

Biodiseño situado: cocreación de soporte ecosistémico en el humedal Meandro del Say

Alexandra Huertas Caycedo

Diana Patricia Gómez García

Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad de los Andes, Bogotá D.C, Colombia

Fontibón, una localidad de Bogotá, concentra el 15 % de las fuentes fijas de contaminación de la ciudad, generando afectaciones respiratorias, cardíacas y mentales en su población. Esta problemática está relacionada con un proceso de urbanización acelerada y la intensa circulación de vehículos de carga pesada en la calle 13 que ha reducido drásticamente las zonas verdes y deteriorado el humedal Meandro del Say. Frente a este contexto, el proyecto propone una metodología interdisciplinaria que articula diseño, biología y participación comunitaria mediante investigación sensible al territorio, análisis estratigráfico y cocreación. Como resultado, se desarrolla BIO-VASC, un sistema de soporte inspirado en el biodiseño y la biomímesis que busca activar una relación simbiótica entre comunidad y humedal, promoviendo la apropiación colectiva y fortaleciendo la resiliencia territorial. Esta investigación demuestra que el biodiseño, para ser sostenible, debe construirse desde un diálogo situado con las prácticas espaciales del contexto.

Palabras clave: sistemas vivientes, humedales, biorreactor, biodiseño, biomimesis, cocreación, resiliencia

Introducción

Luis Llanos-Hernández (2010), concibe el territorio como el desenvolvimiento espacial de las relaciones sociales interconectadas con lo cultural, político y económico. Desde una visión del diseño

que integra investigación y creación a su territorio, es necesario sensibilizarse en tres aspectos: reconocer cómo las formas de vida habitan el espacio desde su construcción social; analizar el paisaje estético y recursos; y, comprender cómo se transforma la materia disponible desde técnicas particulares al contexto (De los Reyes & Agudelo, 2023).

Desde esta comprensión, la presente investigación se dirige a Fontibón, una localidad de Bogotá, la cual durante la planeación inicial de la capital tuvo baja priorización, y por eso desde el siglo XVI el sector se constituyó como un territorio estratégico para el transporte de bienes a nivel nacional. Hoy se conoce como la calle 13, y funciona como una vía principal para el acceso a la capital, por lo cual se asimiló como un centro tercerizado sufriendo una urbanización acelerada (Cortés Solano, 2007). Para el año 2024, el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) registró que en Fontibón habitaban 408.155 personas, las cuales centran sus actividades alrededor de la industria y los servicios (fábricas, talleres automotrices y parqueaderos) afectando la calidad del aire, y por extensión la calidad de vida de los habitantes del sector. En 2012 la Alcaldía de Bogotá registró que Fontibón concentraba 15% de las fuentes fijas de contaminación de la capital. Según Farrow y colaboradores (2022), los espacios que tienen contaminación localizada son más propensos a generar colateralmente afectaciones en la salud como enfermedades cardíacas, problemas respiratorios, bajo peso al nacer, e incluso complicaciones de salud mental. Esto anterior está relacionado directamente al material particulado (PM)¹ que proviene de la quema de combustible, la suspensión de polvo en el aire y las fuentes fijas de contaminación. Una consecuencia adicional de la urbanización e industrialización acelerada fue la alteración ecosistémica, reduciendo de manera progresiva y significativa el área del humedal Meandro del Say en un 82.38% (García-Ubaque et al., 2020, p. 5). En la Figura 1 es posible apreciar el deterioro del humedal entre 1970 (Figura 1a) y la actualidad (Figura 1b).

¹ El material particulado, en específico el PM2.5 es cualquier sólido o líquido suspendido en el aire que sea 20 veces menor a un grano de arena, que por su tamaño microscópico se vuelve amenazante para la salud humana, pues le permite penetrar en los pulmones hasta la región de intercambio de gases.

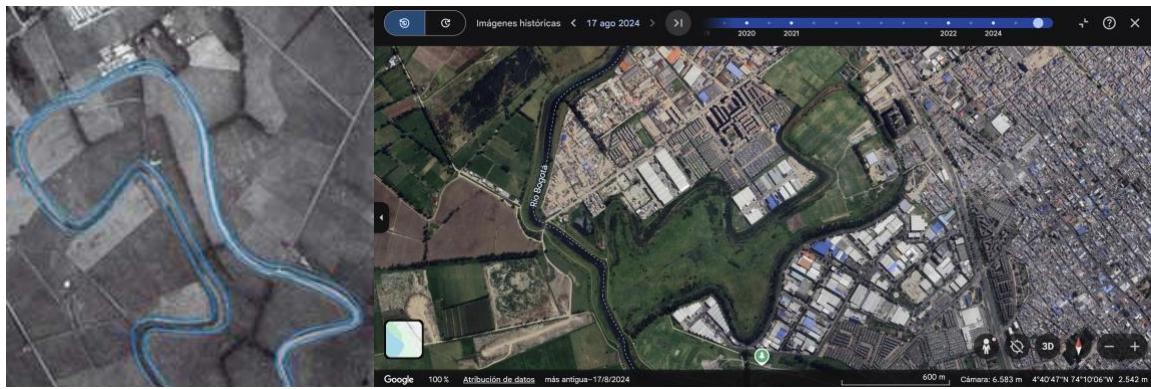


Figura 1. (a) Humedal Meandro del Say: registro de 1978 (izquierda) tomada de Meandro del Say (Ramsar Convención sobre los Humedales, s. f.); y (b) referencia de Google Earth en agosto de 2024.

Ante este escenario es importante considerar que los humedales de Bogotá son sumideros de carbono, retienen sedimentos y reducen los niveles de contaminación. Además, ayudan a reducir la concentración de PM presentes en el aire por medio de deposición seca (Zhao et al., 2021). Para favorecer estas funciones, la salud ecológica del humedal debe ser preservada.

La resiliencia es la capacidad de un sistema para sobrevivir y persistir en un entorno dinámico. Dentro de este concepto, el humedal es resiliente frente al aumento del uso urbano del suelo y la quema de combustible que lo rodea. Este proyecto adopta la visión de Meadows (2009) de impulsar desde el aprendizaje a la comunidad humana a ser conscientes de esa capacidad resiliente. Así, los habitantes apreciarán la coexistencia con el humedal, alineando acciones y metas para preservar y potenciar los poderes restaurativos de este sistema.

En este sentido, es clave trabajar de la mano de este sistema vivo. En palabras de Meadows (2009, p. 79), “los sistemas vivientes se autoorganizan mediante aprendizaje, diversificación, complejización y evolución”. La importancia de hacer esto reside en que evolucionar no se da por sobrevivir sino por tener interacciones simbióticas con sistemas vivientes, por lo cual, la comunidad de Fontibón debe guiar sus dinámicas territoriales considerando la salud de este humedal. Así, este proyecto cruza biodiseño y biomimicry para integrar perspectivas humanas y no humanas en la

investigación y creación. Según Danies y colaboradores (2020), el biodiseño interpreta las observaciones del mundo natural y cuestiona cómo aprovechar ese conocimiento en la forma en que el humano se relaciona con el medio ambiente. Complementariamente, la biomimética adapta mecanismos, funciones, formas y procesos naturales a posibles aplicaciones del diseño (Sánchez Ruano, 2010). Esta articulación permite analizar los mecanismos del humedal y, a partir de ello, idear soluciones frente a las afectaciones que las actividades humanas están generando en este ecosistema.

Desde esta perspectiva, el diseño debe establecer un diálogo constante con la biología para rescatar aprendizajes aplicables. Comprendiendo que las plantas en los humedales tienen la capacidad de ser sumideros de carbono y retener sedimentos suspendidos en el aire (Schuster et al., 2024), debería tenerse a consideración cuáles son las estructuras y mecanismos que cumplen con esas funciones para aplicarlas en el marco de este proyecto.

De esta manera, es necesario idear un sistema de soporte que promueva una interacción simbiótica entre comunidad y humedal, integrando el concepto de Servicios Ecosistémicos que trabaja el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia (2017) que considera los ecosistemas urbanos como generadores de calidad de vida. Para lograrlo, el Ministerio establece que el servicio debe cumplir con tres ramas: (1) promover la generación de conocimiento sobre la estructura y funcionamiento de los ecosistemas; (2) facilitar la recuperación del funcionamiento natural de un ecosistema; y, (3) ofrecer usos sostenibles que beneficien a presentes y futuras generaciones.

Con el fin de sensibilizar y transformar la agencia de la comunidad sobre la problemática de la calidad del aire en Fontibón, se propone aplicar el diseño especulativo como metodología esencial en este proyecto. Esta aproximación, alineada con un entendimiento territorial sensible fomenta la reflexión crítica de la comunidad frente el impacto de la contaminación en su salud y la resiliencia del humedal, e impulsa la ideación de escenarios futuros innovadores que apliquen prácticas contextuales

junto a conocimientos de biodiseño para traducirlas en alternativas enfocadas en esa posible relación simbiótica entre humano y no humano.

Por consiguiente, surge la pregunta: ¿Cómo, mediante un entendimiento territorial sensible y el biodiseño inspirado en biomimicry, se puede diseñar especulativamente un sistema de soporte basado en servicios ecosistémicos que contribuya a la recuperación del humedal Meandro del Say y promueva una interacción simbiótica sostenible para los habitantes humanos y no humanos de Fontibón?

Objetivos

Guiado por esta pregunta, el proyecto tiene como objetivo general proponer un sistema de soporte que plantee un servicio ecosistémico que contribuya a la recuperación del humedal Meandro del Say.

En este sentido, se establecen los siguientes objetivos específicos:

- Analizar las dinámicas territoriales desde formas de vida, paisaje, y técnica para comprender cómo la comunidad habita, transforma y percibe su entorno.
- Abstraer aprendizajes biomiméticos derivados de las estructuras de los sistemas vivientes del humedal para orientar el diseño del sistema de soporte.
- Diseñar un sistema de soporte reflexivo en constante iteración con comunidad.

Estado del arte

La importancia de recuperar humedales en suelos urbanos radica en la evidencia de que los espacios con áreas de vegetación y cuerpos de agua presentan bajas concentraciones de PM, gracias a su capacidad de intercepción, absorción y sedimentación de partículas suspendidas (Zhao et al., 2021). No obstante, en un contexto hostil como Fontibón, con altas concentraciones de contaminación, las plantas de un humedal pueden alcanzar un punto de saturación donde las hojas dejarán de retener PM (Zhou et al., 2020). En ese sentido, el enfoque de servicios ecosistémicos permite orientar el proyecto a la

posibilidad de idear un sistema de soporte que sea planteado desde la recuperación del funcionamiento natural del humedal a partir del apoyo comunitario y el biodiseño.

Entendiendo que un territorio hostil limita la capacidad respiratoria de los habitantes humanos, surgen proyectos que se enfocan en idear soluciones para hacer menos severos los efectos de salud de sus comunidades. Lo valioso de los siguientes referentes reside en el análisis que realizan sobre las prácticas espaciales, y cómo los procesos colaborativos pueden generar apropiación simbólica del espacio, abriendo posibilidades para pensar el diseño como mediador entre comunidad y entorno.

Un ejemplo destacado es Liquid 3 de Spasojević (2021), un proyecto en Serbia, el 28º país con la peor calidad de aire. Spasojevic desarrolló un biorreactor² a base de microalgas que captura CO2 y produce oxígeno (O2). Las microalgas tienen una alta eficiencia para reducir los contaminantes en suspensión área, haciendo de este biorreactor de 600 litros el equivalente a 200 metros cuadrados de espacio verde.

Asimismo, BIO.tech Hut de ecoLogicStudio explora la participación humana desde el bombeo manual para oxigenar el reactor, demostrando que un reactor puede simultáneamente mejorar la calidad del aire y promover una interacción de cuidado a un sistema vivo (PhotoSynthetica, s. f.).

Boat Biologs de Kuvavala (2021) aunque distinto en su materialidad, es un proyecto concebido para los canales del Reino Unido donde habitan comunidades en botes vivienda. Kuvavala creó jardines con plantas nativas que se adhieren a los espacios muertos entre las embarcaciones y los bordes de la canal.

Del mismo modo, El Bicho de Arquitectura Expandida (Architizer, s. f.) analiza las prácticas espaciales de la comunidad rapera de Bosa, y propone un proceso de cocreación sobre la construcción de una estructura multifuncional para conciertos, talleres o conversatorios.

² Un biorreactor, o recipiente de fermentación, es un dispositivo o sistema utilizado para cultivar y producir células, tejidos u organismos biológicos en un entorno controlado (Reogonesi, 2023).

Además, es relevante considerar aquellos proyectos que se inspiran en conceptos biomiméticos. Organic Growth Pavilion de Chinchilla (s. f.) estudia la ramificación ligera de las hortensias, pues su estructura floral logra una sombra difusa y ventilación cruzada, que dentro del pabellón se adapta, crece y reinterpreta por medio de materiales reciclados. Este proyecto, aplica un proceso de coconstrucción, incentivando la participación, y reflexionando que “Learning from nature helps taking care of human wellbeing naturally, beautifully, and intuitively” (Chinchilla, s. f., párr. 1).

En conjunto, estos proyectos exploran cómo el diseño puede convertirse en un mediador entre sistemas vivientes, entornos urbanos y comunidad. Mientras Liquid 3 y Biotech Hut revelan el potencial de las microalgas, Boat Biologs y El Bicho demuestran que la apropiación surge cuando el diseño se construye colectivamente y responde a las condiciones locales. Si bien la implementación de microalgas resulta eficaz como organismo base del proyecto, es necesario analizar en paralelo cómo las plantas nativas del humedal pueden ofrecer respuestas para mejorar la calidad del aire. De igual manera, es importante comprender las capacidades técnicas y sociales del territorio para promover un sentido de apropiación directa desde su aplicación en este servicio ecosistémico.

Metodología

Este proyecto contempla la cocreación con la comunidad humana y no humana de Fontibón en torno a un prototipo Mago de Oz³ para contribuir a la recuperación del humedal y fomentar una interacción simbiótica entre población y ecosistema. Para ello, se entrevistaron 16 personas, entre estos perfiles se encuentran dos obreros industriales, un administrador de negocio, cuatro conductores de camión, un reciclador y ocho operarios automotrices. La selección de participantes respondió a un criterio de relevancia territorial: se priorizaron perfiles que transitan o frecuentan el entorno del humedal y otros

³ El método del Mago de Oz es una manera de probar diseños basados en tecnologías complejas a bajo costo. En lugar de desarrollar la tecnología, los diseñadores pueden simular las respuestas que esta podría proporcionar.

que no tienen familiaridad con el Meandro del Say, pero cuya rutina está atravesada por una alta exposición a PM2.5, asociada a la calle 13 y a la dinámica de talleres automotrices.

La metodología se organiza en cinco fases, sintetizadas en la Figura 2.

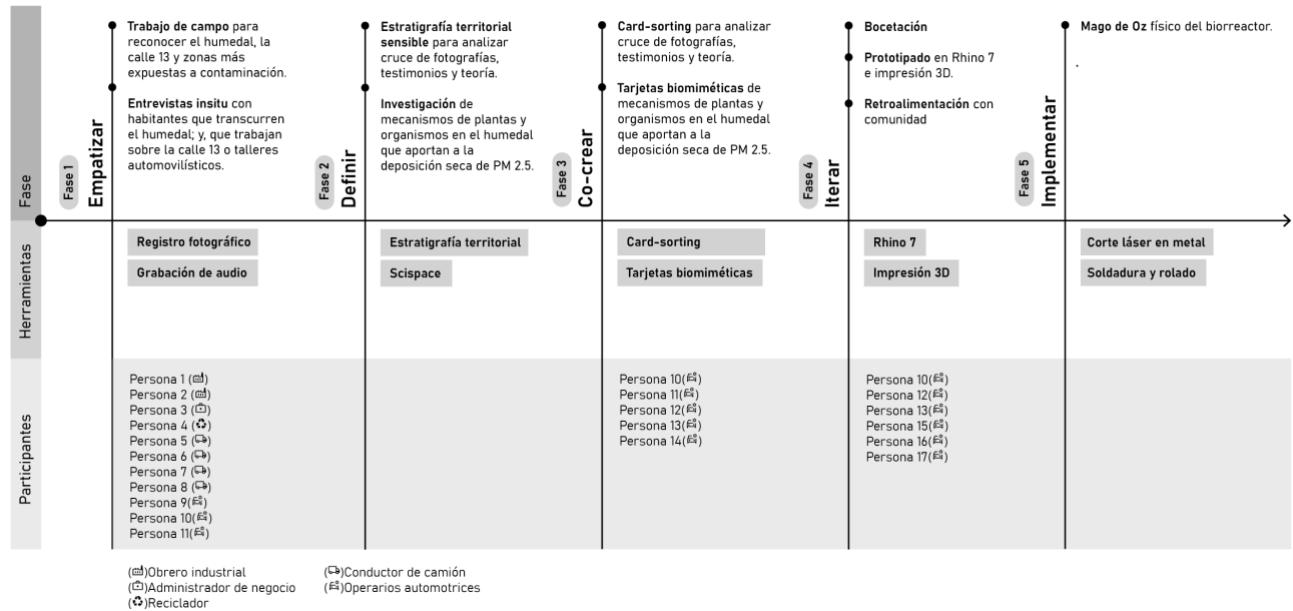


Figura 2. Fases de la metodología. (Fase 1) Empatizar desde el trabajo de campo y entrevistas *in situ*. (Fase 2) Definir a partir de una estratigrafía territorial y la investigación de mecanismos de plantas del humedal para su aplicación en la creación. (Fase 3) Cocrear por medio de un card-sorting y la implementación de tarjetas biomiméticas. (Fase 4) Iterar desde los bocetos y prototipos tridimensionales para llevar a la comunidad y recibir retroalimentación. (Fase 5) Implementar un Mago de Oz del producto.

1. Empatizar

Trabajo de campo

Siguiendo el marco propuesto por De los Reyes y Agudelo (2023), levantar un territorio implica no solo revisarlo desde la literatura, sino recorrerlo y observar cómo se manifiestan sus dinámicas espaciales y ecológicas. Por ello, se contemplaron dos visitas de trabajo de campo. La primera, el 1 de septiembre de 2024, tuvo como propósito identificar espacialmente la calle 13 y el humedal mediante registro fotográfico y entrevistas semiestructuradas, con el fin de reconocer los perfiles de usuarios que transitan estos espacios y comprender sus percepciones frente a la calidad del aire, la contaminación y

las funciones del humedal. La segunda, el 7 de octubre de 2024, consistió en un nuevo recorrido por el humedal y los talleres automovilísticos para registrar en fotografías las estéticas materiales y técnicas de Fontibón y, a partir de entrevistas semiestructuradas a conductores de camiones y operarios de talleres, indagar sus percepciones sobre la calidad del aire y la contaminación, así como su manera de imaginar un Fontibón ambientalmente ideal a partir de un artefacto capaz de purificar el aire. Para ambas jornadas se elaboró un protocolo que incorpora objetivos y un conjunto de preguntas abiertas agrupadas por perfil de participante. La versión completa del protocolo de entrevista se presenta en el Anexo 1.

2. Definir

Estratigrafía Territorial Sensible

Después de la fase de trabajo de campo, el análisis se plantea desde la comprensión integral del territorio, a partir de los cruces y brechas que emergen entre los testimonios, los registros fotográficos y, el marco teórico y contextual del proyecto. Para ello, se propone la estratigrafía territorial sensible, una herramienta que permite visualizar de manera sistemática los hallazgos de la investigación, entendiendo el territorio como un tejido dinámico de formas de vida, paisaje y técnicas [Tabla 1]. El análisis se materializó en diagramas que representen categorías construidas de manera inductiva mediante la agrupación de testimonios con sentidos similares. Los nombres de las categorías se derivan conceptualmente de lo expresado por los participantes. La recurrencia de mención entre testimonios orientó la priorización de temas para su cruce con el registro fotográfico y el marco teórico, histórico o conceptual.

Tabla 1. Plantilla de estratigrafía territorial sensible

Fotografías	Imágenes que apoyen los testimonios
Testimonios	Fragmento de entrevista (persona X, fecha)
Investigación teórica	Citas textuales del marco teórico o contextual

(apellido, inicial del nombre, fecha, página)

Investigación de mecanismos de plantas y organismos del humedal

Por medio de la revisión de la flora del humedal Meandro del Say reportada en *Flora y fauna del humedal Meandro del Say* (Acueducto, s. f.), se realizó una primera exploración con apoyo de la inteligencia artificial (IA) *Scispace*⁴ para identificar qué especies podían asociarse con procesos de reducción de PM2.5 suspendido en aire. Con este filtro preliminar, se identificaron cinco plantas para profundizar en los mecanismos implicados, con el fin de traducir dichos principios en insumos biomiméticos que orientaran la elaboración de tarjetas para el desarrollo creativo del producto final.

Asimismo, con base en informes de poblaciones de microalgas en los humedales Salitre (Pulido López, 2015), Jaboque (Arcos-Pulido y Gómez Prieto, 2006), Guaymaral, Santa María del Lago y Tibanica (Guillot Monroy et al., 2017), se elabora una lista de microalgas con potencial de aplicación en el diseño del sistema de soporte ecosistémico.

3. Cocrear

Card-sorting

En coherencia con lo planteado en el proyecto El Bicho (Architizer, s. f.), las decisiones de diseño se entienden como un proceso que surge del análisis de las prácticas espaciales y busca generar apropiación simbólica y material del espacio mediante la participación directa de los actores en la creación de un producto. En este sentido, a partir de la estratigrafía se implementó una actividad de *card-sorting*⁵ con un set de cuatro cartas generadas a partir de las fotografías tomadas en la Fase 1-

⁴ SciSpace es una plataforma de inteligencia artificial integral para investigadores y académicos que simplifica la búsqueda, lectura, análisis y escritura de literatura científica

⁵ El card-sorting es una técnica de investigación cualitativa que permite explorar cómo las personas organizan y jerarquizan contenidos a partir de su comprensión de un contexto determinado.

Empatizar para que cada participante definiera, de manera individual, la forma, escala y ubicación del sistema de soporte (Figura 3). Para facilitar la comprensión de la adaptación de una tecnología basada en microalgas al contexto local, se emplearon escenarios visuales cercanos a la experiencia cotidiana de la comunidad. El ejercicio se realizó con cinco participantes de un taller automovilístico ubicado sobre la calle 13. Para el análisis, en cada sesión se registró la carta ubicada por el participante en el nivel de mayor priorización; luego, estas selecciones se consolidaron mediante un conteo de frecuencia. Los resultados se representaron en gráficas ordenadas de menor a mayor para visualizar la priorización agregada, y las opciones más mencionadas se consideraron como decisiones de diseño a tener en cuenta.

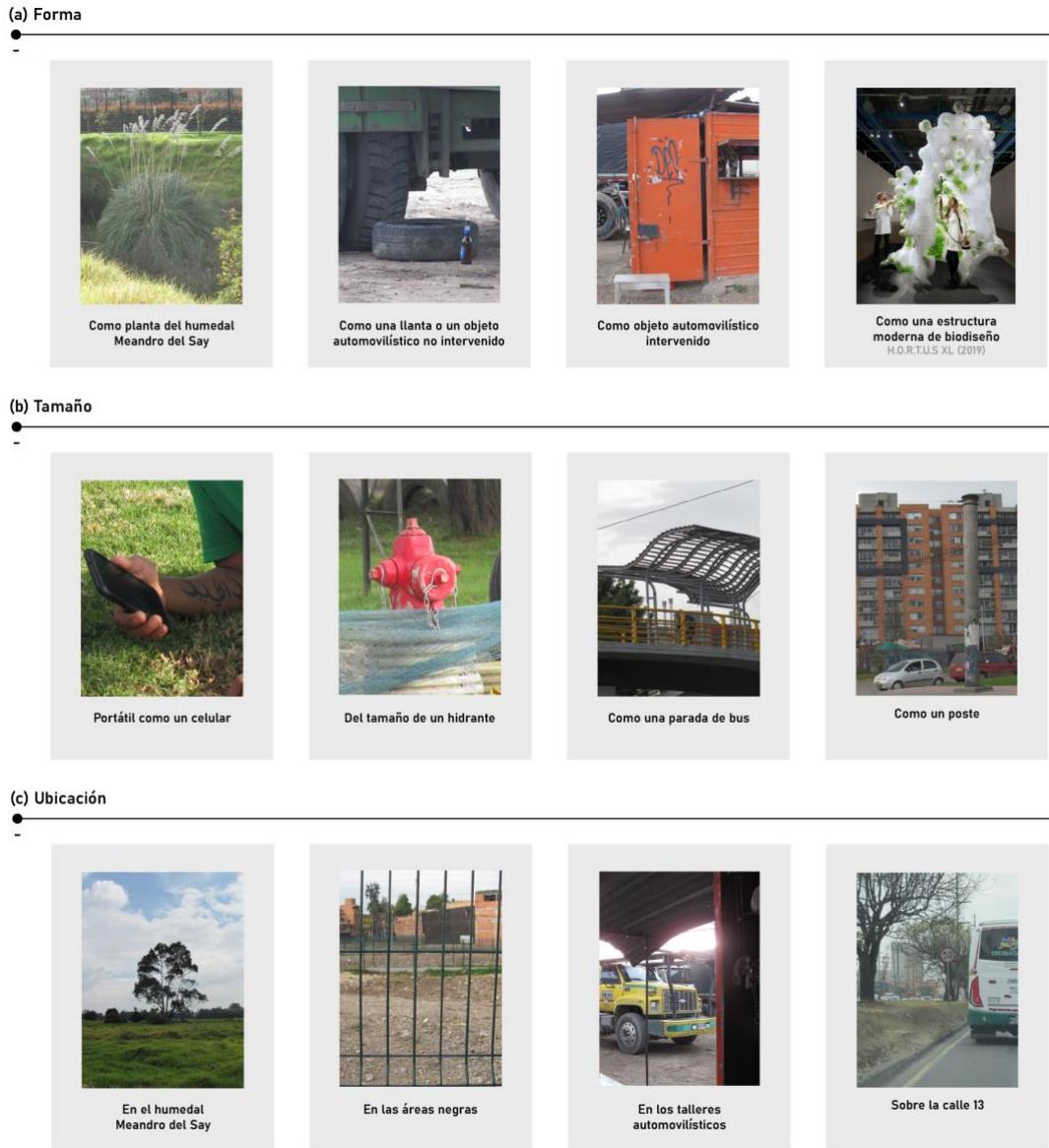


Figura 3. Card-sorting. (a) Forma del sistema de soporte; (b) Tamaño en el espacio; (c) Ubicación del sistema de soporte. Tarjetas biomiméticas

A partir de la revisión de literatura científica, apoyada por Scispace, se elaboraron tarjetas biomiméticas que sintetizan aprendizajes sobre estructuras y mecanismos asociados a la mejora de la calidad del aire. Estas tarjetas se inspiran en el set Maestros de la Naturaleza (Atarraya STEM, 2022), el cual ilustra estructuras y funciones de organismos que pueden orientar soluciones de diseño frente a problemáticas socioambientales. En este proyecto, cada tarjeta destaca el nombre del organismo, una

imagen alusiva a su mecanismo, un fragmento textual del artículo que apoya su comprensión y la referencia bibliográfica correspondiente (Figura 4). Este recurso permite visualizar de manera comparativa los mecanismos de distintos organismos y proyectarlos como referentes funcionales y conceptuales para la creación del sistema de soporte.

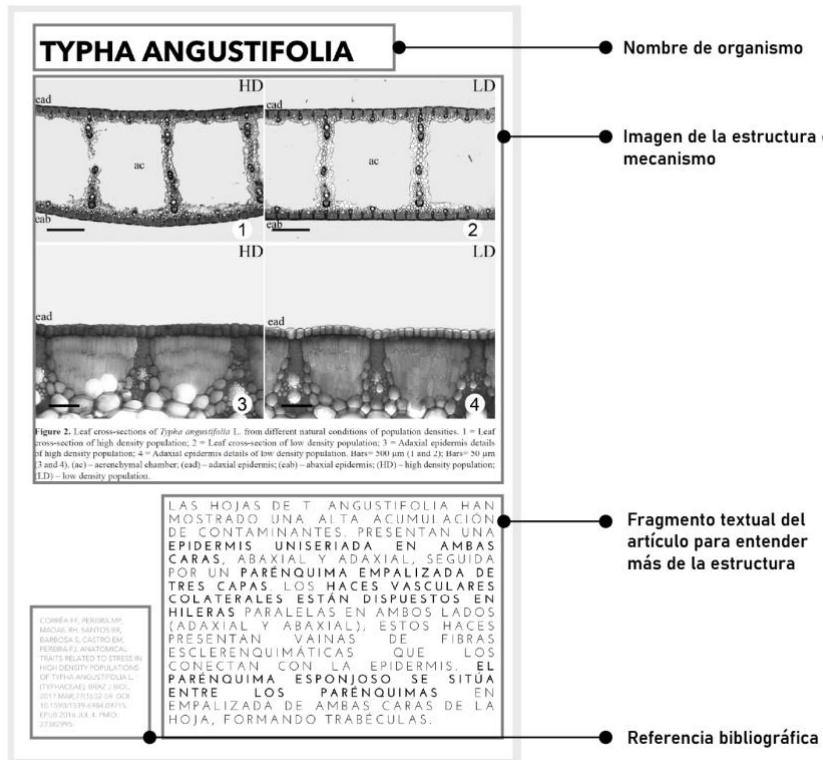


Figura 4. Estructura de tarjeta biomimética.

4. Iterar

Bocetos y prototipado

A raíz de la convergencia entre los resultados del *card-sorting* y las tarjetas biomiméticas, se desarrollan bocetos a mano y prototipos digitales en Rhino 7 para visualizar el sistema de soporte situado en territorio mediante fotomontajes que faciliten el diálogo con la comunidad. De este modo, las imágenes se convierten en herramienta de reflexión y retroalimentación colectiva, posibilitando

ajustes en el diseño para responder a las necesidades espaciales identificadas.

5. Implementar

Mago de Oz

En base a estas iteraciones, se consolidó un prototipo físico tipo Mago de Oz, implementado en el contexto, con el fin de generar una reflexión de cómo el sistema de soporte puede amplificar la sensibilidad territorial y favorecer una interacción simbiótica entre humanos y no humanos. En el prototipo se integraron elementos de la estética del territorio y principios biomiméticos para potenciar su función en relación con el humedal.

Resultados

1. Empatizar

Trabajo de campo

El 1 de septiembre de 2024 se hizo el primer levantamiento del paisaje territorial donde se identificó que el 50% del humedal alberga dieciocho canchas de fútbol. Este espacio, reconocido como escenario urbano para actividades económicas y de ocio presenta un claro deterioro ambiental. En contraste, en el extremo opuesto, el Parque Metropolitano Zona Franca conserva mayor vitalidad ecosistémica y humedad (Figura 5).



Figura 5. Humedal Meandro del Say. (a) (Izquierda) área del humedal con canchas de fútbol. (b) (Derecha) Parque Metropolitano Zona Franca. Fuente: fotografías de Alexandra Huertas (trabajo de campo 1 de septiembre).

Al norte, se extiende la calle 13, donde hay tránsito constante de vehículos pesados. Habitantes y territorio generan una relación estrecha con estos vehículos, y desarrollan su vida alrededor de esto habilitando parqueaderos, montallantas, talleres y venta de repuestos. No obstante, la circulación vehicular genera suspensión constante de polvo en el aire, lo que ha llevado que la comunidad normalice en su cotidianidad las condiciones respiratorias y ambientales que esto implica (Figura 6).



Figura 6. La calle 13. (Izquierda) Taller de automovilística y venta de repuestos. (Derecha) Montallantas móvil sobre la calle 13. Fuente: fotografías de Alexandra Huertas (trabajo de campo 7 de octubre).

Entrevistas

La Tabla 2 recoge fragmentos de siete entrevistas realizadas a un total de diez personas en la Fase 1-Empatizar del proyecto. Estas fueron seleccionadas y priorizadas al resaltar entre si patrones testimoniales.

A partir de las entrevistas en la tabla, se corroboró que Fontibón es un territorio económico estratégico, el humedal y los camiones han sido foco de generación de ingreso, por lo cual el transporte de bienes y las actividades alrededor del humedal se han convertido en necesidad económica para que estas personas puedan habitar Fontibón (Tabla 2, ítems 1.1 y 2.1). De esta manera, ha sido normalizado las consecuencias de la contaminación en su entorno y su propia salud (Tabla 2, ítems 4.1, 4.2 y 4.3). Es por esto por lo que conceptos como “áreas negras” se vuelven parte del paisaje diario de estas personas, donde los terrenos que rodean la calle 13 se perciben como poco probables de rehabitar con

zonas verdes, y, por ende, se le da poca preocupación y protección (Tabla 2, ítems 3.1 y 3.2). Esto anterior se ve reflejado en que la agencia de la salud del territorio se le delegue a un tercero como es el caso del humedal con las entidades gubernamentales.

Aun así, el paisaje estético del humedal por su verde y los árboles que lo rodean son percibidos como un lugar seguro en Fontibón, y a partir de esa relación simbólica con este paisaje existe la motivación de ver más zonas verdes en esta localidad (Tabla 2, ítems 5.1 y 5.2).

Tabla 2. Categorías inductivas y fragmentos de testimonios del trabajo de campo

1. Agencia del territorio

1.1 Persona 3	“Nos encontramos en un dilema jurídico con estas entidades de ambiente por lo que la propiedad se encuentra sobre el humedal”. “Cumplimos con tener sistemas de recolección de basuras, y de que nuestras actividades no pasen más allá al humedal”.
----------------------	---

2. Resiliencia económica

2.1 Persona 1	“Son las tractomulas, pero uno qué hace si ellos son los que transportan el alimento”.
2.2 Persona 2	“Es un poquito más pesado porque acá uno sólo trabaja con camiones”.

3. Áreas negras

3.1 Persona 6	“Aquí no hay áreas verdes, aquí encontramos áreas negras, nadie se preocupa”.
3.2 Persona 8	“No hay zonas verdes, muy poquitas”.

4. Nosotros no fumamos, pero los carros sí

4.1 Persona 9	“Yo sufro mucho de gripe. Acá es imposible no estar en contacto con el polvo”.
4.2 Persona 11	“Llevó muy poco tiempo, pero últimamente tenemos gripe, la niña, él”.
4.3 Persona 6	“Nosotros no fumamos, pero los carros sí.”

5. Percepciones de la calidad del aire

5.1 Persona 3	“Sobre la 13 es pesado, en el humedal no tanto”.
5.2 Persona 1	“Acá casi no se siente así, sobre todo por estas áreas verdes”.

6. Recuperar el territorio

6.1 Persona 9	“Para mí es imposible volver a sembrar árboles”.
6.2 Persona 11	“Sería bonito ver más árboles. Porque soy del campo me hace mucha falta la naturaleza”.

2. Definir

Estratigrafía territorial sensible

A partir de las fotografías de la Tabla 3 se revela el exceso de polvo en Fontibón; el humedal, aunque

percibido como menos contaminado, está altamente expuesto a saturación de PM2.5 y tiene alta probabilidad de emitir CO₂ y CH₄.

La Tabla 4 confirma la alta presencia de camiones, cuya actividad condiciona las prácticas espaciales y genera problemas respiratorios por exposición prolongada.

Además, la Tabla 5 identifica las “áreas negras”, espacios hostiles y con baja apropiación comunitaria, delegados a autoridades, lo que perpetúa la degradación ambiental.

Así, el deseo de habitar las áreas negras se ve reflejada en la técnica espacial de aplicar una naturaleza donde objetos y estructuras automovilísticas se adaptan al territorio mediante modificaciones estructurales y cromáticas (Tabla 6). Por ello, este proyecto debe situarse en esa naturaleza artificial y generar una apropiación simbólica que, reconozca al humedal como un organismo vivo dentro del ecosistema urbano.

Tabla 3. Percepciones saturadas

Fotografías				
Testimonios	4.1	5.1	5.2	
Investigación teórica	<p>“En tiempo seco, después de cierto periodo, la adsorción de contaminantes por las hojas alcanza un punto de saturación, tras el cual las hojas ya no absorben más partículas”. (Zhou et al., 2020 p. 2)</p> <p>“De manera crucial, la degradación de los humedales naturales está provocando la liberación de cantidades significativas de CO₂ y, en menor medida, de CH₄, convirtiendo efectivamente a los humedales en fuentes de carbono”. (Schuster et al., 2024, p. 2)</p>			

Nota. Fotografías tomadas por la Alexandra Huertas durante trabajo de campo (1 de septiembre y 7 de octubre de 2024).

Tabla 4. Nosotros no fumamos, pero los carros sí

Fotografías			
Testimonios	4.1	4.2	4.3
Investigación teórica	<p>“Se pueden atribuir impactos en la salud a la exposición a contaminantes, como bajo peso al nacer, parto prematuro, aumento de los síntomas de asma y problemas de salud mental”.</p> <p>(Farrow et al., 2022, p. 4)</p>		

Nota. Fotografías tomadas por la Alexandra Huertas durante trabajo de campo (1 de septiembre y 7 de octubre de 2024).

Tabla 5. La conservación como tema de algunos

Fotografías				
Testimonios	1.1	6.1	3.1	3.2
Investigación teórica	<p>“La manera más efectiva de enfrentar la resistencia es encontrar una forma de alinear los diversos objetivos de los subsistemas, generalmente mediante el establecimiento de un objetivo general que permita a todos los actores superar su racionalidad limitada”.</p> <p>(Meadows, 2009, p.115)</p> <p>“Orientar a los actores sociales sobre la conservación, preservación, restauración y gestión del conocimiento de la biodiversidad urbana, destacando su importancia en cuanto a los servicios que ésta presta a los habitantes de nuestras ciudades y cómo incorporarla en los procesos de planificación y gestión ambiental”</p> <p>(Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2017, p. 2)</p>			

Nota. Fotografías tomadas por la Alexandra Huertas durante trabajo de campo (1 de septiembre y 7 de octubre de 2024).

Tabla 6. La naturaleza artificial

Fotografías				
Investigación teórica	<p>“Es nuestra naturaleza, la que controlamos, en la que introducimos nuestra cultura y en la que nos reconocemos, la que presenta, pues, una dimensión que hace que lo artificial se convierta en uno de los componentes de nuestro entorno”.</p> <p>(Perrault, 2008, p. 1)</p>			

Nota. Fotografías tomadas por Alexandra Huertas durante trabajo de campo (1 de septiembre y 7 de octubre de 2024).

3. Cocrear

Card-sorting

Antes de iniciar el *card-sorting*, se presentó el proyecto Liquid 3 como referente externo. A partir de ahí, se plantea una discusión sobre cómo integrar una tecnología similar en el paisaje de Fontibón.

Los resultados reflejan cómo la comunidad traduce esta tecnología en formas de vida y técnicas territorialmente cercanas (figuras 7 a 9).

(a) Forma

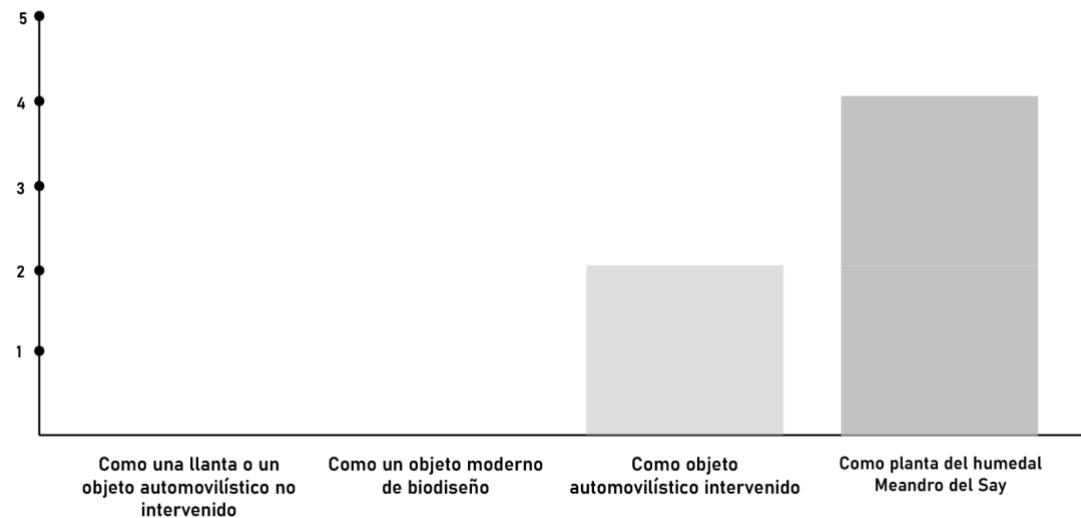


Figura 7. Resultados card-sorting. Priorización de forma.

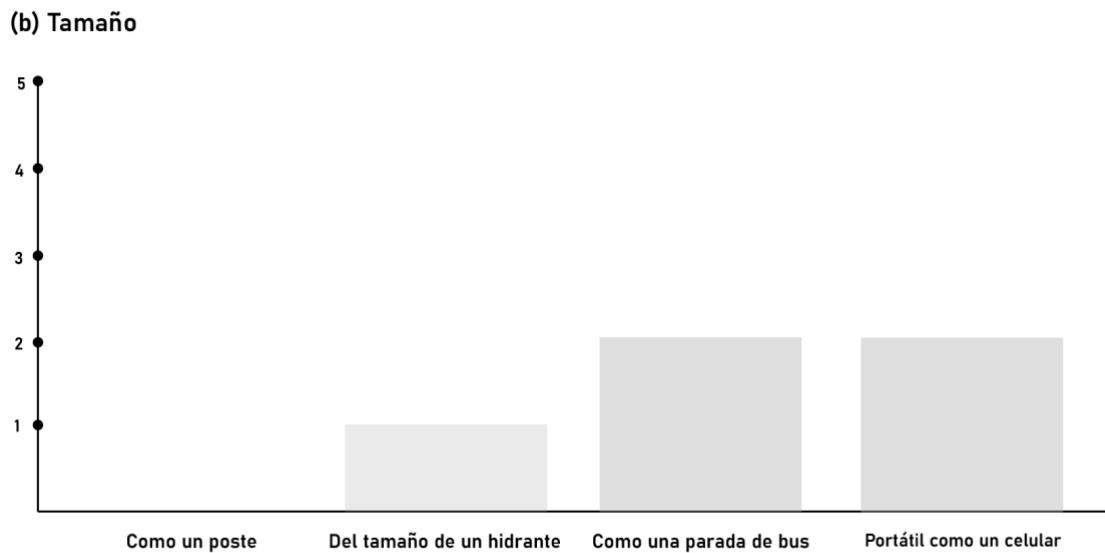


Figura 8. Resultados card-sorting. Priorización de tamaño.

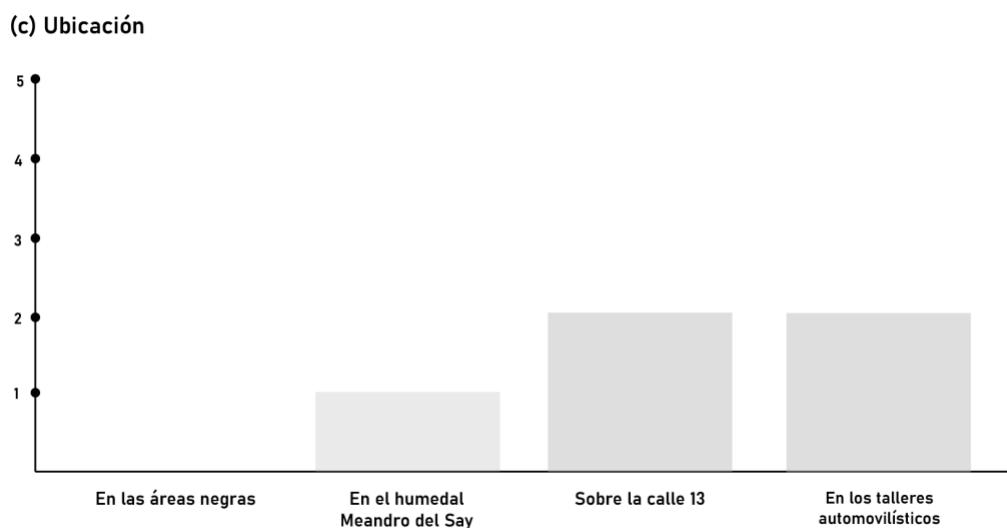


Figura 9. Resultados card-sorting. Priorización de tamaño.

Tras la priorización, se observa que la representación del humedal mediante plantas en talleres genera asociación con el cuidado y la responsabilidad simbólica (Figura 7).

La comunidad ve necesario adaptar el sistema de soporte a un formato compacto y móvil, compatible con la prioridad espacial de su trabajo para camiones (Figuras 8 y 9).

Esta actividad muestra que la apropiación territorial de una tecnología de biodiseño no depende solo de su funcionalidad biológica, sino también de su traducción simbólica y espacial. La comunidad reconoce la necesidad de mejorar la calidad del aire, pero su relación con el territorio se basa en la familiaridad y el cuidado: lo que se percibe como vivo o cercano genera responsabilidad, mientras que lo ajeno o impuesto se delega.

Tarjetas biomiméticas

A partir de la revisión previa de flora y microalgas, se diseñan tarjetas biomiméticas sobre las especies *Typha angustifolia*, *Azolla filiculoides* y *Desmodesmus* sp. (Figura 10), seleccionadas por capacidades y estructuras asociadas con la respiración metabólica, la acumulación de contaminantes y el intercambio de gases. La caracterización ampliada y los criterios de selección se presentan en el Anexo

2.

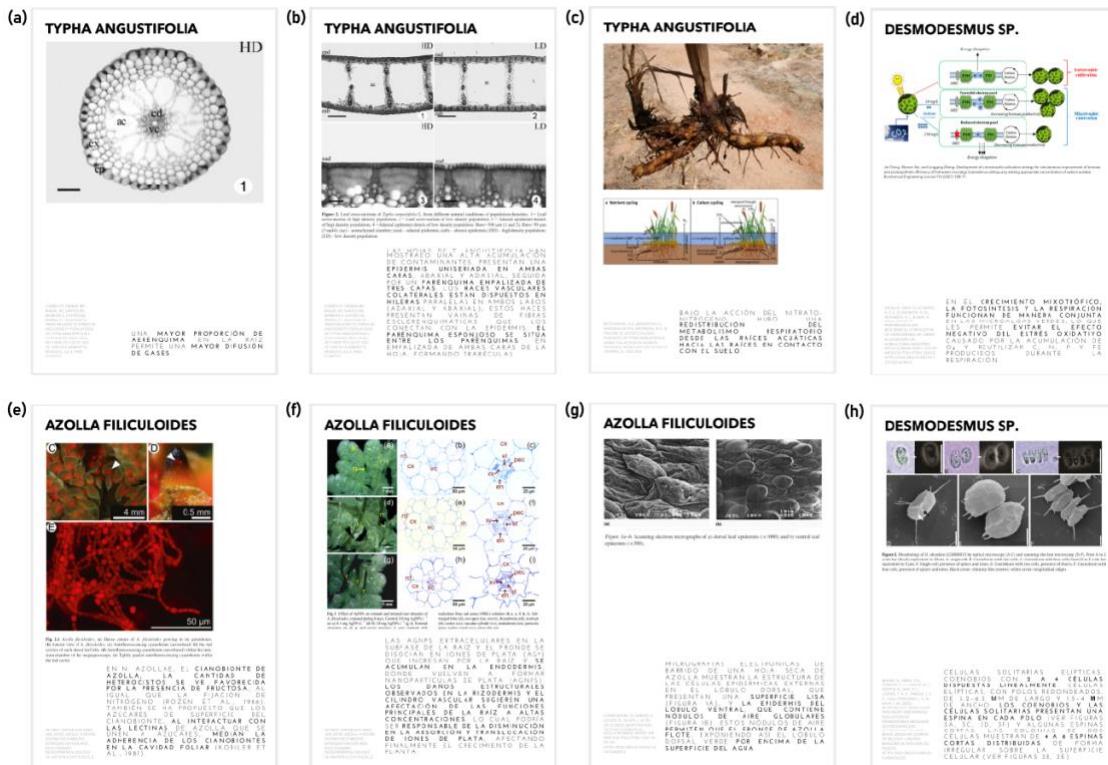


Figura 10. Tarjetas biomiméticas inspiradas en los sistemas vivientes del Meandro del Say.

4. Iterar

Prototipado

Para integrarse sin obstaculizar el espacio, se evalúa la aplicación de un biorreactor de microalgas compacto como sistema de soporte, con dimensiones de 10 x 34 x 40 cm, paredes espejadas internas y aireación superior (Ahangar, 2023). Aplicando estas condiciones al sistema de soporte, se toman como referente estético los silenciadores metálicos de los camiones, cuyos orificios facilitan la transpiración de gases y su material refleja la luz necesaria para el crecimiento de las microalgas (Figura 11).



Figura 11. Silenciador metálico de camión. Fuente: fotografía de Alexandra Huertas (18 de noviembre).

Esta propuesta también se inspira en la estructura cilíndrica vascular de las raíces de la *Azolla filiculoides*, donde conceptualmente se trae como un cilindro metálico que concentra grandes cantidades de contaminantes (Figura 10f). Asimismo, para minimizar la saturación del sistema, se

incorporan orificios inspirados en la estructura de aerenchyma de *Typha angustifolia* (Corrêa et al., 2017) que facilita el intercambio gaseoso del biorreactor (Figura 11a).

Con estos parámetros se desarrolla la primera iteración del sistema de soporte, como se muestra en la Figura 12.



Figura 12. Prototipo digital (izquierda) y fotomontaje inicial (derecha).

Retroalimentación

Surgen reflexiones sobre la sostenibilidad espacial y las personas 15, 16, 17 y 18 proponen editar la estructura para acoplarse a las bases metálicas en T de los locales del taller, asegurando así un mayor alcance espacial (Figura 13).



Figura 13. Estructuras en T en los talleres automovilísticos. Fuente: fotografías de Alexandra Huertas (18 de noviembre).

Aunque la alusión a los camiones es efectiva, hay distancia con el simbolismo del humedal, por lo que sugieren incorporar una representación explícita de la *Typha angustifolia*, cuya silueta permite visualizar el contenido líquido de microalgas en el biorreactor “respirando”, reforzando su simbolismo en el entorno urbano.

5. Implementar

Con estos ajustes, el prototipo se redefine como se muestra en la Figura 14 y se materializa en un Mago de Oz, BIO-VASC (Figura 15).



Figura 14. Estructuras metálicas en T en los talleres automovilísticos.



Figura 15. BIO-VASC. Prototipo de acrílico y metal de dimensiones 50 x 18 x 18 cm. Contiene un sistema de aireación e iluminado vertical. Fuente: fotografía de Alexandra Huertas (7 de diciembre).

Discusión

Retomando la pregunta de investigación, se observa que, al comprender y trabajar con las formas de vida territoriales, el paisaje y las técnicas de Fontibón, es posible promover la sostenibilidad de un diseño mediante la coparticipación de la comunidad y su apropiación desde una estética contextual. De esta manera, se genera un vínculo entre la comunidad y proyectos de biodiseño en territorios específicos, asegurando su uso perdurable en el tiempo, como demuestran los proyectos El Bicho de Arquitectura Expandida y Boat Biologs de Kuvavala, que evidencian cómo el biodiseño no solo se implementa, sino que puede ser apropiado y aplicado por la comunidad. Asimismo, más allá de garantizar la funcionalidad técnica del biorreactor, transformar este proyecto y su proceso en posibilidades de aprender sobre la capacidad resiliente del humedal establece las bases de una relación simbiótica que fomenta la reflexión crítica sobre el contexto.

En primer lugar, en el campo del diseño, observar las dinámicas territoriales no es únicamente una herramienta de registro, sino una vía para construir conocimiento situado con valor proyectual. Este proyecto evidencia el potencial de triangular información desde el registro fotográfico, las entrevistas y el marco teórico, lo que permite llegar a hallazgos sistémicos y anclados al contexto. Así, se facilita un entendimiento sensible de cómo una comunidad habita, transforma y percibe su entorno, orientando el proyecto hacia necesidades específicas. La estratigrafía territorial sensible se consolida como un medio para visualizar integralmente ese contexto: por un lado, el testimonio revela percepciones y memorias vivenciales; la fotografía documenta la realidad espacial; y el marco teórico permite interpretar causas y encuadrar los hallazgos cualitativos. Este cruce hizo posible descifrar conceptos clave como áreas negras, que no surgen solo de voz a voz, sino que remiten a procesos históricos como la rápida urbanización que transformó el territorio y desplazó imaginarios de zonas verdes, imponiendo necesidades económicas sobre su recuperación. Al mismo tiempo, este levantamiento permitió reconocer la estética allegada al territorio, expresada en prácticas materiales

como la modificación de piezas automotrices. Esto orientó la estética y estructura de BIO-VASC hacia una naturaleza artificial, coherente con la necesidad de habitar espacios no habitables mediante las técnicas y saberes locales, como la mecánica automotriz de camiones.

En segundo lugar, este proyecto evidencia la necesidad de acercarse a conceptos complejos como PM2.5, deposición seca, respiración metabólica y diversas estructuras biológicas para comprender cómo pueden aplicarse en el diseño. Sin embargo, también deja ver la urgencia de hacer del biodiseño una rama más accesible para diseñadores creativos que, si bien buscan construir argumentos sólidos desde la ciencia, no necesariamente cuentan con formación especializada en biología. En este sentido, herramientas basadas en inteligencia artificial como Scispace pueden facilitar de manera significativa la búsqueda y estructuración de argumentación científica, aunque sigue siendo indispensable una lectura crítica y la comprensión profunda de cada artículo. De manera complementaria, instrumentos como las tarjetas biomiméticas aplicadas en este proyecto y previamente propuestas por Atarraya STEM (2022) representan una estrategia eficaz para acercar la biología al diseño. Estas tarjetas permiten analizar de forma rápida y visual los mecanismos de un organismo y proyectarlos como referencias conceptuales o funcionales dentro del proceso creativo.

Finalmente, el diseño actuó como mediador iterativo que amplifica las capacidades ecosistémicas del humedal al articular sistemas vivientes, prácticas espaciales y dinámicas territoriales. Este proceso tradujo conocimiento cualitativo y biomimético en criterios de diseño situados y familiares al contexto comunitario. Lejos de la validación funcional tradicional, la fase de prototipado materializó interacciones simbióticas en un artefacto que hace visible lo invisible, activando reflexión y apropiación comunitaria.

Este enfoque permitió el acercamiento de la comunidad a conceptos biológicos por medio de referencias cercanas, estas siendo reflejadas en la actividad de card-sorting que no solo facilitó la comprensión de estas temáticas, sino que funcionó como un detonador de ideas adaptadas a contexto.

Herramientas como bocetos manuales, prototipado digital y físico trasladaron parámetros definidos de manera colectiva a una tangibilidad física. Más allá de explorar su forma e hipotética funcionalidad, los prototipos permitieron detonar retroalimentaciones constantes a lo largo del proceso creativo. De esta manera, BIO-VASC logra condensar tanto las sugerencias comunitarias como los principios biomiméticos identificados. El artefacto final, un Mago de Oz simulado con microalgas, aireación e iluminación vertical se convierte en un objeto reflexivo que desde su proceso fue capaz de visibilizar una problemática ambiental e invitó a la comunidad a reconocer la contaminación invisible y valorar la resiliencia del humedal Meandro del Say. A su vez, BIO-VASC presenta potencial para evolucionar hacia una solución funcional en investigaciones futuras, en articulación con expertos en microbiología, cultivo de microalgas y diseño de biorreactores.

Conclusión

La presente investigación se centró en comprender las formas de vida, el paisaje y las técnicas de Fontibón, desde la estratigrafía territorial sensible que triangula fotografías, testimonios y marco teórico para llegar a hallazgos sistémicos alineados con las necesidades locales de la comunidad y el humedal frente la contaminación del aire.

De esta manera, el biodiseño y la biomímesis se integraron al contexto como prácticas apropiables y aplicables por la comunidad, permitiendo que BIO-VASC dialogara con la estética y prácticas espaciales de Fontibón. La aplicación de conocimiento científico desde el diseño fue apoyada en herramientas como la inteligencia artificial SciSpace y tarjetas biomiméticas, optimizando las iteraciones creativas del proyecto.

BIO-VASC, concebido como un Mago de Oz de un biorreactor de microalgas, aireación e iluminación vertical se sitúa como un objeto reflexivo que visibiliza una problemática ambiental ignorada, e invita a la comunidad a reconocer la contaminación por PM2.5 y el valor resiliente del

humedal por su principal función de deposición seca de PM. Este proyecto posee un potencial funcional al colaborar en un futuro con expertos en microbiología, cultivo de microalgas y diseño de biorreactores.

Alexandra Huertas Caycedo

Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad de los Andes, Bogotá D.C, Colombia

a.huertas@uniandes.edu.co

<https://orcid.org/0009-0002-5175-6214>

Alexandra Huertas es diseñadora y asistente de investigación de la Universidad de los Andes, su trabajo explora el diálogo entre la estrategia, la investigación, modelado tridimensional y biodiseño. Sus proyectos han sido seleccionados en espacios académicos como el Encuentro de Investigación en Diseño: Diseñar Futuros Posibles de la Universidad Santo Tomás; y, Cumulus Nantes – Ethical Leadership: A New Frontier for Design.

Diana Patricia Gómez García

Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad de los Andes, Bogotá D.C, Colombia

dp.gomez30@uniandes.edu.co

<https://orcid.org/0000-0002-8426-4964>

Diana Patricia Gómez es diseñadora de la Universidad de Los Andes, con maestría en diseño de modas y estudiante de maestría en filosofía latinoamericana. Docente de la Universidad de Los Andes e investigadora sobre temas de sostenibilidad, nuevos materiales y prácticas estéticas en la moda desde un enfoque decolonial y situado en Latinoamérica.

Referencias

Acueducto de Bogotá. (s. f.). *Flora y fauna del humedal Meandro del Say* [Documento técnico].

Ahangar, A. K., Yaqoubnejad, P., Divsalar, K., Mousavi, S., & Taghavijeloudar, M. (2023). Design a novel internally illuminated mirror photobioreactor to improve microalgae production through

- homogeneous light distribution. *Bioresource Technology*, 387, 129577.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129577>
- Architizer. (s. f.). El Bicho (The Critter). Recuperado el 23 de enero de 2026, de
<https://architizer.com/projects/el-bichothe-critter-1/>
- Arcos-Pulido, M. del P., & Gómez Prieto, A. C. (2006). Microalgas perifíticas como indicadoras del estado de las aguas de un humedal urbano: Jaboque, Bogotá D.C., Colombia. *Revista Nova*, 4(6), 60–79. <https://doi.org/10.22490/24629448.362>
- Atarraya STEM Uniandes & Biomímesis Caribe. (2022). *Maestros de la Naturaleza* [Tarjetas pedagógicas sobre biomímesis]. Biomímesis Caribe.
<https://biomimesiscaribe.org/?product=maestros-de-la-naturaleza>
- Chinchilla, I. (2015). *Organic Growth Pavilion*. Recuperado el 23 de enero de 2026, de
<https://izaskunchinchilla.es/proyecto/organic-growth-pavilion>
- Corrêa, F. F., Pereira, M. P., Madail, R. H., Santos, B. R., Barbosa, S., Castro, E. M., & Pereira, F. J. (2017). Anatomical traits related to stress in high density populations of *Typha angustifolia* L. (Typhaceae). *Brazilian Journal of Biology*, 77(1), 52-59. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.09715>
- Cortés Solano, R. (2007). Del urbanismo a la planeación en Bogotá (1900-1990). Esquema inicial y materiales para pensar la trama de un relato. *Bitácora Urbano Territorial*, 11(1), 160–207.
- Danies Turano, G., Barón Aristizábal, M. P., Peralta Mejía, A., Forero Cañizares, A., & Grillo Naranjo, J. (2020). *Biodiseño en colegios*. Ediciones Uniandes.
<https://doi.org/10.51573/Andes.9789587749700.9789587749717>
- De los Reyes, D., & Agudelo, C. (2023). *Oficios Bastardos* [Presentación de clase, documento no publicado]. Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad de los Andes.

- Farrow, A., Anhäuser, A., Chen, Y. J., & Cespedes, T. (2022). *La carga de la contaminación del aire en Bogotá, Colombia 2021*. Greenpeace. <https://www.greenpeace.org/static/planet4-colombia-stateless/2022/05/6521e020-la-carga-de-la-contaminacion-del-aire-en-bogota-colombia-2021.pdf>
- García-Ubaque, C.-A., Ladino-Moreno, E.-O., & Zamudio-Huertas, E. (2020). Exploratory study on wetlands area decrease in Bogotá due to construction activity: 1950–2016. *Revista Facultad de Ingeniería*, 29(54), e10891. <https://doi.org/10.19053/01211129.v29.n54.2020.10891>
- Guillot Monroy, G. H., Rojas Casallas, V., & Yepes Leguizamón, F. Y. (2017). Implementación del protocolo para estudiar las microalgas del perifiton en los humedales urbanos Guaymaral, Santa María del Lago y Tibanica. In *Estudios ecológicos en humedales de Bogotá*. (pp. 82–106).
- Izaskun Chinchilla Architects. (2015). *Organic Growth Pavilion*. Manhattan, NY (U.S.A). FIGMENT Project NGO. <https://izaskunchinchilla.es/proyecto/organic-growth-pavilion/>
- Kuvavala, R. (2021). *Boat BioLogs*. Recuperado el 23 de enero de 2026, de <https://www.riyakuvavala.com/boatbiologs>
- Llanos-Hernández, L. (2010). El concepto del territorio y la investigación en las ciencias sociales. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 7(3). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722010000300001
- Meadows, D. H. (2009). *Thinking in systems – a primer*. Sterling, VA: Earthscan, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2017). *Biodiversidad y servicios ecosistémicos en la planificación y gestión ambiental urbana*. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/BIODIVERSIDAD_Y_SERVICIOS_ECOSISTEMICOS_EN_LA_PLANIFICACION_Y_GESTION_AMBIENTAL_URBANA.pdf

- Perrault, D. (2008). Habitar la naturaleza artificial. *Minerva: Revista del Círculo de Bellas Artes*, (8), 33–34. <https://minerva.circulobellasartes.com/habitar-la-naturaleza-artificial/>
- PhotoSynthetica. (s. f.). *Bio.Tech HUT. Astana, Kazakhstan – 2017*. Recuperado el 23 de enero de 2026, from <https://www.photosynthetica.co.uk/copy-of-application-interior-1>
- Pulido López, P. C. (2015). *El fitoplancton en la determinación del estado trófico del humedal El Salitre (Bogotá D. C., Colombia) en épocas climáticas contrastantes* [Tesis de maestría, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.12010/1765>
- Ramsar Convención sobre los Humedales. (s. f.). *Meandro del Say*. Encolombia.com. <https://encolombia.com/medio-ambiente/humedales/bogotah/hhb/hume-bogota-historia4/>
- Regonesi, G. (2023). *Bioreactors: A complete review* [Technical report]. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/373708124_BIOREACTORS_A_Complete_Review
- Sánchez Ruano, D. (2010). *Diseño y biomimética. Simbiosis para la innovación sustentable*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional UNAM. <https://ru.dgb.unam.mx/handle/20.500.14330/TES01000654150>
- Schuster, L., Taillardat, P., Macreadie, P. I., & Malerba, M. E. (2024). Freshwater wetland restoration and conservation are long-term natural climate solutions. *Science of the Total Environment*, 922, 171218. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171218>
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2022). *Inventario de emisiones de Bogotá: Contaminantes atmosféricos, año 2021* (Informe técnico). Secretaría Distrital de Ambiente – SDA.
- Spasojević, I. (2021). LIQUID 3 [Fotobiorreactor urbano]. Universidad de Belgrado.
- Zhao, L., Li, T., Przybysz, A., Guan, Y., Ji, P., Ren, B., & Zhu, C. (2021). Effect of urban lake wetlands and neighboring urban greenery on air PM₁₀ and PM_{2.5} mitigation. *Building and Environment*, 206, 108291. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108291>

Zhou, S., Yan, G., Wu, Y., Zhai, J., Cong, L., & Zhang, Z. (2020). The PM removal process of wetland plant leaves with different rainfall intensities and duration. *Journal of Environmental Management*, 275, 111239. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111239>

Anexo 1

Protocolo de entrevista semiestructurada para trabajo de campo

Primera parte (septiembre, 2024)

- Duración aproximada: (15 min)
- Lugar/condición: (calle 13 / parque metropolitano Zona Franca (humedal Meandro de Say) / Club Real Boyacá (humedal Meandro de Say)
- Registro: (audio siempre; fotos solo si autorizan)

Objetivos

- Identificar la calle 13, las zonas residenciales alrededor del humedal Meandro del Say y el humedal.
- Escuchar las percepciones de la calidad del aire, la contaminación, y las funciones del humedal.
- Reconocer los perfiles de usuarios que transitan el humedal y trabajan cerca a la calle 13.

Protocolo

- Se inició cada encuentro con una introducción al propósito de la tesis y del trabajo de campo; y a la identidad de la investigadora (Alexandra Huertas).
- Se obtuvo consentimiento informado verbal (sin firma) para la participación y, de manera separada, para el registro audiovisual (audio/fotografía).
- Se recogieron únicamente datos contextuales básicos (código del participante (Persona 1, Persona 2...), rol/ocupación y antigüedad en ese trabajo).
- Posteriormente, se continuó con las siguientes preguntas:

Preguntas para el público que está involucrado con lo industrial

- ¿Cómo se ha sentido viviendo en Fontibón?
- ¿Cómo se siente frente los efectos que puede generar la industria en otras personas? ¿Le gustaría cambiar algo al respecto?

- ¿Siente que su salud ha sido influenciada por la actividad industrial?
- ¿Ha visto que la calidad del aire ha cambiado a lo largo del tiempo?
- ¿Cada cuando suele tener enfermedades respiratorias? ¿Tiene algún familiar que presente más seguido estos síntomas?
- ¿Qué necesita usted que mejore en términos de calidad del aire?

Preguntas para el público que transita el humedal

- ¿Cómo se ha sentido viviendo en Fontibón?
- ¿Ha visto que la calidad del aire ha cambiado a lo largo del tiempo?
- ¿Cada cuando suele tener enfermedades respiratorias? ¿Tiene algún familiar que presente más seguido estos síntomas?
- ¿Qué necesita usted que mejore en términos de calidad del aire?
- ¿Cómo se siente en relación con el humedal?
- ¿Ha presenciado cambios del humedal?
- Si supiera que estos humedales tienen la capacidad de retener contaminantes, pero que está perdiendo esta capacidad por su deterioro ¿Cómo se sentiría?
- ¿Qué haría usted para cambiar el deterioro de los humedales?
- ¿Conoce entes reguladores que se encarguen de la salud del humedal?

Segunda parte (octubre, 2024)

- Duración aproximada: (15 min)
- Lugar/condición: (calle 13 / talleres automovilísticos)
- Registro: (audio siempre; fotos solo si autorizan)

Objetivos

- Registrar la estética de Fontibón desde sus objetos, técnicas, texturas y espacios.

- Escuchar las percepciones de la calidad del aire y la contaminación según los conductores de camión.
- Cuestionar a los locales cuál es la estética que los caracteriza, cuál sería un Fontibón ideal ambientalmente; y cómo se imaginan un artefacto que purifique el aire en Fontibón.

Protocolo

- Se inició cada encuentro con una introducción o recuento del propósito de la tesis y del trabajo de campo; y a la identidad de la investigadora (Alexandra Huertas) de no conocer a los participantes previamente.
- Se obtuvo consentimiento informado verbal (sin firma) para la participación y, de manera separada, para el registro audiovisual (audio/fotografía).
- Se recogieron únicamente datos contextuales básicos (código del participante (Persona 1, Persona 2...), rol/ocupación y antigüedad en ese trabajo).
- Posteriormente, se continuó con las siguientes preguntas:

Preguntas para conductores de camión

- ¿Por qué conducen la calle 13?
- ¿Qué percepciones tiene cuando ingresa a Fontibón?
- ¿Cómo se siente frente los efectos contaminantes que puede generar el tráfico sobre el ecosistema y las personas? ¿Le gustaría cambiar algo al respecto?
- ¿Usted ha visto afectada su salud por la quema de combustible?
- ¿Qué ideas le surgirían si le comentó que rehabilitando el humedal Meandro del Say con organismos vivos como las algas se podría reducir la contaminación?
- ¿Cómo podría aportar usted a la rehabilitación del humedal desde su labor como conductor de camión?
- Preguntas para operarios de talleres automovilísticos

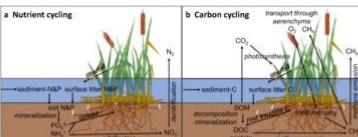
- ¿Qué es característico visualmente en Fontibón?
- ¿Cuál sería su Fontibón ideal ambientalmente?
- ¿Si uno aplicara un artefacto que purifique el aire en Fontibón, cómo cree que se vería? ¿Dónde cree que debería estar ubicado?

Anexo 2. Tarjetas biomiméticas

TYPHA ANGUSTIFOLIA



a. Nutrient cycling



b. Carbon cycling



BAJO LA ACCIÓN DEL NITRATO-NITRÓGENO, HUBO UNA REDISTRIBUCIÓN DEL METABOLISMO RESPIRATORIO DESDE LAS RAÍCES AQUÁTICAS HACIA LAS RAÍCES EN CONTACTO CON EL SUELO.

RAJUZHINA, A.A., ANDREEVA, I.V., SHAGDILIN, R.R., ANDREEVA, M.G., & TRUSHIN, M. (2010). ECOLOGIC-PHYSIOLOGIC FEATURES OF TYPHA UNDER THE ACTION OF NITRATE. NITROGEN. WORLD APPLIED SCIENCES JOURNAL, 9, 1652-1655.

TYPHA ANGUSTIFOLIA

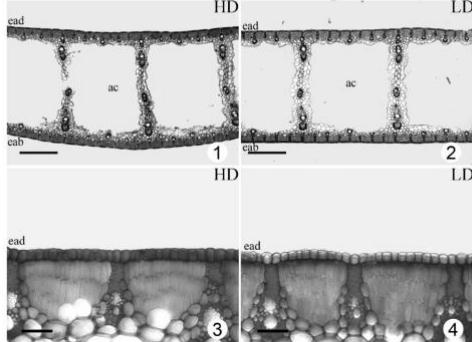
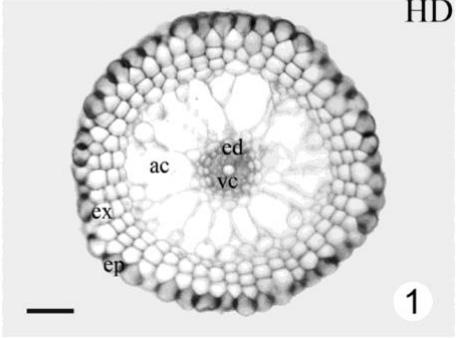


Figure 2. Leaf cross-sections of *Typha angustifolia* L. from different natural conditions of population densities. 1 = Leaf cross-section of high density population; 2 = Leaf cross-section of low density population; 3 = Adaxial epidermis details of high density population; 4 = Adaxial epidermis details of low density population. Bars= 500 μ m (1 and 2); Bars= 50 μ m (3 and 4). (ac) - aerenchymal chamber; (ead) - adaxial epidermis; (eb) - abaxial epidermis; (HD) - high density population; (LD) - low density population.

CORRÉA, F.F., PEREIRA, M.P., MAGALHÃES, R.H., SANTOS, B.R., BARBOSA, L., CASTRO, E.M., PEREIRA, J. ANATOMICAL FEATURES AND LEAF CROSS-SECTIONS IN HIGH DENSITY POPULATIONS OF *TYPHA ANGUSTIFOLIA*. *ENVIRONMENT AND POLLUTION*, 2017 MAR;77(1):52-59 DOI: 10.1080/1367804X.2016.1219751. PMID: 27382995.

LAS HOJAS DE *T. ANGUSTIFOLIA* HAN MOSTRADO UNA ALTA ACUMULACIÓN DE CONTAMINANTES. PRESENTAN UNA EPIDÉRMIS UNISERIADA EN AMBAS CARAS, ABAXIAL Y ADAXIAL, SEGUITA POR UN PARÉNQUIMA EMPALIZADA DE TRES CAPAS. LOS HACES VASCULARES COLATERALES ESTÁN DISPUESTOS EN HILERAS PARALELAS EN AMBOS LADOS (ADAXIAL ABAXIAL); ESTOS HACES PRESENTAN VAINAS DE FIBRAS ESCLERENQUIMÁTICAS QUE LOS CONECTAN CON LA EPIDÉRMIS. EL PARÉNQUIMA ESPOÑOSO SE SITÚA ENTRE LOS PARÉNQUIMAS EN EMPALIZADA DE AMBAS CARAS DE LA HOJA, FORMANDO TRABÉCULAS.

TYPHA ANGUSTIFOLIA



HD

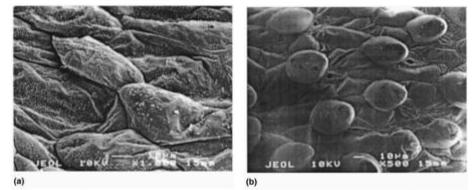
1

ex **ac** **ed** **vc** **ep**

CORRÉA, F.F., PEREIRA, M.P., MAGALHÃES, R.H., SANTOS, B.R., BARBOSA, L., CASTRO, E.M., PEREIRA, J. ANATOMICAL FEATURES RELATED TO STRESS IN HIGH DENSITY POPULATIONS OF *TYPHA ANGUSTIFOLIA*. *ENVIRONMENT AND POLLUTION*, 2017 MAR;77(1):52-59 DOI: 10.1080/1367804X.2016.1219751. PMID: 27382995.

UNA MAYOR PROPORCIÓN DE AERÉNQUIMA EN LA RAÍZ PERMITE UNA MAYOR DIFUSIÓN DE GASES.

AZOLLA FILICULOIDES



(a) **(b)**

COHEN-SHORL, N., BARAK, Z., ILYZER, D., GLATH, I., & TEL-OR, E. (1992). BIOPILTRATION OF AIR POLLUTANTS BY THE AZOLLA BIOMASS. WATER, AIR AND SOIL POLLUTION, 13(1-4), 19-24. DOI: 10.1007/BF00193318. PMID: 14624409.

MICROGRAFÍAS ELECTRÓNICAS DE BARRIDO DE UNA HOJA SECA DE AZOLLA MUESTRAN LA ESTRUCTURA DE LAS CÉLULAS EPIDÉRMICAS EXTERNAS EN EL LÓBULO DORSAL, QUE PRESENTAN UNA SUPERFICIE LISA (FIGURA 1A). LA EPIDÉRMIS DEL LÓBULO VENTRAL, QUE CONTIENE NÓDULOS DE AIRE GLOBULARES (FIGURA 1B). ESTOS NÓDULOS DE AIRE PERMITEN QUE EL FRONTE DE AZOLLA FLOTE, EXPOÑIENDO ASÍ EL LÓBULO DORSAL VERDE POR ENCIMA DE LA SUPERFICIE DEL AGUA.

AZOLLA FILICULOIDES

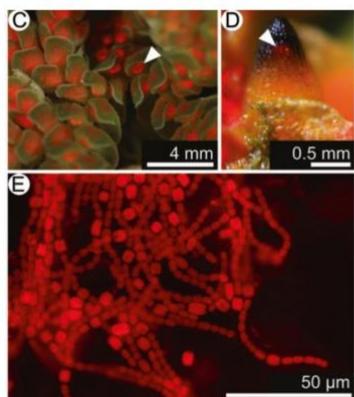


Fig. 2.1 *Azolla filiculoides*. (a) Dense culture of *A. filiculoides* growing in the greenhouse. (b) Lateral view of *A. filiculoides*. (c) Autofluorescing cyanobionts (arrowhead) fill the leaf cavities of each dorsal leaf lobe. (d) Autofluorescing cyanobionts (arrowhead) within the indusium chamber of the megasporocarp. (e) Tightly packed autofluorescing cyanobionts within the leaf cavity

EN N. AZOLLA, EL CIANOBIONTE DE AZOLLA, LA CANTIDAD DE HETEROCISTOS SE VE FAVORECIDA POR LA PRESENCIA DE FRUCTOSA, AL IGUAL QUE LA FIJACIÓN DE NITROGENO (ROZEN ET AL., 1986). TAMBIEN SE HA PROUESTO QUE LOS AZUCARES DE SUPERFICIE DEL CIANOBIONTE, AL INTERACTUAR CON LAS LECTINAS DE AZOLLA QUE SE UNEN A AZUCARES, MEDIAN LA ADHERENCIA DE LOS CIANOBIONTES EN LA CAVIDAD FOLIAR (KOBILER ET AL., 1981).

DEVRIES, SOPHIE & DE VRIES, JAN (2018). AZOLLA: A MODEL SYSTEM FOR SYMBIOSIS, NITROGEN FIXATION AND EVOLUTIONARY DEVELOPMENTAL BIOLOGY. *PLANT PHYSIOLOGY*, 177(3), 1239-1252.

AZOLLA FILICULOIDES

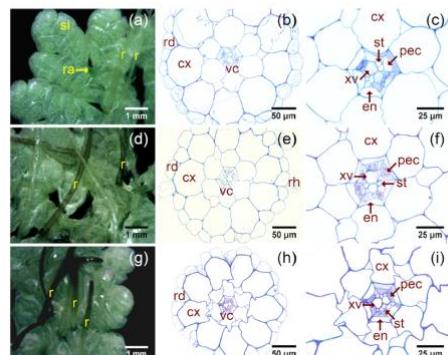


Fig. 3 Effect of AgNPs on external and internal root structure of *A. filiculoides*, exposed during 8 days. Control, 0 mg AgNPs L⁻¹ (a-e); 0.1 mg AgNPs L⁻¹ (f-h); 1 mg AgNPs L⁻¹ (i). (a-f) External structure (a, d, g) and cross sections (1 μ m) stained with methylene blue and azure (MBA) solution. (g, i, h, i) Submerged lobes (d), root apex (a), root (r), rhizodermis (rd), root hair (rh), cortex (cx), vacuole cylinder (vc), endodermis (en), pericycle (pec), xylem vessel (xv), stele tube (st)

LAS AGNPs EXTRACELULARES EN LA SUBFASE DE LA RAÍZ Y EL FRONTE SE DISOCIAN EN IONES DE PLATA (Ag^+) QUE INGRESAN POR LA RAÍZ Y SE ACUMULAN EN LA ENDODERMIS, DONDE VUELVEN A FORMAR NANOPARTÍCULAS DE PLATA (AGNPs). LOS DANOS ESTRUCTURALES OBSERVADOS EN LA RIZODERmis Y EL CILINDRO VASCULAR SUGIEREN UNA AFECTACIÓN DE LAS FUNCIONES PRINCIPALES DE LA RAÍZ A ALTAS CONCENTRACIONES, LO CUAL PODRÍA SER RESPONSABLE DE LA DISMINUCIÓN EN LA ABSORCIÓN Y TRANSLOCACIÓN DE IONES DE PLATA, AFECTANDO FINALMENTE EL CRECIMIENTO DE LA PLANTA.

DESMODESMUS SP.

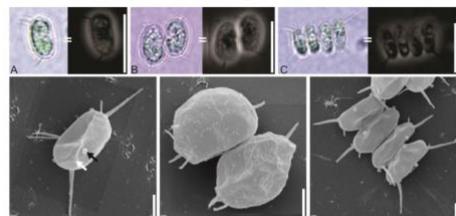
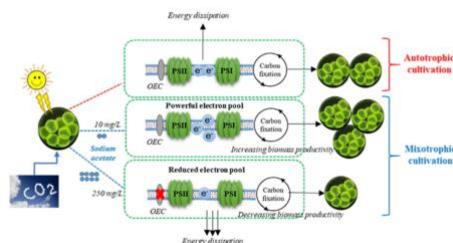


Figura 3. Morfología de *D. subspicatus* por microscopio óptico (A-C) y microscopio de electrones de esc�a (D-F). From A to C scale bar black arrow equivalent to 10 μ m. A: Single cell; B: Coenobium with two cells; C: Coenobium with four cells. From D to F scale bar equivalent to 5 μ m. D: Single-cell, presence of spines and tubes; E: Coenobium with two cells, presence of thorns; F: Coenobium with four cells, presence of spines and tubes. Black arrow, chimney like rosettes; white arrow, longitudinal edges.

BURGOS, G., RIBAS, P. G., FERRERA, P. C., PASCOS, M. F., SANTOS, B., SAVI, D. C., LUNDE, T. A., VASCONCELOS, J. V., GALLU, T. V., VASCONCELOS, L. V., & KAVA, V. M. (2022). MORPHOLOGICAL AND MOLECULAR PHYLOGENETIC ANALYSIS AND EVALUATION OF DESMODESMUS ARUNDINACEUS (CHLOROPHYCEAE) FROM BRAZIL. *BRAZILIAN JOURNAL OF BOTANY*, 45(2), 265-272. *BRASILIA DE BIOLOGIA*, 82, E26520. <https://doi.org/10.1016/j.biot.2021.09.051>. 94984.26523.

CÉLULAS SOLITARIAS ELÍPTICAS, COENOBIOS CON 2 A 4 CELULAS DISPUESTAS LINEALMENTE, CELULAS ELÍPTICAS, CON POLOS REDONDEADOS, DE 5.2-6.2 MM DE LARGO Y 1.5-4 MM DE ANCHO LOS COENOBIOS Y LAS CÉLULAS SOLITARIAS PRESENTAN UNA ESPINA EN CADA POLO (VER FIGURAS 3A, 3C, 3D, 3F) Y ALGUNAS ESPINAS CORTAS, LAS COLONIAS DE DOS CÉLULAS MUESTRAN DE 4 A 6 ESPINAS CORTAS DISTRIBUIDAS DE FORMA IRREGULAR SOBRE LA SUPERFICIE CELULAR (VER FIGURAS 3B, 3E)

DESMODESMUS SP.



Jie Cheng, Wenjin Fan, and Linggang Zheng. Development of a mixotrophic cultivation strategy for simultaneous improvement of biomass and photosynthetic efficiency of freshwater microalgae *Scenedesmus obliquus* by adding appropriate concentration of sodium acetate. *Biochemical Engineering Journal* 176 (2021) 108177.

EN EL CRECIMIENTO MIXOTRÓFICO, LA FOTOSÍNTESIS Y LA RESPIRACIÓN FUNCIONAN DE MANERA CONJUNTA EN LAS MICROALGAS VERDES, LO QUE LES PERMITE EVITAR EL EFECTO NEGATIVO DEL ESTRES OXIDATIVO CAUSADO POR LA ACUMULACIÓN DE O_2 Y REUTILIZAR C, N, P Y FE PRODUCIDOS DURANTE LA RESPIRACIÓN.

SALAH, A., SAVI, H., EL-SAYED, E. E., EL-BARUCHY, B. M., MOHAMMED, A. A., & ABDI, A. (2022). GROWTH AND PHOTOSYNTHETIC PERFORMANCE ANALYSIS OF CHLOROPHYCEAE COENOBIA OF DESMODESMUS SP. GREEN ALGA GROWN ON AGRICULTURE INDUSTRIES WASTE (CHEESE WHEY), WATER AIR & SOIL POLLUTION, 234(12). <https://doi.org/10.1007/s00425-022-02700-0>. 270-023.06780-0