Facilitar la utilización del campus como aula ambiental de prácticum, TFGs o TFMS, etc. (6)	I1. Observatorio para la difusión - Inventario de equipo de investigación sobre ODS (dinámica, activa) (6).	P6. Incorporar criterios relacionados con los ODS en contratos (4).	E3. Soy de la UAM: fomentar campañas de arraigo, sentido de pertenencia. (4)	T13. Uso agroecológico: frutales, zona de huertas, ganadería, apicultura. (14)
D3. Materia transversal sobre ODS, obligatoria con parte práctica, y parte común y específica por titulación. (4)	I2. Plataforma de colaboración para investigaciones de los ODS (5)	P3. Creación de Vicerrectorado de ODS (3).	E7. Catálogo de actividades sostenibles voluntarias, que se pudiera reconocer de algún modo (créditos, horas, etc.). (4)	T2. Analizar la producción de residuos, mejorar la separación. (6)
D5. Revisar las guías docentes y vincular con los ODS (1).	I8. Incentivar (financiar) investigaciones sobre ODS (1).	P4. Plan de implementación de ODS en la comunidad (3).	E11. Usar La Corrala para promoción de ODS: domingo, cada facultad organice una actividad periódica con una entidad de Madrid (institución, asociación, empresa) para crear red. (4)	T3. Peatonalizar la zona del núcleo histórico. (5)
D6. Incorporar los ODS en la evaluación de la actividad docente (Docentia) (1)	I3. Auditoría, evaluación de la aportación de los proyectos de investigación a los ODS (-).	P5. Coordinación de servicios con competencias en ODS, y el compromiso de actores clave: fundación, consejo social (3).	E13. Dar uso a la Plaza Mayor: foros de empleo, ferias, conciertos, carreras, mercados. (3)	T9. Mejorar la depuradora, análisis calidad del agua (contaminantes), diseño de geofiltro. (6)
D9. Proyectos de innovación docente sobre ODS (1).	I4. Encuentro periódico, temático, de investigadores en torno a los ODS, con aportes externos, benchmarking (-).	P2. Seleccionar ODS prioritarios y trabajar sobre ellos, en red con los municipios o entidades cercanas (2).	E8. Campeonatos de cumplimento de ODS por departamentos, residentes en colegio mayor (Hogares Verdes, Actívate EHU) (2)	T8. Fomentar el car sharing UAM, Zity u otras empresas. (4)
D1. Organización de conferencias, seminarios de difusión de investigaciones sobre ODS (temáticos, con expertos externos, orientados a colectivos específicos, como profesorado Fac. de Formación de Profesorado) (-)	I6. Concurso, premios, menciones a investigaciones sobre ODS. (-).	P9. Usar la Cristalera como referente para la reserva de la biosfera, Parque Nacional (2).	E1. Difusión y visibilidad más allá del correo electrónico. Trabajar más las redes sociales y el in situ (1)	T7. Fotolinera y puntos de recarga. (4)
D2. Incorporar los ODS en los planes formativos de PAS y PDI (importancia del cómo y no sólo del qué) (-)	I7. Programas de doctorado con actividades relacionadas con los ODS (-).	P1. Fomentar la participación de asociaciones, organizar jornadas específicas para que las asociaciones se visibilicen. (1)	E9. App de recursos "saludables" (1)	T8. Puntos de bicis eléctricas desde el tren al resto de zonas del campus, Bicimad. (4)
D8. Oferta de cursos de extensión (corta duración, verano) sobre los ODS, tipo SDGAcademy de REDS.	I9. Presupuesto participativo para investigación en ODS (-).	P7. Replicar SDGLab en otras sedes del Campus (1).	E10. Rutas, itinerarios (correr, bici, de insectos, de aves), sendas botánicas, sensoriales, accesibles, inclusivas, con incentivos. (1)	T15. Mejorar ambiental la Plaza Mayor: lonas de sombra, macetones con árboles, incluso aerogeneradores. (4)
PROPUESTAS ANALIZADAS PROPUESTAS TAMBIÉN CONSIDERADAS EN EL ANÁLISIS			E12. Zona de prácticas ambientales desde todos los ámbitos: derecho, educación, economía, agroecología, geografía, química... (1)	T4. Accesibilidad universal y digna a todo despacho, laboratorio y aula, que no está aún (3)
			E2. Sensibilizar con el ejemplo, de cada estamento (profesorado, alumnado, PAS)	T12. Huertos en campos de petanca.(3)
			E4. Paneles informativos en la Plaza Mayor, en el resto de facultades sobre temas ambientales: consumos energía, agua, generación de residuos	T14. Patios interiores convertirlos en zonas de estancia, y más allá, huertos, jardines comestibles, etc. (2)
			E6. Campañas diferentes para las personas que aparcan mal: mímica	T11. Limpieza de escombreras y vertidos.(1)
				T16. Revisar proyectos para la parcela frente a la escuela politécnica sobre jardín de rocas, de ecosistemas madrileños... (1)
				T5. Parking disuasorio en el campus de fútbol d arena.
				T10. Campus muy verde pero poco azul: estanques, lagunas, utilizando ya zonas inundables.

APÉNDICE 6. ALGUNOS BOCETOS ELABORADOS POR EL PROF. FERNANDO GONZÁLEZ BERNÁLDEZ PARA LA CREACIÓN DE UN JARDÍN BOTÁNICO EN EL CAMPUS DE LA UAM



Aula y Plaza Estancial
Volver al plano

Piso oromediterráneo
Volver al plano


El relieve de la Península Ibérica
Volver al plano

Área estancial en el piso crioromediterráneo
Volver al plano

SERVICIOS DE ABASTECIMIENTO

Alimentos

Materiales bióticos

Plantas aromáticas /medicinales

SERVICIOS DE REGULACIÓN

Secuestro de carbono

Regulación micro climática

Recarga de acuíferos

Polinización

Hábitat para especies

Eliminación de contaminantes

SERVICIOS CULTURALES

Conocimiento científico

Educación ambiental

Disfrute estético

Recreación