



**Universidad Autónoma del Estado de México**

Centro Universitario UAEM Valle de Chalco

# **DISEÑO DE ESTRUCTURA BIOMIMÉTICA PARA CAPTAR EL ROCÍO**

## **T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

***LICENCIADA EN DISEÑO INDUSTRIAL***

**P R E S E N T A**

**VANESSA KARLA URBAN GUTIÉRREZ**

**ASESOR:**

**DRA. EN DIS. LUCILA HERRERA REYES**

**Revisora: M EN F. ERIKA CHAVARRIA JIMENEZ**

**Revisor: DR. EN DIS. GUSTAVO JESÚS ISLAS VALVERDE**

**VALLE DE CHALCO SOLIDARIDAD, MÉXICO OCTUBRE 2024.**



**CUVCH**

**DISEÑO DE ESTRUCTURA BIOMIMÉTICA PARA  
CAPTAR EL ROCÍO**

# ÍNDICE

<b>1. Resumen .....</b>	<b>10</b>
<b>2. Antecedentes de la temática.....</b>	<b>11</b>
2.1 Recolección del agua en la antigüedad .....	11
2.2 Evolución de estructuras recolectoras de agua.....	13
<b>3. Importancia del problema .....</b>	<b>19</b>
3.1 Justificación.....	19
3.2 Objetivos .....	20
3.3 Hipótesis .....	21
<b>4. Planteamiento del problema o pregunta de investigación .....</b>	<b>22</b>
<b>4.1 Estrés hídrico .....</b>	<b>22</b>
4.1.1 Sobre población y urbanización .....	22
<b>4.2 Amenazas que enfrentan los polinizadores.....</b>	<b>24</b>
4.2.1 Contaminación del agua y micro plásticos .....	24
4.2.2 Cambio de uso de suelo.....	26
<b>5. Marco conceptual o teórico .....</b>	<b>27</b>
<b>5.1 Transdisciplina y prospectiva del diseño .....</b>	<b>27</b>
5.1.1 Diseño Industrial.....	30
5.1.2 Diseño para la Naturaleza .....	33
<b>5.2 Sistemas de recolección de agua contemporáneos.....</b>	<b>35</b>
5.2.1 Natural.....	35
5.2.2 Artificial.....	40
5.2.3 Procesos de purificación del agua.....	41
<b>5.3 Factores meteorológicos para la recolección del rocío .....</b>	<b>44</b>

5.3.1 Tipos de materiales para recolección y almacenamiento del rocío .....	47
<b>5.4 Polinizadores .....</b>	<b>56</b>
5.4.1 Importancia ecológica y social .....	56
5.4.2 Especies de polinizadores.....	57
5.4.3 Polinizadores en la ciudad de México .....	59
5.4.4 Adaptación de polinizadores .....	60
<b>5.5 Jardines para polinizadores .....</b>	<b>62</b>
5.5.1 Paleta de plantas .....	62
5.5.2 Selección de polinizadores.....	64
5.5.3 Elementos atractivos para polinizadores.....	65
<b>5.6 Biomímesis .....</b>	<b>67</b>
5.6.1 Diseño pensado en la naturaleza .....	67
<b>6 Métodos y técnicas de investigación empleadas .....</b>	<b>74</b>
<b>6.1 Definición de la metodología .....</b>	<b>74</b>
<b>6.2 Análisis (fase 1).....</b>	<b>76</b>
6.2.1 Requerimientos técnicos .....	76
6.2.2 Requerimientos de diseño estructural .....	77
<b>6.3 Imitando la naturaleza (fase 2).....</b>	<b>77</b>
6.3.1 Diseño biomimético .....	78
<b>6.4 Conceptualización (fase 3).....</b>	<b>79</b>
6.4.1 Requerimientos del diseño .....	79
6.4.2 Ergonomía.....	81
6.4.3 Proceso creativo.....	83
6.4.4 Matriz de selección.....	103
6.4.5 Evaluación.....	106

<b>7</b>	<b>Presentación y discusión de resultados .....</b>	<b>107</b>
7.1	Presentación de la propuesta .....	107
7.2	Discusión de los resultados .....	109
7.3	Planos técnicos.....	110
7.4	Estructura de costos .....	116
<b>8</b>	<b>Conclusiones y sugerencias .....</b>	<b>121</b>
8.1	Alcances del proyecto .....	121
<b>9</b>	<b>Referencias de consulta .....</b>	<b>123</b>

## RESUMEN

La presente investigación aborda la biomiméesis como principal inspiración para llevar a cabo el proceso de captación de rocío y reflejar la importancia de los recursos naturales y de los problemas ambientales que se presentan cuando su uso es indiscriminado. En este sentido, el diseño biomimético es una aproximación innovadora que se inspira en los modelos, sistemas y elementos de la naturaleza para dar alternativas de solución a la sociedad de forma sostenible. El diseño biomimético posee gran impacto en distintas áreas del conocimiento como son la arquitectura, el diseño industrial, la ingeniería y la biomédica. En este nuestro tiempo, la urbanización y sobrepoblación como fuerzas motrices ejercen presiones en la demanda de recursos naturales y habitacionales ocasionando pérdida de áreas verdes que son indispensables tanto para el ser humano como en la interacción con otras especies, además de los múltiples beneficios que se les atribuyen. La flora, por ejemplo, es uno de los mayores recursos naturales y principal hábitat para los polinizadores, donde pueden alimentarse, obtener refugio, reproducirse y contribuyen a absorber el bióxido de carbono que altera la atmósfera. No obstante, la falta de cubierta vegetal por espacio, por falta de agua y otros aspectos, son determinantes para desplazar a los polinizadores y por ello se ven obligados a volar largas distancias para conseguir alimento y descansar. En este tenor, el diseñar una estructura biomimética inspirada en el escarabajo de Namibia para que capte el rocío, considera, por un lado, captar el agua y por goteo nutrir a los vegetales que se posan en la estructura, y por el otro lado, contribuye como un sendero de descanso para polinizadores. La metodología de esta investigación es mixta, no experimental y de causa efecto, el método de diseño se aborda desde la espiral biomimética de Jayne Benyus donde se aprende de la naturaleza para resolver problemáticas y que implica la observación y emular procesos y sistemas que la naturaleza ha perfeccionado a lo largo del tiempo.

# ANTECEDENTES

## 2.1 Recolección de agua en la antigüedad.

Desde la antigüedad el agua ha sido un recurso indispensable para que la vida prevalezca, pues los romanos la consideraban un símbolo de desarrollo y crecimiento para una civilización, también siendo los que perfeccionaron los sistemas de gestión y uso del agua por medio de la construcción de acueductos, cisternas, grandes depósitos, albercas y desagües, lo que hoy en día continúan siendo maravillas de ingeniería, como lo menciona Argudo:

Tanto condicionaba el agua, que antes de construir la ciudad, debía de estar garantizado el abastecimiento de agua, y éste condicionaba la posición exacta de la ciudad. Así Plinio el Viejo indicaba “Es el agua la que hace la ciudad” (2019, p. 64).

En la capital Atenas, siempre presento un caso irregular de lluvias por lo que se desarrollaron e implementaron sistemas de recogida pluvial que tendrían la función de almacenar el agua en momento de escasez, tuvieron un triple uso como: piscina, estanque de peces y depósito de agua de riego. Esta construcción contaba con cisternas y depósitos de 1300 m de perímetro y 9 de profundidad los cuales conducían hasta el mar.

El agua no solo es un elemento presente en la naturaleza si no es un símbolo de vida, progreso y religión, como en el islam, donde se encuentra escrito lo siguiente:

“Corán se indica que es el principio más importante del universo, puesto que el trono de Dios está en el agua en el momento de la creación: “Él es quien ha creado los cielos y la tierra en 6 días, teniendo su trono en el agua [Corán, XI]” (Argudo, 2019, p. 67).

Gracias a los grandes sistemas de recolección y distribución de agua como acueductos, termas, ninfeos, fuentes, pozos se establecieron como base para las

siguientes construcciones como molinos drenaje y tuberías, tecnologías que se extenderían de oriente a occidente (China, India y Persia) y luego en oriente medio lo cual fue un proceso lento y evolutivo para el historiador Joseph Needham, así lo menciona Argudo.

Continuando con otros acontecimientos de captura u obtención de agua en la antigüedad nos trasladamos a las islas de hierro donde gracias a un árbol los habitantes de la isla pudieron sobrevivir, lo cual se describe a continuación.

El árbol de Gaoré ubicado en la isla de el hierro era uno de los principales proveedores de agua para los habitantes de la isla, donde no existía recursos hídricos ya que gracias a sus ramas captaban el rocío para que este se deslizase por ellas, donde los habitantes llenaban sus vasijas de barro.

Durante la época prehispánica se han, descubierto diversos tipos de redes para diferentes usos donde, en el códice Azcatitlan (figura 1) se observan algunas para la pesca y otras fuera del lago colocadas verticalmente las cuales, se cree que habían aprendido a captar la niebla, dichas redes fueron encontradas en el Norte de México a diferentes alturas en cerro cercanos o lagos.



Figura 1: Códice Azcatitlan  
Fuente: <https://www.researchgate.net/>

El aire situado en la atmósfera se considera como una mezcla de dos componentes: aire seco (que está compuesto principalmente por 77% de nitrógeno, 22% oxígeno y el 1% de dióxido de carbono) y agua. La capacidad de la atmósfera para recibir vapor de agua se relaciona con el concepto de “humedad absoluta” que es la cantidad de agua existente en el aire por unidad de masa de aire seco, y la humedad relativa que es la relación entre la humedad absoluta y la cantidad máxima de agua que admite el aire por unidad de volumen (Villavicencio, p.55,2015)

Como lo menciona Villavicencio, el rocío es un fenómeno físico y meteorológico que se produce cuando la humedad relativa del aire alcanza el 100%, es decir, cuando este no puede contener el vapor de agua por lo que se proceden niebla o nubes, llevando a cabo un ciclo hidrológico natural.

El rocío y la niebla han sido claves para la sobrevivencia del ser humano en ambientes donde el agua no es apta para consumo, por ejemplo, en el desierto de Atacama se recogía el rocío mediante el acomodo de piedras de manera que se condensará la niebla y las gotas cayeran en su interior donde se almacenaban y se protegían del sol diurno, esta técnica también se utilizaba en el antiguo Egipto donde se almacenaba agua en acueductos subterráneos.

## **2.2 Evolución de estructuras recolectoras.**

El científico Carlos Espinosa, construyó el primer sistema de atrapanieblas en 1954 denominado macro diamante (figura 2), gracias a que realizó mediciones de niebla en distintos cerros de la región de Antofagasta establecería la base para todo sistema de captación de niebla y rocío, habiendo formas tridimensionales, macro diamante, tridimensional cilíndrico y bidimensionales, como los que se presentan a continuación:



Figura 2: macro diamante  
Fuente: <https://www.pinterest.com.mx>

## Atrapaniebla

Los atrapanieblas consisten en una malla de polipropileno o poliestireno, donde al momento de que la niebla pase por ella las gotas de agua quedan atrapadas para agruparse y ser almacenadas en un tanque de agua, también pueden recolectar lluvia y son apropiados para zonas áridas de gran altitud y áreas rurales sin embargo no presentan limitaciones para desempeñarse en ciudades y suelen dañarse por los fuertes vientos.

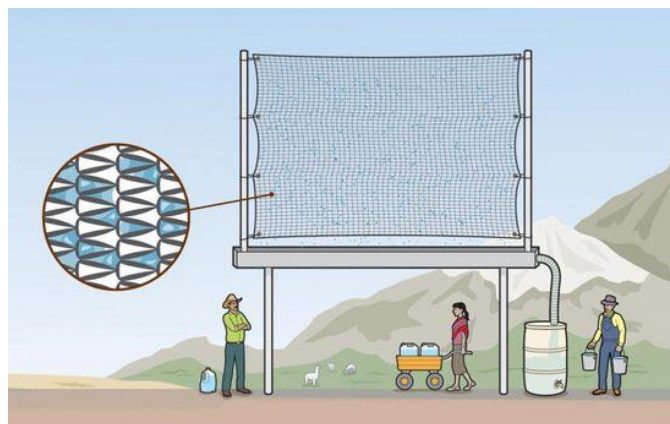


Figura 3: Atrapanieblas  
Fuente: <https://www.sierraclub.org>

### **Colector de agua de niebla NRP 3.0**

Propuesto por C. Sánchez Recio y desarrollado por Natural Aqua Canarias SL, en 2013 se desarrolló prisma rectangular de 5x2 metros (figura 4), cubierto con mosquitera de plástico y una base metálica para su anclaje, soportes verticales, decantación y filtración de agua, debido a su forma tridimensional no resulta necesario ubicarla estrictamente hacia una dirección del viento en particular, pero es recomendable colocarla a la dirección del viento dominante.

La estructura es revestida periféricamente con mosquitera de plástico (5,6 m<sup>2</sup> en total) e interiormente por una segunda capa de malla metálica apantallada de 1 m de altura (cubriendo tres caras del gálibo, 2,1 m<sup>2</sup> en total). En el centro de esta estructura, es decir en su interior, se instalan entre 3-5 capas sucesivas de malla Raschel como material de captación vertical (a modo de cortinas) creando una oposición en la trayectoria de las gotas de aire cargado (Mahecha, 2020, p.33).

Las capas de malla rashel se encuentran apoyadas en marcos de acero que sujetan la parte superior por medio de mosquetones y anillas, dichos cables otorgan flexibilidad, estabilidad y ligereza favoreciendo los niveles de cosecha, según Mahecha.

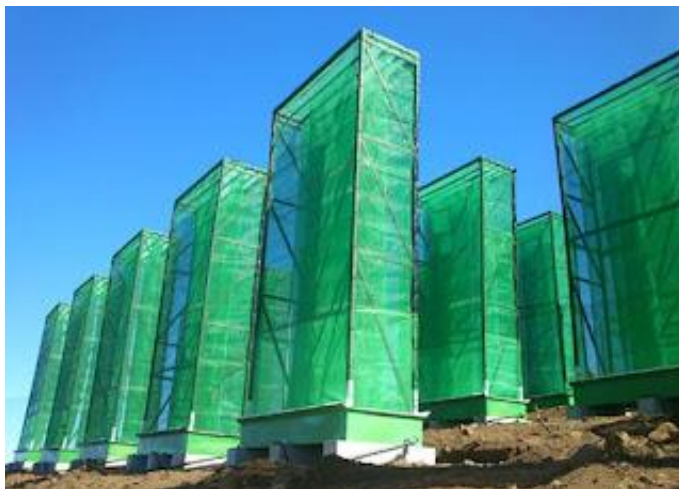


Figura 4: atrapaniebla NRP3.0  
Fuente: <https://atrrs2018.blogspot.com/>

## Coastal Fog Tower

La torre de 400 m de altura se construyó en forma de espiral con una base de madera, malla de cobre y una piel de plástico la cual capta el agua de niebla que esta absorbe y canaliza a su base donde pasa por una filtración de ósmosis inversa, puede llegar a captar entre 140 y 700 litros de agua al día.



Figura 5. Coastal Fog

Fuente: <https://inhabitat.com/coastal-fog-tower/>

## Captador de niebla escarabajo

Este captador cuenta con una pantalla cuya superficie es de malla de polietileno de 2 metros, pesa solo 400 g y es más eficiente cuando se coloca en el suelo en condiciones de 50% de humedad o más, puede llegar a captar hasta 10 litros de agua por día cuando se enfrenta al viento en terrenos elevados.



Figura 6: Captador Escarabajo

Fuente: Análisis de los componentes físicos y ambientales (2021).

## Captador de colmena

Este captador imita la forma geométrica de una colmena y la estructura molecular del diamante y el grafito de cuatro niveles (figura 7), puede llegar a captar aproximadamente 1197 L por día, se instaló en una dirección predominante del viento en la ciudad de Bogotá a una altura de 3165 msnm, Mahecha menciona que:

Tiene una geometría hexagonal de paneles compuesto por 28 postes de madera inmunizada, para soportar las mallas tipo Raschel teniendo una superficie captadora de 450 m<sup>2</sup>, que permite captar la niebla y el rocío en las diferentes direcciones del viento; depositándola en su tejido, condensándola y enviándola a la parte inferior de todo el montaje por efecto de la gravedad; el líquido cae y es recolectado por láminas de policarbonato alveolar, laminas que serán moduladas y encajadas entre sí formando un gran embudo tubería con un filtro casero (piedras, grava, arena, carbón activo y algodón) que decanta y filtra el agua antes de su paso por la red de distribución, para ser almacenada en un tanque plástico de 1500L para la disposición de la comunidad (2021, p.40).

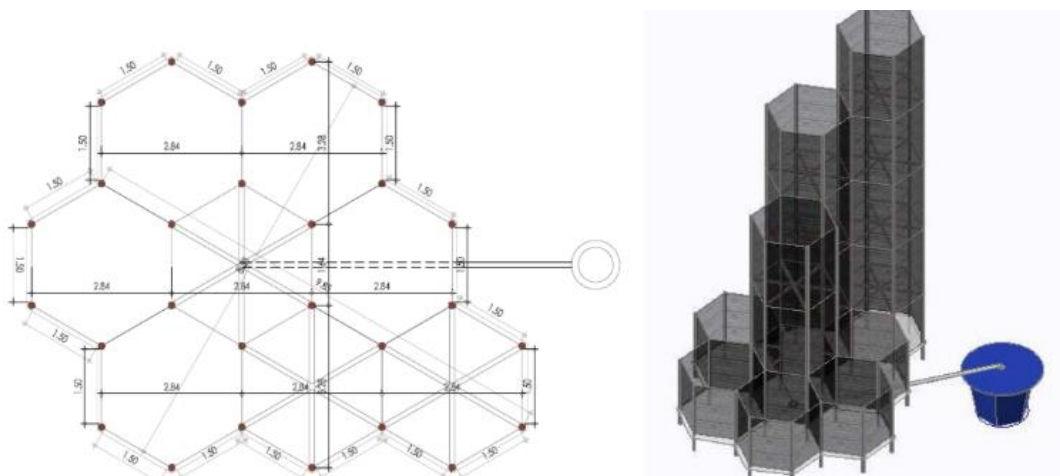


Figura 7: Captador de Colmena.

Fuente: Análisis de los componentes físicos y ambientales (2021).

## Casita para abejas (Bee Home)

Esta casita diseñada por Tanita Klein en colaboración con el estudio Bakken & bakken y IKEA desarrollaron una casita para abejas la cual puede ser armada por uno mismo y pretende inspirar a personas a implicarse en la solución de la pérdida de polinizadores y reequilibrar el planeta, pues según Revilla y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), en el sitio web ([www.elledecor.com](http://www.elledecor.com)) mencionan: “casi el 90 por ciento de todas las especies de plantas con flores depende de polinizadores animales, lo cual suponen aproximadamente un tercio del suministro mundial de alimentos”.



Figura 8: Bee Home  
Fuente: <https://www.elledecor.com>

## **3. IMPORTANCIA DEL PROBLEMA**

### **3.1 Justificación**

El estrés hídrico es uno de los factores que se viven en la actualidad especialmente el norte y centro de México donde reside las dos terceras partes de la población y se concentran las principales actividades productivas según el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), además de destinar un 76% de agua a actividades agrícolas y un 4.9% a la industria.

Como consecuencia de la urbanización, la pérdida de hábitat es otro factor fundamental para los insectos polinizadores y los ecosistemas de la zona, ya que la construcción desenfrenada de viviendas habitacionales se ve afectada a las zonas verdes donde se hallaba el principal refugio y alimento para dichos insectos polinizadores al no encontrar dichos recursos se ven obligados a volar largas distancias para encontrar el alimento necesario.

Es por esto por lo que se buscó la forma de generar agua de una manera no convencional, es decir, a través de la generación del rocío el cual depende de un mínimo de 50% de humedad relativa para generarse y no requiere de una energía externa para capturarlo, por lo que es apto para colocarlo en diferentes regiones con las condiciones climáticas adecuadas.

Por medio de un análisis de materiales se determinó que el polietileno de alta densidad (HDPE) es el indicado para capturar el rocío ya que es capaz de resistir ambientes secos y húmedos, no absorbe humedad y es adecuado para el contacto con alimentos. Además de poder reciclarse una vez terminada su vida útil.

Retomando la biomiméis como inspiración y al escarabajo de Namibia como concepto principal, este escarabajo es capaz de capturar agua del rocío del desierto gracias a las protuberancias de sus alas petrificadas, levantando las

patas traseras en un ángulo de 45° y con ayuda de la superficie hidrofóbica e hidrofílica las gotas de agua se van deslizando hasta su boca.

Conseguir la presencia de mayor vegetación en áreas urbanas contribuye a la absorción de CO<sub>2</sub>, reducción del ruido urbano, reducir el calor, etcétera mejorando la calidad del espacio. así lo menciona la Secretaría del Medio Ambiente:

Los jardines y corredores polinizadores son espacios cuyas plantas y árboles capturan los gases que provocan el calentamiento global, de igual forma son áreas verdes que ayudan a regular la temperatura al reducir el calor y cuyo suelo y vegetación retiene y filtra el agua, previniendo inundaciones (2022, p. 4).

Al implementar plantas nativas de México evitará que el ecosistema de la zona surja alteraciones en su área natural, además, de atraer a polinizadores servirán como refugio, fuente de alimento y agua y en entornos urbanizados por lo que ayudara a aquellos polinizadores de la zona a tener una fuente de alimento más cercana.

Este proyecto contribuirá a una conciencia ambiental sobre la importancia de áreas verdes y el impacto de estas en la polinización, pues se relacionó la forma natural del escarabajo con el objeto final, en segundo plano estará presente la polinización reflejando la importancia de la naturaleza en nuestro día a día.

### **3.2 Objetivos**

Emular la naturaleza a través de estructuras modulares que permitan la captación y almacenamiento del rocío condensado en el ambiente con fines sustentables para plantas o vegetales cultivados.

1. Investigar técnicas, eco-tecnias y tecnologías para la captación del agua del rocío.

2. Diseñar una estructura modular a partir de propuestas conceptuales biomiméticas.
3. Identificar materiales que sean eco amigables con los insectos polinizadores de acuerdo con la función establecida dentro de los requerimientos de diseño.
4. Diseñar la propuesta con base a los requerimientos de polinizadores en zonas urbanas.
5. Realizar el modelo 3D de la propuesta final.

### **3.3 Hipótesis**

Si se diseña una estructura modular a partir de propuestas conceptuales biomiméticas que permitan la captación y almacenamiento del rocío condensado que además contribuya a aumentar el servicio ecosistémico de polinizadores en zonas urbanas, entonces se contribuirá a una mejora ambiental y una reserva constante de agua.

## **4. Planteamiento del problema**

### **4.1 Estrés Hídrico**

El estrés hídrico se lleva a cabo cuando la demanda de agua no alcanza a satisfacer la cantidad requerida de algún país o región, este tiene una fuerte relación con el aumento de sequias y temas como sobrepoblación, el sector industrial como lo es agricultura, producción de alimentos y bebidas, fabricación textil, productos químicos, etcétera, es decir toda actividad que requiera una fuerte demanda de agua se puede ver afectada por dicho acontecimiento.

Según el centro de investigación en política pública México es un país vulnerable a sequias, con 52% de su territorio ubicado en clima árido o semiárido, por lo que se puede observar en la zona norte de México según S&P Global Ratings.

Los datos muestran que, en esta década (2020-2030), 11 de los 32 estados mexicanos ya se enfrentan a un alto estrés hídrico (con puntuaciones de 70 o superiores). De estos 11, los estados con mayor exposición son Baja California y Baja California Sur en el norte, Aguascalientes en la región del Bajío (zona central del país) y Ciudad de México. (2023, p.4).

El mismo estudio retoma factores ligados al crecimiento demográfico y actividades económicas como la agricultura, industria de alimentos y bebidas, fabricación textil, productos químicos, construcción, automotriz generación de energía y turismo, los cuales están fuertemente ligados a tener un suministro de agua para cubrir sus necesidades de producción ya que de lo contrario se verían afectados fuertemente en el ámbito económico.

#### **4.1.1 Sobre población y urbanización.**

La población en México cada vez va en aumento, pues en 2021 el Estado de México representaba la entidad federativa más poblada con 16 millones 992 mil

418 habitantes y en segundo lugar se encontraba la Ciudad de México con 9 millones 209 mil 944 personas y para el 2023 México cuenta con 131.1 millones de habitantes, con una tasa de crecimiento de 0.9%.

Dicha población seguirá en aumento, pues para 2053 aumentaremos a 147 millones de habitantes y dicha cifra se disminuirá a 141.4 millones de personas para 2070, en este año se triplicará el número de personas mayores de 60 años representando un 34.2% de la población en México, según un Censo del consejo Nacional de Población.

La urbanización no solo muestra un escenario de construcciones, si no engloba un sector económico tanto de presupuesto, inversiones y generación de empleo, sin embargo, la construcción desenfrenada o urbanización fantasma, conlleva a una pérdida de cubierta vegetal y en otro ámbito realizar construcciones exclusivas (modernos departamentos, torres corporativas, oficinas, hoteles y mega proyectos comerciales) los cuales suelen ser de un costo inaccesible para la mayor parte de la población mexicana.

En la última década (2010-2021) en la capital se han construido 307 megaproyectos inmobiliarios. De ellos, 179 están articulados a inversiones internacionales a través de Certificados colocados en la Bolsa Mexicana de Valores. La mayor parte (66%) se ubica en selectas áreas del poniente de la ciudad, donde se aloja la población de estratos medios y altos (El País, 2022).

Conllevara a un incremento de trayectos urbanos, por lo tanto, se requerida de mayor infraestructura de transporte y un aumento en el cobro de pasaje, asentamientos humanos ilegales / informales e irregulares, los cuales tendrán una mayor oferta por falta de uso habitacional debido al costo accesible en terrenos poco habitables.

## 4.2 Amenazas que enfrentan los polinizadores

México es el segundo país con mayor concentración de abejas la cual es la principal especie polinizadora con más de 200 mil especies y también pertenecemos al grupo de naciones que cuenta con gran parte de diversidad de animales y plantas existentes, sin embargo, esto se ve amenazado por las diferentes formas de contaminación que empleamos, estos se muestran a continuación:

Tabla 1. Principales Amenazas a los Polinizadores

Polinizadores	Principales amenazas				
	Caza y tráfico ilegal	Modificación de ecosistemas	Perdida de hábitat por urbanización	Plaguicidas/ patógenos y parásitos	Cambio climático
<b>Murciélagos</b>		X	X	X	
<b>Colibríes</b>	X	X	X		
<b>Abejas, avispas, abejorros, hormigas</b>		X	X	X	X
<b>Mariposas</b>		X	X	X	X
<b>Escarabajos</b>			X	X	

Fuente: Barragán y colaborador (2022).

Los resultados mostrados anteriormente demuestran que los polinizadores se ven afectados por distintos tipos de contaminación, sin embargo, el uso de plaguicidas o pesticidas que comúnmente son usados en la agricultura

### 4.2.1 Contaminación del agua y micro plásticos.

Según el Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO) menciona que en 2018 el 18% de los acuíferos subterráneos ya estaban sobreexplotados y un 5% tuvo problemas de salinización del suelo, dicho fenómeno se da en un periodo

de sequía donde la evapotranspiración es superior a la precipitación anual logrando un aumento de sales y minerales del agua.

La precipitación ayuda a recargar los mantos acuíferos, donde en México recibe alrededor de 1.5 millones de  $\text{hm}^3$  de agua al año donde el 67% cae entre junio y septiembre en el sur- sureste donde el promedio de lluvias es del 50%. “Las entidades que tienen mayor precipitación son Chiapas con 27mm, Quintana Roo con 32 mm, Campeche con 71 mm, Veracruz con 32 mm, Guanajuato con 29mm, Chihuahua con 11 mm, y Coahuila con 22 mm” (IMCO, 2022, p.21).

Las fuentes de agua superficial se ven afectadas principalmente por sectores como industrial, agrícola o ganadera y domésticas, provocando que estas aguas sean tratadas con químicos dañinos para la salud entre estos contaminantes se encuentran los micro plásticos que afectan severamente a los ecosistemas y procesos naturales lo que conlleva a una inestabilidad para adaptarse.

Según un artículo de la revista Ciencia, México ocupa el doceavo lugar en el mundo por consumo de plástico y el número 11 por su producción el cual solo se logra reciclar con éxito menos del 8% en México y menos del 10% total de los residuos plásticos a nivel mundial, así lo señala Ricardo Cepeda, y las estadísticas más recientes de la OCDE.

Dichos micro plásticos cuentan con un tamaño entre 1  $\mu\text{m}$  y 5 mm y de forma regular e irregular lo que los hace imperceptibles a animales marinos.

La fauna marina como peces, la tortuga verde, aves marinas, focas, gusano de arena, delfín rosado, entre otros presentan una grave exposición a la ingesta de estos micro plásticos ya que pueden ser ingeridos directa o indirectamente tratándose de depredadores, carroñeros, etcétera. Dañando sus organismos como lo menciona Gonzales et. al “El efecto potencial que la ingesta de micro plástico tiene sobre estos organismos es la mala nutrición, inanición y reducción de las poblaciones, ya que se afecta su reproducción” (2022, p.17).

Retomando el párrafo anterior, en México se presenta un 59% de peces que han ingerido micro plásticos en diferentes formatos como lo son espumas, filamento, fragmentados, fibras, etcétera y un 70% de los residuos se hundirían y permanecerán en el sedimento marino por muchos años hasta su degradación en el suelo o en el estómago de algún tipo de especie.

#### **4.2.4 Cambio de uso de suelo**

El cambio de uso de suelo es aquel donde se lleva a cabo la remoción de la cubierta vegetal original del planeta para construcciones (urbanización) o agricultura, dicha cubierta no puede ser recuperada originalmente, es decir, es un recurso finito.

Se requiere aproximadamente de 1000 años para formar 1 cm de capa arable superficial y hoy en día un tercio de los suelos están moderadamente o muy degradados debido a la erosión, la pérdida de carbono orgánico, salinización compactación acidificación y la contaminación química.

Según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) “En 1985 la vegetación primaria, es decir, sin alteración o degradación, cubría 1 543 545 km<sup>2</sup> de la superficie nacional. Para 2014, había disminuido 9.4%, al cubrir 1 398 394 km<sup>2</sup>” (2021, p.2). las emisiones de carbono y las malas prácticas agrícolas pueden conllevar a un suelo infértil o a una disminución en cantidad y calidad de los cultivos que consumimos día a día.

Además de alterar la biodiversidad del suelo, los principales contaminantes más comunes del suelo son metales pesados, contaminantes orgánicos persistentes y los contaminantes emergentes, como productos farmacéuticos y cuidado personal los cuales provocan una reacción en cadena alterando la biodiversidad del suelo así lo menciona la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

## 5. Marco conceptual

### 5.1 Transdisciplina y Prospectiva del Diseño

El diseño es aquella actividad proyectual que combina procesos de investigación, metodológicos, prácticos y conceptuales con fines creativos buscando resolver una necesidad para un determinado nicho.

Gracias a la necesidad del hombre de transformar objetos para su beneficio ya sea de sobrevivencia o simplemente una cuchara propia para comer es que surge una semiosis deconstructiva simbólica según Saldaña menciona, la existencia de este proceso como flujos de información los cuales atraviesan uno a uno con la finalidad de llegar al proceso de creación final del objeto u proyecto.

Es decir, en la figura 16 se describe el proceso por el que pasa una idea generada por una necesidad pasando primeramente por la información o problemática encontrada, posteriormente realizar una investigación con la finalidad de encontrar aquel nicho que presenta la solución para esa misma necesidad para posteriormente generar una percepción y finalmente una versatilidad proyectual, siendo el resultado de la necesidad encontrada.



Figura 9: Proceso de semiosis deconstructiva simbólica  
Fuente: La transdisciplina en el Arte y Diseño (2016)

Saldaña menciona que:

El Sujeto transdisciplinario se constituye por el conjunto de niveles de percepción y su zona complementaria de no-resistencia, cuyos niveles de percepción son los flujos de consciencia que atraviesan. Se trata del hombre y su mundo (2016, p.100).

La transdisciplina es un conjunto de percepciones y conocimientos uniendo ciencias, tecnologías, sociedades que buscan un fin en común, es decir, complementarse una con la otra generando un solo resultado a una necesidad.

El diseño industrial nos ofrece esa versatilidad al ser una carrera altamente transdisciplinaria pues el diseñador es capaz de proponer soluciones inteligentes a distintas problemáticas y/o necesidades a partir de la combinación de “elementos teóricos, prácticos, tecnológicos y conceptuales que sirven como herramienta para disipar necesidades múltiples de diversos preceptos (sociales, culturales, económicos ambientales) pertenecientes al medio en que se desenvuelve” (Ocampo, 2018, p.29).

Todo proceso de diseño pasa por la etapa de identificación e investigación para posteriormente el proceso creativo y generación del producto viéndolo de una manera simplificada la cual dependiendo del tipo de producto a diseñar serán las distintas disciplinas para tomar en cuenta, pero el mismo proceso metodológico, Irigoyen menciona que:

Sugiere que es a través de la filosofía cómo es posible comprender las estructuras lógicas que dan origen al diseño, cuya naturaleza lo vincula a todos los campos del saber. Esta postura, sugiere observar al diseño en cuatro etapas metodológicas, a saber, la prefiguración (asimilación de elementos en la investigación), la figuración (formalización como determinación y decisión), la configuración (como intercambio simbólico), y la modelización (la

integración e implementación del discurso). En ambos casos se trata al proceso como un complejo epistemológico (2016, p. 104).

La transdisciplina es una forma de colaboración entre dos o más profesiones independientes a la propia, donde cada una aportará sus conocimientos para resolver una problemática en común. Donde el diseño industrial paso del diseño y fabricación de productos a la resolución de servicios u organizaciones ya sea en ambientes sociales, económicos, ambientales o culturales, como lo menciona Castillo en su artículo publicado en ([www.foroalfa.org](http://www.foroalfa.org)):

Estos elementos muestran la convergencia de estrategias para tratar problemas complejos que afectan a colectivos amplios y diversos, y en las cuales son integradas diversas disciplinas que permiten enfoques más acertados de los fenómenos involucrados (2011).

Durante la carrera de diseño industrial se nos enseña a abordar aquellas problemáticas o necesidades que están presentes en nuestro día a día o en futuros escenarios las cuales pueden ser anticipadas desde el proceso de diseño ofreciendo una solución anticipada e innovadora. León y Sierra mencionan en su artículo ([www.redalyc.org](http://www.redalyc.org)):

En el diseño industrial, uno de los enfoques más interesantes para abordar el proceso de diseño es el que parte de la prospectiva para el planteamiento de escenarios y estilos de vida definidos por la interrelación del hombre con su futuro mundo objetual (2014).

Es decir, la prospección de los posibles escenarios o necesidades futuras de la población son una gran herramienta y fuente de inspiración para anticipar algunas áreas de oportunidades o mercados de innovación donde los diseñadores pueden desarrollarse en un campo laboral. Como lo menciona Ocampo:

La prospectiva como una vía de aproximación al futuro, la cual no busca su adivinación, sino que pretende su construcción, anticipando de este modo la configuración de un futuro deseable; luego desde ese futuro imaginado, reflexionar sobre el presente con el fin de insertarse mejor en la situación real y deseable; ya que la prospectiva encuentra su interés en la evolución, el cambio y la dinámica de los sistemas sociales (2018, p.29).

El diseño es una herramienta capaz de dar solución a problemáticas actuales desde una visión humana, artística y funcional para un futuro sostenible e innovador.

### **5.1.1 Diseño Industrial**

El diseño industrial es una disciplina multidisciplinaria que nos ayuda a llevar a cabo proyectos no solo de manera estética si no funcional este tiene su auge después de la revolución industrial pues cuando se observó que la planeación de un proyecto y su fabricación se podían separar empieza a surgir el diseño industrial.

Mas tarde comenzaría la llegada de la Primera Guerra Mundial y el aumento de la revolución industrial debido a la producción de dichos objetos los cuales no se caracterizaban por tener un buen o mal diseño si no por su producción en masa, pues en dicha época “la industria exigía cantidad aun a expensas de la calidad” (Gay y Samar, 2007, p.33).

Algunos productos que se fabricaban en la época van desde locomotoras, telares mecánicos, máquinas de fabricación de productos industriales y objetos de la vida cotidiana fueron presentados en la Gran Exposición Internacional de 1851. Dicha presentación llevaría a cabo un cuestionamiento sobre lo estético en los productos llevándose a cabo lo mencionado anteriormente sobre la separación de la planeación del objeto (conceptualización) y la fabricación de este.

Como lo menciona Gay y Samar “La característica más importante de ese nuevo esquema de producción es la separación de las tareas de concepción, de las de construcción (fabricación)” (2007, p.9).

El diseño llega a México por primera vez en 1952 gracias a una exposición llevada a cabo en Bellas Artes, organizada por Clara Porcet la cual consistió en presentar una serie de muebles, objetos, textiles y utensilios que fueron elaborados por artesanos mexicanos.

Gracias a la experimentación de conceptos y materiales el diseño industrial se vuelve una herramienta de innovación y desarrollo en el proceso de fabricación de algunos productos ya que este logra cuestionarse ¿De qué otra manera puede realizarse?

Neri Oxman es una arquitecta enfocada a la combinación de la arquitectura con diseño ambiental, biología, computación e ingeniería de materiales, su proyecto Agua hoja (figura17) se centró en desarrollar una plataforma robótica para impresión 3D con materiales biodegradables como celulosa, quitosano, pectina entre otros los cuales son capaces de interactuar con el ambiente a lo largo del tiempo, por ejemplo puede adaptar su comportamiento mecánico, cambiar el color dependiendo de la humedad y luz solar gracias a los bio compuestos con los que está hecha.



Figura 10: Aguahojay Neri Oxman  
Fuente: <https://oxman.com/projects/aguahoja>

La biomiméesis puede utilizarse como una gran herramienta de inspiración como la creación de productos que además de emular la forma del organismo vivo pueda desarrollar otras funciones que permitan replantearse los modos de producción de cómo hacemos las cosas hoy en día.

Sin embargo, la definición oficial del diseño establecida por Tomas Maldonado, maestro de la teoría del diseño, menciona que el desarrollo de un objeto no solo debemos concentrarnos en las características exteriores si no que exista una coherencia entre las relaciones funcionales, estructurales y estéticas que un determinado objeto-producto debe de poseer, así lo menciona Rodríguez:

El diseño industrial es una actividad proyectual que consiste en determinar las propiedades formales de los objetos producidos industrialmente. Por propiedades formales no hay que entender tan sólo las características exteriores, sino, sobre todo. Las relaciones funcionales y estructurales que hacen que un objeto tenga una unidad coherente desde el punto de vista tanto del productor como del usuario, puesto que, mientras la preocupación exclusiva por los rasgos exteriores de un objeto determinado conlleva el deseo de hacerlo aparecer más atractivo o también disimular sus debilidades constitutivas, las propiedades formales de un objeto -por lo menos tal como yo lo entiendo aquí son siempre el resultado de la integración de factores diversos, tanto si son de tipo funcional, cultural, tecnológico o económico. Dicho de otra manera, así como los caracteres exteriores hacen referencia a cualquier cosa como una realidad extraña, es decir, no ligada al objeto y que no se ha desarrollado con él, de manera contraria las propiedades formales constituyen una realidad que corresponde a su organización interna, vinculada a ella y desarrollada a partir de ella (2000, p.9).

Para Lobach: “el concepto de diseño comprendería la concretización de tales proyectos o modelos mediante la construcción y configuración, que de este modo

resuelven el problema en forma de producto industrial, susceptible ya de la fabricación en serie. El diseño estaría entonces al servicio del desarrollo del proceso configurativo” (1981, p.14).

Yo definiría el diseño industrial como una disciplina multidisciplinaria que toma la creatividad, ciencia e innovación y la industria para la creación de objetos que cumplan con un fin en específico sin comprometer la calidad, estética y funcionalidad del producto final.

### **5.1.2 Diseño para la Naturaleza**

La biomímesis la hemos llevado a cabo desde el principio de la evolución sin darnos cuenta, como dice Muñiz las necesidades básicas como comer, cubrirse del frío, tomar agua nos hizo observar la naturaleza a nuestro alrededor y como era que esto se llevaba a cabo en los diferentes organismos vivos, llevándonos a desarrollar un pensamiento crítico que nos llevó realizar herramientas que facilitaran el trabajo, por ejemplo: la forma de los colmillos y garras para cazar y cortar la carne de los animales, el caparazón de las tortugas, armadillos pensado como protección y desarrollar escudos y el mimetismo utilizado como camuflaje.

Todas estas opciones que nos ofrece la naturaleza marco el principio para futuros objetos que hoy en día usamos como las maquinas voladoras de da Vinci, el alambre de púas desarrollado por Michael Kelly, el velcro realizado por Georges de Mestral, la marca de pinturas Lotusan de Whilliam Barthlott, el tren bala de Japón desarrollado por Eiji Nakatsu, entre otros ejemplos que hoy podemos observar.

Tanto la biomimética como la biónica tratan de imitar a la naturaleza, sin embargo, la biomimética intenta imitar no solo la forma sino los procesos y funciones del organismo vivo que se esté estudiando, a continuación, se mencionan dos definiciones de estas disciplinas.

Según la DI. Fernández “el campo llamado biomimésis (1997) fue definido por la bióloga estadounidense Janine Benyus para abordar el enfoque hacia

soluciones a problemas de sustentabilidad ambiental y de ecología planetaria” (2019, p.21). Por lo que se refiere a adoptar formas o funciones propias de la naturaleza para resolver un determinado problema entorno a objetos cotidianos de manera sustentable y eficaz.

Para Bonsiepe, la biónica es “La biónica es el estudio de sistemas vivientes o asimilables a los vivientes tendente a descubrir nuevos principios, técnicas y procedimientos que se apliquen a la tecnología. La biónica analiza desde un punto de vista cuantitativo los sistemas biológicos, sus principios y sus caracteres funcionales, buscando sacar inspiración para desarrollar nuevas orientaciones en la proyección de sistemas técnicos que tienen características análogas” (1975).

El palacio de los deportes en México es un claro ejemplo de biomimésis puesto que su forma global esferoidal está inspirada en una cactáceas por sus principios estructurales, contra curvas localizadas en torno a líneas, puntos, etcétera, así lo menciona Vanden.



Figura 11: Palácio de los Deportes CDMX  
Fuente: <https://www.lifeboxset.com>

El diseñador Markus Johansson diseñó una serie de lámparas inspiradas en el pulpo llamada Cirrata (figura 19) la cual se sostiene solo de sus parus y sin ningún tipo de cable o base al igual que no se limitó por el material y las formas que puede conseguir con este.



Figura 12: Cirrata

Fuente: <https://www.yankodesign.com>

Como ya se mencionó anteriormente la biomimésis busca descubrir y estudiar aquellos procesos en la naturaleza y emplearlos en métodos u objetos de la vida cotidiana del hombre llevándonos a un enfoque de sostenibilidad donde se pueden desarrollar diversas funciones y nuevos materiales para el funcionamiento del objeto a desarrollar.

## **5.2 Sistemas de Recolección de Agua Contemporáneos**

En la actualidad surgen nuevas ideas innovadoras que no requieren de tecnología ni un proceso complicado de manufactura gracias a esto es capaz de llegar a la población que no cuenta con los recursos ambientales, económicos o de salud que cubren las necesidades básicas para vivir, es el caso de los siguientes proyectos

### **5.2.1 Natural**

#### **Gadget**

Diseñado por Alón Alex Gross, este captador tiene dos variantes (figura 5) en su función, pero ambos se inspiraron en el escarabajo de Namibia. Proporciona

agua potable gracias a que contiene una pantalla que atrapa las gotas de la niebla, es más eficiente en alturas donde es ubicado de manera perpendicular al viento y puede captar hasta 10 litros de agua al día.

Y para la captura del rocío, cuenta con una lámina laminada especial que atrae las gotas del rocío y pesa 400 gramos, puede llegar a recoger 1.5 litros de agua limpia por noche y es más eficiente cuando se coloca en el suelo en condiciones del 50% de humedad o más.



Figura 13. Captador Gadget

Fuente: <https://www.urbanarbolismo.es/blog/captacion-de-niebla/>

### **Torre warka**

Esta torre se basa en una estructura hecha de bambú (figura 5) diseñada por el arquitecto Arturo Vittrori, la cual contiene una maya de plástico reciclado en su interior que ayuda a recolectar agua del aire por medio de la condensación en zonas de África donde normalmente escasea o no existe el acceso a agua potable, recolectando hasta 100 litros de agua potable al día a la comunidad de etiopia, en el sur de África.

Gracias al bambú facilita su diseño estructural y montaje, el cual es realizado por la misma comunidad de Etiopía. El peso aproximado es de 80 kg y consta de tres piezas desmontables, además que puede ser fabricada por la misma comunidad de la región gracias al bambú que se encuentra en dicha región.



Figura 14. Warka Water Tower  
Fuente: <https://lightroom.adobe.com>

### **Isla urbana**

Es un proyecto mexicano que está enfocado a capacitar a la población mexicana a aprovechar el agua de lluvia por medio de sus captadores pluviales que se pueden instalar en el techo de las viviendas y este será depositada en un tanque de almacenamiento, este emprendimiento es una forma de llegar a más población necesitada

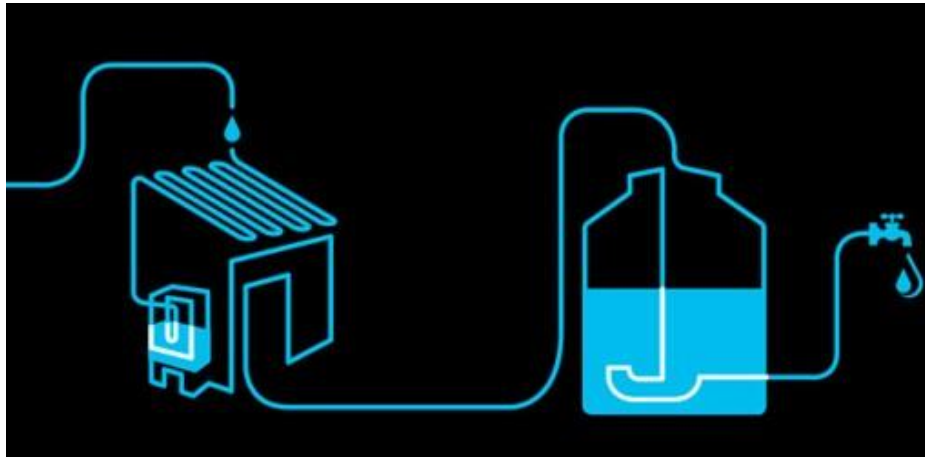


Figura 15: Instalación del Proyecto  
Fuente: <https://islaurbana.org>

### Techos verdes en Holanda

La ciudad de Utrecht en Holanda implemento en 316 paradas de autobús con techos verdes (figura 4) los cuales están cubiertos con flores de sedúm que ayudan a absorber el agua de lluvia, regular la temperatura, capturan los contaminantes en el aire y entre otros beneficios ambientales, dichos techos tienen la finalidad de brindar un refugio para las abejas donde pueden descansar, alimentarse y mantener su biodiversidad.



Figura 16. Techos verdes en Holanda  
Fuente: [ovacen.com/refugios-para-abeja](https://ovacen.com/refugios-para-abeja)

## Parabús Verde en Mérida Yucatán

Un proyecto similar al mencionado anteriormente es el primer Parabús Verde de México, este fue desarrollado por el arquitecto Fernando Ortiz quien desarrollo una parada de autobús con un jardín para polinizadores en el techo el cual es regado por las noches de manera natural gracias a la presencia de rocío, dicho proyecto brindara un refugio para los polinizadores, ayudara a reducir la ola de calor y la contaminación de CO2 además implementar mobiliario verde en las ciudades donde es común la falta de áreas verdes.

Aún continúa siendo un proyecto piloto sin embargo ya se colocó el primer Parabús en el estado de Mérida Yucatán, frente a la Universidad Tecnológica Metropolitana (UTM), el cual cuenta con sensores que miden la temperatura, necesidades de agua y pH.



Figura 17: Parabús Verde, Mérida.  
Fuente: @viaverde\_planet (Instagram,2023).

## 5.2.2 Artificial

### Yakka

Desarrollado en Chile es un captador en forma de hélice compuestas por aspas helicoidales, por lo que, al girar su estructura puede captar no solo el agua atmosférica si no que es capaz de generar energía eólica, dicha energía puede alimentar los espacios públicos y almacenando el agua en su interior.

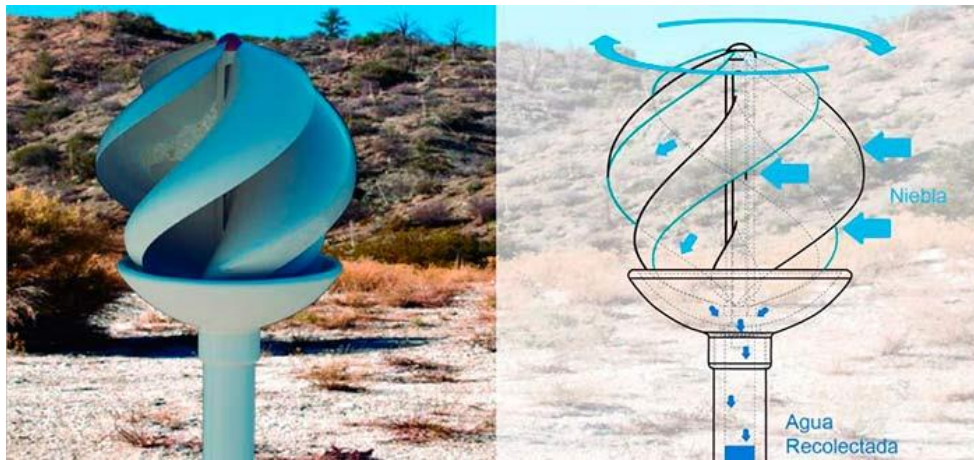


Figura 18. Captador Yakka

Fuente: <https://avonni.cl/noticias/premio-avonni-2020>

### Flores artificiales para insectos urbanos

Son flores artificiales hechas de poliéster e impresas con láser que almacenan el agua de lluvia, contienen dos contenedores los cuales uno se almacena el agua recolectada y el otro contiene azúcar, para después bombear este líquido dulce a otros contenedores más pequeños que alimentan a los insectos polinizadores.

Su objetivo es llevar alimento a los polinizadores de las zonas urbanizadas de Holanda, gracias a su diseño impreso en los pétalos y los colores usados en estos llaman la atención de diferentes especies.



Figura 19: Flor artificial  
Fuente <https://www.eldecor.com>

### **5.2.3 Procesos de Purificación del Agua**

La purificación es aquel proceso mediante el cual se eliminan los contaminantes de una fuente de agua con la finalidad de que estos no representen un riesgo para la salud, dicho proceso puede diseñarse en base al uso que se le quiera dar, por ejemplo, para aplicaciones médicas, farmacológicas, químicas o industriales.

También puede eliminarse contaminantes como arena, partículas suspendidas de algún material orgánico, parásitos y minerales, así como también puede eliminarse el olor, sabor y color cada uno con procesos distintos y usos.

Para este proyecto se tomó como base los principales agentes contaminantes de la atmosfera en la Ciudad y Estado de México ya que la presencia de estos puede llegar a afectar la salud del usuario o lo del alrededor. Así lo explica el Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos naturales:

Muchos de los residuos de las actividades humanas se liberan a la atmósfera en forma de gases y pueden permanecer suspendidos en ella unos pocos días (como en el caso del material particulado y el carbono negro), por décadas (como los clorofluorocarbonos) o incluso siglos, tal como ocurre con algunos gases de efecto

invernadero (el dióxido de carbono, por ejemplo). Aunque algunos contaminantes pueden degradarse en la atmósfera, depositarse en el suelo o en los océanos, o integrarse en los ciclos biogeoquímicos, sus emisiones crecientes han sido la causa de algunos de los problemas ambientales más importantes que enfrentamos en la actualidad: la degradación de la capa de ozono estratosférico, el cambio climático y el deterioro de la calidad del aire en las zonas urbanas (2023).

Para definir las fuentes de contaminación del aire se clasifican en emisiones de fuentes naturales que alcanzaron un nivel del 86% de compuestos orgánicos volátiles (COV) y el 14% restante fue de óxidos de nitrógeno generados por la vegetación y la actividad microbiana de suelo. Y las fuentes antropogénicas que son emitidas en los centros con mayor población donde se generó 3.2 millones de toneladas de monóxido de carbono, 1.3 millones de toneladas de dióxido de azufre y 3.4 millones de COV.

Las fuentes con mayor emisión proporción COV reflejaron un 38%, 34% de CO, mientras que fuentes fijas generaron principalmente 47% de SO<sub>2</sub> y 14% de Óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y fuentes naturales emitieron un 86% de COV (figura 20).

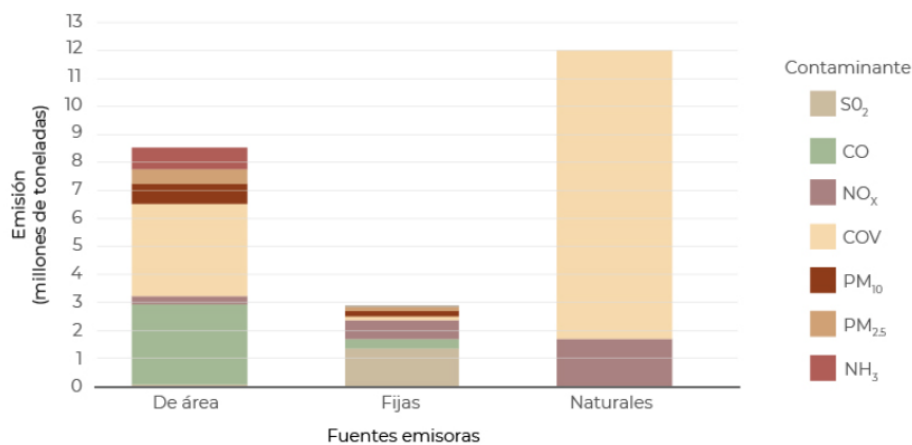


Figura 20: Emisión Nacional de Contaminantes de Origen Antropogénico (2014).  
Fuente: <https://apps1.semarnat.gob.mx>

Con la información mencionada anteriormente se identificaron la presencia de metales pesados como el CO, SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> por lo que se investigaran filtros para el hogar que eliminen dichos contaminantes los cuales se mencionan en la siguiente tabla:

Tabla 2. Tipos de Purificación.

Filtro	Función	Imagen
<b>Osmosis inversa</b>	Elimina metales pesados y otras sustancias debido a la membrana que realiza una microfiltración en la que por presión una solución más concentrada pasa a una solución menos concentrada	
<b>Descalcificador</b>	Elimina la dureza del agua como calcio y magnesio y gracias a sus filtros de intercambio iónico pueden eliminar la presencia de metales pesados	
<b>Destilación</b>	Consiste en hervir el agua para eliminar los metales pesados	

**Gravedad o filtro casero (arena, grava, etcétera)**

Se compone de materiales porosos de diferentes tamaños mientras el agua va pasando los contaminantes se van quedando en las distintas capas



**Carbón activado**

Puede retener sustancias en sus microporos gracias a la adsorción y ayuda a eliminar olores



Fuente: <https://ingenieriaambiental.net>

### 5.3 Factores Meteorológicos para la Recolección del Rocío

El rocío es aquel fenómeno que genera gotas de agua en superficies naturales como hojas de las flores, pasto, etc. o superficies artificiales como los autos los cuales se encuentran a la intemperie permitiendo que este fenómeno realice la condensación del vapor formando gotas de agua en dichas superficies. Este fenómeno meteorológico puede llegar a confundirse con la niebla, por ello, se mencionan a continuación sus definiciones.

El rocío es aquel fenómeno que se forma por la disminución de la temperatura y el calentamiento del suelo dicho proceso genera una “evaporación, transpiración y el movimiento del aire, lo que permite que siempre exista vapor de agua en la atmósfera, incluso en el desierto más seco” (Bautista, Tovar y Mancilla, 2018, p16).

A continuación, se presenta una definición sobre el rocío que se vuelve relevante para la investigación.

Es un fenómeno físico y meteorológico que se produce cuando el aire alcanza el punto de saturación, es decir, cuando se supera la capacidad máxima para contener vapor de agua, por lo tanto, se empiezan a formar gotas que se depositan en las superficies de la naturaleza. Es característico en las noches con vientos húmedos en zonas áridas debido a los cielos despejados (Acosta y Herrera, 2021, p. 2).

### **Niebla**

La niebla es una nube de agua suspendida la atmosfera en pequeñas gotas con diámetros que oscilan entre 1 a 40 micrones, gracias a este tamaño pueden estar suspendidas en el ambiente generando una nube densa a simple vista, según Mahecha:

“contiene una cantidad suficiente de agua y núcleos de condensación con un radio igual a  $0.2 \mu\text{m}$ , y una concentración de aproximadamente  $1000 \text{ núcleos/cm}^3$  de aire, dando así una condensación no homogénea, es decir, se requieren humedades relativas del aire menores a  $100\%$  para que el vapor de agua se condense. Estas gotas poseen un diámetro de 1 a  $40 \mu\text{m}$  y una concentración de  $300 \text{ gotas/cm}^3$  de aire en nieblas densas” (2021, p.20).

Anteriormente se mencionó que el rocío es la saturación del aire, sin embargo, se requiere de fenómenos como la humedad y la temperatura relativa para que este logre condensarse en gotas de agua. La humedad relativa se define como “la proporción de vapor de agua real en el aire comparada con la cantidad de vapor de agua necesaria para la saturación a la temperatura correspondiente” (Humberto, 2021, p. 51) y la temperatura relativa es aquella que se mide a partir de un punto de referencia ya sea el 0 absoluto o cualquier otra.

Por lo tanto, cuanto mayor la temperatura relativa del aire podrá contener más vapor, según Martínez menciona que de ahí surge el concepto de humedad relativa, ya que al llegar a una humedad relativa de 100% es cuando ya no se puede contener el vapor, por lo que más alto será la generación del rocío en superficies que se encuentren a la intemperie, así lo menciona Humberto:

La temperatura del punto de rocío dependerá del contenido absoluto de vapor de agua, es decir, la humedad absoluta, medida en g/m<sup>3</sup>. El punto de rocío del aire húmedo será más alto que el punto de rocío del aire seco. Tanto la temperatura del aire como la humedad absoluta determinarán qué tipo de condensación ocurrirá cuando el aire se enfríe. Si el aire en contacto con el suelo se enfría hasta su punto de rocío, se formará rocío o escarcha, rocío si él está por encima de 0° C o escarcha si está por debajo de 0° C (Humberto, 2021, p. 52).

Como se menciona anteriormente el proceso de condensación es un proceso natural que depende de la temperatura y un núcleo de condensación para que las moléculas de agua que se encuentran moviéndose libremente en el aire se condensen, esto sucede por la disminución de temperatura y un mínimo de 50% de humedad relativa. Se vuelve relevante mencionar que el rocío esta mayormente presente por las noches y mañanas, puesto que en el día este tiende a evaporarse.

Este es un proceso de captura de agua dulce de manera pasiva, es decir depende de las condiciones climáticas para mayor o menor captación pluvial, además de no requerir ninguna tecnología extra para funcionar. Lo que lo vuelve una fuente natural asequible para cualquier área geográfica que tenga un 50% de humedad y una alternativa para obtener agua de una fuente de agua no convencional. A continuación, se presenta una comparación sobre materiales que se han utilizado para su captura.

### 5.3.1 Tipos de materiales para la Recolección y Almacenamiento del Rocío.

En el apartado anterior se mencionó la captación en diferentes superficies tanto naturales como artificiales, sin embargo, en esta sección se recabaron 3 estudios sobre los distintos materiales que se han utilizado para captar el rocío uno de ellos es el artículo Metodología para el Uso de Captadores de Rocío, realizaron una comprobación de cómo se comporta el rocío al exterior de un auto, es decir, parabrisas, ventanas laterales y toldo, los cuáles permitió observar las características de adherencia.

Basándose en la observación, durante 3 meses, concluyeron que debe existir una inclinación de 30° respecto a la horizontal, ya que puede tener mayor recolección estando en suelo natural y expuesto a la intemperie.

De acuerdo con lo anterior, se debe tener en cuenta que la emisividad del vidrio es alta, así como la de las pinturas, las medidas en el techo del automóvil no dependen de la dirección del viento y respecto a las ventanas laterales, el efecto se promedia en dos direcciones del viento, así como el parabrisas y ventanas traseras variara la inclinación de acuerdo con el modelo del carro. Como conclusión se sabe que la captación variara en rendimiento en base con las características de cada sustrato (Acosta y Herrera, 2021, p.5).

En el artículo mencionado anteriormente se realizó una comparación de 4 materiales para la captación del rocío como se muestra en la siguiente tabla 3:

Tabla 3. Materiales utilizados para la captación del rocío

Material	Características
<b>Película de PETB polietileno mezclado con 5% de TiO2 y 2%</b>	El polietileno puede lograr un mayor enfriamiento radiactivo su vida útil es limitada.

**de BaSO<sub>4</sub>: emisividad 0,83,  
espesor 0,3mm**

**Chapa de hierro galvanizado** El hierro galvanizado dura más, pero requiere de  
**GI: nueva emisividad 0,23** pintura especial para mejorar el enfriamiento y  
**espesos 1,5mm** produce menos volúmenes de rocío.

**Hoja de aluminio: emisividad** Se elimino porque no presento ser un candidato para  
**0,09, espeso 1,5 mm** material y en el artículo no presentaron resultados

Fuente: Acosta (2021).

Para una captura eficiente del rocío se requiere de una superficie hidrofóbicas, estas repelen el agua, es decir que son superficies impermeables, dicha superficie ayudara a la acumulación de la gota hasta que esta pueda deslizarse por medio de la gravedad hasta el punto de almacenamiento, así lo menciona Guerraty:

Más allá de este tamaño, la relación entre su masa y su área de contacto superficial aumenta rápidamente hasta que se supera la fuerza capilar que lo une a la superficie (esta fuerza está dictada por el área de la isla hidrofílica). En este punto, la gota se desprende y rueda por la superficie inclinada del escarabajo, guiada por el ligero agarre que ofrecen otros picos a lo largo de su camino. Es por esto por lo que se concluye que la combinación de puntos hidrofílicos e hidrofóbicos fue la mejor para recolectar agua de la niebla (2022, p.58).

Guerraty también menciona que las sustancias hidrofóbicas tienen un ángulo de contacto superior a los 90° hasta 150° en superficies super hidrofóbicas, por lo que realizaron un análisis de muestras de 5 materiales naturales y definieron el ángulo de contacto de cada uno para determinar cuál era el candidato perfecto para ser usado como un revestimiento y volver una superficie de acero hidrofóbica, dicha se información se muestra en la tabla 4:

Tabla 4. Análisis de Materiales

Material	Característica	Ángulo
Aceite de linaza	Es un material que repele el agua, pero no presenta características hidrofóbicas.	De 70° a 85°
Cera de abeja	No presento características hidrofóbicas. Se degrada en un corto periodo de tiempo. Se vuelve maleable a los 32°.	De 65° hasta 85°
Parafina sólida	Es un material insoluble en agua. Es derivado de hidrocarburos y minerales como el carbón. Se descarto su uso debido a que es un material derivado del petróleo.	De 97° a 103°
Resina de pino (Colofonia)	Es un material natural. Es impermeable. Presento dificultades para ser trabajada.	De 19° a 61°
Látex Natural	Se realizaron distintos tipos de sacado entre ellos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Horno a 80</li> <li>• Cámara UV</li> <li>• Al aire libre</li> </ul> De los cuales el secado en Horno tuvo los mejores resultados.	De 68° a 90°
Caolín	Dado su composición y materialidad permiten un acabado poroso y granulado sobre la superficie, lo cual sirve como picos de condensación.	----

Fuente: Guerraty (2022).

Dado los resultados mostrados anteriormente se demostró que la parafina y el látex natural son capaces de generar una superficie hidrofóbica, sin embargo, se eligió el látex como revestimiento ya que cumplió con los requerimientos de ser un material natural y generar una superficie hidrofóbica.

Otro estudio se encargó de evaluar diferentes tipos de telas y mallas que podrían usarse para capturar el rocío, de los cuales se analizaron factores como composición, resistencia y permeabilidad, dichos factores se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5. Análisis de Textiles para Capturar el Rocío.

<b>Material</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Tela quirúrgica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es un material permeable permitiendo el paso del agua</li> <li>- Ligera</li> <li>- Reutilizable</li> <li>- Económica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es menos absorbente que el tul</li> <li>- Puede desgarrarse fácilmente si no se manipula con el debido cuidado</li> </ul>
<b>Guata</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Absorbente y retiene gran cantidad de agua</li> <li>- Ligera</li> <li>- Reutilizable</li> <li>- Biodegradable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es menos permeable que el tul o el fique</li> <li>- No permite el paso del agua fácilmente</li> <li>- No tiene una superficie amplia</li> <li>- Delicada</li> </ul>
<b>Costal de fique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biodegradable</li> <li>- Resistente al desgaste y a la rotura</li> <li>- Reutilizable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No permite el paso del agua tan fácilmente</li> <li>- Son pesados lo que dificulta su transporte</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ligero y permeable por lo que permite el paso del agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es bastante frágil y delicado por lo que no se recomienda su uso en</li> </ul>

<p><b>Tul</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Superficie amplia para condensar el rocío</li> <li>- Fácil de colocar</li> <li>- Reutilizable</li> </ul>	<p>condiciones climáticas adversas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La cantidad de rocío que puede capturar el tul es limitada por su peso y tamaño</li> </ul>
<p><b>Tela Raschel o poli sombra</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hecha de rafias de polietileno de alta densidad</li> <li>- Resistente a rayos UV y a factores climáticos como el viento</li> <li>- No se deshilacha</li> <li>- Tiene varias presentaciones de porcentaje de sombra los cuales son: 35%, 50%, 65%, 80%, 90% y 95%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No es un material absorbente si no que las gotas se deslizaran por la malla hasta el punto de almacenamiento</li> <li>- Su uso suele ser para atrapanieblas</li> </ul>

Fuente: Fonseca (2017).

Observando los resultados anteriormente se concluyó que el maya tipo Raschel es la más indicada dentro de los 5 materiales que se analizaron, ya que se ha usado principalmente en sistemas de atrapanieblas pues gracias al grado de porcentaje que maneja puede usarse para distintos tipos y diferentes ambientes climáticos, así lo mencionan Poveda y Sanabria

La trama con una densidad óptica del 65%, es aconsejable para zonas muy ventiladas, en donde resulte necesario filtrar arenas u otras partículas similares en suspensión. Disminuye la velocidad del viento en un 80%. Tejidos más cerrados pueden crear turbulencias antes y después de la barrera. Tejidos con tramas más tupidas son aconsejables para bloquear el paso de los insectos, tal como la mosca blanca u otros parásitos que pueden contagiar las plantas

con otras clases de virus afectando seriamente los cultivos bajo cubierta. Se produce un balance adecuado entre el bloqueo físico de los insectos y el paso del aire o ventilación (2017, 37).

Existen dos tipos de polímeros los cuales presentan características higroscópicas y no higroscópicas, el primero tiene la capacidad de absorber la humedad, por ejemplo, el nylon, ABS, PET y policarbonato entre otros, por otro lado, los no higroscópicos son capaces acumular la humedad sobre su superficie cuando son expuestos a altas condiciones de humedad, a continuación, se muestran sus características:

Tabla 6. Análisis de Polímeros

<b>Material</b>	<b>Características</b>
<b>Polipropileno</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo costo.</li> <li>• Resistencia mecánica y química en sustancias disolventes.</li> <li>• Baja absorción de humedad y no se daña con el agua.</li> <li>• Elevado punto de fusión (160° C).</li> <li>• Menor densidad.</li> <li>• Fácil de moldear y pintar.</li> <li>• Se puede reciclar.</li> </ul>
<b>Poliétileno</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aislamiento eléctrico, gran resistencia, bajo coeficiente de fricción</li> <li>• Material ligero flexible y fácil de moldear</li> <li>• Resistencia a la corrosión y a los agentes químicos</li> <li>• Impermeable a líquidos y gases</li> <li>• Resistencia a la radiación UV y a la intemperie</li> <li>• Fácil de limpiar y mantener</li> <li>• No absorbe humedad</li> <li>• Termo formable, soldable y atornillable</li> </ul>

<p><b>Policloruro de vinilo PVC</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia a la humedad, productos químicos y corrosión</li> <li>• Capacidad de ser moldeado en una amplia gama de formas y tamaños</li> <li>• Propiedades de aislamiento, resistencia a la corrosión, su peso reducido, su insensibilidad a la humedad</li> </ul>
<p><b>Poliuretano</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta resistencia al desgaste y a la abrasión</li> <li>• Excelente comportamiento tracción/compresión</li> <li>• Alta elasticidad incluso en las durezas más altas, gran resistencia al desgarre y cizallamiento</li> <li>• Resistencia al agua, gasolinas, aceites, grasas, ozono</li> </ul>
<p><b>Siliconas</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia al calor</li> <li>• Resistencia a productos químicos</li> <li>• Impermeabilidad</li> <li>• Elasticidad y flexibilidad</li> <li>• Durabilidad</li> <li>• Resistencia a cambios climáticos y envejecimiento</li> <li>• Resistencia a rayos UV</li> <li>• Elasticidad, maleabilidad y flexibilidad duradera</li> <li>• Resistencia microbiana</li> </ul>
<p><b>Material PCM</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No son aptos para exterior, únicamente en interiores</li> <li>• Si aumenta la temperatura ambiental, el núcleo del PCM absorbe la energía calorífica del aire, se funde y pasa a estado líquido y viceversa</li> </ul>

Fuente: [www.tecnologiadelosplasticos.blogspot.com](http://www.tecnologiadelosplasticos.blogspot.com)

## **Acero inoxidable**

Metal muy robusto que se puede revestir con diferentes tratamientos. Para el uso en exteriores se deberá recubrir la superficie antes de revestirla en polvo. De esta manera se conseguirá suficiente protección contra la corrosión. En el caso del acero inoxidable, existen diferentes niveles de calidad, algunos de los cuales son o no, aptos para el uso en exterior.

- Resistencia a la corrosión
- Superficie compacta e higiénica y a prueba de plagas
- Material inerte
- Resistente a variaciones térmicas
- Resistencia mecánica
- Numerosos acabados (mate y satinado)
- Es más caro que el aluminio

Existen diferentes tipos de aluminio de los cuales cada uno tiene diferentes cualidades:

### **Acero inoxidable 430**

Buena resistencia a la corrosión en ambientes no tan agresivos y resiste temperaturas superiores a 800 C, así mismo este tipo de acero tiene una soldabilidad limitada y este acero no debe ser expuesto al uso rudo.

### **Acero inoxidable 304 o aleación 18-18**

Es un material versátil ya que tiene una composición de 304 bajo en carbono. Los muebles más comunes son: electrodomésticos, contenedores químicos, material quirúrgico, filtros de agua y hornos comerciales.

### **Acero inoxidable 201**

Este acero se conforma de níquel, cromo y manganeso, haciéndolo una opción más económica, no se puede recocer, pero al pasarlo al frío adquiere fortaleza y propiedades magnéticas, su uso es común en baterías de cocina, bastidores de puertas, estructuras de vehículos y contenedores de bolsas de aire.

## Aluminio

El aluminio es material ligero y resistente a la intemperie, corrosión y al oxido, es ideal para zonas húmedas o con alta exposición al sol y no requiere mucho cuidado, este material también es reciclable y mantiene su calidad durante este proceso. Existen 3 tipos de fabricación (tabla 7) y cada una de ellas afectar su calidad y durabilidad:

Tabla 7: Tipos de Fabricación del Aluminio.

<b>Fabricación</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Fundido</b>	Resistente y detallado	Pesado y difícil de mover
<b>Extruido</b>	Ligero y fácil de mover	Menos resistente
<b>Termo lacado</b>	Gran resistencia y variedad de acabados	Menos detallado

Fuente: <https://restaurar-muebles.com/proyectos-de-restauracion-de-muebles/muebles-aluminio-exteriores-ventajas-materiales-mantenimiento/>

Para proteger el aluminio en exteriores y prolongar su vida útil es necesario colocarle un método de protección de los cuales existen los siguientes:

### **Anodizado**

Es un proceso electroquímico que crea una capa de oxido en la superficie dicha capa proporciona resistencia a los arañazos y al desgaste además de permitir la aplicación de tintes para obtener diferentes colores y acabados estéticos.

### **Galvanizado**

Es un proceso que le aplica una capa de zinc la cual actúa como una barrera protectora evitando que el aluminio entre en contacto directo con el aire y el agua, este proceso es usado en entornos húmedos o salinos. Dado que la estructura a diseñar se encontrará dentro de entornos húmedos y estará expuesta a la intemperie el aluminio con acabado galvanizado es el más recomendable.

De acuerdo con la información mencionada anteriormente, se concluyó que el aluminio con acabado anodizado y el polietileno HDPE son los indicados

ya que ambos soportan la corrosión y la exposición a ambientes externos, además de ser reciclables, contribuyendo a una producción circular.

## **5.4 Polinizadores**

### **5.4.1 Importancia Ecológica y Social**

En la ciudad de México se han llevado a cabo proyectos como “Jardines polinizadores” y “Jardines para la Vida” donde se busca el desarrollo social y la conciencia ambiental sobre el impacto ambiental que repercute en los polinizadores, algunos de los jardines elaborados se ubican en centros de cultura ambiental Acuexcomatl, Eco guardas y Yautlica, en los Bosques de San Juan de Aragón y Chapultepec, y en el Parque Ecológico Xochimilco.

Dichos proyectos contribuyeron a generar una responsabilidad social con la biodiversidad ya que no solo mujeres si no hombres y niños se sumaron a la realización de estos corredores, por medio de capacitaciones, generación del diseño en dichos espacios y la selección de plantas nativas son prueba que como comunidad se puede generar un cambio ambiental.

Además de contribuir a la construcción, desarrollo social de la comunidad y generar una construcción ambiental también se genera una mejora ambiental, es decir, la absorción de CO<sub>2</sub>, filtración del agua de lluvia al subsuelo, reducción del ruido urbano, etc.

Los jardines y corredores polinizadores son espacios cuyas plantas y árboles capturan los gases que provocan el calentamiento global. De igual forma son áreas verdes que ayudan a regular la temperatura al reducir el calor, y cuyo suelo y vegetación retiene e infiltra el agua, previniendo inundaciones (Jardines Polinizadores, 2022, p. 4).

## **5.4.2 Especies de Polinizadoras**

La importancia de la polinización es un factor indispensable para la producción de semillas y fruto, la reproducción de la flor, entre otros. Existen alrededor de 20 000 especies en el mundo, 200 000 especies en México y 29 especies en la Ciudad de México según Jardines para la Vida, dentro de esta especie existen los polinizadores visitantes quienes día a día visitan de forma aleatoria las flores donde los demás lo realizan de forma ordenada, así lo explican Arathi, Davidson y Mason:

Los polinizadores se mueven entre flores de la misma especie de plantas de manera ordenada, mientras que los visitantes de las flores se mueven de manera aleatoria entre flores pasando muy poco tiempo dentro de una flor. Incluso si pasa que un visitante de flores reúne granos de polen sobre su cuerpo, no necesariamente se moverá a la misma especie de flores, por tanto, no se produce la polinización (2018, p.1).

### **Abejas**

Las abejas suelen ser la principal especie que se asocia a la polinización, esta especie se caracteriza por ser una gran organización social pues mientras exista una abeja reina la colmena se mantendrá unida, en donde llegan a habitar 80 000 abejas. La estructura social se reparte en las abejas obreras quienes recolectan néctar y polen, estas pueden llegar a visitar hasta 100 flores en un día, estas suelen salir a polinizar durante la tarde, es decir, cuando la temperatura es lo suficientemente cálida para calentar los músculos de su tórax que utilizan para mover sus alas.

Dichos insectos suelen guiarse por el olfato para encontrar aquellas flores que tienen gran cantidad de polen al igual que con el agua pues debe de estar combinada con tierra para que las abejas puedan identificarla, por lo que una fuente de agua limpia es imperceptible para ellas.

## **Abejorros**

Estos tienen la característica de ser más grandes que las abejas, pueden picar más de una vez sin morir y tienen más abundancia de pelo lo que los ayuda a comenzar una polinización desde temprano además de que se les queda pegado el polen o el néctar en el pelo, pueden viajar hasta 2 kilómetros para encontrar alimento y su colmena suele ser más pequeña con solo 400 individuos y menos de 50 obreras.

## **Mariposas y polillas**

Existen mariposas diurnas y nocturnas, estas últimas se conocen comúnmente como polillas, suelen ser robustas y con pelo largo lo cual las mantiene abrigadas durante la noche, además de guiarse a través del olfato para encontrar su alimento, en cambio las mariposas diurnas buscan las flores a través de la vista y son de colores más vistosos, debido a la falta de boca ellas cuentan con una lengua llamada probóscide el cual se extiende hasta el fondo de la flor y extraen el polen el cual pueden saborear a través de sus patas las cuales cuentan con papilas gustativas.

## **Moscas**

La mayoría de las veces se cree que las moscas solo están en la suciedad, sin embargo, existe una especie polinizadora la cual ha llegado a imitar el color de las abejas o el vuelo de las mariposas, incluso sus hábitos de alimentación, sin embargo, al igual que las mariposas y otras especies de moscas cuentan con papilas gustativas en las patas lo que les permite detectar su alimento con facilidad.

Los sífidos son moscas que no parecen moscas, estas son más efectivas en sitios fríos, donde las abejas son menos activas por la disminución de temperatura igualmente de alimentan de néctar y polen.

## **Colibríes**

Estas pequeñas aves pesan entre 2 y 24 gramos, su aleteo es de 80 a 200 veces por segundo permitiéndoles volar en cualquier dirección incluso hacia atrás, pueden mantenerse en el aire y pueden llegar a los 95 km/h, su lengua es similar a un popote y pueden extraer de dos formas el néctar por succión y filtración capilar pero no solo se alimentan de néctar si no también cazan arañas, pulgones y mosquitos.

Pueden ser territoriales y llegan a visitar más de 1000 especies de plantas diferentes, algunas especies de colibríes pueden ser migratorias y solo pueden visitar nuestro país por temporadas.

## **Murciélago**

Estos mamíferos están adaptados para el vuelo y la vida nocturna, son pequeños o medianos y sus rostros son alargados para alcanzar el néctar en flores grandes como las de cactus y magueyes, tienen dientes pequeños y lengua extensible, se guían por su excelente visión y olfato, lo que les ayuda a encontrar flores con néctar, sin embargo, al igual que el colibrí se alimentan de otras especies pequeñas como insectos pequeños.

## **Escarabajos**

Pertenecientes a los coleópteros, la polinización la hacen de forma ocasional cuando pues sucede con mayor frecuencia en lugares cálidos o en regiones áridas, su cuerpo es mayormente un ovalo y los caracteriza su cubierta dura que protege sus alas, al igual son de diversos colores y texturas.

### **5.4.3 Polinizadores en la Ciudad de México**

Como ya se ha mencionado anteriormente la polinización es el principal factor para la reproducción de una planta y que esta produzca semillas y frutos, por lo que gracias a este proceso se produce un 80% de alimentos de origen vegetal.

Según la SEDEMA, los principales polinizadores que abundan en la Ciudad de México son **abejas, colibríes, mariposas, escarabajos**, entre otros animales

Los animales polinizadores como las abejas, colibríes, mariposas, escarabajos y otros animales que habitan jardines y corredores, polinizan aproximadamente el 85 por ciento de los cultivos que comemos y juegan un papel vital para mejorar la productividad del campo de la ciudad. De hecho, muchas semillas, frutas y hortalizas que consumimos, tienen su origen en una planta que ha sido previamente polinizada (2022, p.4).



Figura 21. Tipos de Polinizadores en México.  
Fuente: Urban (2024).

#### 5.4.4 Adaptación de polinizadores

Numerosos son los efectos del cambio climático y la contaminación ambiental que repercuten en los insectos polinizadores, pues al ser pequeños son más susceptibles al aumento de temperatura que ocasiona el climático.

Si bien es cierto que todas las especies responden de maneras diferentes a los cambios, estos pueden ser en beneficio o perjudicarlos alterando sus

hábitos, por ejemplo, la floración de diversas especies de plantas suele adelantarse a su temporada provocando desajustes entre el polinizador y la producción de néctar y polen de las plantas, así lo menciona García y colaboradores mencionan que “Estos desajustes no son solo temporales, sino que el área de distribución de las diferentes especies de plantas y polinizadores puede ir también cambiando conforme progresa el cambio climático ocasionando que dejen de coincidir geográficamente” (2021, p.15).

Por ejemplo, especies como la mariposa ya se ha registrado que ha modificado su área de distribución, su abundancia y sus actividades estacionales debido al cambio climático, ocasionando un mayor desplazamiento en busca de un lugar con condiciones óptimas para su alimentación y vivienda.

El incremento del cambio climático puede llegar a causar la migración de especies polinizadoras a lugares donde sean óptimos el ambiente para vivir, además de provocar la extinción de especies que no se lleguen adaptar a los cambios drásticos que provoca la contaminación como lo menciona García y colaboradores (2021) “El cambio climático también está provocando la pérdida de biodiversidad y la homogenización de las comunidades de polinizadores, haciéndolas menos resilientes ante los posibles cambios que están por llegar” (p. 15).

En 2021 un estudio realizado en España sobre el cambio climático reflejó que en los próximos 20 años habrá un aumento de temperatura de 1.5 °C, aumentando las olas de calor, se acortarán las estaciones frías y como se vive en México actualmente en el 2024 un aumento de sequías y falta de agua.

Según el Sexto informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC 2021), se prevé que la temperatura media mundial, durante los próximos 20 años, alcanzará o superará un calentamiento de 1,5 °C. Esto implica que habrá un aumento de las olas de calor, se alargarán las estaciones cálidas y se acortarán las estaciones frías. Si se llega a los 2 °C de

incremento, los episodios de calor extremas alcanzarían con mayor frecuencia umbrales de tolerancia críticos. También habrá una mayor intensidad de las precipitaciones y las inundaciones asociadas, así como unas sequías más intensas en muchas regiones (García et. al, 2021, p.14).

Debido a las condiciones mencionadas anteriormente los polinizadores se han tenido que adaptar a los fuertes cambios climáticos y ambientales que propiciamos, por ejemplo, el volar larga distancias para conseguir alimento en el caso de mariposas, abejas y colibríes, así como una fuente de agua estable es por lo que este proyecto permitirá tener una fuente de agua estable y alimento para insectos polinizadores.

## 5.5 Jardines para polinizadores

### 5.5.1 Paleta de plantas

Las mariposas y abejas sienten atracción por los colores amarillos, naranjas, rojos además que ambas les gusta las flores tubulares es por esto por lo que selecciono la Dalia, Flor nacional (*Dahlia* sp) y *Trompetilla* (*Bouvardia ternifolia*), a continuación, se describen sus características.

Tabla 8 Paleta de Plantas para Mariposas y Abejas.

Flor	Luz solar	Agua	Cuidados	Altura
<b><i>Trompetilla/ Bouvardia ternifolia</i></b>	Total, o parcial	1 vez a la semana	Resistente a sequias	30 cm
<b>Dalia, Flor nacional/Dahlia sp</b>	Total	Abundante evitando encharcamientos	Arenoso y bien drenado	12 cm

Fuente: [www.jardinerista.com](http://www.jardinerista.com)

Los colibríes al igual que las mariposas y abejas les gustan colores rojos, naranjas, morados, pero estos prefieren flores tubulares, embudos y de copa, por

lo que la *Muicle (justicia spicigera)* y *Toronjil* son excelentes candidatas, a continuación, se describen sus características.

Tabla 9. Paleta de Plantas para Colibríes.

Flor	Luz solar	Agua	Cuidados	Altura
<b>Girasol</b> <b>morado</b> <b>(Cosmos</b> <b>bipinnatus)</b>	Total	regular, manteniendo la humedad	No soporta heladas Apto a todo tipo de suelo	Máximo 1 m
<b>Tlacote</b> <b>(Salvia</b> <b>mexicana)</b>	Total	Moderada	Suelos bien drenados Es resistente	Máximo 1 m

Fuente: [www.plantasconflores.com](http://www.plantasconflores.com)

Y por último los escarabajos prefieren colores pálidos de superficie tubular o plana como las plantas de **salvia y lavanda**, a continuación, se presentan sus características.

Tabla 10. Paleta de Plantas para Escarabajos.

Flor	Luz solar	Agua	Cuidados	Altura
<b>Salvia</b>	Parcial	Frecuente evitando encharcamientos	Resistente a plagas	30 cm
<b>Lavanda</b>	Parcial	Regularmente	Resistente a plagas	30 cm

Fuente: [www.jardinerista.com](http://www.jardinerista.com)

Se eligieron plantas originarias de México cuidando que no altere ningún cambio en su ecosistema y no atraiga plagas a las mismas además de que requieren pocos cuidados, así como un riego moderado y una altura considerable para que puedan crecer dentro de la estructura sin que corran riesgo alguno de interrumpir su floración y desarrollo de la planta.

A continuación, se muestra una ilustración de la flora y fauna representando el tipo de polinizador y las especies de flores que los atrae con la finalidad de mostrar gráficamente lo que se mencionó anteriormente.



Figura 22: Polinizadores.  
Fuente: Urban (2024).

### 5.5.2 Selección de polinizadores

Existen diversas especies de polinizadores en México y en el mundo, pero para este proyecto se centrarán en las abejas, colibríes, mariposas y escarabajos pues son los que abundan en la ciudad de México. En la tabla 11 se muestra las preferencias de plantas de los polinizadores seleccionados.

Tabla 11. Selección de Polinizadores

Polinizador	Color	Olor	Forma
<b>Abejas</b>	Amarillo, azul, morado, radiación ultravioleta.	Olores frescos	Poco profundas, con plataforma de aterrizaje, tubulares, con guías de néctar.
<b>Colibríes</b>	Rojo, naranja, y tonalidades entre rojo y morado	No eligen flores por el olor	Tubulares, embudos y copa. Con lugares resistentes para perchar (aves diferentes a colibríes).
<b>Mariposas</b>	Rojo, naranja, azul, amarillo, morado y rosa.	Ligeros, suaves, frescos y dulces	Tubulares estrechas, con espacio grande para aterrizar.
<b>Escarabajos</b>	Tonalidades de pálidas	Dulces y fuertes	Tubulares o planas

Fuente: Secretaría del Medio Ambiente (2020).

### 5.5.3 Elementos Atractivos para Polinizadores

La polinización podría parecer que el insecto visita flores al azar realizando su polinización, sin embargo, esto no es así estos eligen a la flor por su color, aroma o forma a este proceso se le llama síndrome de la polinización, según Jardines para la Vida

La eficiente labor de los animales como polinizadores ocasiona que las plantas dediquen una gran parte de su energía a formar flores muy atractivas. Una flor que logra ser polinizada es una flor que logra reproducirse, sobrevivir y trascender. Es interesante observar la coevolución de plantas y animales para atraerse mutuamente. A las características de las flores que resultan de este proceso — sobre todo el color, olor y forma—, se les conoce como síndrome de la polinización (2020, p.25).

El síndrome de la polinización requiere de algunos factores para llamar la atención de los polinizadores, estos se describen a continuación:

**Color:** Es en primera instancia lo que perciben los polinizadores permitiéndoles identificar la distancia de las flores que les pueden ofrecer más alimento, al igual que cada polinizador es atraído por determinados colores.

**Olor:** Este factor suele ser un esfuerzo constante para la planta, pues no es fácil producir sustancias con olores, sin embargo, es una de las formas más efectivas para relacionarse con los polinizadores quienes pueden detectar olores imperceptibles para los humanos

**Forma:** Esta es si acaso la más rigurosa para un insecto polinizador, pues la cantidad, posición, forma y la manera en que abren dependerá de que polinizador las visite, esto también nos ayudará a descubrir qué tipo de polinizador visita estas plantas, por ejemplo, en la figura 35 se muestra las preferencias de las plantas para los polinizadores que se mencionaron anteriormente. Flores con forma de copa o copa abierta son más visitadas por insectos de lengua corta, como abejas y abejorros que buscan el polen.

- Los animales de lengua larga mariposas, colibríes, murciélagos y polillas, buscan el néctar que está al fondo de flores en forma de trompeta y campana. Si la abertura de la flor es hacia arriba pero

ligeramente inclinada de lado, los visitantes son mariposas y polillas.

- En cambio, cuando la flor está total o ligeramente inclinada hacia abajo, sus polinizadores son abejas y abejorros, debido a que tienen la capacidad de escalar al interior de la flor donde se protegen además de alimentarse.
- Las flores más estrechas y largas se han adaptado para atraer colibríes, pues en ellas no pueden entrar insectos.
- Las flores con estructuras en forma de tubos grandes y colgantes que florecen durante la noche son visitadas por murciélagos.

## **5.6 Biomiméisis.**

### **5.6.1 Diseño pensado en la naturaleza.**

Existen varios diseños donde la naturaleza ha sido la inspiración para su desarrollo, uno de los principales inventores sería Leonardo Da Vinci quien se inspiró en las aves para crear modelos de aviones.

Otro de ellos es el desarrollo de un casco para jugadores de la NFL, quienes continuamente se ven afectados por trastornos neuronales, uno de ellos es la esclerosis lateral amiotrófica, debido a los fuertes golpes que se llevan a cabo en el deporte, dicha enfermedad puede presentar consecuencias como deterioro del comportamiento, alteraciones de la memoria, concentración, entorpecimiento del habla y de la habilidad de tomar decisiones.

Dicho caso fue investigado por el patólogo Bennet Omalu en 2002 quien observo a los pájaros carpinteros que tras dar varios picotazos a un árbol con una fuerza de 1.200 a 1.400g sin lastimarse, esto gracias a una proteína llamada tau que se envuelve alrededor de los axones de las neuronas, es decir, que dicha proteína protege su cerebro de los golpes. Dicho acontecimiento llevo a Omalu a desarrollar un casco para evitar dichos trastornos neuronales en los jugadores de la NFL.

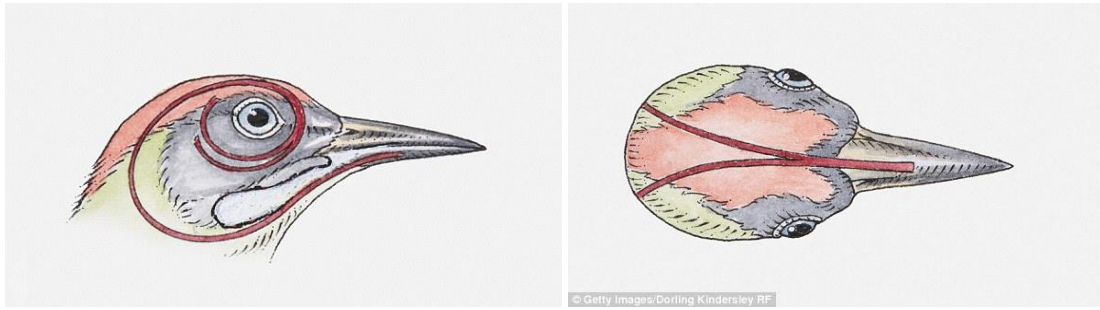


Figura 23: Pájaro carpintero  
Fuente: [secretosdelamedicina.wordpress.com/](https://secretosdelamedicina.wordpress.com/)

Aayushi Sharma es una diseñadora industrial originaria de la India quien se inspiró en un hongo de la especie *phallus indusiatus* (figura 40) donde diseñó una silla emulando el patrón de la textura en una forma general de huevo.



Figura 24: ShroomSeat  
Fuente: <https://www.behance.net>

Nicole Steiner desarrollo un proyecto en colaboración con la NASA para desarrollar drones que puedan conseguir néctar en marte para la misión Planet Mars to Collect Samples, dicho dron imita el vuelo de las abejas y cuenta con una fuente de almacenamiento para el néctar recolectado que luego puede ser depositada en una red más grande para su almacenaje.



Figura 25: Drones for Mars  
Fuente: <https://www.behance.net>

El propósito de este proyecto es desarrollar una estructura con inspiración biomimética capaz de llevar a cabo una recolección pasiva de agua contenida en la atmosfera mientras sirve como estancia de descanso para insectos polinizadores. A continuación, se muestran algunos ejemplos de organismos vivos tomados como inspiración para este proyecto.

### **Escarabajo de Namib**

Este escarabajo radica en el desierto de Namib, es uno de los lugares más cálidos y secos del planeta, por lo que solo llueve 18 mm por año entre octubre a abril, sin embargo, según BBC “durante la madrugada está cubierto por una densa niebla proveniente del Atlántico” (2001) debido a las gotas de agua que contiene la neblina es que dicho escarabajo puede llevar a cabo la función básica de hidratarse.

Este animal perteneciente a la familia *tenebrinoide*, desarrollo un mecanismo natural para capturar el agua en la neblina, según AskNature:

Los surcos o protuberancias de tamaño micro en las alas delanteras endurecidas del escarabajo pueden ayudar a condensar y dirigir el agua hacia la boca que espera del escarabajo, mientras

que una combinación de áreas hidrofílicas (que atraen el agua) e hidrofóbicas (que repelen el agua) en estas estructuras puede aumentar la recolección de niebla y rocío (2007).

Además de la superficie irregular de sus alas endurecidas, este animal se posa frente a la corriente de aire o neblina levantando las patas traseras en una postura llamada tomar el sol, quedando inclinado a unos  $45^\circ$ , ocasionando que la niebla choque con el escarabajo y se comience a condensar el agua gota a gota hasta que esta tenga la fuerza necesaria para deslizarse hasta la boca del insecto. A continuación, se muestra una ilustración demostrando lo mencionado anteriormente.

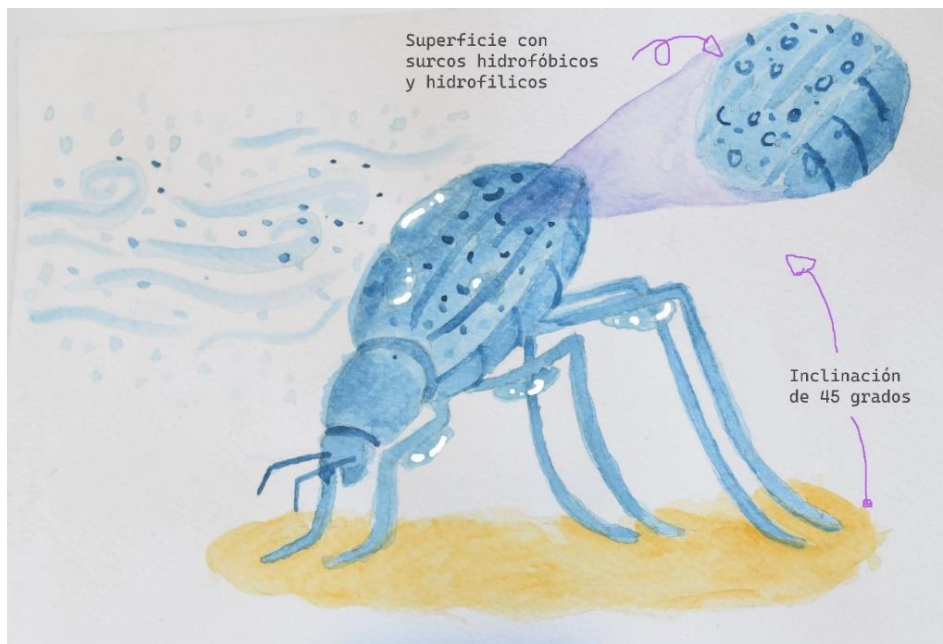


Figura 26: Escarabajo de Nabim  
Fuente: Urban (2024).

### **Diablo espinoso**

Nativo de Australia, se encuentra este lagarto semejante a un cactus por sus espinas, su piel escamosa cuenta con canales capilares que permiten la recolección de agua por capilaridad y la transporte a su boca, según Guerraty, gracias a este mecanismo este lagarto puede recolectar agua de “varias fuentes

posibles, como lluvia, charcos, rocío, condensación en la piel o absorción de arena húmeda” (2022, p.25).

Lo interesante que posee este lagarto es su capacidad física para recolectar humedad está asociada con una red de canales capilares, entre las escamas superpuestas, que permite el transporte pasivo y a veces direccional del agua recolectada a la boca para beber.



Figura 27. Diablo espinoso.

Fuente: Urban (2024).

## **Loto Gigante**

Estas plantas habitan principalmente en hábitats fangosas son características por tener hojas flotantes, debido a su superficie cerosa es que esta puede realizar una autolimpieza manteniéndose libre de bacterias y microorganismos, ya que como lo menciona Guerraty:

“La cutícula de la planta está formada por lípidos solubles incrustados en una matriz de poliéster -cera- pero el grado de repelencia al agua es extremo (super hidrofóbico). Esto se logra a través de la micro topografía de las superficies de sus hojas, que, aunque muestran una variedad de estructuras, todas comparten un

conjunto matemático similar de proporciones asociadas con la super hidrofobicidad” (2022, p.24).

A continuación, se muestra una ilustración de los detalles micro topográficos de la planta.

Se vuelve relevante mencionar la hidrofobicidad y la hidrofobicidad como mecanismo de funcionamiento ya que la hidrofobicidad es la capacidad de repeler el agua de una superficie (efecto loto) y la hidrofobicidad es la capacidad de absorber agua, estas dos funciones son claves para el funcionamiento del presente proyecto.

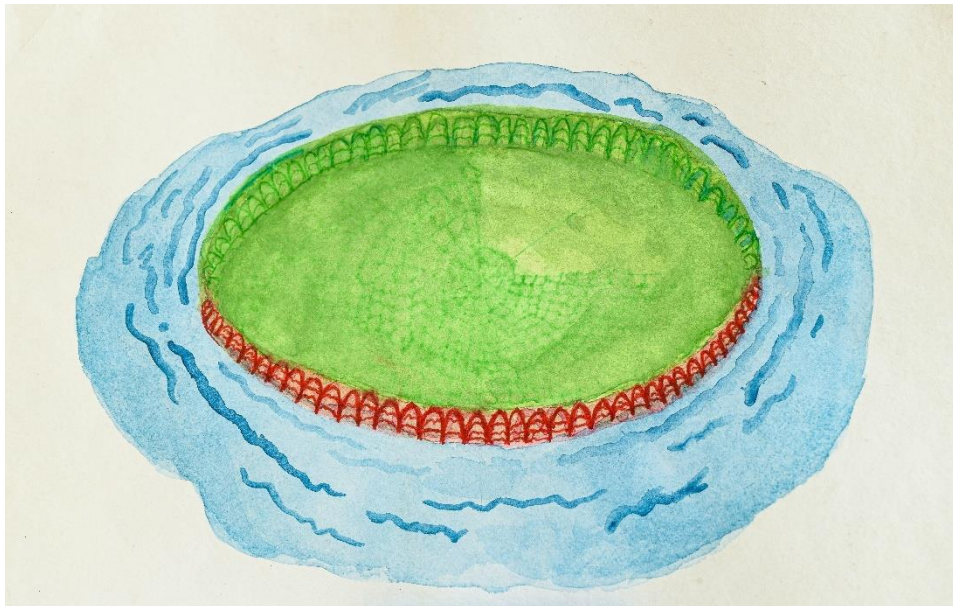


Figura 28. Loto Gigante.  
Fuente: Urban (2024).

### **Suculenta de rosetas**

Estas plantas desérticas se caracterizan por sobrevivir con poca agua, esto lo logran gracias a sus grandes hojas y posicionadas en capaz lo que les otorga la habilidad de almacenar agua de lluvia y de niebla, otro ejemplo de este tipo de funcionamiento son los agaves, pues como lo menciona Hazra en su artículo de Asknature, “gracias a su superficie lisa y cerosa de sus hojas que también sirve

para evitar pérdida del agua que hace contacto con estas, ya sea por niebla o lluvias ligeras” (2002).

Las gotas de agua en la niebla tienen mucha área de superficie con la que hacer contacto con otras superficies. Con esta gran área de superficie, y siendo relativamente ligera, las gotas de niebla son capturadas por una envoltura de aire de movimiento lento que rodea una hoja y se dirige a lo largo de su superficie lisa. (Haza, 2022).



Figura 29: Cactácea  
Fuente: Urban (2024).

Como ya se mencionó anteriormente una superficie cerosa, es decir, la hidrofobicidad y hidrofobicidad, es un elemento clave para la recolección de rocío que está presente en la naturaleza y hoy por medio de la biomimésis se puede llevar a cabo dicha función en un objeto de recolección pasiva de agua.

## **6. Métodos y técnicas de investigación empleadas.**

### **6.1 Definición de la metodología**

El presente proyecto de investigación se sustenta con el enfoque metodológico de los autores Hernández, Fernández y Baptista (2006). De acuerdo con los objetivos de esta investigación, la metodología es de carácter mixta, no experimental y se perfila en la estructura transversa de causa y efecto.

Se retoma esta metodología de causa-efecto o correlacional-causal en la propuesta de materiales eco amigables para estructura modular emulando a la naturaleza y así mismo captar el agua de rocío como factor de efecto del ambiente.

Como método de diseño biomimético se utilizarán los pasos de Benyus que define la problemática a resolver para después ser argumentadas a través de una investigación detallada que engloba al organismo biológico e identificar sus principios, estructurales, sistemas biológicos de sobrevivencia en sus entornos naturales, etcétera. Para Benyus existen dos formas de aplicar la biomiméisis:

Existen dos posibles formas de aplicar el pensamiento biomimético al proceso de diseño. La primera aproximación, “del reto a la biología”, parte de un problema específico y se buscan inspiraciones biológicas para la solución. La segunda, “de la biología al diseño”, se inicia con una inspiración biológica que contribuye a definir un reto de diseño (Olmos, 2021, p. 61).

Esta metodología se compone de fases no herméticas, es decir, que cada fase tiene relación una con la otra permitiendo volver a la fase anterior de ser necesario el reevaluar los conceptos y aplicarlos de la mejor manera. A continuación, se definen las fases que se llevarán a cabo.

**Identificar:** Definir la problemática o necesidad a solucionar, así como el alcance de este.

**Descubrir:** una vez definido el problema se procede a pensar como la naturaleza soluciona dicha problemática o que organismos vivos son ideales para resolverlo, posteriormente se realiza una investigación detallada de los posibles seres vivos a tomar en cuenta.

**Abstraer:** Después de haber investigado se procede a observar e investigar acerca de cómo es llevado a cabo dicho proceso del agente sobre el cual se emulará, ya que de ello dependerá el correcto funcionamiento del objeto a diseñar.

**Evaluar:** En este punto se evaluará la viabilidad de las propuestas realizadas para definir si cumple con el objetivo propuesto. Los procesos descritos anteriormente se muestran en el siguiente esquema.

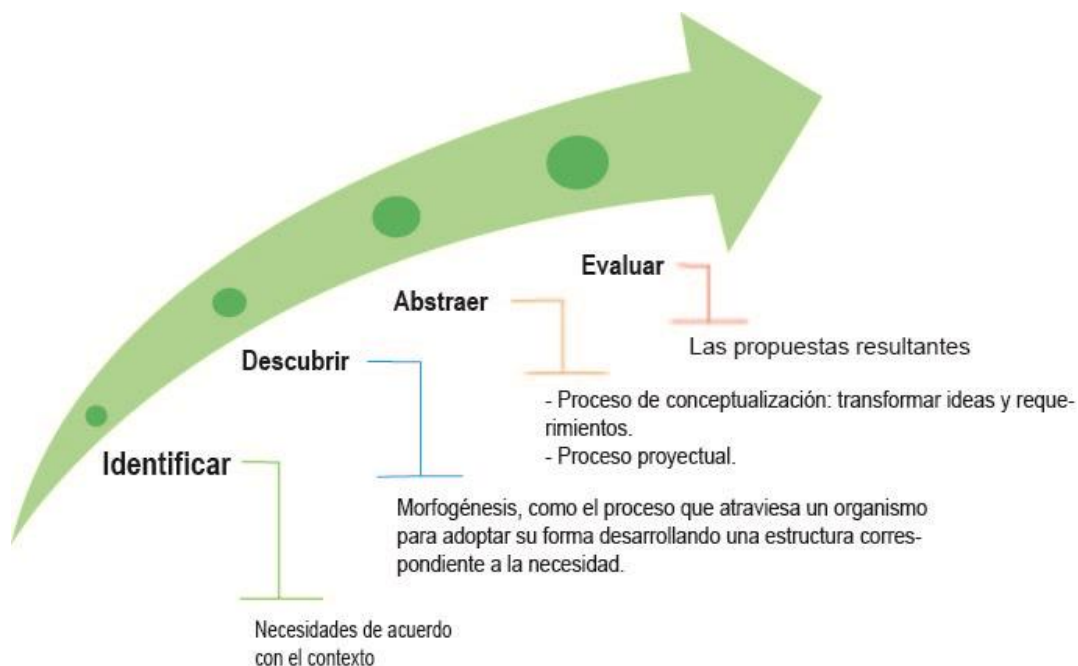


Figura 30. Esquema metodológico basado en la espiral biomimética  
Fuente: Espiral biomimética de J. Benyus

## **6.2 Análisis (fase 1)**

### **Identificar**

Como principal problemática a tratar es la falta cubierta vegetal en zonas urbanizadas y una fuente de agua limpia para los insectos polinizadores en la Ciudad de México, en los cuales se observó que, sucesos como la sobrepoblación y la urbanización conllevan al desarrollo de sub problemáticas como lo es el estrés hídrico, contaminación del agua y pérdida de la cubierta vegetal ya que a mayor población mayor es la demanda de recursos naturales.

Al observar dicha necesidad surgió la idea de combinar un jardín para polinizadores con un captador de rocío con la finalidad de proveer una fuente de agua limpia, refugio y alimento para insectos debido a las problemáticas mencionadas se prevé compensar la falta de cubierta vegetal en entornos urbanos además de ofrecer una alternativa de obtención de agua llevada a cabo de una manera diferente de como se conoce actualmente.

A continuación, se muestran los requerimientos técnicos y estructurales para el correcto funcionamiento del producto a diseñar:

#### **6.2.1 Requerimientos técnicos**

- Contemplar una superficie lisa o rugosa para que el polinizador pueda posarse sobre ella, así como su recubrimiento con látex natural para mayor eficiencia en la captura del rocío.
- Analizar materiales para bebederos de agua tanto industriales como naturales para el correcto almacenamiento y captura del agua, por ejemplo, polietileno de alta densidad (HDPE).
- El condensador debe estar aislado del suelo, con una inclinación de 30° o 45° respecto a la horizontal.
- Contemplar la correcta distribución y salida del agua para el riego de plantas y consumo de los insectos polinizadores.

- La base donde el insecto beberá el agua no deberá ser muy honda para evitar la muerte por ahogamiento de este.
- Considerar la estructura deberá soportar el peso de las plantas y el agua almacenada la cual será distribuida para el riego y consumo de polinizadores

### 6.2.2 Requerimientos de diseño estructural

- Considerar la protección del objeto en exteriores, así como la impermeabilización de este con la finalidad de evitar la generación de hongos u organismos dentro de este.
- La estructura deberá medir 60 cm como mínimo y 1.50 m como máximo pues, mientras más cerca se encuentre del suelo será más eficiente la captura del rocío.
- Considerar un fácil armado y manipulación

## 6.3 Imitando la naturaleza (fase 2)

### Descubrir

Se llevo a cabo una investigación recopilando todos aquellos organismos vivos que son capaces de sobrevivir en ambientes hostiles como el escarabajo de nabim, diablo espinoso y las cactáceas, también se tomó en cuenta el loto gigante que gracias a su superficie super hidrofóbica es que puede capturar el rocío.

En la investigación se tomaron en cuenta distintos tipos de organismos vivos que pudiesen beneficiar al diseño de la estructura en base a los requerimientos descritos anteriormente como por ejemplo la planta del elote, las hojas de los árboles, pasto. En la tabla 12 se muestra las características principales de estos seres vivos que los vuelve los candidatos ideales para el proyecto:

Tabla 12. Características Biológicas de Seres Vivos.

<b>Ser vivo</b>	<b>Características biológicas</b>	<b>Función</b>
-----------------	-----------------------------------	----------------

<b>Escarabajo de Namibia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surcos o protuberancias de tamaño micro en las alas delanteras (caparazón).</li> </ul>	<p>Superficie hidrofóbica e hidrofílica.</p> <p>Se inclina 45° en dirección a la niebla.</p>
<b>Diablo espinoso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Canales capilares.</li> </ul>	<p>Recolección de agua por capilaridad y esta se transporte directo a su boca.</p>
<b>Loto gigante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superficie cerosa.</li> </ul>	<p>Superficie super hidrofóbica gracias a la micro topografía de las superficies de sus hojas.</p>
<b>Suculenta de roseta</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grandes hojas y posicionadas en capaz.</li> </ul>	<p>Superficie lisa y cerosa de sus hojas que también sirve para evitar pérdida del agua.</p>
<b>Hojas de los arboles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superficie grande y cerosa.</li> </ul>	<p>El nervio secundario puede ayudar a conducir las gotas de agua al árbol gracias el cual les da estabilidad y dirección.</p>

Fuente: AskNature (2024).

### 6.3.1 Diseño biomimético

Como ya se ha mencionado anteriormente la biomimesis no es otra cosa más que emular un organismo vivo, ya sea en su morfología, estrategias, adaptación, forma, etc. esta ciencia se puede aplicar en dos esquemas, así lo menciona Urdinola:

- El primero se establece cuando hay una necesidad insatisfecha dentro del dominio artificial es inicialmente identificada y luego trasladada al entorno natural para orientar la búsqueda de soluciones relacionadas.

- El segundo, parte de la identificación de una solución natural particular que represente una oportunidad de aplicación en el entorno artificial (2018, p.43).

Para el presente proyecto se empleó el segundo método donde se investigó aquellos organismos vivos que son capaces de sobrevivir en ambientes hostiles ya que sus métodos de supervivencia donde pueden lograr la captura de agua. Como se describe en la figura 44. En el siguiente apartado se muestra el proceso de conceptualización del producto.

## 6.4 Conceptualización (fase 3)

### Abstraer

Una vez identificadas las principales características para la realización del proyecto se procedió con el proceso de conceptualización y abstracción de la forma natural del ser vivo, basándose en la morfología, por ejemplo, imitando sus movimientos, formas naturales, técnicas de supervivencia, etcétera.



Figura 31: Abstracción y morfología  
Fuente: Urban (2024).

## **6.4.1 Requerimientos del diseño**

### **Requerimientos de función**

- Contar con una inclinación de 30 o 45 grados respecto a la horizontal del suelo.
- Contará con un recubrimiento de látex natural lo que ayudará a hacer el área hidrofóbica.
- Buscar realizar el correcto deslizamiento del agua hacia el interior y hacia la salida para el consumo de polinizadores.
- Identificar aquellos tipos de uniones que se pueden emplear en el funcionamiento modular de la estructura.
- Se busca que el usuario acceda al agua de una manera fácil
- Se contemplará medias ergonómicas y antropométricas de la mano para la manipulación de este.
- Identificar las necesidades de la planta para su crecimiento y desarrollo dentro de la estructura, por ejemplo, el tamaño de la maceta y la altura de la planta.

### **Requerimientos de uso**

- Buscar la implementación en los captadores como libre movimiento (bisagras, tornos, etc.) entre 30 y 45 grados lo que ayudara a que el usuario lo acomode a como mejor le resulte para mejorar la eficiencia.
- Considerar las medidas antropométricas de la mano con la finalidad de evitar molestia a la hora de manipular el objeto.
- Simplificar el armado para el usuario con mecanismos simples
- Considerar la caída de agua del riego de las plantas por gravedad.

### **Requerimientos formales**

- Diseñar con un concepto biomimético simplificando la forma de aquellos organismos mencionados anteriormente.

- Realizar una correcta distribución de los componentes, así como su funcionalidad.
- Buscar que la paleta de colores sea inspirada en colores llamativos para los polinizadores.

### **Requerimientos de identificación**

- Considerar la coloración de señalamientos para el armado
- Diseñar el instructivo para su armado y explicación de su uso y cuidados.

## **6.5 Ergonomía**

Según Ávila y Prado “la ergonomía es la ciencia que estudia las características, habilidades y limitaciones del ser humano para, de acuerdo con ello, diseñar los espacios en los que realiza sus actividades” (2006, p.14). es decir, que dicha ciencia trata de que los objetos se acomoden a los humanos y no nosotros a ellos con la finalidad de hacer su uso más confortable y seguro para nuestra anatomía.

A continuación, se describen los pasos para usar el objeto con la finalidad de identificar aquellas tareas a realizar con la finalidad de identificar aquellas medidas antropométricas a tomar en cuenta.

### **Armado de la estructura**

1. Tomar la base principal por la ranura y ponerla de manera vertical
2. Agacharse y colocar el primer soporte lateral sobre la base y sujetarlo, repetir el mismo procedimiento con el segundo.

### **Colocación de las canastillas**

1. Tomar la canastilla y una pala de jardinería para tierra
2. Colocarle la tierra previamente prepara para sembrar hasta la línea de tope que marca la canastilla.
3. Hacer un agujero y colocar la semilla o la planta ya germinada según sea el caso y cubrirla con tierra.

4. Regar un poco la semilla.
5. Colocar la canastilla con la planta en la estructura y sujetarla con su mecanismo.
6. Acomodar la estructura a modo de que le del sol a las plantas durante el día y durante la noche capture el rocío.

Una vez descritos los pasos se procederá a buscar aquellas medidas antropométricas del usuario para realizar dichas actividades para esto se usará como referencia el libro de las dimensiones humanas en los espacios interiores de Julios Panero y Martin Zelnik.

### Armado de la estructura

Para el armado de la estructura se puede estar en cuclillas o sentado en una silla por lo que se tomó en cuenta la medida de 88.9-91.4 cm para que al agacharse la vista y las manos queden de frente hacia las canastillas, considerando un usuario adulto entre 25 a 30 años.

	pulg.	cm
A	70-76	177,8-193,0
B	40 min.	101,6 min.
C	30-36	76,2-91,4
D	18	45,7
E	24 min.	61,0 min.
F	28-42	71,1-106,7
G	18 min.	45,7 min.
H	12 min.	30,5 min.
I	24-26	61,0-66,0
J	57 min.	144,8 min.
K	35-36	88,9-91,4
L	22 min.	55,9 min.
M	3	7,6
N	4	10,2

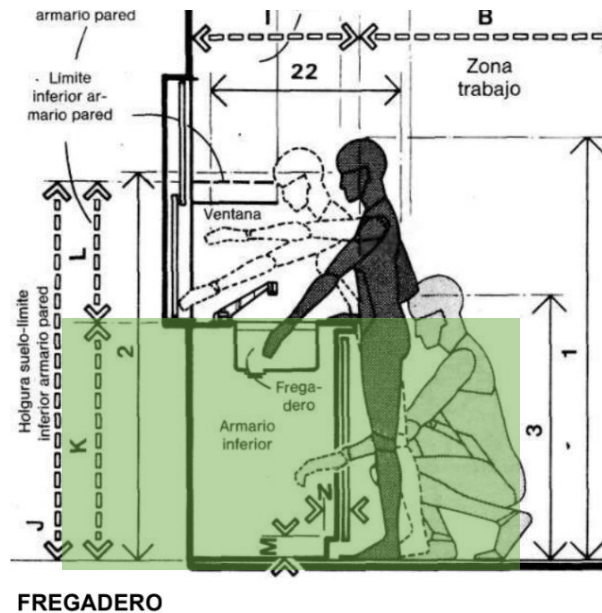
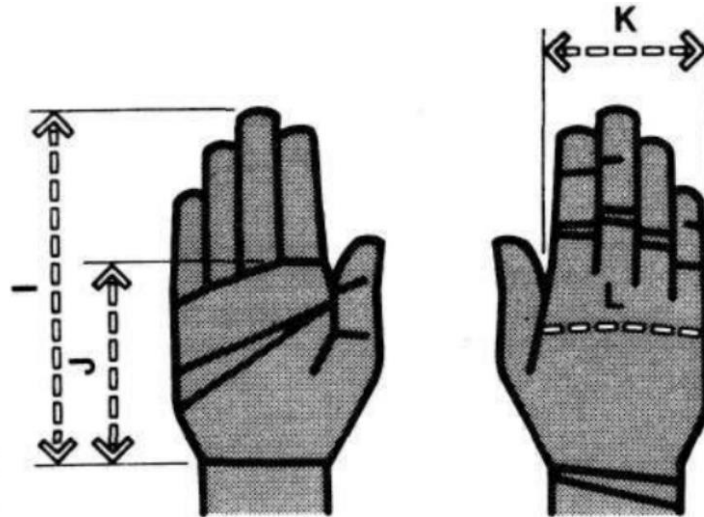


Figura 32. Altura en Cuclillas.

Fuente: Las Dimensiones Humanas en los Espacios Interiores

## Colocación de las canastillas

Se considerando la medida de la mano para sostener la canastilla y colocarla en la base de la estructura con la finalidad de que esta no sea muy grande y pueda sostenerse con una sola mano, se contemplaron las medidas I, J, K y L que se muestran en la figura 33.



Dimensiones de cabeza cara, mano y pie de hombres y mujeres adultos, en pulgadas y centímetros, según selección de percentiles										
		A	B	C*	D	E	F	G	H	I
95	pulg.	5.0	6.50	23.59	5.13	8.27	2.71	5.94	5.98	8.07
	cm	12,7	16,5	59,9	13,0	21,0	6,9	15,1	15,2	20,5
5	pulg.	4.1	5.80	21.74	4.35	7.39	2.24	5.27	5.26	7.00
	cm	10,4	14,7	55,2	11,0	18,8	5,7	13,4	13,4	17,8
		J	K	L*	M*	N	O	P	Q*	R
95	pulg.	4.63	3.78	9.11	10.95	11.44	8.42	4.18	10.62	2.87
	cm	11,8	9,6	23,1	27,8	29,1	21,4	10,6	27,0	7,3
5	pulg.	3.92	3.24	7.89	9.38	9.89	7.18	3.54	9.02	2.40
	cm	10,0	8,2	20,0	23,8	25,1	18,2	9,0	22,9	6,1

Figura 33. Dimensiones de las manos.

Fuente: Las Dimensiones Humanas en los Espacios Interiores

## 6.4.2 Proceso creativo

Después de realizar la abstracción de la forma natural de aquellos referentes vivos, se procedió a observar aquellas formas naturales que servirían para darle forma al proyecto, beneficiando su funcionalidad y estética del producto.

A continuación, se muestran los diversos bocetos propuestos de los cuales se evaluaron y se eligieron los de mayor calificación para posteriormente realizar una segunda evaluación y seleccionar la propuesta final.



Figura 34: Proceso creativo  
Fuente: Urban (2024).

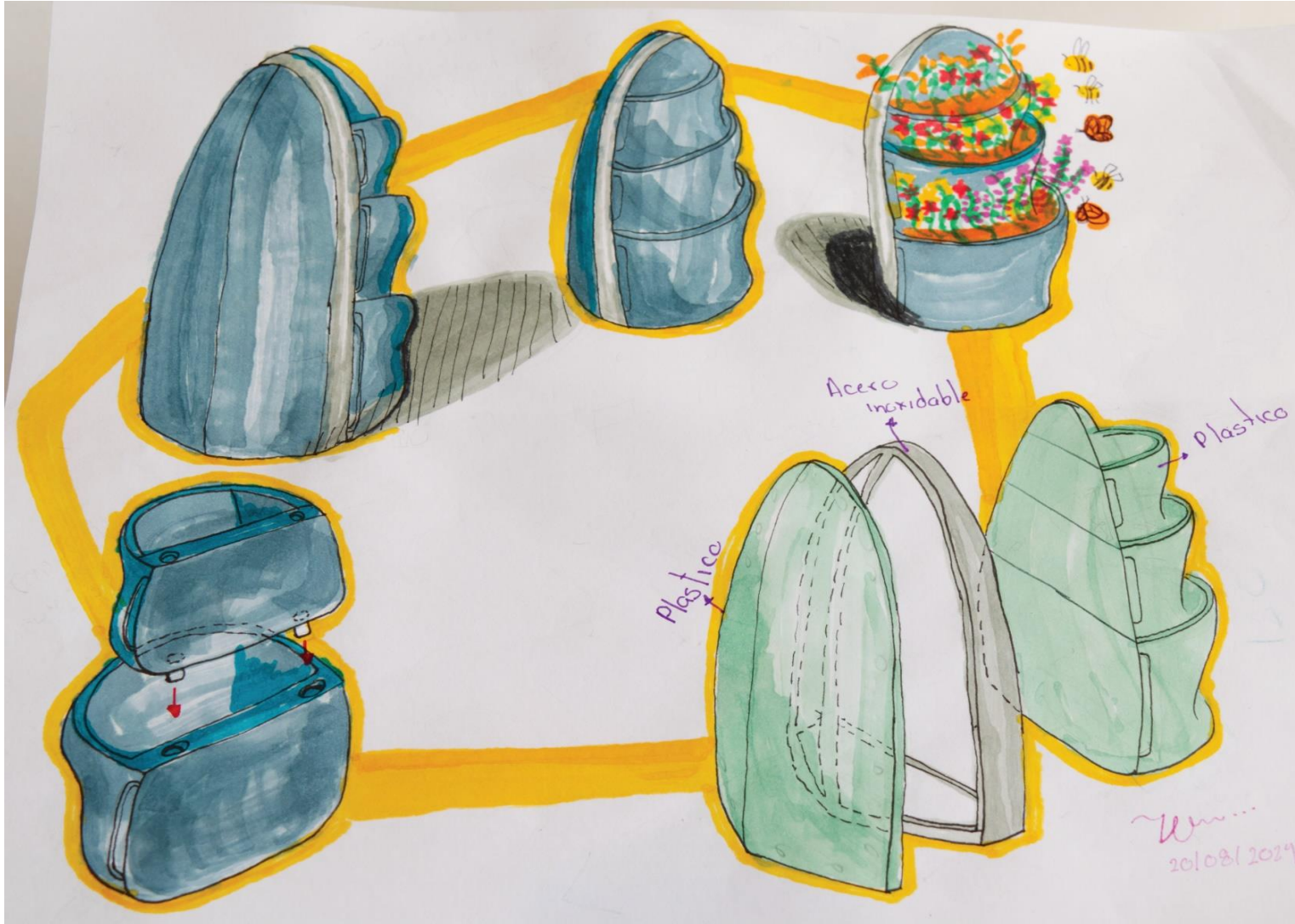


Figura 35. Boceto 8  
Fuente: Urban (2024).



Figura 36. Boceto 9  
Fuente: Urban (2024).

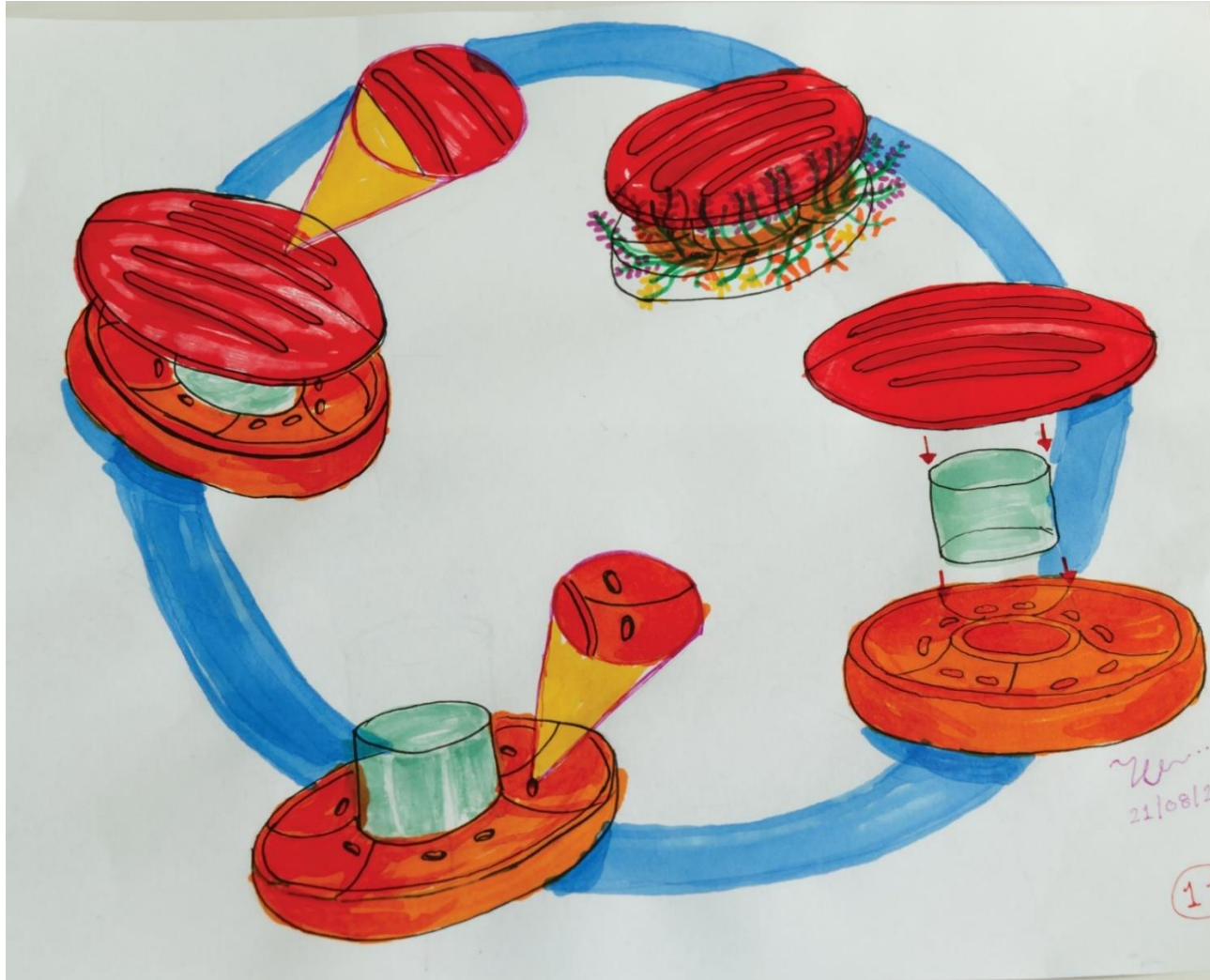


Figura 37. Boceto 10  
Fuente Urban (2024)

### 6.4.3 Matriz de selección

Se utilizó una matriz Pugh ponderada para evaluar las propuestas diseñadas con la finalidad de que cumplan con los requerimientos de diseño propuestos anteriormente de forma que **4 es excelente, 3 más o menos, 2 no tan bueno y 1 es deficiente**, también se utilizó un código de color de verde a rojo para identificar más fácilmente aquellas propuestas que tuvieron el menor detalle posible

Cada boceto evaluado cuenta con una calificación con la finalidad de escoger aquellos que obtuvieron la mayor calificación y realizar las correcciones de acuerdo con los puntos bajos que obtuvo. A continuación, se muestra la matriz de selección donde se evaluaron las diferentes propuestas mencionadas anteriormente.

Tabla 13. Evaluación de Bocetos por Medio de Matriz Pugh.

REQUERIMIENTOS				
Técnicos	boceto 8	boceto 9	boceto 10	boceto 11
· Contemplar una superficie lisa o rugosa para que el polinizador pueda posarse sobre ella así como su recubrimiento con látex natural para mayor eficiencia en la captura del rocío.	4	3	4	4
· Analizar materiales para bebederos de agua tanto industriales como naturales para el correcto almacenamiento y captura del agua, por ejemplo, polietileno de alta densidad (HDPE).	3	3	3	4
· El condensador debe estar aislado del suelo, con una inclinación de 30° o 45° respecto a la horizontal.	3	4	3	3
· Contemplar la correcta distribución y salida del agua para el riego de plantas y consumo de los insectos polinizadores.	4	3	3	4
· Contemplar 1. 50cm o 2 cm de profundidad para la base donde el insecto beberá el agua	4	2	4	4

para la base donde el insecto bebera el agua acumulada (abejas, mariposas, escarabajos) para evitar la muerte por ahogamiento de este.	4	2	4	4
· Considerar la estructura deberá soportar el peso de las plantas y el agua almacenada la cual será distribuida para el riego y consumo de polinizadores	3	4	4	4
<b>DISEÑO ESTRUCTURAL</b>				
· Considerar la protección del objeto en exteriores, así como la impermeabilización de este con la finalidad de evitar la generación de hongos u organismos dentro de este.	4	4	4	4
· La estructura deberá medir 60 cm como mínimo y 1.50 m como máximo pues, mientras mas cerca se encuentre del suelo será mas eficiente la captura del rocío.	4	4	4	4
· Considerar un fácil armado y manipulación	3	4	4	4
<b>FUNCIÓN</b>				
· Contar con una inclinación de 30 o 45 grados respecto a la horizontal del suelo.	4	4	4	3
· Contara con un recubrimiento de látex natural lo que ayudara a hacer el área hidrofóbica.	3	4	4	4
· Buscar realizar el correcto deslizamiento del agua hacia el interior y hacia la salida para el consumo de polinizadores.	4	4	3	4
· Identificar aquellos tipos de uniones que se pueden emplear en el funcionamiento modular de la estructura.	4	3	4	4
· Se busca que los polinizadores accedan al agua de una manera fácil	4	3	4	3
· Se contemplará medias ergonómicas y antropométricas para la manipulación de este.	4	4	4	4
· Buscar como y que tipos de bases o superficies son aptas para estar en el asfalto y en jardines, así como su resistencia al peso con el agua y con las plantas	4	4	3	4

<b>USO</b>				
· Buscar la implementación en los captadores como libre movimiento (bisagras, tornos, etc.) entre 30 y 45 grados lo que ayudara a que el usuario lo acomode a como mejor le resulte para mejorar la eficiencia.	3	4	4	2
· Considerar las medidas antropométricas de la mano con la finalidad de evitar molestia a la hora de manipular el objeto.	4	4	4	4
· Simplificar el armado para el usuario con mecanismos simples	4	4	4	4
· Considerar la caída de agua del riego de las plantas por gravedad.	4	4	4	4
<b>FORMALES</b>				
· Diseñar con un concepto biomimético simplificando la forma de aquellos organismos mencionados anteriormente.	4	4	3	3
· Realizar una correcta distribución de los componentes, así como su funcionalidad.	4	3	4	3
· Buscar que la paleta de colores sea inspirada en colores llamativos para los polinizadores.	3	3	3	3
<b>IDENTIFICACIÓN</b>				
· Considerar la colocación de señalamientos en la estructura de ser necesarios.	4	4	4	4
· Diseñar el instructivo para su armado y explicación de su uso y cuidados.	4	4	4	4
<b>TOTAL</b>	<b>93</b>	<b>91</b>	<b>93</b>	<b>92</b>

Fuente: Urban (2024).

### 6.4.4 Evaluación

Como propuesta final se eligió el boceto 8 debido a su forma tiene una amplia zona para capturar el rocío, sin embargo, se sometió a una segunda evaluación, con la opinión de los asesores quienes realizaron las siguientes observaciones

Se había propuesto una inclinación de  $45^\circ$  con la finalidad de que el rocío captado corriera directo a las plantas, sin embargo, por efecto de gravedad este se vería afectado llevándolo directo al suelo sin que este se pudiera aprovechar. Es por esto por lo que se redujo a un ángulo de  $30^\circ$  y aumentando líneas guías las cuales estarán recubiertas con un recubrimiento hidrofóbico e hidrofílico generando un patrón en las superficies mejorando la captura y deslizamiento de las gotas.

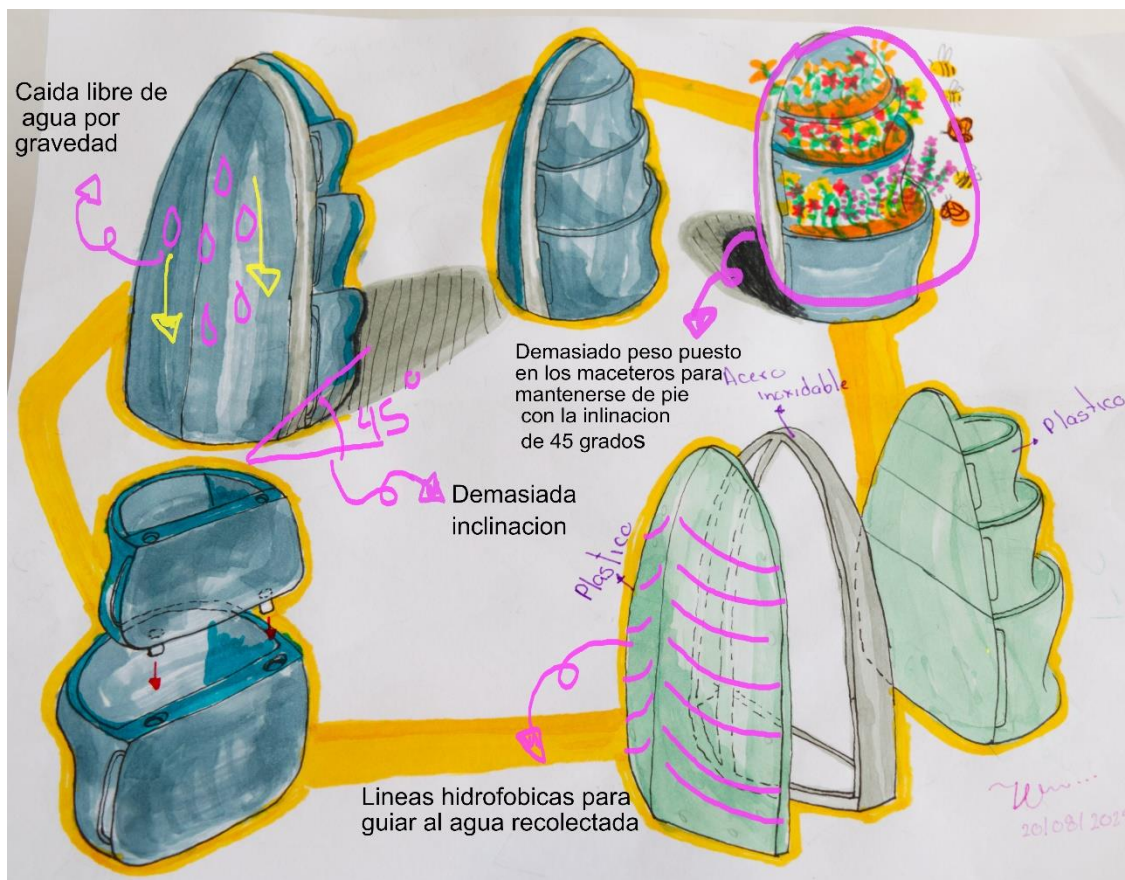


Figura 38: Correcciones de la propuesta final  
Fuente: Urban (2024)

Los maceteros propuestos en un inicio representan la textura inferior de las alas petrificadas del escarabajo, se concluyó que estos, afectarían a toda la estructura pues una vez colocado el peso de la tierra y la planta esta se volcaría dificultando su función principal.

Por esto se modificó la forma con la finalidad de reducir el peso y llevar a cabo un proceso de funcionamiento por gravedad, es decir, con la misma caída del agua regara a las plantas por sí misma.

## **7 PRESENTACION Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **7.1 Presentación de la propuesta**

Una vez realizados las correcciones mencionadas anteriormente se procedió a modelar la propuesta en el software 3D de Inventor y sacar la planimetría.

El tema central que desarrollar fue imitar el proceso del escarabajo de Namibia para captura del rocío por medio de la biomimésis con la finalidad de imitar su morfología y aplicarla al diseño final, dicha estructura desempeñara la función de recolectar agua del rocío y esta será guiada directamente a las plantas de manera autodidacta, su cantidad de riego dependerá de que tanto rocío se haya logrado recolectar durante la noche.

Una vez condensado el rocío este será dirigido a las plantas por medio de guías con un recubrimiento hidrofóbico y colocadas en cada una de las capas de la estructura con la finalidad de regar la planta que se encuentra en la parte superior.

A continuación, se muestra la lámina de presentación que muestra el funcionamiento y características de la estructura diseñada.

# Collector Beetle

Debido a la superficie hidrofobica las gotas pueden ir deslizandose y ser guiadas hasta las plantas que se encuentran en la parte exterior



Una vez recolectado el rocío este sera dirigido de manera autotidacta a las plantas en la parte posterior para un riego automatico

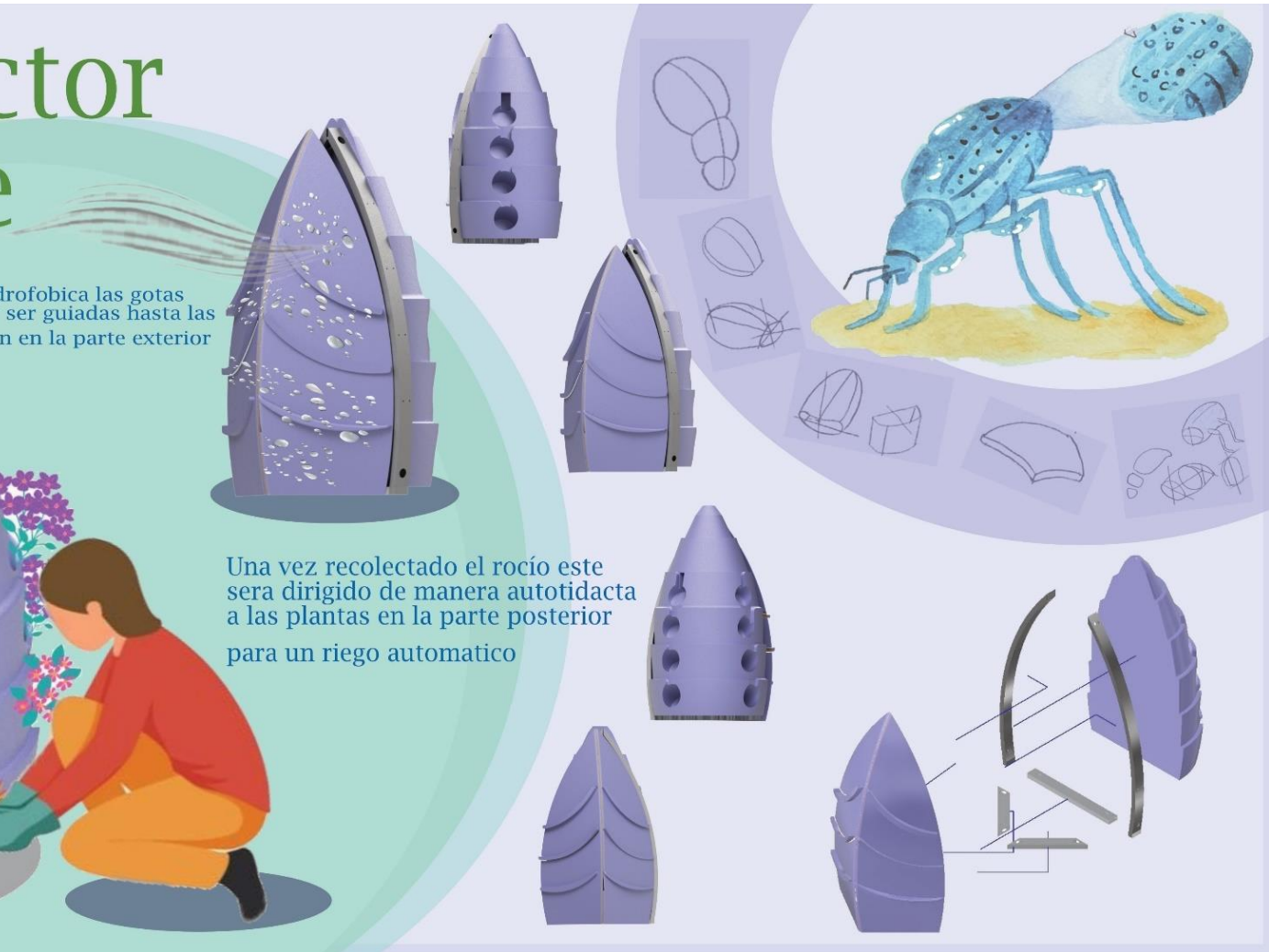


Figura 39. Collector Bettle  
Fuente: Urban (2024).

## 7.2 Discusión de los resultados

La presente investigación abordó los principales factores contaminantes como falta de agua, urbanización, pérdida de cubierta vegetal entre otros, los cuales afectan severamente a la fauna y flora del lugar incluyendo la salud de la sociedad.

Aplicando la metodología de la espiral biomimética de Jayne Benyus y causa - efecto de Hernández, Fernández y Baptista (2006). Se enfocó en desarrollar una propuesta de diseño inspirada en la naturaleza que resolviera las problemáticas de falta de cubierta vegetal y la falta del agua.

Por lo que se descubrió que el rocío puede ser una fuente de agua alterna en entornos con ambientes meteorológicos adecuados, sin embargo, este fenómeno no podría abastecer al 100% el consumo de una casa que se encuentra en ciudades cercanas al norte de México ya que predomina el calor careciendo de las condiciones meteorológicas para la generación del rocío.

Debido a que la generación del rocío no puede cubrir el consumo de una casa, se decidió que fuera la principal fuente de riego de un jardín para polinizadores, el cual, pertenece a la misma estructura diseñada logrando resolver las problemáticas planteadas anteriormente.

Otro punto relevante para resaltar son los materiales por utilizar para su fabricación, el aluminio con aleación 5052 y acabado anodizado y el polietileno HDPE, los cuales son reciclables y no pierden sus propiedades originales debido a dicho proceso, gracias a sus características son resistentes a la salinidad y a la intemperie por lo que dicho objeto puede ser utilizado en ambientes con mucha humedad o climas costeros los cuales son beneficiosos para la captura del rocío.

Con dicha estructura se pretende lograr una mejora en la cubierta vegetal de las ciudades logrando una fuente de alimento y refugio más cercana para insectos polinizadores.

### 7.3 Planos técnicos

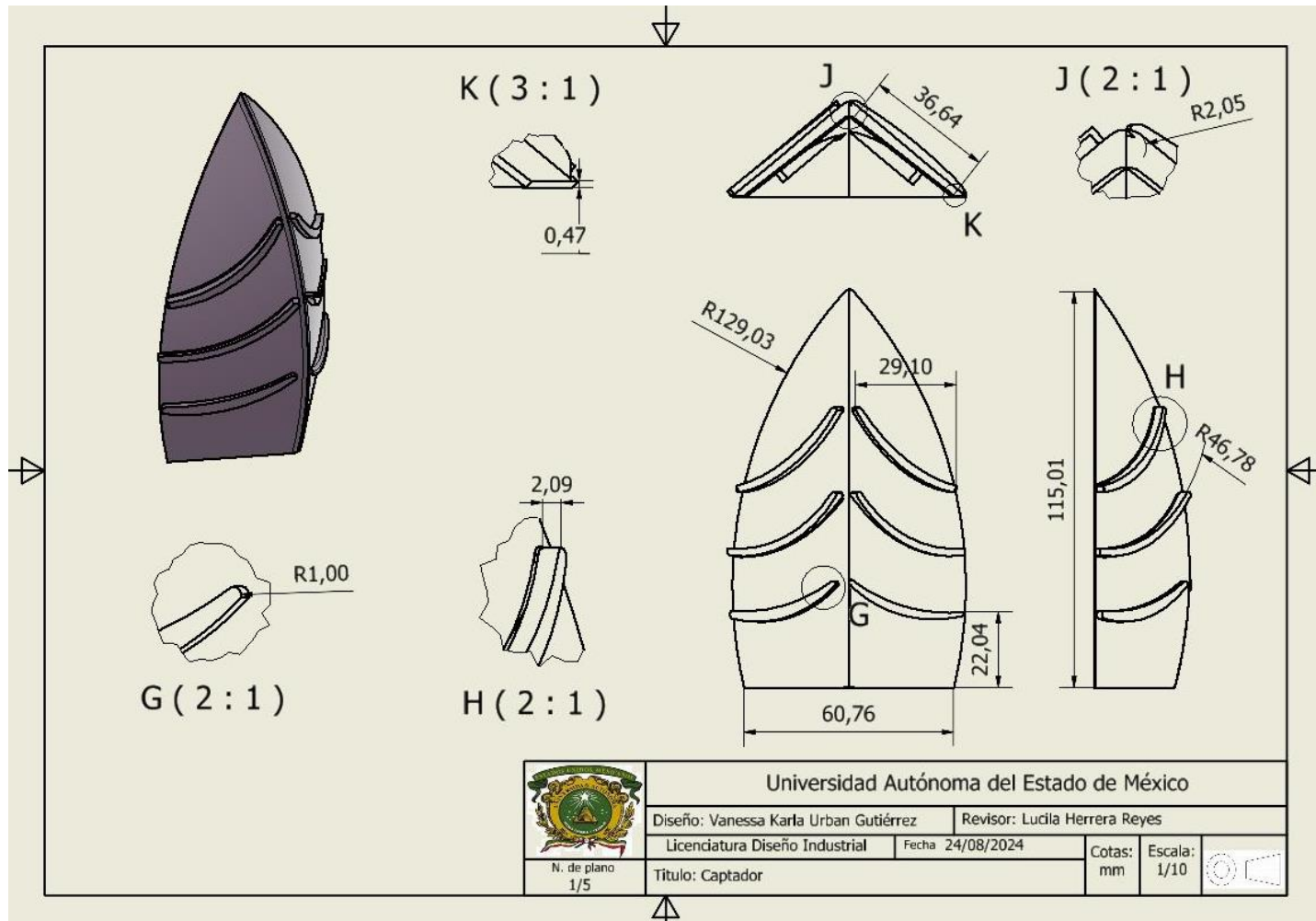


Figura 40. Captador.  
Fuente: Urban (2024).

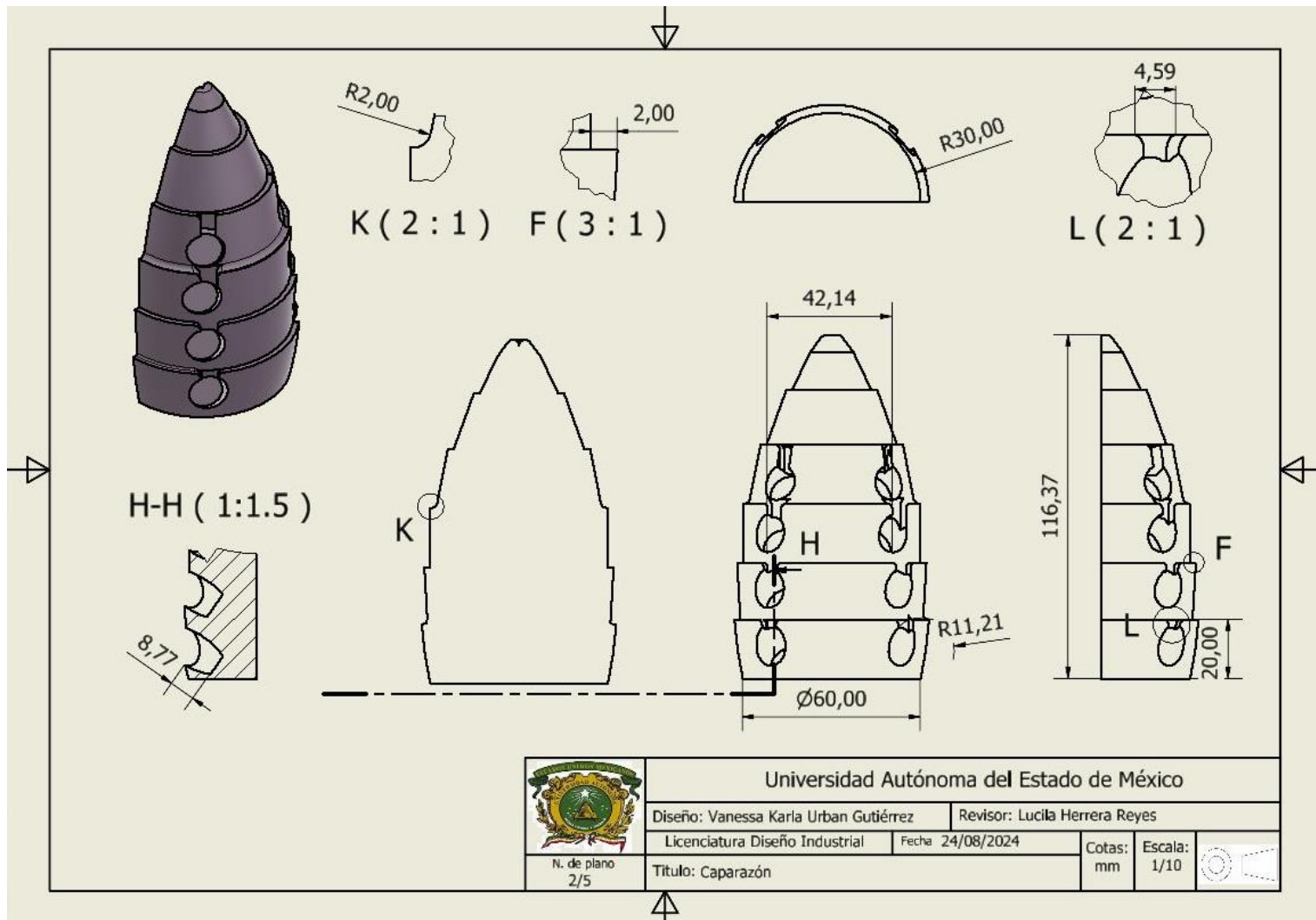


Figura 41. Caparazón.  
Fuente: Urban (2024).

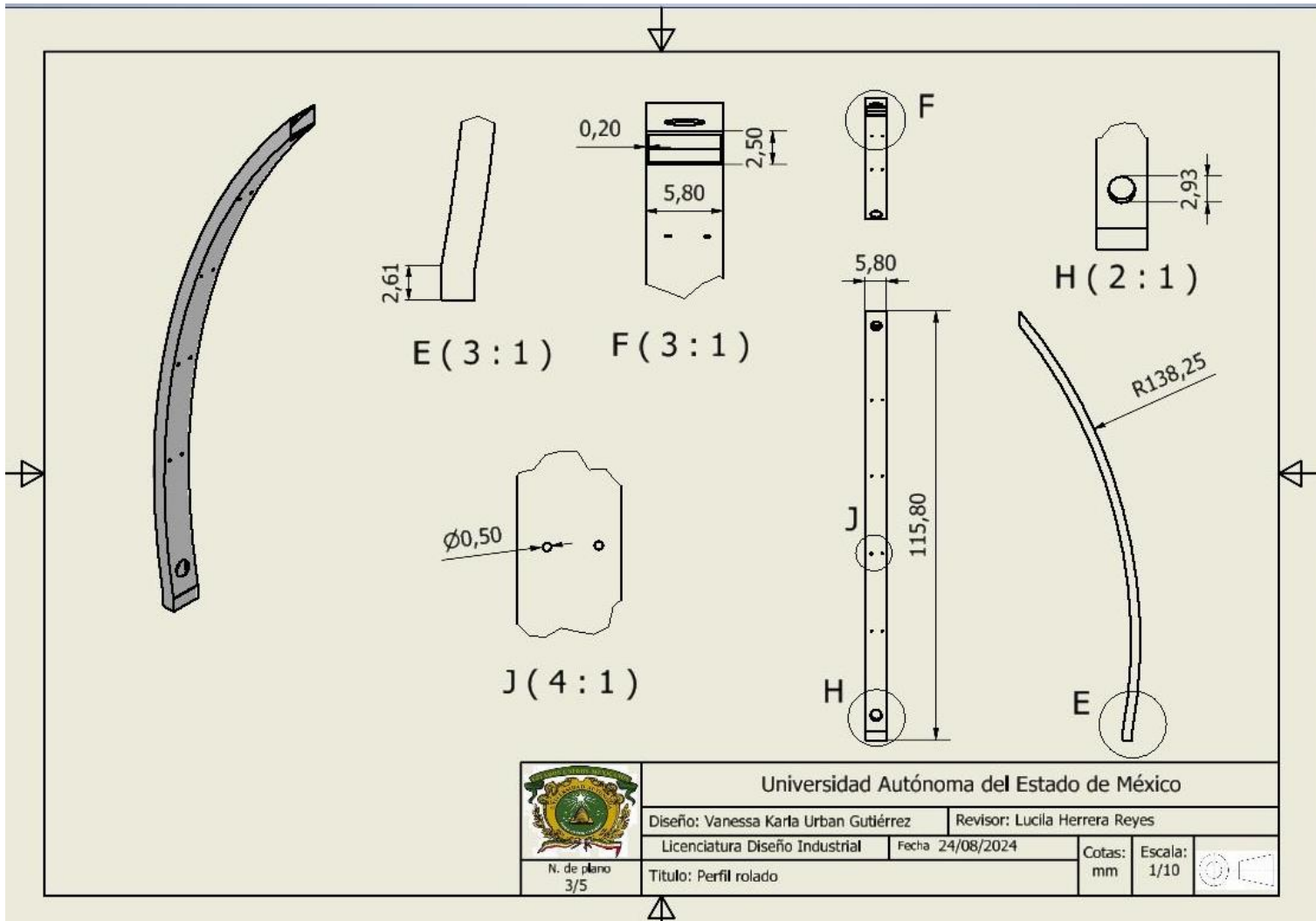


Figura 42. Perfil Rolado.  
Fuente: Urban (2024).

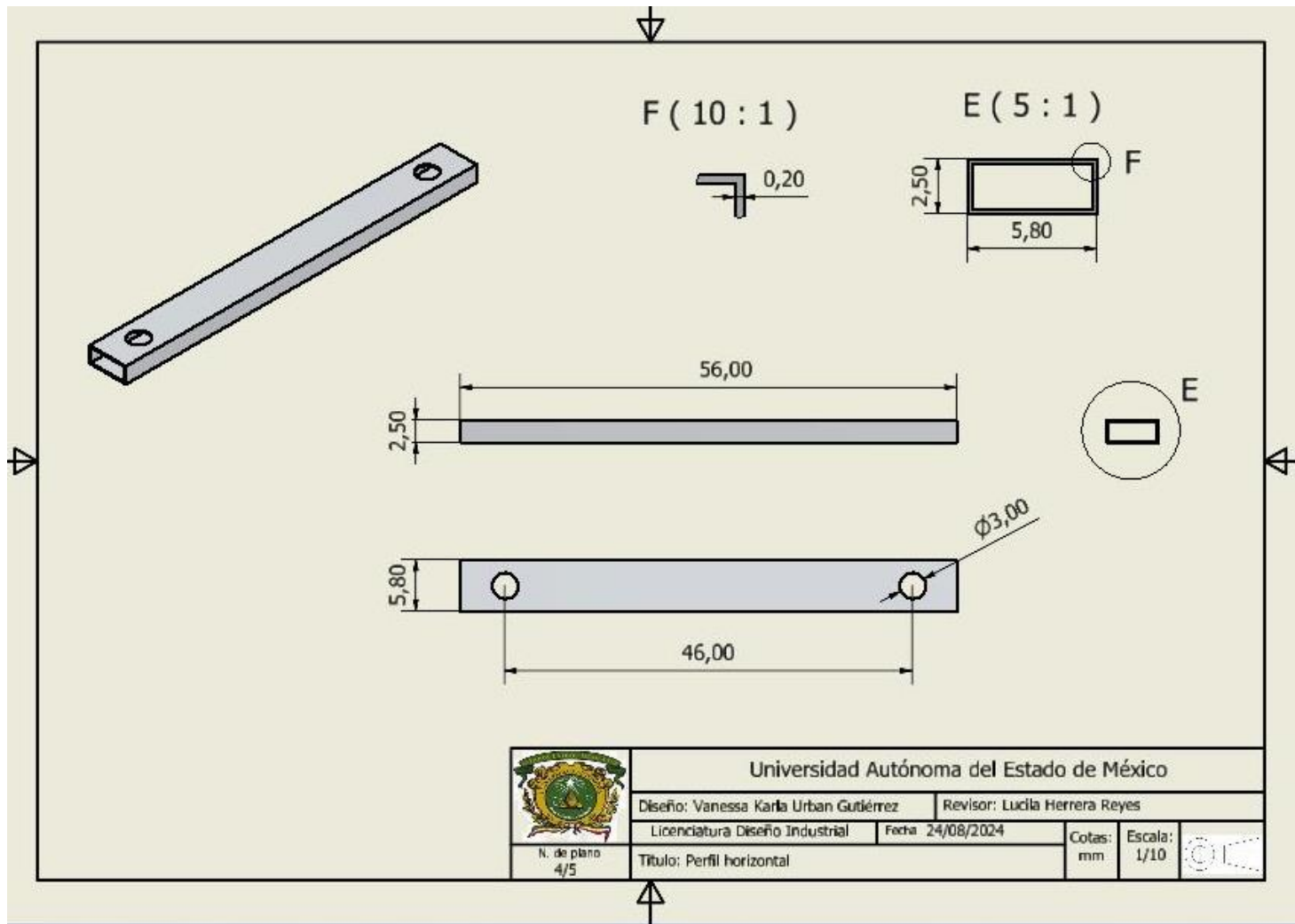


Figura 43. Perfil horizontal.  
Fuente: Urban (2024).

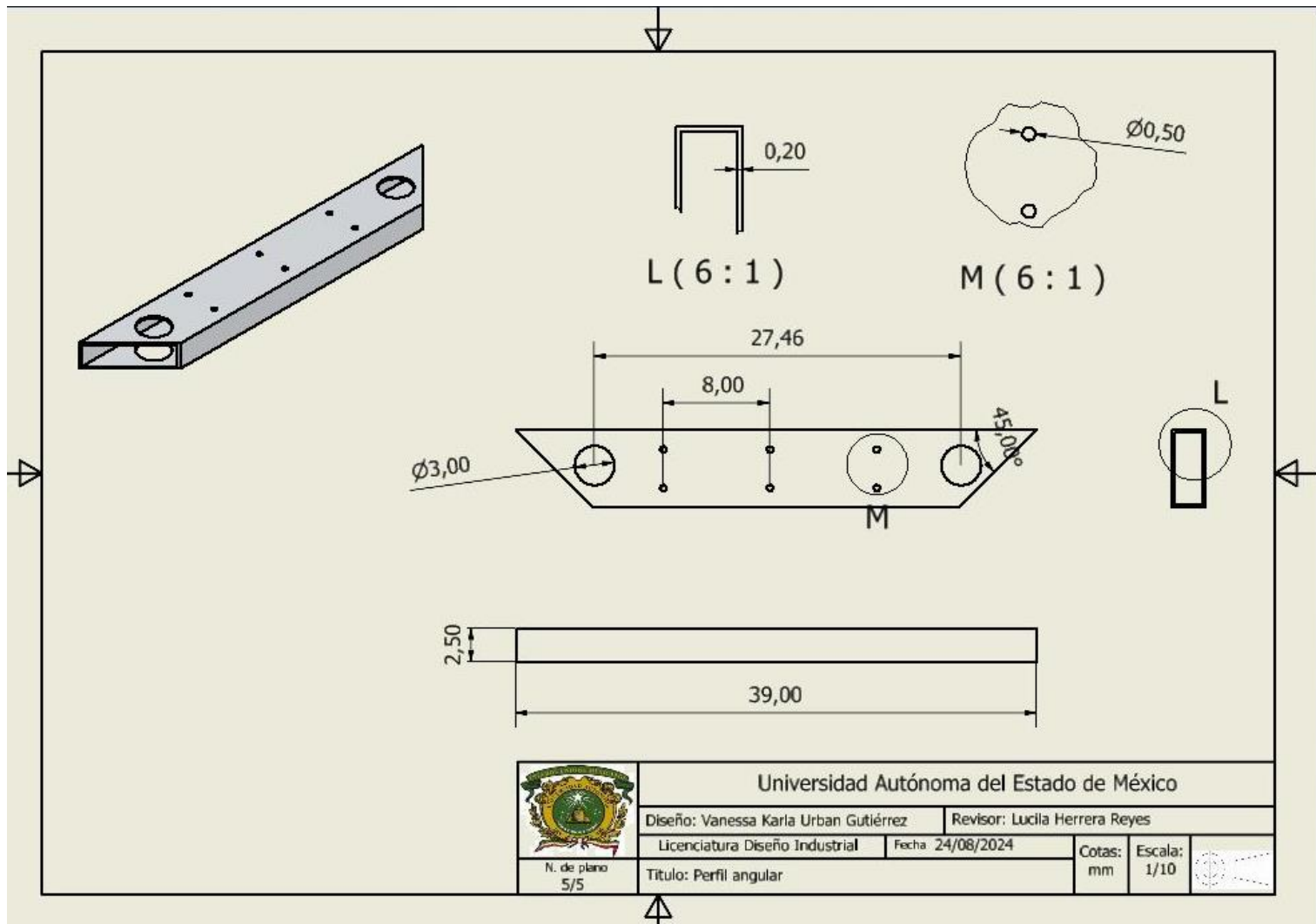
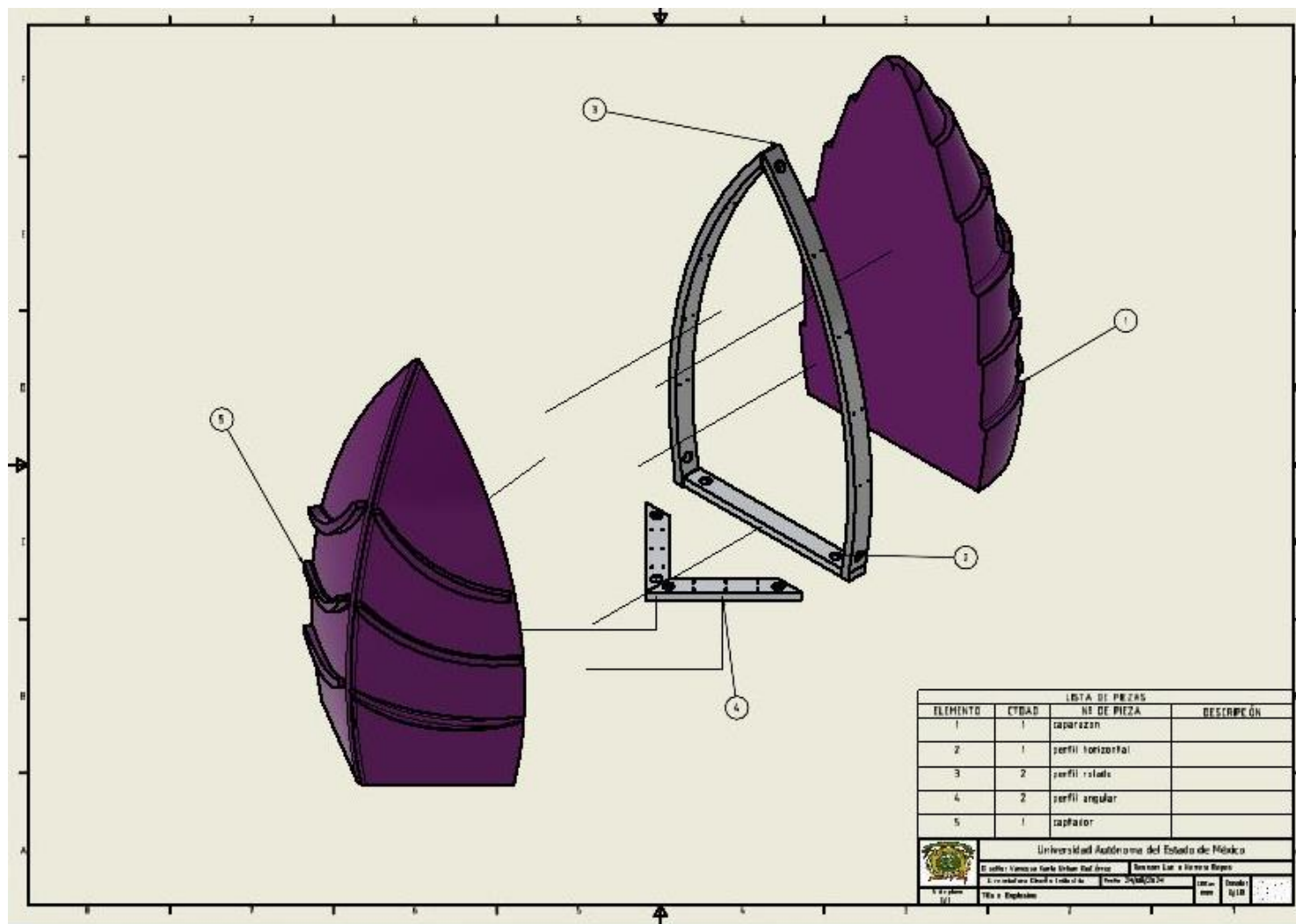


Figura 44. Perfil angular  
Fuente: Urban (2024).



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CYBDA	NO DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	capazon	
2	1	perfil horizontal	
3	2	perfil radial	
4	2	perfil angular	
5	1	capazon	



 Universidad Autónoma del Estado de México  
 El valle - Vicerrectoría General de Asesoría - Dirección de Asesoría Técnica y Operativa  
 Facultad de Ingeniería - División de Ingeniería en Ingeniería de Materiales  
 Toluca, México - 2024

Figura 45. Explosivo  
Fuente: Urban (2024).

## 7.4 Estructura de costos

A continuación, se desglosa la estructura de costos para el presente proyecto “Collector Beetle”, donde se tomaron en cuenta herramientas básicas como taladro, brocas, esmeril, etcétera, así como, la maquinaria necesaria como lo es el rolado de aluminio, proceso de inyección de plástico y finalmente el equipo de cómputo y las licencias de software para el desarrollo de prototipos experimentales, lo que nos da una inversión inicial de **\$117,742** pesos.

Tabla 14. Herramientas

<b>Cantidad</b>	<b>Herramientas</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo Unitario (MXN)</b>
1	Taladro	Rotomartillo Bosch GSB 550, 127 V	\$1,469
1	Esmeril	MINI ESMERILADORA 4-1/2 PULGADAS (115 MM) 920 W. • Bloqueo del eje. Motor poderoso de 920W	\$1,455
1	Brocas para metal	Juego de 13 piezas	\$100
1	Flexómetro	Cinta métrica de 5 m	\$109
1	Brocha de cerdas sintéticas	Juego de brochas sintéticas 50 piezas	\$671
1	Juego de destornilladores	Juego de 12 piezas	\$609
<b>TOTAL</b>			<b>\$4,413</b>

Fuente: Urban (2024).

Tabla 15. Maquinaria

<b>Cantidad</b>	<b>Maquinaria</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo Unitario (MXN)</b>
1	Proceso de inyección	Inyección de plástico	\$90,000
1	Rolado de aluminio	Rolado en perfiles de aluminio	\$350
1	Impresora 3D	Impresora de filamento, velocidad de impresión mínima 180 mm/s y máxima 250 mm/s	\$4,690
<b>TOTAL</b>			<b>\$95,040</b>

Fuente: Urban (2024).

Tabla 16. Equipo de cómputo.

<b>Canti dad</b>	<b>Equipo de Computo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo Unitario (MXN)</b>
1	Computadora de diseño	Ryzen 5 NVIDIA GeForce RTX 3050 16 GB RAM 1 TB SSD	\$15,996
1	Licencia Rhinoceros	Licencia permanente, incluye soporte técnico y actualizaciones	\$1,843
1	Licencia Adobe Creative	Licencia mensual incluye toda la paquetería de adobe	\$450
<b>TOTAL</b>			<b>\$18,289</b>
<b>Inversión Inicial</b>			
Herramientas			\$4,413
Maquinaria			\$95,040
Equipo de computo			\$18,289
<b>Total</b>			<b>\$117,742</b>

Fuente: Urban (2024).

A continuación, se desglosan los gastos generales mensuales donde se consideraron servicios básicos, renta, sueldos, etcétera, dando un total de **\$52,719** pesos mensuales y los gastos anuales son de **\$632,628** pesos.

Tabla 17. Gastos generales

<b>Gastos Generales</b>	<b>Costo Mensual</b>
Luz	\$2,000
Agua	\$3,000
Teléfono/internet	\$1,500
Papelería	\$1,000
Renta	\$8,000
Sueldos	\$37,219
<b>Total mensual</b>	<b>\$52,719</b>
<b>Total anual</b>	<b>\$632,628</b>

Fuente: Urban (2024).

En la siguiente tabla se desglosan el personal de trabajo, sus requisitos y funciones a desempeñar, donde se requiere de 4 trabajadores en diferentes

áreas como lo es administrativa, ventas, redes sociales y mano de obra, así como el sueldo mensual de cada uno.

Tabla 18. Estructura de empleados

<b>Cargo / puesto</b>	<b>Requisitos</b>	<b>Funciones</b>	<b>Sueldo</b>
<b>Asistente administrativo en general</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominio de paquetería office (Word, Excel, Power Point).</li> <li>• Capacidad para realizar tareas administrativas como gestionar agendas, coordinar reuniones y mantener archivos organizados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atención al cliente y con proveedores</li> <li>• Gestión de agenda y coordinación de reuniones</li> <li>• Atención de llamadas y correos</li> <li>• Preparación de informes y documentación</li> </ul>	<b>\$9,319</b>
<b>Trabajador metalúrgico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Experiencia en rolado de perfiles de aluminio</li> <li>• Interpretación de planos y dibujos técnicos</li> <li>• Precisión y ojo para el detalle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manejo de rolado en perfiles de aluminio</li> <li>• Dar el acabado final al producto</li> <li>• Recibir mercancía y trato con proveedores</li> </ul>	<b>\$10,200</b>
<b>Gestor de redes sociales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actualizado en tendencias de marketing y redes sociales</li> <li>• Trabajo en equipo</li> <li>• Analizar y medir las respuestas del mercado</li> <li>• Experiencia mínima de 6 meses en el manejo de redes sociales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Creación y planificación de contenido mensual</li> <li>• Gestión de la comunidad</li> <li>• Creación de una estrategia de marketing para llegar a más usuarios</li> </ul>	<b>\$9,200</b>

<b>Vendedor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilidades de resolución de problemas</li> <li>• Habilidad de comunicación</li> <li>• Análisis y pensamiento crítico</li> <li>• Empatía, confianza y habilidades para entablar relaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar demostraciones de productos</li> <li>• Seguir y cultivar relaciones con clientes existentes</li> <li>• Realizar seguimiento de ventas pendientes</li> </ul>	<b>\$8,500</b>
<b>Total</b>			<b>\$37,219</b>

Fuente: Urban (2024).

Posteriormente se describe la materia prima necesaria para la fabricación de una unidad del “Collector Beetle” dando un total de **\$6,809** pesos.

Tabla 19. Materia prima

<b>Canti- dad</b>	<b>Materia Prima</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo Unitario (MXN)</b>
10 kg	Polietileno HDPE reciclado	Polietileno reciclado	\$200
3pz	Perfil de aluminio	1 perfil de aluminio con aleación 5052 y acabado anodizado	\$1,437
3	Recubrimiento hidrofóbico	Sellador Transparente Impermeable, contenedor de 600g	\$1,677
2	Escuadra metálica de 2"	soporte en L, paquete de 24 piezas de 2"	\$396
1	Conector rectangular de 3 vías	6 juegos de accesorios de acero inoxidable de 3 vías	\$556
2	Tornillos M6 X35 mm	paquete con 50 piezas de tornillos hexagonales, chapados en zinc negro	\$330
3 kg	Filamento ABS	Alta tenacidad y resistencia al impacto	\$1,455

2	Sustrato	Polvillo de coco para germinación	\$220
1	<b>Semillas:</b> Trompetilla	Paquete de 50 semillas	\$143
1	Dalia	Paquete de 50 semillas	\$99
1	Girasol morado	Paquete de 20 semillas	\$79
1	Tlacole	Paquete de 20 semillas	\$80
1	Salvia	Paquete de 100 semillas	\$72
1	Lavanda	Paquete de 30 semillas	\$65
<b>TOTAL</b>			<b>\$6,809</b>

Fuente: Urban (2024).

Considerando que el costo unitario de producción es de **\$6,809** pesos y el precio de venta de **\$11,000** pesos, con una proyección de ventas mensual de 200 unidades y al año de 2,400 unidades se generaría una venta de **\$26,400,000** pesos, considerando un costo de utilidad bruta de **\$16,341,600** pesos, gastos generales de **\$632,628** pesos y una utilidad anual de **\$9,425,772** pesos, es decir la inversión inicial se recuperaría en el primer año de venta volviéndolo un producto rentable.

Tabla 20. Proyección de ventas

<b>Ventas</b>	<b>Unidades Vendidas</b>
Día	10
semana	50
mes	200
año	2400
<b>Total de ventas anuales</b>	<b>\$26,400,00</b>
Costo de utilidad	\$16,341,600
Utilidad bruta	\$10,058,400
Gastos	\$632,628
<b>Utilidad anual</b>	<b>\$9,425,772</b>

Fuente: Urban (2024).

## 8 CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

### 8.1 Alcances del proyecto

El proyecto sobre el diseño de una estructura biomimética para captar el rocío se centra en la integración de principios de la naturaleza para desarrollar soluciones sostenibles en la recolección de agua. A continuación, se presentan los alcances y conclusiones del proyecto:

1. **Inspiración en la Naturaleza:** El diseño se basa en el estudio de organismos que han evolucionado para captar agua de la atmósfera, como ciertos escarabajos que recolectan rocío, para este caso el escarabajo de Namid. Estos organismos han desarrollado estructuras que permiten la condensación y recolección del agua, lo que se traduce en un modelo funcional para el diseño de la estructura.

2. **Aplicación en zonas urbanas áridas:** La estructura está pensada para ser efectiva en entornos con escasez de agua, donde la captación de rocío puede ser crucial para la sostenibilidad. Esto se logra mediante la replicación de las características de los organismos que maximizan la recolección de humedad.

3. **Diseño Multifuncional:** La propuesta no solo se limita a la captación de agua, sino que también considera aspectos como la regulación térmica y la eficiencia energética, inspirándose en la forma en que ciertos ecosistemas funcionan de manera equilibrada y eficiente.

4. **Interacción con el Entorno:** Se busca que la estructura se integre armónicamente en su entorno, utilizando materiales y técnicas que minimicen el impacto ambiental. Esto incluye el uso de vegetación que pueda ayudar en la recolección y almacenamiento del agua, así como en la mejora de la calidad del aire y atraiga a los polinizadores.

Es importante señalar que la eficiencia de la captación de agua a través de diseños biomiméticos ha demostrado ser efectiva en la recolección de agua a

partir de la 118 humedad ambiental, lo que puede ser una solución viable para comunidades en regiones áridas y semiáridas.

Asimismo, este diseño considera conceptos relevantes como la resiliencia y la sostenibilidad, toda vez que dentro del enfoque biomimético no solo ofrece soluciones técnicas, sino que también promueve un modelo de desarrollo sostenible que respeta y se adapta a los ciclos naturales. Esto es esencial para enfrentar los desafíos del cambio climático y la escasez de recursos hídricos que afecta a nivel global.

La innovación y diseño se consideraron en la búsqueda del estado del arte en esta investigación lo que permitió observar el entorno inmediato e identificar problemas locales y por supuesto aprender de la naturaleza que abre nuevas líneas para el desarrollo de tecnologías y técnicas que sean amigables con el entorno.

La propuesta de esta investigación define su potencialidad en futuras investigaciones y deja un panorama amplio para lograr proyectar el diseño biomimético y motiva a explorar de forma más profunda a los diferentes organismos que son fuente de inspiración para tender problemas ambientales y además problemas que son de nuestro tiempo y en este tenor, tanto los recursos naturales como el agua y la flora y la fauna son elementos que deben estar en equilibrio y se sugiere motivar los objetivos de desarrollo sustentable de la agenda 2030 que ofrece participar con acciones locales que mejoren la dinámica ambiental.

Finalmente, la estructura biomimética que se ha mostrado en esta investigación representa un avance de diseño para el medio ambiente en la solución sostenible que aprovechan los principios de la naturaleza para resolver problemas humanos.

## 9. REFERENCIAS DE CONSULTA

Acosta C. Laura D., Herrera Q. Solangel (2021). Metodología para el uso de captadores de rocío. Una aproximación a una solución sostenible para el recurso hídrico en Maicao, La Guajira. Editorial Fundación Universidad de América  
<https://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/8594>

Alcantara N. Nehiby, Larroa T. Rosa M. (2022). La Multifuncionalidad de los Huertos Urbanos en la Ciudad de México. Revista Espiral Guadalajara.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-05652022000100187](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-05652022000100187)

Arellano A. Omar, Von Osten R. Jaime (2016). La Huella de Los Plaguicidas en México.  
[https://www.researchgate.net/publication/346694108 LA HUELLA DE LOS PLAGUICIDAS EN MEXICO](https://www.researchgate.net/publication/346694108_LA_HUELLA_DE_LOS_PLAGUICIDAS_EN_MEXICO)

Bach. Matos U. Carlos (2022). Diseño de un sistema captador de humedad atmosférica para obtener agua potable en el caserío el Carrizal – Mórrope [Tesis, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”].  
<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/10784>

Bautista O. Ana L. et. al. (2011). La Humedad Atmosférica como Fuente Opcional de Agua para Uso Doméstico Revista Agrocencia  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952011000300003](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952011000300003)

Bautista O., Tovar S., Mancilla V. (2018). ¿Puede Utilizarse el Agua Atmosférica para el Consumo Doméstico y Universal? Revista: Agro Productividad.  
<https://revistaagroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/459>

Berges M. Luis, Lopez F. Ignacio (2011). Diseño Conceptual de Productos: Un Enfoque Biomimético para la Mejora de Funciones.  
[https://www.researchgate.net/publication/260283919 DISENO CONCEPTUAL](https://www.researchgate.net/publication/260283919_DISENO_CONCEPTUAL)

## DE PRODUCTOS UN ENFOQUE BIOMIMETICO PARA LA MEJORA DE FUNCIONES

Bernal Hernando et. al (2016). Memorias del Simposio internacional de Estudios Biomiméticos. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Calixto F. Raül, De los ángeles S. M. María (2023). Educación ambiental, agua y cambio climático: nuevos escenarios

Canto L. Maria T. (2014). La Planificación y Gestión de la Infraestructura verde en la Comunidad Valenciana. Revista Aragonesa de Administración Pública. <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/52822>

Castillo V. Yudy K., Cabeza G. Cony G. (2016). Diseño de un Sistema de Recolección de Agua por Rocío y Niebla para el Abastecimiento de Agua en la Comunidad del Barrio la Esperanza, Localidad de Chapinero [Tesis, Universidad de la Gran Colombia].  
[https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/5285/Dise%C3%B1o\\_sistema\\_recolecti%C3%B3n\\_agua\\_abastecimiento\\_comunidad.pdf?sequence=1](https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/5285/Dise%C3%B1o_sistema_recolecti%C3%B3n_agua_abastecimiento_comunidad.pdf?sequence=1)

Castillo V. Yudy K., Cabeza G. Cony G. (2016). Diseño de un Sistema de Recoleccion de Agua por Rocío y Niebla para el Abastecimiento de Agua en la Comunidad del Barrio la Esperanza, Localidad de Chapinero [Tesis, Universidad la Gran Colombia].  
<https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-tecnologico-de-aguascalientes/ingenieria-ambiental/disenio-de-un-sistema-de-recoleccion-de-agua-por-rocio/77530218>

Center for Nanotechnology Education (2020). Super hidrofobicidad: Un balance entre fuerzas, Nano-Link.  
<https://nanohub.org/resources/33296>

Comaanns Philipp et. al (2017). Adsorption and Movement of Water by Skin of the Australian Thorny Devil (Agamidae: Moloch Horridus). <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsos.170591>

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca- CAR (2018). Iniciativa Colombiana de Polinizadores [Archivo PDF].

<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Iniciativa-Colombiana-de-Polinizadores.pdf>

De la Croix V. Claire M., Santamaría C. María J. (2022). Diseño de una Malla de Recolección de Agua de Neblina, Compuesta por Capas Poli texturadas, Inspirada en los Tricomos de la Bromelia Tillandsia [Tesis, Universidad de Costa Rica].

<https://cedi.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/1659/35/IM-8463.pdf>

Del Coro A. María. (2009). La Crisis de los Polinizadores. Revista BioDiversitas. <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/Coro-2009.pdf>

Echeverria Paola et. al. (2019). Evaluación de la cosecha de neblina como una fuente potencial para el aprovechamiento de agua. sciELO

Escobes Ruth, Vignolo Clara (2018). Guía de los Polinizadores más Comunes de las Zonas Verdes de Madrid [Archivo PDF]. <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/materiales/guia-polinizadores-madrid.html>

Favret E. Eduardo (2016). Biomimética, Tecnología inspirada en la naturaleza. Revista Museo.

<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/114900>

Fernandez L. Luciana (2019). Biomimética Proyectual: Aproximaciones a la Enseñanza del Proyecto en Diseño Industrial [Tesis Docstoral, Universidad de Buenos Aires]. <https://repositorioubasibbi.uba.ar/gsdll/cgi-bin/library.cgi?e=d-10100-00---off->

[0aaqtesis--00-2----0-10-0---0---0direct-10--SU--4-----0-1l--10-es-Zz-1---20-home-Modelo+an%C3%A1lisisZz-evaluaci%C3%B3n--00-3-1-00-00--4----0-0-01-00-0utfZz-8-00&cl=CL1.1&d=HWA\\_3145&hl=0](#)

Fiorentino Carlos, Hunt Kira (2021). Biomimicry: Una Epistemología en Construcción. [https://www.researchgate.net/publication/354183083\\_Biomimicry\\_una\\_epistemologia\\_en\\_construccion](https://www.researchgate.net/publication/354183083_Biomimicry_una_epistemologia_en_construccion)

Fragoso S. Olivia (2009). El Giro del Diseño: Transdisciplina y Complejidad. Revista Centro de Investigación La Salle. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34211305008>

Gallardo Susana, (2013). Una Asociación Fructífera, Ed. EXACTAMENTE

García Andrés (2021). Manual de Medidas de Adaptación de Poblaciones de Polinizadores Frente al Cambio Climático en Jardines y Zonas Agrícolas [Archivo PDF]. <https://adaptecca.es/sites/default/files/documentos/2021-anse-manual-polinizadores.pdf>

Garibaldi A. Lucas, et. al, (2012). Los Polinizadores en la Agricultura. [https://www.apiservices.biz/documents/articulos-es/polinizadores\\_agricultura.pdf](https://www.apiservices.biz/documents/articulos-es/polinizadores_agricultura.pdf)

Gomez R. Mariana, Ballinas A. María L. (2022) Percepción de Servicios Ecosistémicos de Parque Urbanos en Tuxtla Guitiérrez, Chiapas, México. Espacio I+D, Innovacion más Desarrollo. <https://doi.org/10.31644/IMASD.30.2022.a07>

Gonzales A. gilberto, Carrillo R. Ditza V., Caballero V. Juan A. (2022). Revista Ciencia <https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/ediciones-antiores/edicion-actual/321-contaminacion-por-microplasticos/937-microplasticos-en-agua-y-en-organismos>

Gonzales Karla, Nieto Fernanda (2023). Más estados mexicanos podrían verse afectados por estrés hídrico en 2050. S&P Global. <https://www.spglobal.com/ratings/es/pdf-articles/2023/2023-04-04-mas-estados-mexicanos-podrian-verse-afectados-por-estres-hidrico-en-2050>

Guerraty R. Josefina A. (2022) Sistema Biomimético para Captación y Recolección Pasiva de Rocío [Tesis, Universidad del Desarrollo]. <https://repositorio.udd.cl/items/11206871-5b9d-4635-85e6-86391f0f14ee>

H. S Arathi, D. Davidson, Manson L. (2018). Como Crear Hábitats para Polinizadores. Revista Colorado State University <https://extension.colostate.edu/docs/pubs/spanish/05616.pdf>

Hernandez P. Pedro, Tapia C. Francisco (2014). Atrapanieblas: una nueva fuente de agua de riego

Hernando O. Theo (2008). Captador tridimensional de agua de nieblas, rocío y precipitaciones con superposición de capas interiores.

iagua (2019). La Gestión del Agua en Distintas Civilizaciones: de Grecia a la Actualidad. <https://www.iagua.es/blogs/juan-jose-argudo-garcia/gestion-agua-distintas-civilizaciones-grecia-actualidad-i>

Instituto Mexicano para la Competividad (2023) Aguas en México: ¿escasez o mala gestión? <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2023/07/Aguas-en-Mexico-%C2%BFEscasez-o-mala-gestion-IMCO.pdf>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2021). Estadísticas a propósito de Día Mundial del Medio Ambiente. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2022/EAP\\_MedAmb22.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2022/EAP_MedAmb22.pdf)

Irigoyen F. Leon, Villalba R. Erika (2021) Prospectiva del diseño: Redefiniendo el Futuro Disciplinar Vol. 1. Universidad de Sonora.

Jara Javier (2014). Diseño de un Sistema de Recolección, Potabilización y Distribución de agua para cubrir el acceso básico en comunidades sin acceso al agua tratada [Tesis, Universidad de los Andes].

<https://riunet.upv.es/handle/10251/152203>

Juarez R. Jesus E. et. al (2012). Sistemas Biomiméticos de Captura y Filtración de Agua Pluvial para Casas Particulares y Unidades Habitacionales. Revista Química Hoy. [https://www.researchgate.net/publication/367827128\\_Sistemas\\_Biomimeticos\\_de\\_Captura\\_y\\_Filtracion\\_de\\_Agua\\_Pluvial\\_para\\_Casas\\_Particulares\\_y\\_Unidades\\_Habitacionales](https://www.researchgate.net/publication/367827128_Sistemas_Biomimeticos_de_Captura_y_Filtracion_de_Agua_Pluvial_para_Casas_Particulares_y_Unidades_Habitacionales)

La Guía MetAs (2007). Temperatura de Punto de Rocío [Archivo PDF].

[https://metas.com.mx/guia\\_metas/archivos/La-Guia-MetAs-07-11-punto-de-rocio.pdf](https://metas.com.mx/guia_metas/archivos/La-Guia-MetAs-07-11-punto-de-rocio.pdf)

Lancheros Poveda et. al (2017). Evaluación de la eficiencia de cinco materiales de malla para el sistema de atrapanieblas en el Municipio de Siachoque – Departamento de Boyacá [Tesis, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/13661/74339247.pdf?sequence=1>

López F. Ignacio (2012). Modelo Metodológico de Diseño Conceptual con Enfoque Biomimético [Tesis Doctoral, Universidad Zaragoza].

<https://zaguan.unizar.es/record/13523>

López M. Andrea (2020). Arquitectura Biomimética y Biomímesis [Tesis, Universidad de Alicante].

<https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/101905>

- López M. Juan L. (2020). Construcción de Atrapanieblas [Archivo PDF].  
<https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/41799?show=full>
- Lopez N. Vanessa T. (2021). Tecnologías de captación de agua de niebla para el desarrollo sostenible en la loma de Tacahuay, Tacna. [Tesis, Universidad Continental].  
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11103>
- Magaña G. Alyn C. (2020). Diseño, evaluación y monitoreo de un jardín para colibríes (Aves: Trochilidae) en el Instituto de Educación Media Superior (IEMS), Iztacalco, Ciudad de México [Tesis, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco].  
<https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/bitstream/123456789/26019/1/cbs1972869.pdf>
- Mahecha V. Cristian H. (2021). Análisis de los Componentes Físicos y Ambientales para la Captación de Agua Niebla como Complemento de Abastecimiento para Zonas Rurales del Departamento de Cundinamarca [Tesis, Universidad Católica de Colombia].  
<https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/35dedf91-5c2b-4981-91f2-1a58eb358b0c>
- Mallado B. Constanza (2022). Recolector de Agua Lluvia Basado en la Captación y Almacenaje de Agua en las Turberas de Chiloé [Tesis, Politécnica Universidad Católica de Chile].  
[https://diseno.uc.cl/memorias/pdf/memoria\\_dno\\_uc\\_2021\\_2\\_MELLADO\\_BORDOLI\\_C.pdf](https://diseno.uc.cl/memorias/pdf/memoria_dno_uc_2021_2_MELLADO_BORDOLI_C.pdf)
- Marin A. Tatiana E. (2016). Diseño Interior y Biomimética: Relación y configuración de Espacio Habitacionales [Tesis, Universidad del Azuay].  
<https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/5934>

Marquez R. José (1993). Atrapanieblas; Una Tecnología para la Reforestación de las Lomas Costeras del Perú [Archivo PDF].

[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RULI\\_62671d998d9ef5f82da7014f01e30c7b](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RULI_62671d998d9ef5f82da7014f01e30c7b)

Martinez A. Amparo (2007). El agua en la atmósfera. Revista Ciencia.

<https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/ediciones-anteriores/77-vol-58-num-3-julio-septiembre-2007/agua/117-el-agua-en-la-atmosfera>

Martinez Enrique, Lira C. Leonel (2008), Cálculo de la Temperatura de Punto de Rocío a Diferentes Valores de Presión, Centro Nacional de Meteorología.

[https://www.cenam.mx/simposio2008/sm\\_2008/memorias/M1/SM2008-M117-1098.pdf](https://www.cenam.mx/simposio2008/sm_2008/memorias/M1/SM2008-M117-1098.pdf)

Martinez T. Jose (2014). Biomimesis en los Entornos de Defensa y Seguridad [Tesis, Centro Universitario de la Defensa Zaragoza].

<https://cud-agm.es/>

Matellano V. Jara (2023). Jardín para Polinizadores: Estudio del ecosistema Urbano e Infraestructura Verde [Tesis, Universidad Politécnica de Madrid].

<https://oa.upm.es/73034/>

Miñarro M., García D., Martínez R. (2017). Los Insectos polinizadores en la Agricultura: Importancia y Gestión de su biodiversidad. Revista ECOSISTEMAS.

<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas>

Muñiz Rafael (2017). Biomimética: Herramientas de Diseño Inspiradas en la Naturaleza. Revista Tekhné.

<https://oaji.net/articles/2019/7118-1559745496.pdf>

Nava B. Angela, Navarro S. Adolfo (2023). Los Polinizadores de México. Revista CulturaUNAM.

<https://www.revistadelauniversidad.mx/articles/beca2241-e2d3-4daf-99a2-d7860d5fe95a/los-polinizadores-de-mexico>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2000).  
Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia: Experiencias en  
América Latina

<https://www.fao.org/4/ai128s/ai128s00.htm>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2013).  
Captación y Almacenamiento de Agua de Lluvia: Opciones Técnicas para la  
Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe, FAO

Pascual Juan A., et. al (2011) Tecnología para la Recolección de Agua de Niebla [Archivo  
PDF]

[https://www.researchgate.net/publication/257199788\\_TECNOLOGIA\\_PARA\\_LA\\_RECOLECCION\\_DE\\_AGUA\\_DE\\_NIEBLA](https://www.researchgate.net/publication/257199788_TECNOLOGIA_PARA_LA_RECOLECCION_DE_AGUA_DE_NIEBLA)

Pava M. Paola, (2020). Vegetación Urbana como Estrategia para Reducir la  
Contaminación Ambiental

Perez S. Juan I. (2019). Estudio Biomimético para la generación de Tramas Aplicado a  
una Línea de Joyería [Tesis, Universidad del Azuay].  
<https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/9037/1/14682.pdf>

Quiros Dr. Manuel, Millard Theresa. Biomimesis o como la Naturaleza Diseña Productos  
y Servicios Sostenibles [Archivo PDF].  
[http://www.conama11.vsf.es/conama10/download/files/conama11/CT%202010/Paneles/1896700122\\_panel.pdf](http://www.conama11.vsf.es/conama10/download/files/conama11/CT%202010/Paneles/1896700122_panel.pdf)

Reyes H. Humberto, Sahagún S. Francisco J. (2018). Impactos por cambio de uso de  
suelo en las áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra Madre  
Oriental, México. Revista Ciencia UAT  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-78582018000100006](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78582018000100006)

Rivera M. Raul, Magallon F., Azcary Rene (2014). Morfogénesis Natural Como Metodología en los Procesos de Diseño. Revista Legado de Arquitectura y Diseño.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=477947304002>

Rocha R. Enrique (2010). Biomimética de la Naturaleza a la Creación Humana. [https://www.researchgate.net/publication/49588261\\_Biomimetica\\_de\\_la\\_naturaleza\\_a\\_la\\_creacion\\_humana](https://www.researchgate.net/publication/49588261_Biomimetica_de_la_naturaleza_a_la_creacion_humana)

Rodríguez Gerardo (2000). Manual de Diseño Industrial. Universidad Autónoma Metropolitana.

Rojas L. Aracely (2017). ¿Estrés hídrico o política hídrica? Análisis y perspectivas de la escasez del agua en el Valle de Toluca [Archivo PDF]. <https://cedua.colmex.mx/archivos/signed/eyJfcmFpbHMiOnsibWVzc2FnZSI6IkJBaHBBdmtCkliwiZXhwIjpudWxsLCAJwdXliOiJibG9iX2IklIn19--418716355d1176748d58c85854d4da35ce5cd4e6/a25-aracely-rojas-lopez.pdf>

Román L. Roberto (1999). Obtención de agua potable por métodos no tradicionales. Revista Ciencia Al Día. <https://www.ciencia.cl/CienciaAlDia/volumen2/numero2/articulos/articulo2.html>

Saldaña H. Juan Carlos (2016). La Transdisciplina en el Arte y el Diseño. Universidad de Guanajuato.

Santisteban C. Milton (2012). Métodos de Almacenamiento del Agua: Un Elemento Clave para la Adaptación al Cambio Climático

Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (2020). Diagnostico. Situación Actual de los Polinizadores en México [Archivo PDF]. [https://agriculturasostenible.mx/public/docu/Diagnostico\\_Situacion\\_actual\\_de\\_los\\_polinizadores\\_en\\_Mexico.pdf](https://agriculturasostenible.mx/public/docu/Diagnostico_Situacion_actual_de_los_polinizadores_en_Mexico.pdf)

Secretaría del Medio Ambiente (2019). Cultivamos Oasis que Dispersan la Vida [Archivo PDF].

<https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Cuadernillos-Ambientales/10-JARDINES-POLINIZADORES.pdf>

Secretaria del Medio Ambiente (2020). Guía para la Creación de Jardines Polinizadores [Archivo PDF].

<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD005286.pdf>

Serrano M. Ivan et. al (2017). Diseño de un Mecanismo Recolectos de Agua por Precipitación. Revista Jóvenes en la Ciencia.

<http://www.repositorio.ugto.mx/handle/20.500.12059/3556>

Urdinola S. Diana (2018). Biomimética y Diseño. Universidad Pontificia Bolivariana.

Vahabi Hamed et. al (2020). Dropwise Condensation on Solid Hydrophilic Surfaces. ScienceAdvances.

<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aax0746>

Valero de Garcia L. Ana R. (2006). El Codice Azcatitlan: Una Mirada a un Libro de Historia Mexica.

Vanden B. Fabricio (2000). El diseño de la naturaleza o la naturaleza del diseño. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco

Vazquez R. Luis, Cieza L. Luis, Cieza L. Dante, (2020) Efficiency of water collection for three types of mesh trappers in rural highlands of the northern highlands of Peru. Revista Ingeniería.

<https://www.redalyc.org/journal/707/70767026008/html/>

Vedoya Daniel (2018). Aprendiendo de la Naturaleza desde los procesos. Revista Arquitecto. [https://www.researchgate.net/publication/340834037\\_Aprendiendo\\_de\\_la\\_naturaleza\\_desde\\_los\\_procesos](https://www.researchgate.net/publication/340834037_Aprendiendo_de_la_naturaleza_desde_los_procesos)

Vera Z. Rubén (2018). Tecnologías de Oferta para Incrementar la Disponibilidad de Agua en la Región de Murcia: Estudio de Viabilidad de Captadores de Nieblas [Tesis, Universidad Politécnica de Cartagena]  
<https://repositorio.upct.es/entities/publication/432374b2-dc21-4bfb-bdbf-b0e6989ef612>

Zaragoza C. Santiago, et. al (2015). Temolines: Los Coleópteros Entre los Antiguos Mexicanos. Universidad Nacional Autónoma de México