

CONAMA 2020

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Laboratorio de Soluciones basadas en la Naturaleza (CARTIF – NBS-Lab)

Un laboratorio de soluciones basadas en la naturaleza para investigar el uso funcional de los recursos naturales como medio de lucha contra el cambio climático en las ciudades”



Autor Principal: Raúl Sánchez Francés (Fundación CARTIF)

Otros autores: Raquel Marijuán (Fundación CARTIF), Silvia Gómez (Fundación CARTIF), Jose Feroso (Fundación CARTIF), Esther San José (Fundación CARTIF), María González (Fundación CARTIF), José María Sanz (Fundación CARTIF).

ÍNDICE

1. Laboratorio de Soluciones basadas en la Naturaleza (CARTIF-NBS-Lab)
2. Resumen
3. Introducción
4. Desarrollo del Laboratorio de Soluciones basadas en la Naturaleza (CARTIF-NBS-Lab)
5. Conclusiones
6. Bibliografía

1. LABORATORIO DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA (CARTIF – NBS-LAB)

Un laboratorio de soluciones basadas en la naturaleza (CARTIF NBS-Lab) para investigar el uso funcional de los recursos naturales como medio de lucha contra el cambio climático en las ciudades

2. RESUMEN

CARTIF pone en marcha su Laboratorio de Soluciones basadas en la Naturaleza (NBS-Lab), convirtiéndose así en el primer Centro Tecnológico español en contar con unas instalaciones de este tipo. Este laboratorio permitirá investigar soluciones naturales como alternativa a las soluciones urbanas tradicionales favoreciendo la transformación de nuestras ciudades en bio-ciudades. CARTIF, que trabaja con Soluciones basadas en la Naturaleza desde hace 10 años, y que dispone de un equipo de personas con experiencia en todas las disciplinas que cubren este área científica (Ingenieros Forestales, Ingenieros Agrónomos, Ingenieros Agrícolas, Químicos, Biólogos y especialistas en diferentes temáticas ambientales), potencia así su actividad hacia el desarrollo del 'bio-urbanismo', concepto que trae de nuevo la naturaleza a nuestras ciudades, haciendo de ellas lugares más sostenibles y saludables, donde prime el bienestar de los ciudadanos. El Laboratorio se basa en el Proyecto '*Investigación sobre el uso funcional de recursos naturales para resolver problemáticas ambientales derivadas del actual cambio del clima y del deterioro ecosistémico de las zonas urbanas y periurbanas*', que está financiado a través de la convocatoria de Proyectos de I+D aplicados a Centros Tecnológicos del Instituto para la Competitividad Empresarial (ICE) de Castilla y León, y dispone de un presupuesto de más de 600.000€.

La implementación del Laboratorio de NBS cuenta con varias instalaciones piloto que permitirán trabajar en distintas líneas de investigación:

- Mejora de la calidad del aire mediante soluciones naturales, a través de sistemas naturales de depuración de gases y filtrado de aire – Green Filter.
- Sistemas innovadores de Infraestructuras Verdes, como jardines verticales/fachadas verdes y sistemas vegetados de sombra.
- Mejora de la gestión y depuración de aguas residuales a través de Sistemas Sostenibles Urbanos de Gestión del Agua.
- Sistemas de mejora de suelos degradados, el cual contará con un invernadero piloto con sistemas de control climático.
- Nuevos sistemas de cultivo sostenibles, como piloto de hidroponía.
- Módulos de polinizadores para monitorizar su presencia y evaluar la evolución de sus poblaciones.

3. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, el 54% de la población mundial vive en ciudades y se espera que este porcentaje aumente al 70% en 2050 (<https://www.un.org>). El desarrollo sostenible dependerá aún más de cómo se gestione el crecimiento urbano y de sus medidas de mitigación y atenuación al cambio climático. La reciente distancia de las ciudades a los ciclos naturales y la naturaleza ha generado un modelo de ciudad actual insostenible desde el punto de vista ecológico [13]. Esto se debe a que ha sufrido un proceso de urbanización muy intenso, que ha ido aumentando hasta la actualidad. La ciudad contemporánea ha ido modificando el entorno natural hasta hacerlo desaparecer; ha domesticado la naturaleza, suprimiéndola de los lugares que había ocupado hasta entonces [9]. Este modelo de ciudad implica un consumo indiscriminado de recursos, impermeabilización y densificación del suelo, uso de combustibles fósiles, sistema de movilidad contaminante, rentabilidad del suelo y niveles extremos de remoción de vegetación. Estas nuevas condiciones son perjudiciales para el desarrollo de la vida en las ciudades. Las consecuencias son perjudiciales tanto para el medio ambiente como para los seres humanos [7]. Este hábitat urbano intensamente modificado tiene una huella ecológica masiva que implica importantes desventajas que impactan en los humanos a escala local y global. La capacidad de autorregulación de las áreas urbanas se ha visto afectada y los efectos del cambio climático aumentan en las ciudades: olas de calor más intensas debido al efecto isla de calor, peor calidad del aire debido al sistema de movilidad e industrias contaminantes, mayor riesgo de inundaciones debido al sellado del suelo, pérdida de biodiversidad, escasez de recursos, etc. En la medida en que una mayor promoción de la población mundial se urbaniza y se vuelve más densa, la necesidad de mitigar el impacto y revertir este modelo de ciudad se vuelve más urgente.

La vegetación puede traer muchos beneficios a las áreas urbanas. La regeneración de las ciudades puede ayudar a mejorar la calidad de vida de sus habitantes, no solo enfrentando problemas ambientales, sino también respondiendo a necesidades sociales.

Desafortunadamente, la densidad de edificios y el costo del terreno dificulta la creación de nuevas áreas verdes para la siembra y se está agravando debido a la complejidad de las infraestructuras subterráneas [14].

Las Soluciones Basadas en la Naturaleza pueden ser una respuesta a la introducción de vegetación en ciudades densas, gracias a la reciente innovación tecnológica y al dominio vertical es posible implementar la vegetación y aprovechar sus beneficios en lugares donde no es posible implantar sistemas de vegetación tradicionales[6]. Las NBS permiten conectar áreas verdes existentes, completando la infraestructura verde urbana y apoyando los ecosistemas naturales. Considerando que la idea central de los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) es que es necesario lograr el bienestar para todos de forma sostenible, integrando los servicios ecosistémicos en áreas urbanas y periurbanas y aprovechando los beneficios de la renaturalización de las ciudades / introduciendo la naturaleza a través de las NBS es una medida necesaria a nivel local para implementar los ODS. Una sociedad y una economía justas dependen en gran medida de una biosfera saludable.

Laboratorio de Soluciones basadas en la Naturaleza (CARTIF – NBS-Lab)

De acuerdo con la revisión de las metas realizadas por el Consejo Internacional para la Ciencia [12], todas las metas de los ODS se benefician en cierta medida de la protección, restauración y uso sostenible de los ecosistemas [18]. Muchos de los objetivos de desarrollo se basan en el desempeño de uno o más servicios de los ecosistemas. Es importante comprender cómo funcionan estos servicios y cómo pueden apoyar las metas de los ODS. La efectividad de las NBS es mayor si se combinan conscientemente y es más probable que produzcan un mayor número de co-beneficios [8]. Se espera que algunas metas se vean más afectadas por la implementación de NBS que otras. Por lo tanto, es posible el uso funcional de los recursos naturales para resolver los problemas ambientales en las ciudades derivados del Cambio Climático y el deterioro de los ecosistemas de las áreas urbanas y periurbanas apoyando a las ciudades en el logro de las metas sostenibles.

Es necesario establecer una guía sobre los servicios de los ecosistemas en el contexto de los ODS: cómo y cuándo se pueden gestionar los servicios de los ecosistemas para cumplir las metas definidas, facilitando que los responsables de la formulación de políticas los incorporen en los planes de desarrollo [18].

4. DESARROLLO DEL LABORATORIO DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA (CARTIF-NBS-LAB)

Si bien las NBS se consideran un método eficaz para contribuir a los ODS, abordando el cambio climático y sus desafíos en áreas urbanas y periurbanas, no son realmente accesibles y operativas para las personas y las autoridades, por lo que sigue siendo la tendencia implementar la arquitectura e ingeniería tradicionales para resolver problemas ambientales.

Por ello, CARTIF ha desplegado un Laboratorio de NBS para promover la investigación y el desarrollo de NBS como alternativa a las soluciones urbanas tradicionales y fomentar la transformación de nuestras ciudades en biociudades a través de aspectos de biourbanismo [16].

El objetivo general del NBS-Lab es investigar las soluciones basadas en la naturaleza como medio de adaptación y mitigación contra los efectos del cambio climático. Este objetivo se perseguirá mediante el estudio y evaluación de nuevas funcionalidades, esquemas de instalación y oportunidades basadas en NBS para facilitar su integración en edificios y parques urbanos de forma socialmente aceptada, económica y sostenible. La creación o el incremento de funciones adicionales maximizará el impacto positivo y por tanto su viabilidad económica, ambiental y social. Esta investigación incluye:

- Investigación de soluciones basadas en la naturaleza y bioeconómicas para enfrentar los desafíos ambientales actuales en áreas urbanas y periurbanas.
- Nuevos modelos de negocio para estudiar el potencial de la investigación y orientar los análisis de funcionalidad a las necesidades del mercado.
- Analizar, describir y determinar los múltiples beneficios que las soluciones naturales producen en la salud humana, el estilo de vida, el bienestar y la inclusión social.
- Establecer técnicas de mantenimiento y mejora de la biodiversidad urbana y periurbana.

Se espera generar el conocimiento necesario sobre el contexto de las NBS para contribuir al posicionamiento de las empresas en el campo en las NBS y apoyar a las ciudades en la implementación de políticas ambientales y NBS con base científica.

El Proyecto ha desarrollado diferentes pilotos de NBS según diferentes líneas de investigación relacionadas con el abordaje de desafíos urbanos y periurbanos desde un punto de vista sostenible. Al mismo tiempo, algunas de las soluciones concebidas y diseñadas en el NBS-Lab ya han tenido una réplica real a través de su implementación en la ciudad de Valladolid (proyecto URBAN GreenUP).

Piloto 1 - Filtro verde para mejorar la calidad del aire

La eliminación de los contaminantes del aire de las corrientes de aire mediante la disolución de esos contaminantes en agua, seguida de la biodegradación de los contaminantes, ha sido un concepto útil para el control de los contaminantes del aire durante muchos años. El enfoque de NBS-lab va más allá de la incorporación de la microbiota adecuada en un sustrato natural que puede ser utilizado como medio de plantación convencional. Todo el sistema puede capturar de manera efectiva los contaminantes más importantes, ya sea que el sustrato se complete con una estructura adecuada y algunos materiales adicionales para soportar el sustrato en la captura de partículas y NO. Este piloto NBS está compuesto por tres elementos principales, el sistema de extracción para extraer el aire contaminado del aparcamiento subterráneo, la sección plenum para distribuir el aire bajo el Bio-filtro y el propio Bio-filtro para limpiar el aire y metabolizar los contaminantes.

Está compuesto por varias capas de soporte, absorción y protección de contaminantes y finalmente está cubierto por vegetación. La absorción / captura de los contaminantes del aire la realizan las diferentes capas y la metabolización de estos contaminantes la realiza la microbiota del suelo y la vegetación.



Figura 1. Instalación de prototipo de sistema de biofiltro en CARTIF. (Fundación CARTIF)

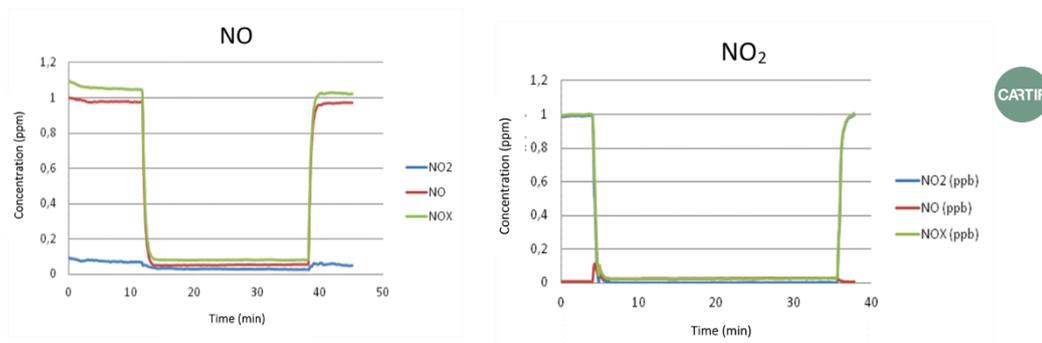


Figura 2. Resultados de laboratorio para la captura de NO y NO2 por el biofiltro. (Fundación CARTIF)

Este piloto NBS ha sido concebido por CARTIF a través de otro proyecto (proyecto URBAN GreenUP). Los resultados del proyecto muestran que se puede capturar la mayor parte de NO_x y PM (> 90%) del aire interior (concentración de contaminantes 0,5-1ppm). De la misma forma, este NBS puede adaptarse a aparcamientos o túneles existentes o incluirse en el diseño de nuevas infraestructuras. Se puede crear una nueva línea para extracción de aire interior y conducirlo a la zona plenum. Luego, el aire se limpiará pasando por los materiales del biofiltro. Debido al diseño específico de las capas de biofiltro, la caída de presión del filtro es muy baja y se utiliza un extractor simple.

Piloto 2 - Fachada verde como una infraestructura verde innovadora

Se instala un Muro Verde en la fachada oeste del edificio CARTIF, que recibe un alto porcentaje de radiación solar en verano. Está compuesto por cinco sistemas constructivos diferentes y una combinación de siete tipos de vegetación para evaluar las posibles diferencias entre ellos y su funcionalidad. El diseño juega con la textura y el color de la vegetación. Asimismo, se instala un sistema de riego hidropónico creando un circuito cerrado, ya que recircula el exceso de agua. La conductividad eléctrica (CE) y los niveles de pH están regulados por una aplicación.

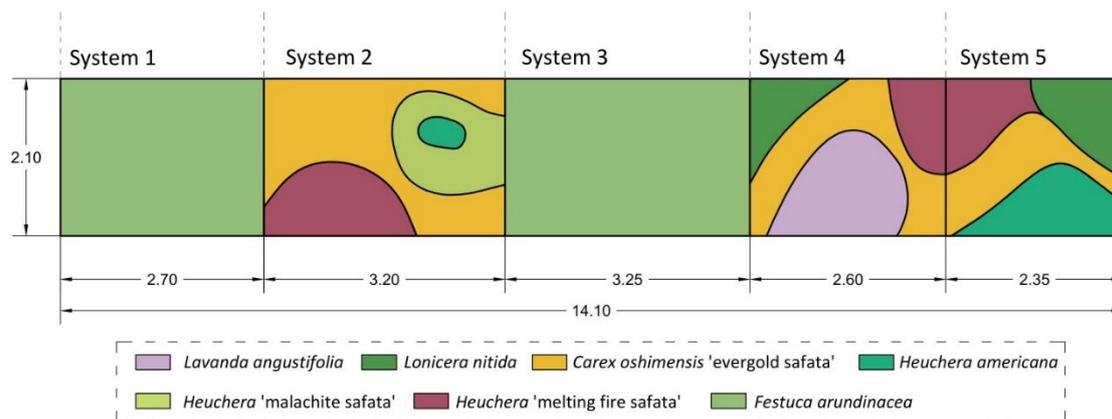


Figura 3. Diseño del piloto de Fachada Verde en CARTIF. (Fundación CARTIF)

Este piloto NBS tiene como objetivo evaluar la influencia de una Fachada Verde en el confort térmico, su capacidad como herramienta pasiva para el ahorro de energía, mitigación del cambio climático y reducción del efecto isla de calor. Se ha realizado un seguimiento de las condiciones meteorológicas. El siguiente gráfico muestra el comportamiento térmico de tres sistemas diferentes del piloto de Fachada Verde mediante la medición de la temperatura máxima en la superficie de la fachada durante el período estival.

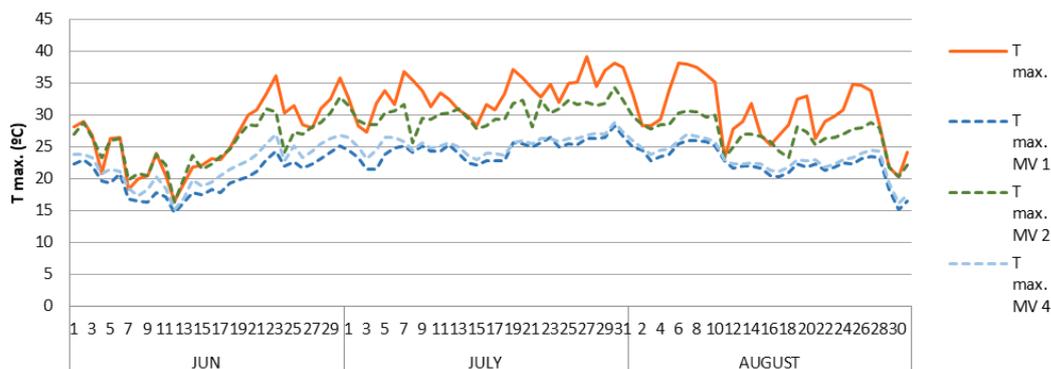


Figura 4. Comportamiento térmico del piloto de Fachada Verde en el período de verano de 2020. (Fundación CARTIF)

La Figura 4 muestra la reducción de temperatura en la superficie de la fachada debido a la vegetación vertical en relación con la temperatura ambiente. El tipo de vegetación y el sistema constructivo se determinaron en la capacidad del Muro Verde para reducir la temperatura superficial. En el día más caluroso (27 de julio de 2020), la temperatura en el sistema 1 se redujo en 12,9°C.

La toma de imágenes térmicas permite comparar diferentes temperaturas superficiales entre la Fachada Verde y la tradicional. La imagen a continuación fue tomada el 23 de junio de 2020 a las 11:00 a.m.

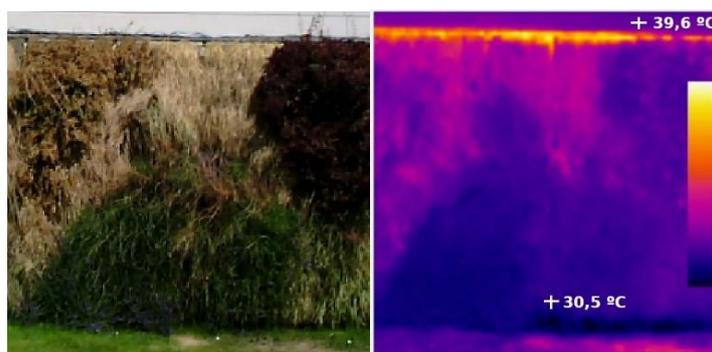


Figura 5. Imagen térmica de la Fachada Verde, 23 de junio de 2020. (Fundación CARTIF)

Piloto 3 - Sistemas de sombra verde como una infraestructura verde innovadora

Se instala una estructura de sombra verde en el patio del edificio CARTIF. El nombre comercial es LEAFSKIN®. Utiliza una estructura textil triangular como soporte para el sustrato de la semilla creando un sistema muy ligero para el crecimiento de la vegetación. La estructura se ancla a diferentes niveles en tres puntos al muro de fachada y patio. Utiliza el mismo sistema de riego hidropónico que el Green Wall. El terreno de juego de la estructura verde permite recoger el agua sobrante, recircularla a los depósitos de agua.

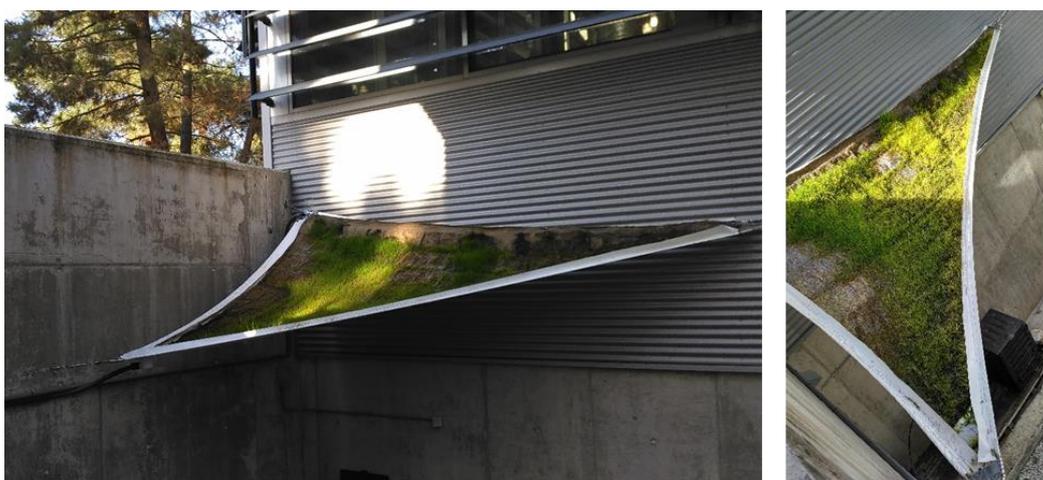


Figura 6. Instalación del piloto del sistema de sombra verde en el edificio CARTIF. (Fundación CARTIF)

Se ha realizado un seguimiento periódico mediante inspección visual, evaluando su funcionalidad, mantenimiento e integración en áreas urbanas así como los beneficios ecológicos que puede aportar. Los resultados se han recogido en la siguiente tabla:

Cuadro 1. Monitoreo de resultados de Green Shady Structure

Monitorización	Resultados
Funcionalidad	Puede reducir las altas temperaturas gracias a la proyección de sombras en fachadas y espacios urbanos reduciendo la temperatura superficial y mediante la evapotranspiración de la vegetación que aporta humedad; Está determinada por la selección de especies.
Mantenimiento	Es muy sensible a la falta de riego; Sistema de riego eficiente
Desarrollo de Vegetación	La vegetación es muy sensible a los diferentes niveles de humedad, no logrando una cobertura verde completa de la estructura.
La biodiversidad	La vegetación atrae a los polinizadores durante la floración y fue utilizada por las aves como abrevadero durante la implementación

Fuente: NBS-Lab – Fundación CARTIF

Piloto 4: Sistema de gestión sostenible del agua urbana para mejorar la gestión de las aguas residuales

En el edificio CARTIF se construyó un humedal construido de flujo subterráneo horizontal en el sitio (HSF-CW) (4 m de largo, 4 m de ancho, 0.3 m de profundidad) para el tratamiento de aguas residuales. El medio poroso fue grava pequeña y mediana (SG, D50 = 7.5.mm, rango 5–10 mm; MG, D50 = 15.0 mm, rango 4–25 mm) y la vegetación utilizada fue espadaña (*Typha domingensis*) y papiro (*Cyperus papiro*), ambas plantas acuáticas (macrófitas). El sistema HSF-CW se completó con la instalación de un tanque de almacenamiento de aguas residuales y un circuito de bombeo para la recirculación de las aguas residuales que sirve como afluente. También se incluyó una unidad de filtrado por tamices para realizar el pretratamiento de las aguas residuales. De esta forma, el sistema de filtrado se conecta a la salida del tanque para eliminar las partículas sólidas presentes en las aguas residuales.



Figura 7. Instalación de escala piloto HSF-CW en edificio CARTIF. (Fundación CARTIF)

Los objetivos de este estudio son la validación del HSF - CW como una tecnología verde alternativa para el tratamiento de varios tipos de aguas residuales a través de la investigación del efecto de la temperatura, el tipo de vegetación y los tiempos de residencia hidráulica en la remoción de contaminantes en las condiciones climáticas regionales.

Durante el estudio, se recolectaron muestras de aguas residuales del afluente y el efluente del HSF-CW a escala piloto. La temperatura (T), el pH, la conductividad eléctrica (CE), el oxígeno disuelto (DO) y el nitrógeno amoniacal ($\text{NH}_4\text{-N}$) se midieron in situ utilizando instrumentos portátiles de serie para el tratamiento de aguas residuales. Además, las muestras de aguas residuales fueron analizadas en laboratorio para la determinación de materia orgánica (DBO y DQO), fósforo total (TP), sólidos suspendidos totales (TSS) y número total de bacterias o células fúngicas viables (UFC), según a los métodos estándar [2]. Se estudiaron varias estrategias de operación simples y continuas. Los resultados más interesantes se obtuvieron mediante un régimen de operación que incluía la recirculación del efluente después de cada ciclo, realizando tres ciclos en total con un tiempo de residencia hidráulica de 21 días por ciclo. Después de completar la prueba, se observó que las eficiencias de eliminación de contaminantes eran altas. Todos los parámetros analizados muestran una disminución superior al 30%. Así, la DBO y la DQO disminuyeron un 56,7% y un 45,7%, respectivamente. En cuanto al $\text{NH}_4\text{-N}$, se observó una disminución del 45% con respecto al afluente inicial. PT y SST también disminuyeron 37,78% y 31,1%, respectivamente. Cabe destacar el nivel de remoción de fósforo obtenido, que muestra la demanda de nutrientes que presentan las macrófitas.

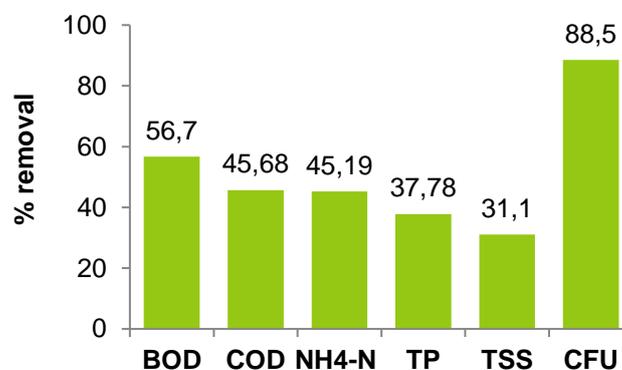


Figura 8. Eficiencia media de eliminación de contaminantes después del tratamiento. (Fundación CARTIF)

También es importante mencionar que, de acuerdo a los resultados del análisis microbiológico del efluente, el número de UFC totales disminuyó hasta en un 88% con respecto al afluente inicial. Teniendo en cuenta la calidad de esta agua, sería viable la opción de utilizarla en riego o alguna otra reutilización e incluso se puede aplicar un tratamiento de desinfección para cumplir con lo establecido en el Reglamento de Descarga y Reutilización de Aguas Residuales [15].

Piloto 5 - Invernadero inteligente para mejorar suelos degradados

El invernadero piloto se instala anexo al edificio CARTIF. Tiene una superficie total de 24 m²; 4 ventanas de techo; y 2 puertas de entrada. El invernadero está equipado con sensores que proporcionan un seguimiento continuo de diferentes parámetros: temperatura, humedad relativa, intensidad de luz y CO₂. Por otro lado, el invernadero cuenta con automatismos que permiten mantener las variables mencionadas en límites óptimos para las plantas. En este sentido, el invernadero cuenta con un sistema de fotoperiodo artificial. Esto permite mantener un nivel controlado de intensidad de luz durante un período controlado. El sistema está compuesto por 2 tipos de iluminación: 7 plafones y 2 líneas de led sobre las plantas con rango de longitud de onda variable. Además, el invernadero cuenta con un sistema de riego automático que proporciona humedad ambiental y riego directo a las plantas. Finalmente, el nivel de temperatura es controlado por las ventanas del techo que se abren y cierran automáticamente cuando la temperatura es demasiado alta / baja.

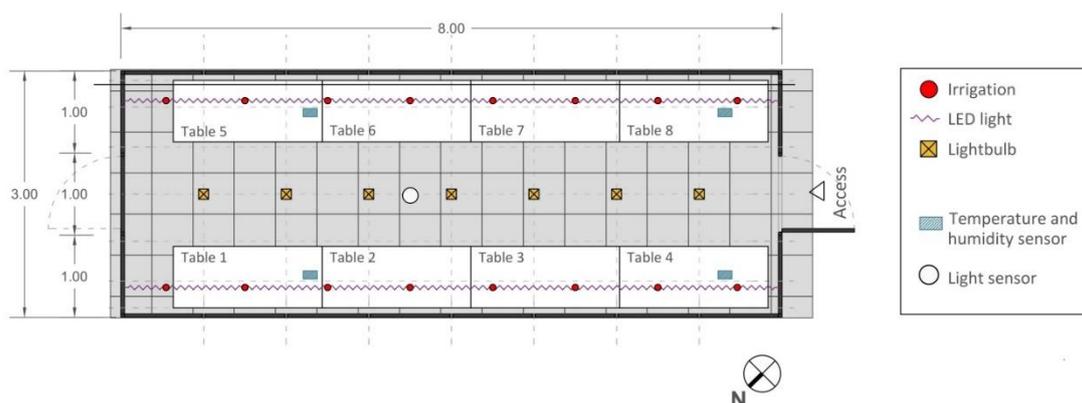


Figura 9. Ubicación de los diferentes elementos del invernadero inteligente. (Fundación CARTIF)

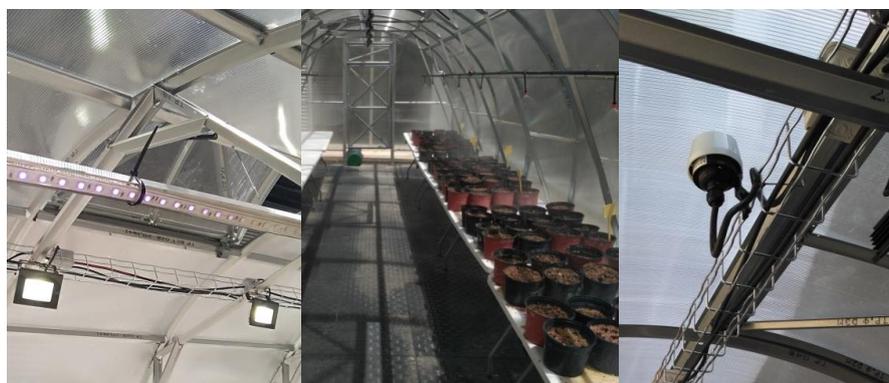


Figura 10. Diferentes elementos del invernadero inteligente: iluminación y ventana de techo (izquierda), sistema de riego (centro), sensor de iluminación que enciende y apaga las luces (derecha). (Fundación CARTIF)

Este piloto tiene como objetivo proporcionar evidencias del comportamiento de suelos inteligentes como una solución a la degradación del suelo debido a las actividades humanas y al cambio climático. Los cambios en los usos de la tierra, la intensificación agrícola, la urbanización masiva, la deforestación, así como otras influencias humanas, se ven reforzados por episodios climáticos más extremos relacionados con el cambio climático. Por lo tanto, el invernadero inteligente puede crear un entorno controlado para evaluar el crecimiento y el desarrollo de las plantas. Se diseñaron cuatro tipos diferentes de suelos inteligentes utilizando diferentes residuos agroalimentarios, estiércol de conejo, paja, lodos de la industria hortofrutícola, posos de café y digestato.

Paralelamente, se analizó un suelo degradado, los resultados mostraron que tenía un exceso de ciertos nutrientes y otras deficiencias nutricionales, así como una materia orgánica insuficiente. La composición del suelo inteligente se diseñó para cubrir las necesidades de ese suelo. El porcentaje de materias primas en cada suelo inteligente se da en la tabla 2.

Cuadro 2. Porcentaje de materia prima que compone los suelos inteligentes diseñados.

	Lodos (%)	Paja (%)	Posos café (%)	Estiércol (%)	Digestato (%)
Smart Soil 1	10	20	30	30	10
Smart Soil 2	10	25	30	25	10
Smart Soil 3	15	20	25	35	5
Smart Soil 4	5	25	25	30	15

Fuente: NBS-Lab – Fundación CARTIF

Tras el período de maduración y el análisis final de la mezcla de suelo y suelo inteligente, se seleccionó el que presentaba mejores características para el cultivo agrícola. Se ensayó suelo degradado mejorado con 4 suelos inteligentes formulados (S1, S2, S3 y S4), así como un sustrato comercial como serie de control (sustrato universal). Cada muestra fue sembrada con una especie agrícola común (girasoles) y la evolución de las plantas fue probada y monitoreada en ambiente controlado.

Se ha tomado como suelo de referencia un sustrato universal comercial (línea roja en la figura, S0). Teniendo en cuenta esta referencia, las plantas que crecen en suelos experimentales han mostrado valores inferiores al S0 de crecimiento en altura en los primeros momentos de la brotación. Sin embargo, en estados posteriores de desarrollo, S4 mostró mejores valores que el sustrato comercial. En contraste, el suelo tratado S1 mostró los resultados más bajos en términos de crecimiento.

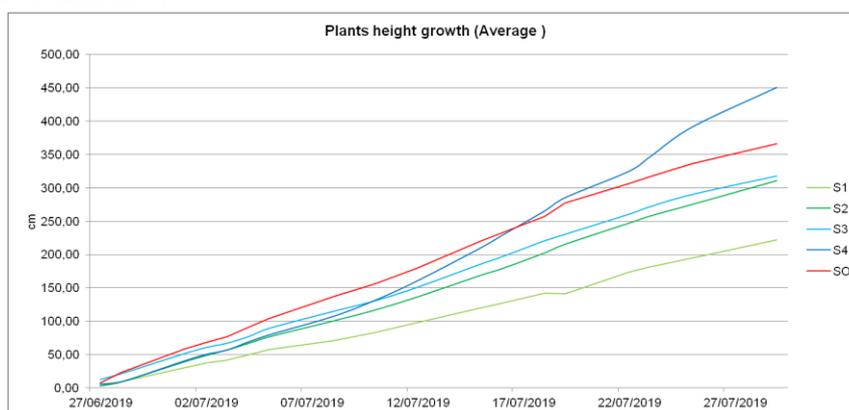


Figura 11. Plantas que crecen en sustrato universal y experimental. (Fundación CARTIF)

Piloto 6 - Hidroponía para nuevos sistemas de cultivo sostenibles

El piloto hidropónico está ubicado en el patio del edificio CARTIF. La estructura piloto se resuelve mediante tres caballetes metálicos que soportan ocho tuberías hidropónicas con cavidades para la introducción de vegetación. En un espacio reducido, es posible cultivar 168 especies diferentes al mismo tiempo. La combinación de diferentes cultivos permite evaluar su optimización para este tipo de sistema. El sistema de riego es similar al de otros pilotos, recogiendo el exceso de agua.



Figura 12. Especificaciones técnicas sobre las dimensiones del piloto de hidroponía. (Fundación CARTIF)

El objetivo es identificar los diferentes cultivos aptos para este sistema, evaluando el ahorro de agua y el mínimo mantenimiento.

La siguiente tabla muestra los resultados de una de las cuatro plantaciones hidropónicas que se han estudiado, incluyendo qué especies han tenido buen desarrollo y qué condiciones son necesarias para cada plantación en un sistema hidropónico.

Cuadro 3. Resultados de la 3ª plantación en el piloto de hidroponía.

Plantation 3 (9 th of March 2020)				
Cultivo	Nº	Cosecha	Proveedor	Comentarios
Basil (<i>Ocimum basilicum</i>)	10	NO	Seedbed (02-2020)	No germinó
Spinach (<i>Spinacia oleracea</i>)	20	YES	Seedbed (02-2020)	Óptimo desarrollo
Chard (<i>Beta vulgaris 'cicla'</i>)	20	YES	Seedbed (02-2020)	Óptimo desarrollo
Rocket (<i>Eruca vesicaria</i>)	20	YES	Seedbed (02-2020)	Óptimo desarrollo

Laboratorio de Soluciones basadas en la Naturaleza (CARTIF – NBS-Lab)

Lettuce (<i>Lactuca sativa</i>)	20	NO	Seedbed (02-2020)	No germinó
Chard (<i>Beta vulgaris</i> 'cicla')	20	SI	Garden Centre	Óptimo desarrollo
Strawberry (<i>Fragaria</i>)	22	NO	Garden Centre	No se adaptó al crecimiento medio. Baja producción
Strawberry bush (<i>Fragaria</i>)	22	NO	Garden Centre	No se adaptó al crecimiento medio. Baja producción
Tomato (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	4	SI	Garden Centre	Óptimo desarrollo /en progreso
Broccoli (<i>Brassica oleracea</i> 'italica')	2	NO	Garden Centre	No se adaptó al crecimiento medio
Lombard (<i>Brassica oleracea var capitata</i>)	2	NO	Garden Centre	En desarrollo; cultivo fallido
Spinach (<i>Spinacia oleracea</i>)	14	SI	Garden Centre	Óptimo desarrollo
Lettuce four season marvel (<i>Lactuca Sativa</i>)	15	NO	Garden Centre	Fallo en el riego
Lechuga galum (<i>Lactuca sativa</i>)	15	NO	Garden Centre	Fallo en el riego
Parsley (<i>Petroselinum Sativum</i>)	5	NO	Garden Centre	No se adaptó al crecimiento medio
Forget-me-not (<i>Myosotis sylvatica</i>)	10	SI	Garden Centre	Ornamental
Tansy (<i>Tanacetum vulgare</i>)	2	NO	Garden Centre	No se adaptó al crecimiento medio

Fuente: NBS-Lab – Fundación CARTIF

Piloto 7 - Módulo de polinizadores para evaluar la presencia de polinizadores urbanos

El módulo polinizador (superficie de 8m²) se instala en la entrada principal del edificio CARTIF. Está construido con madera ecológica y relleno con tierra de compostaje, evitando así la explotación de turberas naturales donde se reproducen principalmente mariposas y otros insectos y animales.

La parte más importante del módulo está formada por las plantas, las cuales han sido elegidas según criterios específicos que hacen que el módulo tenga alimento para la mayor cantidad posible de polinizadores durante el mayor tiempo posible.

Otros elementos imprescindibles del módulo son el abrevadero y los refugios; estos últimos son diferentes según el tipo de polinizador, por ejemplo, las abejas solitarias son cañas u hojas y la tierra y las mariposas prefieren espacios pequeños con ranura [1].



Figura 13. Diseño inicial e implementación del módulo polinizador. (Fundación CARTIF)

El módulo fue construido para varios propósitos, por un lado, para probar diferentes sistemas de monitoreo y para demostrar que una pequeña acción puede mejorar significativamente la biodiversidad de un área. Los sistemas de monitoreo probados en el módulo se basaron en foto-atrapamiento, trampas de agua fotocromáticas e inspección visual.

El primer método de foto-trampas consiste en cámaras de foto-trampa que detectan movimiento tanto de día como de noche [5], por lo que en un principio resultó muy interesante por el tiempo que implicaba. , además de marcar la hora del día y la temperatura. El objetivo de este método era no solo detectar la presencia de polinizadores sino también determinar qué condiciones eran las más adecuadas para estudiarlos según criterios de temperatura y humedad, hora del día, así como permitir su recuento y clasificación. que la presencia constante de una persona ni siquiera era necesaria.

Trampas de agua fotocromáticas, en este caso que consisten en cuencos con agua coloreada (amarillo, azul, blanco, rojo y verde) colocados a la altura de la vegetación para imitar flores y luego de un tiempo estandarizado son recolectados, este método proporciona el enfoque menos sesgado para muestrear una amplia gama de polinizadores, lo que es particularmente eficaz para muchas de las especies más pequeñas de abejas solitarias y moscas de agua. Los ensayos se llevaron a cabo durante 6-7 horas de tiempo de captura, así como 24 horas de tiempo de captura para la cantidad de insectos capturados, proporcionando datos de calidad suficiente para el análisis cuantitativo [3].



Figura 15. Trampas de agua fotocromáticas instaladas en el módulo polinizador y diferentes insectos monitoreados en el módulo de polinizadores. (Fundación CARTIF)

Tras probar diferentes técnicas de seguimiento, se ha descartado el foto-atrapamiento ya que las lentes no tienen la precisión necesaria para clasificar los insectos y además no detectan el movimiento de los insectos. Por otro lado, la técnica de las trampas fotocromáticas tampoco es válida ya que solo un porcentaje de polinizadores son atraídos por estas trampas. Por tanto, el seguimiento más adecuado consiste en inspecciones visuales realizadas por entomólogos y biólogos expertos, o bien por insiders que puedan hacer una clasificación de al menos las especies a las que pertenecen.

El módulo de polinizadores estuvo presente desde finales de marzo hasta finales de octubre. Con los primeros días cálidos del final del invierno aparecieron las primeras abejas melíferas gracias a los *muscari* y aunque las primeras heladas comenzaron en septiembre, el *bombus* continuó visitando la lavanda. El módulo demostró tener muy bajo mantenimiento y alto poder de atracción de polinizadores, contribuyendo a paliar el deterioro del ecosistema de la zona.

5. CONCLUSIONES

Los pilotos del NBS-Lab se han establecido teniendo en cuenta líneas de trabajo directamente relacionadas con cuestiones ambientales urbanas (calidad del aire, calidad y gestión del agua, calidad y uso del suelo y pérdida de biodiversidad).

Los biofiltros proporcionan una nueva concepción para abordar el problema de la calidad del aire en las ciudades desde un punto de vista natural y sencillo. Los materiales y medios naturales pueden sustituir una vía gris para mejorar la calidad del aire en las zonas urbanas.

Las infraestructuras verdes, como las fachadas verdes o los sistemas de cortinas verdes, contribuyen a desarrollar herramientas pasivas para ahorrar energía en los edificios y reducir el efecto isla de calor en las ciudades, mejorando el confort térmico. De la misma forma, este tipo de soluciones (NBS) pueden traer beneficios ambientales como reducción de altas temperaturas y conexión de biodiversidad en espacios urbanos limitados gracias a que no pueden ocupar espacio a nivel del suelo. La vegetación y la elección del sistema constructivo son las claves para conseguir un buen rendimiento, funcionalidad y sostenibilidad de las NBS instaladas.

Los Sistemas de Gestión Sostenible del Agua Urbana son alternativas viables para tratar las aguas residuales y reutilizarlas en riego o alguna otra reutilización.

La calidad de los suelos y su adecuado uso son un tema de actualidad en las zonas urbanas. La investigación y la innovación en el tema de la agricultura urbana también se están convirtiendo en una solución para el uso y aprovechamiento de los suelos urbanos.

La polinización es un proceso fundamental en relación con el cuajado, recolección y calidad de los frutos. La mejora de la actividad de los polinizadores en las ciudades está generando un gran movimiento de sensibilización sobre la protección de la biodiversidad urbana.

Iniciativas como el NBS-Lab son capaces de generar acciones locales que permitan apoyar a las autoridades en los procesos de toma de decisiones.

Las sinergias y cobeneficios evaluados entre pilotos servirán de ejemplo para ser replicado como verdaderas NBS en las ciudades, y la investigación realizada apoyará para la toma de decisiones no solo a las autoridades locales sino también a todos los principales actores implicados en la implementación de las NBS. Permitirá generar acciones de gobernanza que contribuyan al logro de los ODS en un contexto local.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Aguado, L. O., Viñuela, E., Fereres, A. (2017) “Guía de campo de los polinizadores de España”. 2ª edición. MUNDI-PRENSA LIBROS, S.A. ISBN 978-84-8476-721-3
- [2] APHA (1998) Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales. 20ª edición, Asociación Estadounidense de Salud Pública, Asociación Estadounidense de Obras Hidráulicas y Federación Ambiental del Agua, Washington DC.
- [3] Carvell, C. e Isaac, Nick y Jitlal, Mark y Peyton, Jodey y Powney, Gary y Roy, D.B. & Vanbergen, Adam & O'Connor, Rory & Jones, Catherine & Kunin, Bill & Breeze, T. &
- [4] Garratt, M. & Potts, Simon & Harvey, Martin & Ansine, Janice & Comont, Richard & Lee, Paul & Edwards, Mike y Roberts, Stuart y Roy, Helen. (2015). Diseño y prueba de un marco nacional de monitoreo de polinizadores y polinización.
- [5] Delgado-Fernández, M., Escobar, J. (2017) “Técnica de fototrampeo para registrador de insectos y reptiles técnica de captura fotográfica utilizada para capturar insectos y reptiles”. Agroproductividad. 10. 15-18
- [6] Elsadek, M., Liu, B., Lian, Z. (2019). “Fachadas verdes: su contribución a la recuperación del estrés y el bienestar en ciudades de alta densidad”, Urban Forestry and Urban Greening, vol.46. <https://www.sciencedirect.com/ponton.uva.es/science/article/pii/S1618866719302894>
- [7] Falcón, A. (2007). “Espacios verdes para una ciudad sostenible. Planificación, proyecto, mantenimiento y gestión”, Barcelona, Editorial Gustavo Gili, SL
- [8] Gómez, E., Giordano, R., Pagano, A., van der Keur, P., Máñez, M. (2020). “Utilizando un enfoque de pensamiento sistémico para evaluar la contribución de las soluciones basadas en la naturaleza a los objetivos de desarrollo sostenible”, Science of The Total Environment, vol. 738. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720332137>
- [9] Gómez, J. (2003). “El gobierno de la naturaleza en la ciudad. Ornato y ambientalismo en el Madrid decimonónico”, Madrid, Discurso de ingreso en la Real Academia de la Historia.
- [10] <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanization-prospects.html#:~:text=Actualmente%2C%20el%2055%20%25%20de%20las> , el%

20mundo% 20vive% 20en% 20ciudades

- [11] <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>
- [12] ICSU, ISSC (2015). “Revisión de las metas para los Objetivos de Desarrollo Sostenible: la perspectiva de la ciencia”, París: Consejo Internacional para la Ciencia (ICSU). <https://council.science/wp-content/uploads/2017/05/SDG-Report.pdf>
- [13] Martínez, J., Medina, M., Herrero, M. A. (1992). “Árboles en la ciudad. Fundamentos de una política ambiental basada en el arbolado urbano ”, Madrid, Centro de Publicaciones de la Secretaría General Técnica, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
- [14] Pérez, G. *et al.* (2018). “Estrategias basadas en la naturaleza para la sostenibilidad urbana y de la construcción”, Butterworth-Heinemann. <https://www.sciencedirect.com.ponton.uva.es/book/9780128121504/nature-based-strategies-for-urban-and-building-sustainability>
- [15] Real Decreto 1620/2007, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España (<https://www.boe.es/buscar/pdf/2007/BOE-A-2007-21092-consolidado.pdf>)
- [16] Tracada E., Caperna, A. (2013) Conferencia “A New Paradigm for Deep Sustainability: Biourbanism”: Renewbuild Conference en la Universidad de Gazi (junto con la Universidad de Gales del Sur), 16-18 de septiembre de 2013, Ankara, Turquía DOI: 10.13140 / 2.1.3680.0965
- [17] URBAN GreenUP. <https://www.urbangreenup.eu/>
- [18] Wood, S., et al (2018). “Destilando el papel de los servicios de los ecosistemas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible”, Servicios de los ecosistemas, vol. 29. <https://www.sciencedirect.com/journal/ecosystem-services>