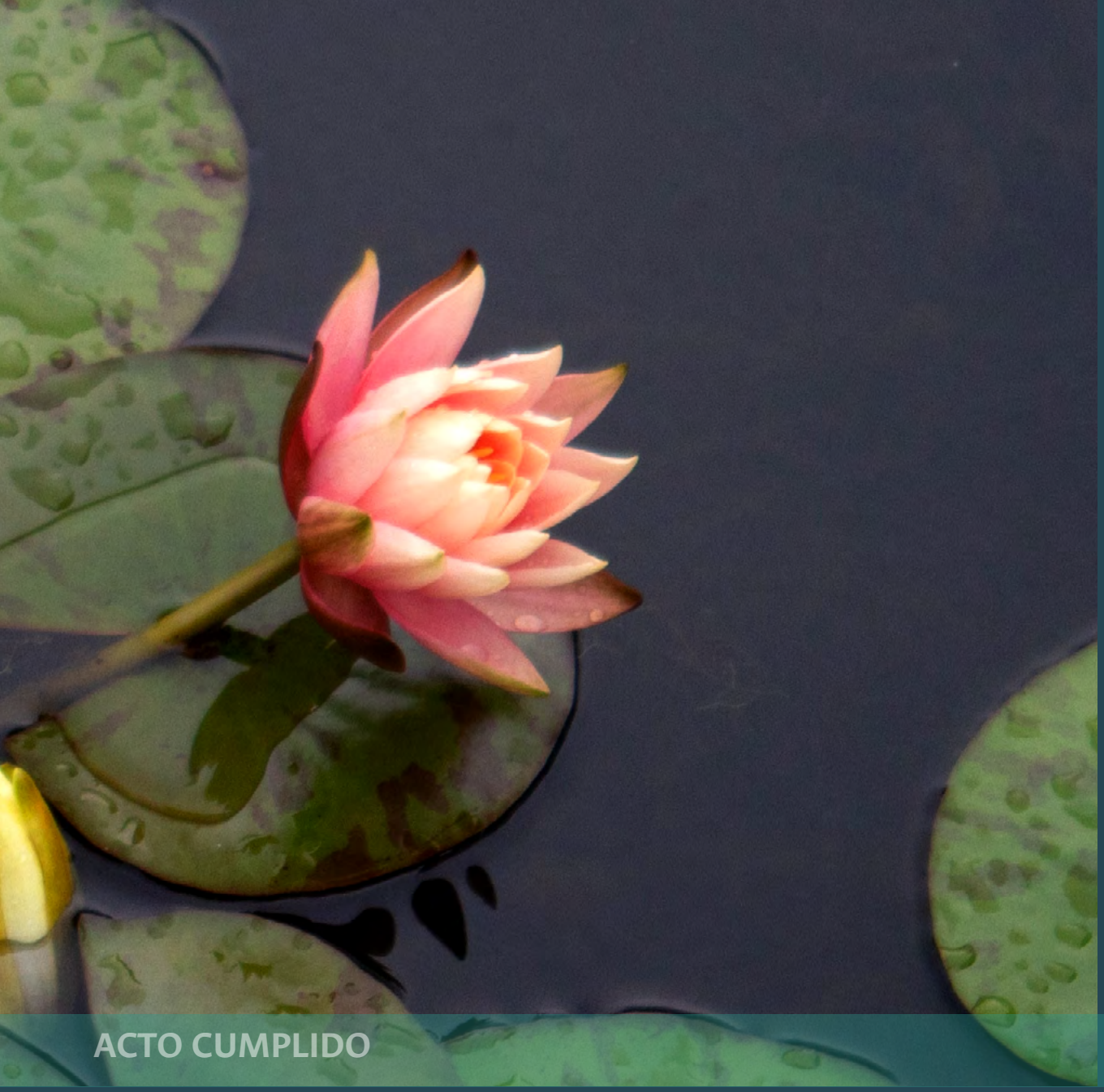


DISEÑO Y BIOINSPIRACIÓN DESDE LAS PLANTAS

verbos de la innovación

Pedro Uriel Sánchez Zárate

ACTO CUMPLIDO

Facultad de Artes
Sede Bogotá

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

DISEÑO Y BIOINSPIRACIÓN DESDE LAS PLANTAS

DISEÑO Y BIOINSPIRACIÓN DESDE LAS PLANTAS

VERBOS DE LA INNOVACIÓN

Pedro Uriel Sánchez Zárate

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Bogotá D. C., 2026

Diseño y bioinspiración desde las plantas: verbos de la innovación

Colección Acto Cumplido

© Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá

© Facultad de Artes

© Vicedecanatura de Investigación y Extensión

© Centro de Divulgación y Medios

© Pedro Uriel Sánchez Zárate, autor

Primera edición, abril de 2026

ISBN: 978-628-503-200-4 (digital)

Esta publicación es el resultado de la Invitación Focalizada para la publicación de resultados de investigación y creación artística de la Facultad de Artes / 2024–2025, en conjunto con la Vicedecanatura de Investigación y Extensión y el Centro de Divulgación y Medios.

Atribución/Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Impreso y hecho en Bogotá, D.C., Colombia

Rector
José Ismael Peña Reyes

Vicerrectora sede Bogotá
Lorena Chaparro Díaz

Decano Facultad de Artes
Miguel Antonio Huertas Sánchez

Vicedecana Académica
Mary Isbel Rodríguez Reyes

Vicedecana de Investigación y Extensión
Jenny Astrid Vargas Sánchez

Director de Centro de Divulgación y Medios
Federico Guillermo Demmer Colmenares

Coordinación editorial
Alejandra Montes Escobar
Sofía Libertad Sánchez Guzmán
Daniela Marcela Guerrero Acosta

Asistente de coordinación
Juan Camilo González Moreno

Diseño de la colección
Andrés Conrado Montoya Acosta

Asistente de diseño
Leinys Dayanna Cuastumal

Corrección de textos
Carlos Andrey Patiño Guzmán

Diagramación
Luis Fernando Mora Daza

Catalogación en la publicación Universidad Nacional de Colombia

Sánchez Zárate, Pedro Uriel, 1965-
Diseño y bioinspiración desde las plantas : verbos de la innovación / Pedro Uriel Sánchez Zárate. -- Primera edición. -- Bogotá : Universidad Nacional de Colombia.
Facultad de Artes. Vicedecanatura de Investigación y Extensión : Centro de Divulgación y Medios, 2026.
1 recurso en línea (174 páginas) : ilustraciones (principalmente a color), diagramas, fotografías. -- (Colección Acto Cumplido)

Incluye referencias bibliográficas
ISBN 978-628-503-200-4 (digital).

1. Arte y diseño 2. Biomimética -- Metodología 3. Biomimética -- Efectos de las innovaciones tecnológicas 4. Diseño con plantas -- Metodología 5. Plantas -- Adaptación 6. Sistemas biológicos -- Modelos 7. Sistemas de autoorganización 8. Inteligencia vegetal 9. Plantas -- Aplicaciones industriales 10. Artefacto 11. Diseño sistemático 12. Filosofía de la naturaleza 13. Naturaleza (Estética) 14. Relación seres humanos-plantas 15. Biomorfismo (Arte) -- Diseño 16. Diseño sustentable -- Innovaciones tecnológicas 17. Diseño industrial -- Investigaciones -- Colombia I. Título II. Serie.

CDD-23 745.2 / 2026

Contenido

- Propuesta 18
- Descripción 20
- Introducción 26
- ¿Por qué diseñar desde las plantas? 28
- Antecedentes y marco teórico 34
- Propuesta metodológica 48
- Taxonomía del proceso 54
- Posibilidades del proceso metodológico 120
- Aplicación del proceso metodológico 124
- Conclusiones generales y perspectivas 156
- Anexos. 160
- Referencias 166

Lista de figuras

- Figura 1. Imagen de Stefano Mancuso en el Salone del Mobile 2025 (Milano, Italia) **p. 22**
- Figura 2. Pieza gráfica Darwin Day 2023 **p. 23**
- Figura 3. Muestra del registro fotográfico tomado en el Jardín Botánico durante las salidas de campo **p. 24**
- Figura 4. Sistemas descentralizados y centralizados **p. 32**
- Figura 5. Gráfico comparativo del interés por determinadas especies en la investigación en biomímesis **p. 44**
- Figura 6. Triángulo de innovación desde las plantas **p. 51**
- Figura 7. Insumos y elementos del proceso metodológico **p. 56**
- Figura 8. Algunos esquemas en torno a los verbos de la innovación **p. 64**
- Figura 9. Fichas de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas **p. 65**
- Figura 10. Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo Atrapar) **p. 66**
- Figura 11. Polinización **p. 67**
- Figura 12. *Drosera capensis* **p. 70**
- Figura 13. Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo Capturar) **p. 70**
- Figura 14. *Melocactus schatzlil* **p. 71**
- Figura 15. Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo Capturar la humedad del aire) **p. 72**
- Figura 16. Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo Colgar) **p. 74**
- Figura 17. *Dioscorea spp.* **p. 74**
- Figura 18. Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo Defenderse) **p. 76**
- Figura 19. Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo Desenrollar) **p. 78**
- Figura 20. Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo [Des]enrollar) **p. 80**

- Figura 21. Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo Desplegar) **p. 82**
- Figura 22. Hojas de *Schefflera Vasqueziana* **p. 83**
- Figura 23. Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo Desplegar) **p. 84**
- Figura 24. *Carludovica palmata* **p. 85**
- Figura 25. Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo Engañar) **p. 86**
- Figura 26. Hojas de Sarracenia **p. 87**
- Figura 27. Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo Engañar) **p. 88**
- Figura 28. Sarracenia **p. 89**
- Figura 29. Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo Entorchar) **p.90**
- Figura 30. Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo Escalar) **p. 92**
- Figura 31. Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo Esparcir) **p. 94**
- Figura 32. Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo Flotar) **p. 96**
- Figura 33. Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo Flotar) **p. 100**
- Figura 34. Hoja de *Victoria amazonica* **p. 99**
- Figura 35. Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo Guiar) **p. 100**
- Figura 36. Anturios **p. 103**
- Figura 37. Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo Hospedar) **p. 102**
- Figura 38. Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo Hospedar) **p. 103**
- Figura 39. Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo Hospedar) **p. 106**
- Figura 40. Bromelia *Aechmea fasciata* **p. 107**
- Figura 41. Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo Orientar) **p. 108**
- Figura 42. Ejemplo de orientación **p. 109**
- Figura 43. Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo Proteger) **p. 110**

- Figura 44. Ejemplo de protección **p. 111**
- Figura 45. Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo Proteger) **p. 112**
- Figura 46. *Spondias mombin* **p. 113**
- Figura 47. Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo Traspasar) **p. 114**
- Figura 48. Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo Trepar) **p. 116**
- Figura 49. *Philodendra* **p. 117**
- Figura 50. *Philodendra* **p. 117**
- Figura 51. Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo Trepar) **p. 118**
- Figura 52. Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo Trepar) **p. 119**
- Figura 53. Vías y etapas del proceso metodológico **p. 122**
- Figura 54. Explicación procesos metodológicos **p. 123**
- Figura 55. Vías y etapas del proceso metodológico (A) **p. 126**
- Figura 56. Vías y etapas del proceso metodológico de la acción a la innovación **p. 127**
- Figura 57. Esquema funcionamiento del sistema indio CoolAnt **p. 128**
- Figura 58. Propuesta proyecto académico "De cara al Sol" **p. 128**
- Figura 59. Elección de verbos y definición del proyecto académico "De cara al Sol" **p. 130**
- Figura 60. Exploración de la base de datos en el mundo de las plantas en torno a los verbos elegidos **p. 132**
- Figura 61. Elección de los elementos de la planta a seguir. Proyecto académico "De cara al Sol" **p. 132**
- Figura 62. Exploración creativa, bocetación y modelados del proyecto académico "De cara al Sol" (*Cereus Forbesii*) **p. 133**
- Figura 63. Exploración creativa, bocetación y modelados "De cara al Sol" **p. 134**
- Figura 64. Ejercicio de modelación y exploración creativa (DNAir) **p. 134**
- Figura 65. Modelados basados en los verbos y el proyecto académico definido **p. 134**
- Figura 66. Proyecto académico: aplicación de la metodología en la vía A **p. 136**

- Figura 67. Proyecto académico, aplicación de la metodología en la vía A **p. 137**
- Figura 68. Proyecto académico, aplicación de la metodología en la vía A **p. 138**
- Figura 69. Vaina y semillas de la *Spathodea campanulata* **p. 139**
- Figura 70. Graficación de la secuencia de la *Spathodea campanulata* **p. 140**
- Figura 71. Exploración creativa y modelado de la propuesta a partir de la *Spathodea campanulata* **p. 142**
- Figura 72. Vías y etapas del proceso metodológico (B) **p. 143**
- Figura 73. Vías y etapas del proceso metodológico de la acción a la innovación Vía B **p. 144**
- Figura 74. Fichas y exploraciones utilizados para iniciar el proceso metodológico B **p. 145**
- Figura 75. Plantas y fichas elegidas para las exploraciones creativas **p. 146**
- Figura 76. Ficha utilizada para iniciar el proceso metodológico B **p. 147**
- Figura 77. Esquemas y modelados de exploración de la *Mimosa Pudica* **p. 148**
- Figura 78. Esquemas de exploración de la dormidera (*Mimosa Pudica*) **p. 149**
- Figura 79. Propuesta de luminaria desarrollada a partir de la *Mimosa pudica* **p. 150**
- Figura 80. Propuesta de luminaria desarrollada a partir de la *Mimosa pudica* **p. 151**
- Figura 81. Propuestas desarrolladas a partir de exploración de los verbos definidos **p. 152**
- Figura 82. Ejemplos de exploración en la vía B: relaciones entre forma y función, empleando los verbos determinados y buscando aplicaciones prácticas derivadas de ellos. **p. 153**
- Figura 83. Ejemplos de exploración en la vía B. Imágenes generadas con inteligencia artificial (IA Leonardo, IA Vizcom y Bing), empleando los verbos asociados a la planta **p. 154**
- Figura 84. Ejemplo de exploración y resultado en la vía B **p. 155**

Lista de tablas

- Tabla 1. Comparativa entre biomímesis, biomimicry y diseño desde las plantas **p. 47**
- Tablas 2. Base de datos, información recopilada y estructura del sistema de alimentación de la información **p. 58**
- Tabla 3. Base de datos, información recopilada y estructura del sistema de alimentación de la información **p. 59**
- Tabla 4. Índice de verbos de la innovación estudiados* **p. 60**
- Tabla 5. Base de datos sobre la información recopilada **p. 61**
- Tabla 6. Formulario para recopilar información sobre las partes de las plantas **p. 62**
- Tabla 7. Formulario para recopilación sobre los verbos y verbos asociados **p. 63**
- Tabla 8. Formato de alimentación de la base de datos sobre verbos en relación con plantas **p. 129**
- Tabla 9. Exploración en la base de datos sobre las plantas que se relacionan con los verbos elegidos **p. 131**

Lista de anexos

- Anexo A. Tabla con el listado de verbos vinculados con partes de plantas y verbos relacionados (letra A) * **p. 162**
- Anexo B. Tabla de verbos, definiciones y partes de las plantas (letras D a M). **p. 163**
- Anexo C. Verbos, definiciones y partes de las plantas (letras M a R) **p. 164**
- Anexo D. Tabla de verbos, definiciones y partes de las plantas (letras S a V) **p. 165**

Agradecimientos

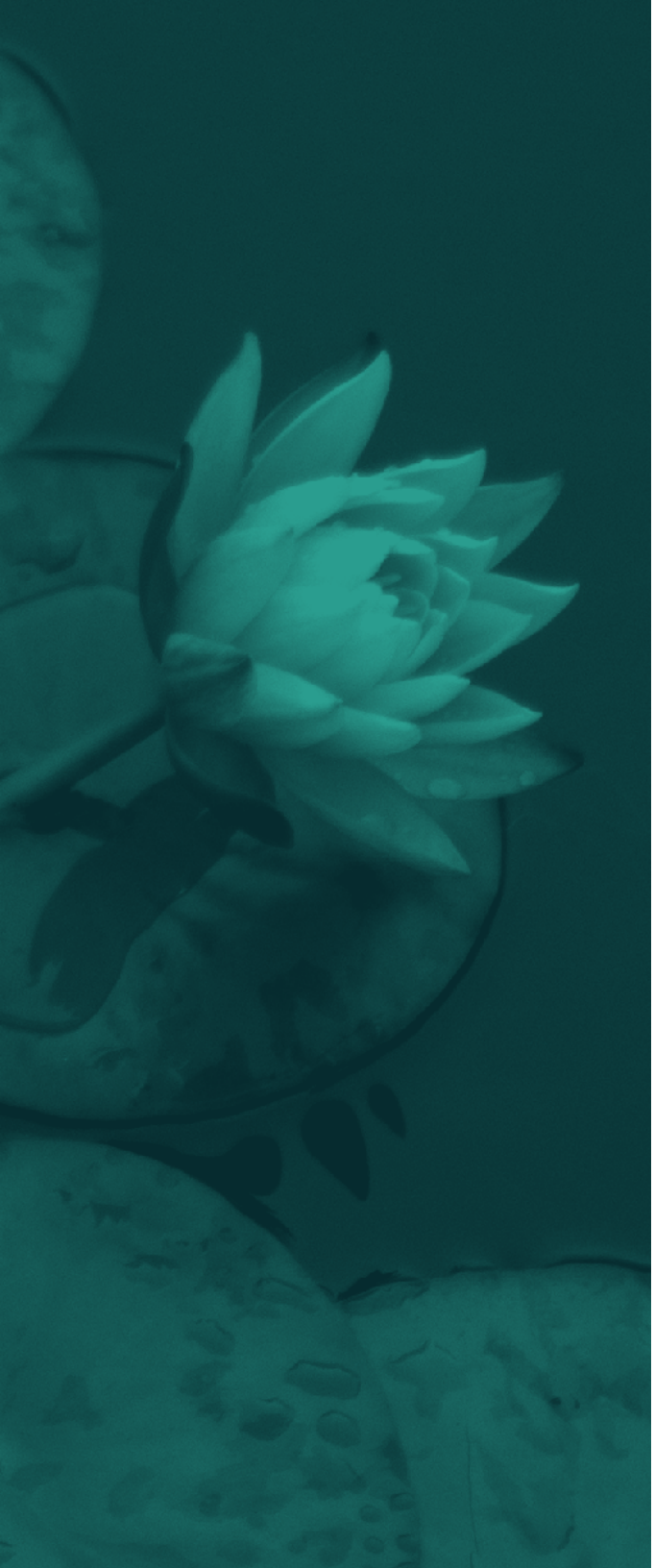
Quiero agradecer, en particular, a Sandra Patricia Gutiérrez Villate, profesora de Diseño Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana, por sus valiosos aportes a esta propuesta investigativa.

Así mismo, agradezco a Boris Villanueva Tamayo, Sonia Amézquita y Nicolás Rodríguez J., funcionarios del Jardín Botánico de Bogotá, por abrirme las puertas de este espacio, dedicarme su tiempo y brindarme sus valiosas observaciones y conocimientos sobre las plantas.

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a Andrea Branzi, arquitecto, diseñador y profesor del Politécnico de Milán, quien, como uno de los grandes maestros del Diseño, celebró que abordara sus planteamientos –expuestos en los 100 verbos del diseño– como referente para mi labor en el ámbito académico latinoamericano, los cuales he reinterpretado para aplicarlos en esta investigación.

También deseo dedicar los resultados de este trabajo a Stefano Mancuso, cuyas obras e investigaciones han sido una fuente de inspiración y un detonante fundamental que despertó en mí el deseo de ahondar en el mundo de la sensibilidad de las plantas y en su relación con el diseño y la innovación.



Mediante esta propuesta editorial digital titulada *Diseño y bioinspiración desde las plantas: verbos de la innovación*, se explora el potencial biomimético del mundo vegetal como fuente de inspiración para el diseño contemporáneo. A partir de los “verbos de la innovación”, el libro ofrece una herramienta metodológica para los diseñadores, en conjunto con una mirada diferente que va más allá de la estética y la complejidad formal de las plantas (como organismos sistémicos que difieren de los animales), para abordar sus mecanismos de funcionamiento y principios estructurales aplicables en el ámbito proyectual.

Propuesta

LAS PLANTAS, EN TANTO ORGANISMOS SISTÉMICOS, HAN DEMOSTRADO NUEVAS POSIBILIDADES DE APLICACIÓN PARA OFRECER SOLUCIONES –TAMBIÉN SISTÉMICAS– A LOS PROBLEMAS DEL DISEÑO CONTEMPORÁNEO, CON EL PROPÓSITO DE IMAGINAR OTROS FUTUROS POSIBLES PARA EL SER HUMANO. Además, constituyen modelos distintos al nuestro y poseen resistencia, solidez, flexibilidad y adaptabilidad a diversas condiciones, incluso a aquellas extremas, lo que representa un aporte importante en términos de sostenibilidad ambiental e innovación.

A partir de esta premisa, el proyecto de investigación *Diseño y bioinspiración desde las plantas* busca explorar el complejo e incomprendido mundo vegetal, mediante la búsqueda sistemática de información, con el objeto de determinar el potencial biomimético de las plantas como fuente de inspiración para el diseño.

La elaboración de este libro, como producto derivado del proceso investigativo, pretende reflexionar sobre cuestiones como ¿por qué diseñar desde las plantas? y, a partir de ello, presentar una propuesta metodológica dirigida a los diseñadores, especialmente en contextos académicos. De igual modo, se examinan los modelos naturales y los principios estructurales de las plantas, y se seleccionan ejemplos paradigmáticos que puedan contribuir al trabajo de los diseñadores en su búsqueda de la innovación.

Descripción

PARA LLEVAR A CABO EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN, LA METODOLOGÍA DEL PROYECTO SE ORGANIZÓ EN TRES FASES. En la fase 1 , correspondiente a la recopilación, organización y análisis de la información, se revisaron diversas fuentes con el propósito de identificar las características de las plantas. Se procuró que los referentes fueran actuales y representativos de la relación entre las plantas y el diseño.

Además, se realizó una entrevista presencial a una de las fuentes primarias más relevantes para el proyecto: el botánico y neurobiólogo italiano Stefano Mancuso, profesor de la Universidad de Florencia (Italia), adscrito al Departamento de Agricultura, Alimentación, Medio Ambiente y Silvicultura. La entrevista tuvo lugar en el Centro per l'Arte Contemporánea Luigi Pecci, en la ciudad de Prato (Toscana, Italia) (véase la Figura 1).

Figura 1. *Imagen de Stefano Mancuso en el Salone del Mobile 2025 (Milano, Italia)*

Fuente: Fotografía del autor.

Figura 2. *Pieza gráfica Darwin Day 2023*

Del mismo modo, se participó en el evento académico Darwin Day 2023[1], cuya información se presenta en la Figura 2.

[1] Para este proyecto, se participó en el Darwin Day 2023, organizado por el Museo di Storia Naturale di Milano. Allí se tuvo la oportunidad de escuchar a la investigadora italiana Daniela Scaccabarozzi, de la Universidad de Upsala (Suecia) y de la Universidad Curtin de Perth (Australia), durante su conferencia *Inganno, ricompensa e seduzione. I caso di mimetismo florale en orchidee australiane*. Fuente: Museo di Storia Naturale di Milano (2023).

La fase 2, centrada en la observación y exploración, se desarrolló a partir de diversas visitas al Jardín Botánico de Bogotá, con el acompañamiento de expertos de la entidad. Se trabajó con el ingeniero ambiental Boris Villanueva Tamayo, coordinador de las Colecciones de Referencia y Flora de Bogotá; Sonia Amézquita, intérprete ambiental del Jardín, y Nicolás Rodríguez J., biólogo y encargado de las plantas del Tropicario.

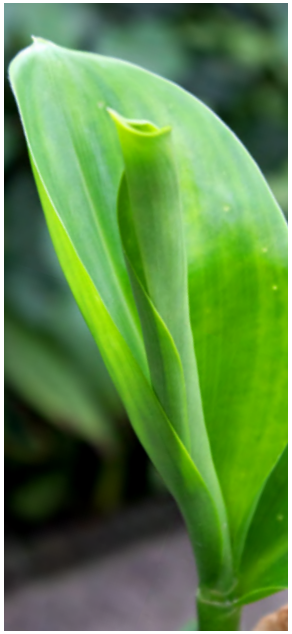
Durante las jornadas de campo se realizaron recorridos por el Jardín, en los cuales se identificaron algunas especies, se elaboró un registro fotográfico y se consignaron las observaciones de los expertos acerca de las características de las plantas. En la Figura 3 se presenta una muestra de las imágenes obtenidas durante el recorrido.

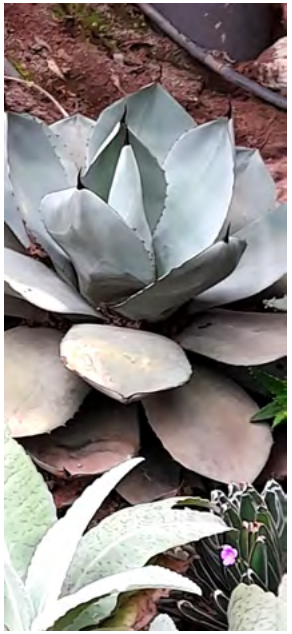
Figura 3. *Muestra del registro fotográfico tomado en el Jardín Botánico durante las salidas de campo*

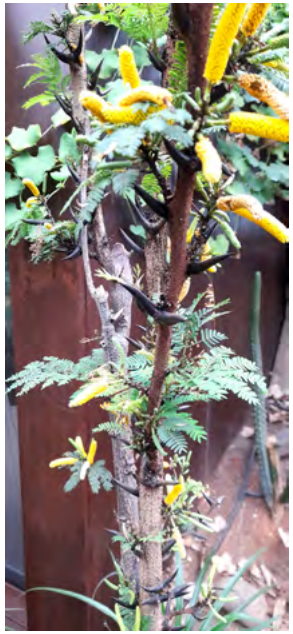
Fuente : Fotografías del autor.

Por último, la fase 3, que consistió en la sistematización de la información, dio lugar a la elaboración de este libro como uno de los productos más significativos del proceso de investigación. A partir del estudio de las plantas, se extrajeron los hallazgos más relevantes y las conclusiones que permiten vincular sus diversas características con el ámbito del diseño y la innovación.

Nota. Cabe mencionar que las plantas fotografiadas en el Jardín Botánico de Bogotá constituyen referentes que se podrían abordar desde la perspectiva de la innovación.







Introducción

SIENDO LA BIOLOGÍA LA CIENCIA QUE ESTUDIA LOS COMPONENTES Y LAS INTERACCIONES QUE SE ESTABLECEN ENTRE ESTOS, DENTRO DEL SISTEMA POR EXCELENCIA QUE ES LA NATURALEZA, ANALIZAR DICHOS CONOCIMIENTOS Y SUS POSIBILIDADES COMO HERRAMIENTAS APLICABLES AL PROCESO DE PROYECTACIÓN RESULTA DE FUNDAMENTAL IMPORTANCIA. De este modo, el objetivo de la presente exploración es sintetizar los componentes existentes en la naturaleza –particularmente en las plantas– desde una perspectiva formal estética, conceptual y en cuanto a la relación forma-función, traduciendo esta información en herramientas simples aplicables al diseño. Para ello, se realiza un recorrido por diversos referentes con el propósito de sintetizarlos y presentarlos de manera clara, dando cuenta de diferentes estrategias a las cuales recurrir como inspiración para el proyecto de diseño.

Esta búsqueda se desarrolla en etapas. En primer lugar, se explora la evolución de los conceptos y su enfoque. En segundo lugar, se revisan diversas fuentes de información que permiten identificar las características de las plantas, así como los referentes actuales más representativos de la relación entre las plantas y el diseño. Finalmente, se sintetizan los aportes provenientes de la exploración formal y física de las plantas, y se analizan las interacciones del sistema vegetal con su contexto. Todo lo anterior constituye un conjunto de referentes para el diseño y sustenta una propuesta metodológica aplicable en el ámbito académico.

¿Por qué diseñar desde las plantas?

ESTE PLANTEAMIENTO CORRESPONDE A LA PREGUNTA CENTRAL DE LA INVESTIGACIÓN. Al respecto, conviene precisar, en primer lugar, que «la palabra *biología* está formada por dos vocablos griegos: *bios* ("vida") y *logos* ("estudio")» (Definiciones, s. f.). A partir de ello, la biología puede entenderse como la ciencia que estudia las características e interacciones en los seres vivos en general.

Así mismo, esta ciencia –particularmente la botánica– se fundamenta en elementos esenciales, como la química de la vida y las estructuras primarias que le otorgan orden y la convierten en un verdadero sistema, constituyéndose así en una de las formas más interesantes de organización sistémica o, en otros términos, en la organización sistémica por excelencia.

Los limitados elementos que la conforman dan origen a diseños que derivan en complejísimas interacciones entre las diferentes partes, «de modo que la inmensa variedad de formas que la Naturaleza crea surge de la elaboración y reelaboración de un reducido número de temas básicos. Tales limitaciones son las que confieren armonía y belleza al mundo natural», como lo señala Stevens (1987, pp. 1-2).

En el estudio del mundo vegetal es necesario diferenciar las investigaciones que se centran en características similares, derivadas del hecho de que ciertas plantas y sus partes se enfrentan a retos comunes que producen formas también comunes de adaptación, fenómeno conocido como *convergencia*. En consecuencia, los rasgos relevantes de los

organismos tienden a converger; por esta razón, no pueden clasificarse únicamente por sus rasgos visibles. «El problema ha hecho que casi todos los clasificadores y sistemáticos eviten usar características observables y dependan de más confiables similitudes en las secuencias de ADN que reflejen el linaje» (Vogel, 2018, p. 26).

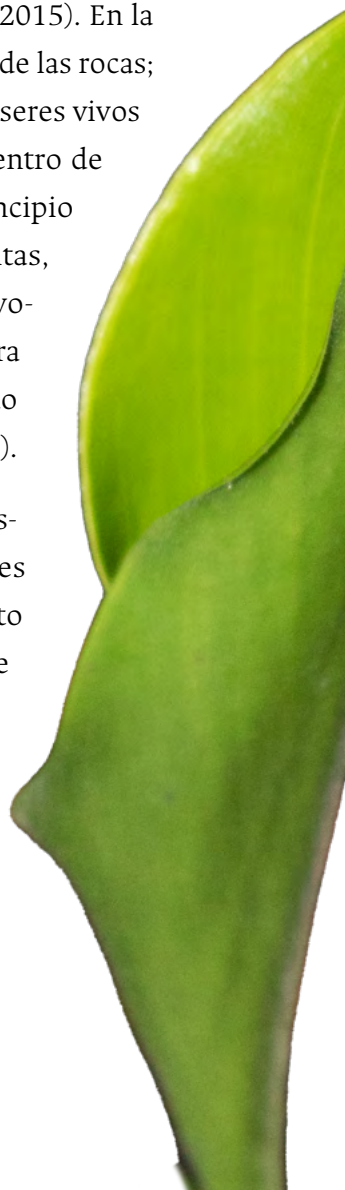
Sin embargo, para el estudio de las formas en que se desarrolla el funcionamiento de los organismos, la convergencia resulta de vital importancia, ya que el modo en que la función responde a la necesidad de la adaptación –aquello que denominamos diseño y que en las plantas corresponde a estrategias adaptativas– está lleno de ejemplos de convergencia. Desde este principio se estructura el presente estudio. Como lo señalan Laubichler y Maienschein (2009, como se citó en Vogel, 2018, p. 27), «si la evolución representa la mano diseñadora de la naturaleza, entonces la convergencia es el dedo que apunta a la importancia funcional».

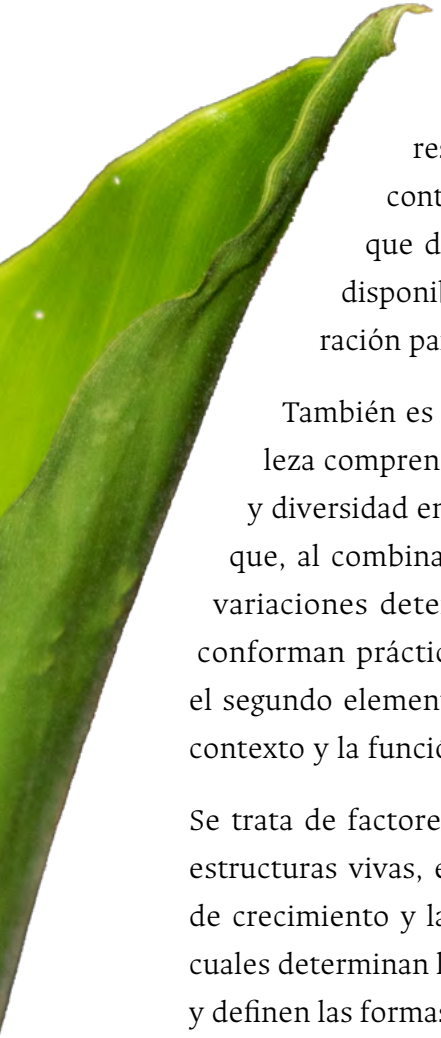
Al adentrarse en la exploración del mundo de las plantas, surgen diferentes aspectos, como su estructura, sus interacciones y su funcionamiento sistémico, los cuales se relacionan con los procesos de proyectación. Comprender la naturaleza de las plantas resulta fundamental, pues incluso su reconocimiento como seres vivos tardó siglos en consolidarse, especialmente en la civilización occidental, más allá de su papel simbólico como íconos de vida. Aunque se admitía su condición de organismos vivos, su nivel de desarrollo en comparación con los animales fue considerado primitivo.

Una evidencia de esto es la gráfica «pirámide de los seres vivos» representada en el *Liber de sapiente* (*Libro de la sabiduría*) de Charles de Bovelles (1509, como se citó en Mancuso y Viola, 2015). En la imagen, las plantas ocupan un nivel apenas superior al de las rocas; en la época en que se dibujó no se comprendía que los seres vivos son el resultado de un proceso evolutivo continuo dentro de su propia especie, como lo señaló Darwin. Este principio adquiere aún más relevancia en el caso de las plantas, debido a que son de mayor antigüedad y desarrollo evolutivo. Además, son los únicos seres con capacidad para producir su propio alimento y de continuar creciendo estructuralmente durante su adultez (Gribaudo, 2019).

Aspectos como la relación entre forma, materiales, estructura y función; la conceptualización de relaciones sistémicas entre función y forma, y el funcionamiento general de las interacciones entre los individuos y de estos con su ambiente, entre otros, constituyen temas de gran relevancia para el diseño.

Por ello, en el ámbito de esta exploración se consideran tanto los aspectos formales como los funcionales presentes en el mundo de las plantas y su relación





con el entorno. Comprender que las formas de la naturaleza no son caprichosas, sino que responden a una estrecha correspondencia con el contexto en el que se desarrollan, con los objetivos que deben cumplir y con los materiales y recursos disponibles, representa una auténtica fuente de inspiración para los procesos de diseño.

También es significativo para los estudiosos de la naturaleza comprender que, aunque se esté frente a una variedad y diversidad enorme, esta consta de unos elementos básicos que, al combinarse de distintas maneras y al estar sujetos a variaciones determinadas por las condiciones contextuales, conforman prácticamente todo lo existente. En este sentido, el segundo elemento fundamental que determina la forma es el contexto y la función que esta desempeña.

Se trata de factores como el material del que se componen las estructuras vivas, el espacio en el que se desarrollan sus ciclos de crecimiento y las condiciones del ambiente, entre otros, los cuales determinan la existencia misma de un cuerpo en el espacio y definen las formas orgánicas. Además, este principio aporta una idea valiosa para el diseño: la optimización material, funcional y conceptual que caracteriza al proyecto natural y es susceptible de trasladarse al proyecto humano.

Por lo tanto, necesitamos observar a las plantas para imaginar nuevos modelos de organización menos centralizados y jerárquicos, como los que expone Mancuso (2017) en sus estudios sobre la inteligencia vegetal. De este modo, la naturaleza nos enseña que las formas de construir, adaptarse y crear –y en general, todos los verbos asociados a la acción humana– han sido resueltas por las plantas de manera integral y holística, distinta a la concepción tradicional con que el ser humano ha interpretado la vida y la realidad. Esto es posible gracias a su capacidad para interactuar con el entorno y reaccionar ante este mediante un sistema sensorial refinado.

El modo en que las plantas se asocian con elementos del contexto y exploran su entorno, cambiando sus propósitos e interactuando entre sí y con otros seres vivos, les ha permitido construir un vasto universo de soluciones diferentes de las desarrolladas por el reino animal. En consecuencia, han respondido a situaciones repetidas cada vez con mayor eficiencia y, con ello, evidencian lo que se ha denominado una *inteligencia*; según Mancuso (2017, p. 21), «la inteligencia es connatural a la vida, haya o no haya cerebro».

A partir de estas observaciones, se formuló el concepto de *inteligencia de las plantas* y se hizo énfasis, además, en la noción de *memoria*, ya planteada desde el siglo XIX a partir de los experimentos de Dutrochet de Néons (1776-1847) y otros investigadores. En dichos estudios se demostró que las plantas eran capaces de reaccionar a estímulos estresantes de forma rápida, pero también podían

adaptarse y dejar de reaccionar si el estímulo no las afectaba gravemente; de este modo se describió «un comportamiento adaptativo derivado de la memorización de información» (Mancuso, 2017, p. 24).

Esta idea de que las plantas poseen una forma particular de memoria resurgió tiempo después y se consolidó como un campo de investigación con amplias posibilidades para la ciencia contemporánea, dando origen a la conceptualización de las *memorias epigenéticas*. Estas se definen como las modificaciones que pueden producirse en el ADN como resultado de las experiencias vividas por generaciones anteriores.

Se ha definido la epigenética como el conjunto de modificaciones que existen en la cromatina (sustancia constituida esencialmente por ADN y proteínas), los cuales se conservan de una célula a otra dentro del organismo. Existe una amplia discusión sobre si dichos cambios se heredan o no; sin embargo, constituyen un mecanismo fundamental que ocurre durante el desarrollo y participa activamente en la diferenciación celular (Joseph, 2013).

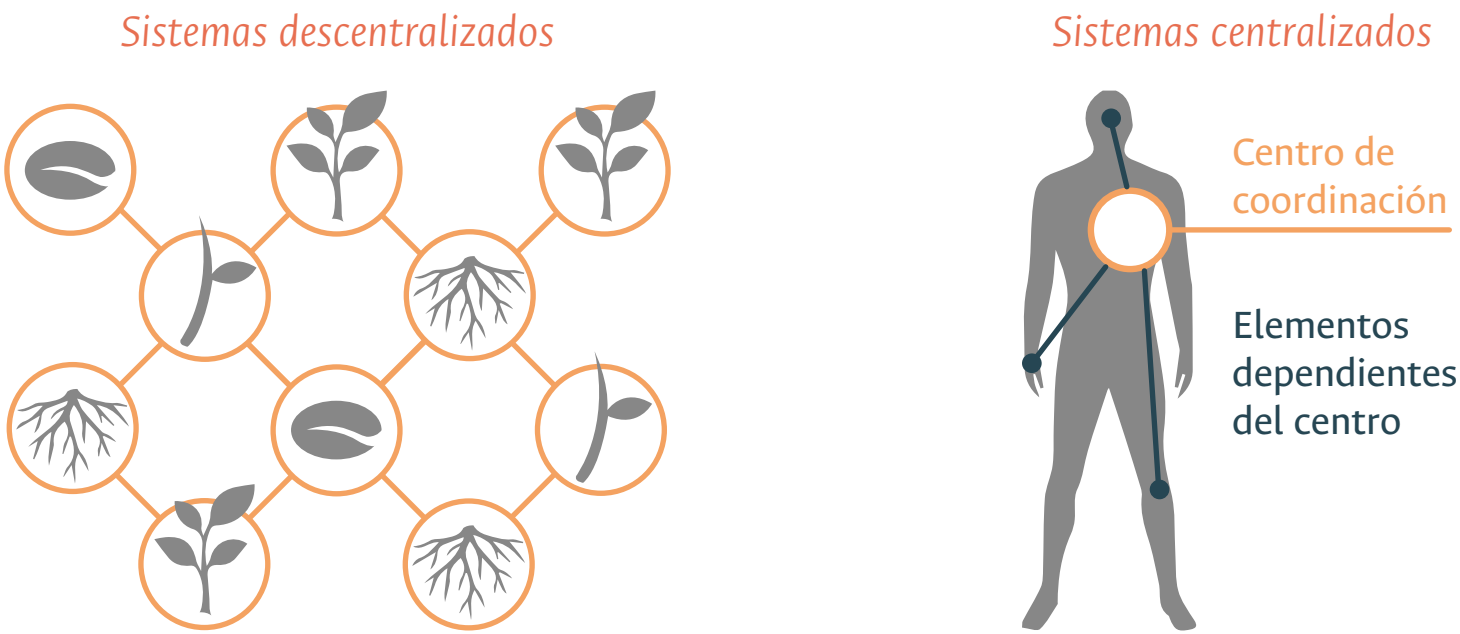
De manera tradicional, la exploración en torno a la inspiración en el desarrollo de los artefactos partió de una mirada centrada en los animales y en la idea preconcebida de que las máquinas debían inspirarse en la vida animal, particularmente la humana. Por esta razón, los robots tendieron a reproducir la forma del cuerpo humano, tomando como modelo «un cerebro pensante que controla unos órganos actuantes» (Mancuso, 2017, p. 11). Las plantas, a diferencia, se comportan como colonias dotadas con una inteligencia descentralizada, en las que se reinventa el concepto de *individualidad*, tal como lo explicó Jean-Henri Fabre (1823-1915), autoridad en la descripción científica de las plantas, aunque principalmente reconocido como entomólogo.

En 1879, Fabre (como se citó en Mancuso, 2017, p. 48) escribió: «en lo que atañe a los animales, en la inmensa mayoría de casos, dividir significa destruir, pero en lo que atañe a las plantas, dividir es multiplicar». Así, mientras los animales reaccionan con movimiento ante los cambios del ambiente que los rodea, las plantas responden mediante la adaptación a un contexto siempre cambiante (Mancuso, 2017). Esta evidencia demuestra diferencias fundamentales en la forma en que plantas y animales ejecutan sus estrategias adaptativas, y nos invita a dirigir la mirada desde los individuos hacia los sistemas.

En la actualidad se reconoce que, en la naturaleza de las plantas, «su construcción modular es la quintaesencia de la modernidad: una arquitectura colaborativa, distribuida, sin centros de mando, capaz de resistir sin problemas a sucesos catastróficos sin perder la funcionalidad». Esto ocurre por la reiteración de dicha forma de organización (Mancuso, 2017, p. 12).

Este enfoque plantea una mirada contemporánea sobre la vida de las plantas y abre una nueva vía de aproximación, desde las disciplinas proyectuales, hacia este ámbito del conocimiento. «El hecho de que hayan desarrollado una inteligencia distribuida» (Mancuso, 2017, p. 12) es una idea que puede transformarse en una fuente de innovación de cara al futuro. Dicho porvenir radica en los sistemas no centralizados, capaces de sostenerse a sí mismos mediante estrategias desarrolladas a lo largo de su extensa historia evolutiva (véase la Figura 4).

Figura 4. *Sistemas descentralizados y centralizados*



Fuente: Elaboración propia.

Antecedentes y marco teórico

EL DESARROLLO DE ESTE APARTADO RESPONDE A UNO DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA PROPUESTA: REVISAR DIVERSAS FUENTES DE INFORMACIÓN QUE PERMITAN IDENTIFICAR LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS PLANTAS, ASÍ COMO LOS REFERENTES ACTUALES MÁS REPRESENTATIVOS DE LA RELACIÓN ENTRE LAS PLANTAS Y EL DISEÑO.

Para empezar, conviene señalar que las analogías entre la construcción de artefactos y la organización de sistemas, tanto en el ámbito humano como en el natural, son tan antiguas como la propia producción material del ser humano. Desde épocas remotas, la bioinspiración no se limitó a los aspectos formales, sino que también incorporó una reflexión filosófica en torno al propósito mismo de la proyectación, la concepción de las relaciones sistémicas y la comprensión intrínseca de la armonía.

El interés por la naturaleza y su estudio adquirió gran relevancia gracias al impulso del pensamiento ilustrado. Este periodo abarcó las exploraciones de Maria Sibylla Merian –fundadora de los estudios entomológicos en el siglo XVIII–; los aportes de Carl Von Linné –con su clasificación sistemática de los elementos de la naturaleza, publicada por primera vez en 1735–, y las teorías de Charles Darwin sobre la evolución natural, en el siglo XIX.

Antes, en el siglo XVII, se habían publicado trabajos como *The anatomy of plants* de Nehemiah Grew, impreso en 1682. Su autor, médico y botánico, presenta una clasificación de la anatomía vegetal en la que, por primera vez, divide el estudio en capítulos dedicados a las distintas partes de las plantas –troncos, hojas, flores y frutos–. En esta obra se desarrollan las primeras observaciones microscópicas aplicadas al estudio vegetal. Gracias a su formación médica y su conocimiento anatómico, Grew (1682) empleó métodos que le permitieron determinar las diferencias estructurales entre raíces y tallos, así como establecer el papel de las flores como órganos sexuales, aportes que permanecen vigentes hasta la actualidad

En el contexto latinoamericano, durante la época colonial no era común la exploración botánica de los territorios; se consideraba riesgoso que otras potencias europeas aprovecharan los recursos naturales. Se publicaron pocas obras sobre el tema, entre ellas *Selectarum Stirpium Americanarum Historia*, de Nikolaus Joseph von Jacquin (1763). Este científico viajó por América, particularmente por el Caribe, financiado por la corte imperial austriaca. En su obra se publicó por primera vez el estudio de algunas especies vegetales ubicadas en los actuales territorios de Colombia y Venezuela.

En ese periodo era muy popular el sistema de clasificación desarrollado por el naturalista sueco Karl Nilsson Linnaeus –conocido en España y América como Linneo–, diseñado para organizar las plantas a partir del conteo del número de piezas del androceo (estambres) y de los carpelos (pistilos). Este método permitía clasificar este grupo natural en 24 clases, además de las que correspondían a las especies sin flores. El sistema evidenció la sexualidad de las plantas y estableció la nomenclatura de las partes de la flor, que aún se conserva (Díaz, s. f.). Fue Linneo quien, con gran audacia para su época, afirmó que «las plantas duermen», mucho antes de que la ciencia reconociera la relevancia de esta función fisiológica (Mancuso y Viola, 2015).

El sistema de clasificación de Linneo fue introducido en España y utilizado para la enseñanza de la botánica en América. De hecho, fue el modelo que aprendió y difundió José Celestino Mutis, quien lo llevó a la Nueva Granada. Mutis dirigió la Real Expedición Botánica durante más de 30 años, siguiendo la línea de investigación de Linneo, con quien mantuvo correspondencia por largo tiempo. Posteriormente, Alexander von Humboldt y Aimé Bonplant, quienes visitaron la Nueva Granada en 1801 para desarrollar su obra *Plantas equinocciales* –dedicada al estudio de las especies vegetales que crecen en regiones donde el día y la noche tienen igual duración durante todo el año–, apoyaron y difundieron las investigaciones de Mutis.

Más adelante apareció *Nova Genera et Species Plantarum*, redactada por Karl Sigismund Kunth, quien identificó y clasificó las recolecciones hechas por Humboldt y Bonplant. En sus conversaciones con el sabio Francisco José de Caldas, estos científicos profundizaron en la comprensión de la geografía de las plantas, especialmente en la

región equinoccial, y demostraron que las variaciones morfológicas vegetales respondían a adaptaciones derivadas de los cambios climáticos y altitudinales (Díaz, 2012).

En otra línea, cabe mencionar *Kunstformen der nature* (*Obras de arte de la naturaleza*) de Ernst Haeckel (1899), libro de litografías que ejerció una notable influencia en la arquitectura y el diseño modernistas de su tiempo. Sus textos e ilustraciones son considerados la más bella visión de las formas de la naturaleza jamás realizada por un científico, según la Universidad de Massachusetts Darmouth y el College of Visual and Performing Arts (2005). Estos estudios revolucionaron la visión de los sistemas naturales, aportaron sentido y método y convocaron a los proyectistas de todas las disciplinas a reflexionar sobre la naturaleza como fuente de conocimiento y creación.

De este modo, se consolidó la idea de que el estudio de las leyes generadoras de la naturaleza y de la diversidad de las formas naturales podría dar origen a un arte que, en sí mismo, fuera paralelo a las fuerzas productivas de la naturaleza. Esta fue una preocupación común entre artistas y arquitectos convencidos de que en la naturaleza existía unidad dentro de la variedad. Según Sachs et al. (2007), dicha concepción provenía de un estudio que Goethe denominó morfología, el cual constituyó su campo de interés principal, como se evidencia en su visión sobre la estructura de las plantas.

Goethe también enfatizó que estas transiciones podían observarse desde el punto inicial –o desde las hojas del tallo–, y que debía aprovecharse la contemplación del proceso metamórfico tanto en sentido regresivo como progresivo. Por ejemplo, podemos ver un sépalo como una hoja del tallo contraída, o una hoja del tallo como un sépalo expandido, un estambre como un pétalo contraído, o un pétalo como un estambre expandido (Goethe, 2020, p. 20).

En realidad, fue Goethe, apoyado luego por otros teóricos alemanes del siglo XIX, quien propuso la idea de «una planta primordial o arquetípica: una "protoplanta" (*Urpflanze*)».

Esta representaba la semilla original de la cual derivaban todas las variaciones y en la que se evidenciaba la unidad en la diversidad. Según el propio Goethe «por fuerza debía existir, pues de lo contrario, ¿cómo podría reconocer que esta o aquella forma es una planta si no estuvieran todas conformadas según el mismo modelo básico?» (Goethe, 2020, p. 17).

Así se determinó que

> el secreto parentesco entre las diferentes partes externas de las plantas, como las hojas, el cáliz, la corola o los estambres, que se van desarrollando una después de otra y en cierto modo, también una a partir de otra, es conocido por los investigadores en general desde hace largo tiempo, e incluso se ha estudiado en detalle. La acción por la cual uno y el mismo órgano permite que lo veamos transformado en toda su variedad se ha denominado metamorfosis de las plantas. (Goethe, 2020, p. 42)

Estos aportes inspiraron la búsqueda del origen mismo de la variedad presente en la naturaleza a través del estudio de la morfología. A pesar del profundo interés por el desarrollo de la forma, Goethe señaló que la historia natural se había dedicado principalmente de taxonomías superficiales, en lugar de atender lo que él denominó «la economía inherente de la forma orgánica». Así, sostuvo que las evidencias de desarrollo en cada planta y su taxonomía se repetían en todas las especies vegetales, dando cuenta de la unidad de la naturaleza en medio de su enorme variedad. Esto se corrobora, por ejemplo, en la similitud formal entre las células y los distintos tipos de cristales, como lo analizan Sachs et al. (2007), quienes estudian la inspiración que la naturaleza proporciona al diseño en general.

Otro gran impulso lo proporcionó Thompson (1917/2023) con su exploración sobre la relación entre la geometría, la naturaleza y los aspectos físicos y matemáticos de los procesos biológicos. Esto representó un avance significativo al concebir el estudio de dichos aspectos desde un enfoque humanístico. Salvia et al. (2019) destacan que la propuesta consistió en emplear la naturaleza no solo como ornamento, sino como fuente de conocimiento acerca de los principios que le dan origen y sentido. En esta misma línea, el dramaturgo y pintor August Strindberg sostuvo que se debía trabajar como la naturaleza, no siguiéndola; afirmó que la imitación de esta no era suficiente, sino que era necesario comprender sus razones y apropiarse de sus adaptaciones.

De esta manera, la ciencia de la biónica propuso la integración de los saberes provenientes de distintas disciplinas, con el fin de facilitar una visión holística del conocimiento y superar los siglos

de fragmentación científica (Cervera, 2019). El concepto *biónica* se consolidó a mediados del siglo XX, y a partir de allí surgieron disciplinas como «la *biomimética*, la *biorrobótica* y el *biodiseño*, las cuales parten del examen de las estructuras naturales para desarrollar artefactos de ingeniería inspirados en las disposiciones y propiedades de las formas biológicas» (Tamborini, 2023)[2]. Estas ramas del conocimiento se conciben como vías para aplicar los principios de la naturaleza en la creación de soluciones humanas.

A pesar de la gran importancia que tuvo este concepto y de su fortaleza actual, fue la introducción de una mirada sistémica de los organismos –centrada en la aplicación y el desarrollo de la proyectación desde una perspectiva transdisciplinar–, la que dio origen al concepto de *biomímesis*. Este término se empleó por primera vez en 1963, entendido como el estudio de la fenomenología biológica con el propósito de obtener conocimientos e inspiración para el desarrollo de sistemas físicos. Una definición más precisa se formuló para la década de 1970: según Salvia et al. (2019, p. 36), la biomímesis se interpreta «como el estudio de la formación, estructura o función de las sustancias y materiales biológicamente producidos y de los mecanismos y procesos de lo biológico», con el fin de sintetizar productos análogos mediante métodos artificiales que imiten lo natural.

En los años 1970, el término *biomímesis* ingresó oficialmente al diccionario de la lengua inglesa, marcando una transformación en la robótica contemporánea: «Los “animaloides” y los “insectoides” han ganado terreno, y se han programado robots que imitan salamandras, mulas e incluso pulpos» (Mancuso, 2017, p. 37).

Este enfoque de imitación de la naturaleza puede categorizarse de distintas maneras según su énfasis, principalmente en dos vertientes: la *biomímesis* y lo *biotécnico*. La primera, persigue la imitación de las formas y los comportamientos de la naturaleza, es decir, la inspiración en lo formal. Cuando analizamos cómo los descubrimientos científicos impactan la innovación, estos pueden ubicarse en tres campos distintos: *biotecnología*, *biomímesis* y *biología sintética*. De manera individual, cada uno aporta ideas singulares; en conjunto, conforman una sinfonía de innovación que armoniza biología, tecnología y creatividad (K18 , 2024).

Al mismo tiempo, la biomímesis promueve relaciones sistémicas aplicables a los desarrollos técnicos, ya que permite innovar

[2] Traducción propia.

en la creación de lo artificial, a semejanza de la vida. Dicks (2023) desarrolla una amplia reflexión sobre los supuestos filosóficos y los posibles beneficios del estudio de las disciplinas recientes de inspiración biológica centrando su análisis en la biomímesis. Esta se entiende, de manera general, como «la imitación (mímesis) de la vida (bios)» (Lindfors, 2024).

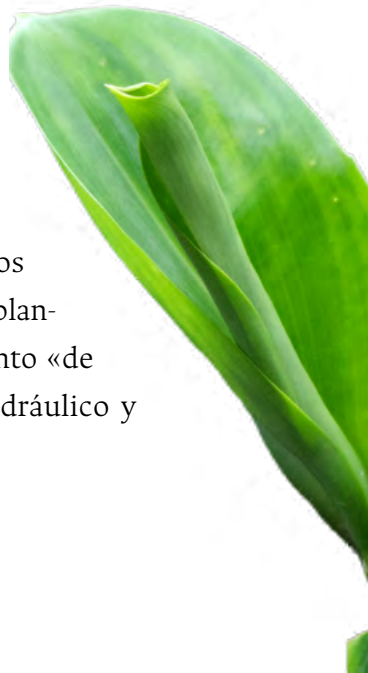
En cuanto al *enfoque biotécnico*, este se orienta hacia el desarrollo de materiales y estructuras basados en procesos microbiológicos y químicos, con un énfasis tecnológico, particularmente a nivel microscópico, e incluso, con aproximaciones a la nanotecnología. Un ejemplo clásico de la investigación biomimética es el diseño del *velcro*. El ingeniero suizo George de Mestral concibió este sistema tras observar cómo las semillas de la bardana, planta parecida al cardo, se adherían al pelaje de los animales que se desplazaban. A partir de esta observación, trasladó esa mecánica al ámbito de la ingeniería (Lindfors, 2024), dando origen a un invento que transformó la industria textil.

De esta manera, se plantea una mirada que no se centra exclusivamente en el potencial técnico, sino en la apropiación de una perspectiva totalmente distinta de lo funcional: plantas con estrategias, adaptaciones e interacciones. Esta visión, asumida por la biomímesis, se alinea con la propuesta desarrollada en este libro, ya que enfatiza la evolución de la forma, el cumplimiento de los objetivos y la relación con la resolución de los desafíos que plantea el contexto.

En coherencia con esta mirada, desde la biomímesis Stefano Mancuso concibió sus plantoides hacia el año 2003, inspirado en «las posibilidades que brindaban las plantas con vistas a la construcción de nuevos robots» (Mancuso 2017, p. 47). Esta idea se sintetizó en la propuesta de un plantoide y su posible utilidad en la exploración de Marte (CORDIS | European Commission, s. f.). Se proyectaba que miles de estos dispositivos fueran enviados al planeta rojo para que sus raíces se expandieran explorando el suelo. Sin moverse, los plantoides podrían comunicarse entre sí y comportarse como una colonia, proporcionando información relevante sobre la composición marciana.

Este proyecto dio lugar a la propuesta posterior de artefactos robóticos inspirados en las plantas para el monitoreo de suelos, lo que condujo a investigaciones centradas en los procesos osmóticos de las membranas, con el propósito de abordar el complejo desafío del crecimiento de las máquinas (Sinibaldi et al., 2013; como se citó en PresaDiretta, 2018).

La complejidad técnica de estos desarrollos introdujo la necesidad de un trabajo transdisciplinario de alta calidad, condición inherente a la biotécnica. A partir de las exploraciones impulsadas por Mancuso, surgen preguntas en torno a aspectos inquietantes como los modos de movimiento de las plantas, dado que estos no se basan en el funcionamiento «de músculos, sino que por lo común son de tipo “hidráulico y



osmótico", basados sobre todo en la simple transferencia de líquido o vapor hacia dentro o hacia fuera de los tejidos» (Mancuso, 2017, p. 88). La construcción de tecnologías capaces de imitar a la naturaleza en su enorme complejidad, tanto en las plantas como en los animales, ha sido una barrera difícil de superar debido a sus múltiples desafíos técnicos. Esto se evidencia en el hecho de que la construcción de criaturas realistas, con estructuras de múltiples niveles y características fisiológicas variadas, sigue siendo un objetivo aún no alcanzado, pese a los avances significativos logrados en el desarrollo de las *metacriaturas*.

En este punto, con el propósito de crear una entidad paralela denominada *metacriatura*, cuyas funciones y características sean análogas a las de los organismos naturales, se introduce un proceso de transformación de una célula de hidrogel omnipotente (OHC) –inspirada en células madre totipotentes– portadora de bioelectricidad bioinspirada. Los resultados de estos estudios mostraron las posibilidades de la retroalimentación con un sistema biológico y el potencial de remodelación bioeléctrica *ex vivo* (Dai et al., 2024). Como se advierte, se trata de un complejo trabajo que revela nuevas posibilidades para construir sistemas bioinspirados y amplía nuestra comprensión sobre la bioelectricidad y la biomimética.

La *mímesis*, como concepto extraído de la biología y adoptado por las disciplinas proyectuales como *biomímesis*, presenta, como lo muestra el ejemplo anterior, distintos niveles de complejidad y diversos énfasis. Desde la década de 1980 se fundaron varios institutos especializados en la investigación en biomímesis, donde se profundizó particularmente en la biónica –entendida como la imitación de lo natural mediante mecanismos artificiales, como en el caso de las prótesis–, así como en el estudio de los procesos biológicos para desarrollar innovaciones aplicables al ámbito técnico y proyectual.

De esta manera surgió Biomimetics Network for Industrial Sustainability (Bionis) , una red de investigación que fomenta la articulación entre la investigación biológica, la industria y la aplicación de la biomímesis en productos y servicios orientados a la educación y la formación (Engineering and Physical Sciences Research Council, s. f.).

Esta red promueve, en particular, el concepto de *biomimicry*, el cual desarrolla tanto un nivel técnico como sistémico de la biomímesis, centrado en conseguir impactos ambientales positivos mediante la imitación de los sistemas biológicos en combinación con los desarrollos técnicos. En la actualidad, esta red concentra sus esfuerzos en alcanzar estos objetivos mediante la organización de eventos académicos, la obtención de recursos y el apoyo de proyectos con dicho enfoque. Su propósito último es contribuir a la sostenibilidad ambiental imitando los sistemas naturales en los desarrollos técnicos que adelanta la industria.

Bionis fue creada para promover las ventajas de un enfoque *biomimético* orientado a la sostenibilidad –económica, ambiental y

social– entre las comunidades industriales y académicas. Además, busca fomentar la colaboración en investigación y desarrollo entre la industria y el ámbito académico. Sus principales objetivos son alcanzar la eficiencia tanto energética como en el uso de recursos; liminar y controlar las sustancias peligrosas; promover el empleo de materiales renovables y biodegradables; y optimizar la funcionalidad de los sistemas (Bionis, 2003).

En una caracterización más reciente, la biomímesis se ha definido como la aplicación técnica basada en la intuición derivada de los fundamentos de la investigación biológica, la cual debe concebirse como una aplicación tecnológica creativa (Salvia et al., 2019).

En la actualidad, la biomímesis se concibe como un principio orientado a transformar la relación entre naturaleza y sociedad persiguiendo el rediseño de la tecnósfera. Un avance en esta dirección proviene de enfoques como los de Riechmann (2019), que enfatizan el interés de pasar de la imitación de organismos a la imitación de ecosistemas, llevando lo que denomina «biomimética ingenieril» a un sentido más amplio: comprender los principios de funcionamiento de la vida. En sus trabajos, el autor propone enfocar la imitación, en particular, en el nivel ecosistémico, con el objetivo de reconstruir los sistemas humanos de modo que encajen armónicamente en los sistemas naturales (Riechmann, 2019, p. 110).

Con esta mirada, surge la idea de derribar las barreras entre la biología y la ingeniería, naturalizando la biomímesis en la cultura y promoviendo la transferencia de ideas y estrategias biológicas hacia sistemas humanos sostenibles. De este modo, se desarrolla el concepto de *biomimicry* con el propósito de promover el aprendizaje mediante la emulación de las formas, los procesos y los ecosistemas de la naturaleza para crear diseños más sostenibles. También, se introduce la sostenibilidad como el objetivo central de esta búsqueda, lo que otorga a la biomímesis un sentido más amplio y trascendente (Biomimicry 3.8, 2021).

En aproximaciones contemporáneas se considera que transferir el paradigma evolutivo al proyecto basado en la naturaleza ofrece nuevas direcciones para la innovación en el ámbito humano, particularmente en aquellas orientadas hacia la sostenibilidad ambiental. De este modo, dicho enfoque se denomina *diseño híbrido*. Según Langella (2007), constituye una nueva perspectiva que busca transferir a la cultura del diseño la lógica y los códigos del mundo biológico, convirtiéndose en un tipo de código genético para el mundo artificial que tiene su origen en la naturaleza.

El término *híbrido* se entiende aquí como la aplicación de la inteligencia de la naturaleza a soluciones proyectuales muy diferentes de los sistemas biológicos que las inspiran, en las cuales se aplica la inteligencia de la naturaleza al proyecto del artefacto. En otras palabras, en el diseño híbrido se superponen y confunden función y objeto, y se fusionan los conocimientos técnicos y humanísticos: en él convergen los componentes de la cultura del proyecto.

«En los últimos años ha empezado a utilizarse el enfoque denominado "bioinspirado"» –por entender la naturaleza como modelo a imitar para la resolución de problemas tecnológicos– con el fin de diseñar y producir nuevos materiales y máquinas» (Mancuso, 2017, p. 38). En ese sentido, la *biomímesis* puede considerarse una filosofía genuinamente nueva, como lo proponen Lindfors (2024) y Dick (2022), quienes afirman que el movimiento de la biomímesis tiene una orientación predominantemente práctica, pero que, al mismo tiempo, debe promoverse como una respuesta poderosa a la emergencia ambiental.

Algunos autores han propuesto sistemas que permitan un abordaje más estructurado de los procesos en biomimética. Yanine Benyus (como se citó en McLennan, 2004) plantea un enfoque que divide el mimetismo en tres niveles para orientar el trabajo de los diseñadores –especialmente arquitectos– hacia la biomímesis; estos son *forma* (organismo), *proceso* (comportamiento) y *ecosistema* (contexto biológico), aspectos que proporcionan a los diseñadores un marco de referencia para identificar qué enfoque adoptar o qué aspecto de la biología imitar.

El nivel *organismo* se refiere a una planta o a un animal específico, del cual puede imitarse una parte o la totalidad. El nivel *comportamiento* aborda el modo en que un organismo actúa o se relaciona con un contexto más amplio. El nivel *ecosistema* implica la imitación de hábitats completos y de los principios comunes que les permiten funcionar con éxito. Cada uno de estos niveles se complementa con cinco dimensiones del mimetismo: cómo se ve (forma), de qué está hecho (material), cómo está hecho (estructura), cómo funciona (proceso) o qué es capaz de hacer (función) (Vargas y Ortuño, 2023).

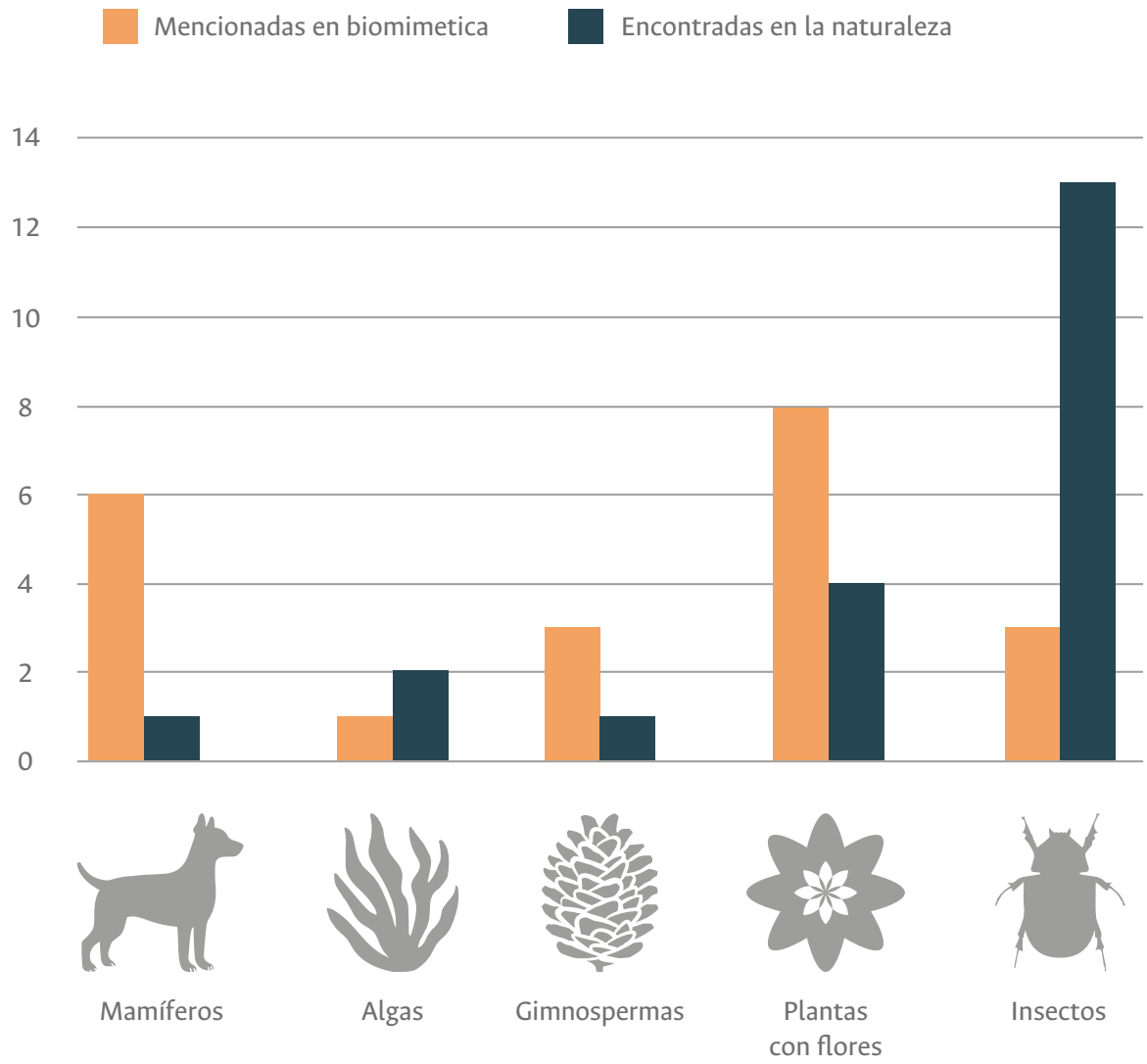
Al explorar los diferentes modelos desarrollados para el abordaje y la generación de inspiración biomimética, en un estudio que emplea GPT-4o, Zhang et al. (2025). analizaron 74 359 publicaciones e identificaron 31 776 modelos biológicos, los cuales revelan patrones de distribución taxonómica distintivos. Los resultaron mostraron que menos del 23 % de los modelos identificados se resolvieron a nivel de especie, lo que corresponde a 1 604 especies, mientras que las clasificaciones taxonómicas más amplias (por ejemplo, filo o clase) fueron las más citadas. A pesar del rápido crecimiento de la biomimética, la limitada exploración de nuevos taxones –es decir, de grupos de organismos reales que se clasifican conjuntamente en la jerarquía de la taxonomía biológica– sigue siendo una debilidad (Zhang et al., 2025)[3]. El estudio entrega recomendaciones importantes, ya que, ante la enorme diversidad de especies existentes en la naturaleza, la capacidad de cobertura de las investigaciones biomiméticas continúa siendo reducida.

El estudio evidencia que, en las investigaciones sobre *biomimética*, se prefiere explorar el mundo animal, dada la complejidad funcional de

[3] Traducción propia.

estos seres vivos, cuya estructura se alinea adecuadamente con diversas aplicaciones de ingeniería. Por su parte, el crecimiento de los modelos basados en plantas refleja un interés más moderado (Zhang et al., 2025). La preocupación consiste en que, a pesar de la creciente aplicación de la biomímesis como estrategia de inspiración en la actividad proyectual, el campo de la biomimética sigue dependiendo en exceso de un subconjunto limitado y familiar de taxones naturales, en lugar de explorar la vasta y aún subexplorada diversidad biológica disponible en la naturaleza (Zhang et al., 2025).

Figura 5. *Gráfico comparativo del interés por determinadas especies en la investigación en biomímesis*



Nota. Comparación entre las proporciones de especies mencionadas en biomimética vs. las encontradas en la naturaleza. Se representa como proporciones, no como cantidades.

Fuente: Elaboración propia con base en Zhang et al. (2025).

En total, los científicos estiman que existen 7.77 millones de especies de animales, de las cuales 953 434 ya han sido catalogadas. Por otra parte, de las 298 000 especies de plantas conocidas, se han registrado 215 644; y de las 611 000 especies de hongos, 43 271 (Martins, 2011). Estos datos evidencian que la proporción de investigaciones centradas en insectos y mamíferos es muy alta en comparación con aquellas orientadas al mundo de las plantas, en especial de las que no poseen flores.

Si bien la diversidad animal en la naturaleza supera a la vegetal –debido al alto número de especies de insectos–, la variedad de mamíferos es significativamente menor que la de las plantas. Sin embargo, la proporción de investigaciones biomiméticas basadas en especies animales continúa siendo mayor a la sustentada en especies vegetales, en particular, en aquellas que no poseen flores. El potencial de crecimiento de la biomímesis es enorme, ya que, según Wiens (2023), la estimación estándar del número de especies vivas en el planeta es de 8.75 millones, aunque aproximadamente el 80 % de ellas son aún hipotéticas, calculadas mediante modelos probabilísticos.

Una de las principales ventajas de la propuesta planteada en este libro consiste en explorar la rica biodiversidad del contexto latinoamericano, en especial la de las regiones equinocciales de Colombia, centrándose en la diversidad vegetal local, un campo en el que los trabajos en *biomimética* han sido hasta ahora limitados. Si bien, el uso general de modelos biológicos y la proporción de publicaciones que los citan han aumentado de forma constante, la diversidad taxonómica de dichos modelos no ha seguido el mismo ritmo. De hecho, la tasa de incorporación de nuevos taxones se ha estancado o incluso ha disminuido en los últimos años (Zhang et al., 2025). Adicionalmente, el desarrollo de estrategias didácticas que aborden las causas que determinan las preferencias en la elección en las investigaciones biomiméticas constituye una de las sugerencias de Zhang, quien recomienda ampliar el interés hacia el ámbito vegetal y explorar una mayor diversidad de especies. Ello implica considerar factores educativos que puedan ofrecer información útil para extender el alcance de la investigación biomimética, lo que refuerza el enfoque adoptado en esta propuesta.

En este sentido, y a partir de lo expuesto, la presente propuesta adelanta una búsqueda orientada a comprender las razones de la naturaleza. Esta se concreta en una estrategia que propone la definición de los *verbos* como elementos de síntesis y expresión de un propósito u objetivo, convirtiendo al diseño en un mediador de su relación con la eficiencia de la forma. Uno de los aspectos más interesantes de la investigación en torno al mundo vegetal radica en la optimización de la función respecto de la forma, lograda por la propia materia vegetal.

La estrategia propuesta en este trabajo se centra en el mundo de las formas vegetales, donde se manifiesta lo que se ha denominado «la

genética del mínimo», en la cual el orden conduce a la optimización de los materiales y los recursos para alcanzar un objetivo mediante una acción. En este universo, «conceptos que habitualmente ligamos con el arte y por lo tanto con la producción humana, tales como simetría, ritmo, proporción, etc., no son más que depurados mecanismos de eficacia» (Pioz y Cervera, 2013, párr. 8).

Uno de los aspectos que diferencia y fortalece la presente propuesta es que no solo plantea un aprendizaje a partir de las formas naturales, sino que aporta una estrategia metodológica de la que, en general, carecen los enfoques revisados anteriormente, y se dirige específicamente a los ámbitos académicos del diseño. Esta estrategia ofrece no solo una perspectiva sino también un método. Por esta razón, la propuesta metodológica parte de los fines que se buscan alcanzar mediante la forma; es decir, del análisis de las estrategias que, traducidas en configuraciones formales, evolucionan hasta lograr soluciones eficientes y efectivas.

En consecuencia, la vía propuesta –convertir los fines en verbos y explorar las soluciones formales y sistémicas que las plantas desarrollan frente a sus desafíos– se concreta en un proceso metodológico flexible y creativo, aplicable a los contextos académicos de las disciplinas proyectuales. Ello cobra relevancia si se considera que la geometría, el orden y la organización de los sistemas naturales –desde el nivel molecular hasta el ecosistémico– constituyen factores importantes a considerar en la biomímesis, pues pueden ofrecer modelos de organización para los sistemas humanos e inspirar soluciones técnicas inéditas (Vargas y Ortuño, 2023).

Nota. Se presenta una comparación en cuanto a la definición, el objetivo, los ámbitos de aplicación y los procesos referidos a la biomímesis y la biomimicry.

Tabla 1. *Comparativa entre biomímesis, biomimicry y diseño desde las plantas*

	Biomímesis	**Biomimicry**	**Diseño desde las plantas**
Definición	También llamada biomimética o biomimetismo, la biomímesis es una disciplina que busca soluciones innovadoras a problemas humanos inspirándose en la naturaleza. Se entiende como: el examen de las estructuras de la naturaleza para desarrollar nuevos artefactos de ingeniería basados en las disposiciones y propiedades de las formas naturales (Tamborini, 2023).	Representa un cambio paradigmático en el rediseño de las relaciones entre los seres humanos y la naturaleza, y se presenta como una estrategia orientada a la sostenibilidad. Se inscribe dentro de una ***ética ambiental*** que se centra en acciones concretas –como la preservación, la conservación, la restauración y la imitación–, haciendo que dicha ética resulte potencialmente más relevante y accesible para los profesionales y los tomadores de decisiones (Lindfors, 2024).	Es la estrategia metodológica más cercana a la biomímesis. Se centra en la exploración de soluciones formales, entendiendo la función como un objetivo definido en términos de acción.
Objetivo	Emular la naturaleza para resolver problemas de diseño, haciendo énfasis en el estudio de los organismos vivos, mediante nuevos desarrollos tecnológicos (Lindfors, 2024).	Se presenta como una estrategia para la innovación en cualquier campo. Se centra tanto en el estudio de los organismos como en el de los comportamientos de las especies, desde una mirada sistémica. Pretende explicar la ***biomímesis*** como una nueva filosofía (Benyus, 1997).	Relacionar el estudio de las formas con el de las funciones, explorando la eficiencia y la estética y su interrelación para el desarrollo de innovaciones en el ámbito del diseño y la arquitectura.
Ámbitos de aplicación	En general se aplica a cualquier ámbito: desde la ingeniería, el diseño y la arquitectura, hasta la medicina. Pone énfasis en el estudio de las estructuras y las formas. Ha logrado un desarrollo y un crecimiento significativos a nivel interdisciplinario, especialmente en campos creativos como el diseño, la arquitectura, la ingeniería, la robótica, la medicina, la agricultura y los sistemas de organización (Brusic, 2013).	Se extiende a todos aquello espacios donde se pretende transformar la relación del ser humano con la naturaleza, en busca de una mejor sostenibilidad ambiental. Se centra en el estudio de los sistemas en general. «Hacerlo a la manera de la naturaleza» (Brusic 2013) tiene el potencial de cambiar la forma en que cultivamos alimentos, producimos materiales, aprovechamos la energía, nos sanamos, almacenamos información y realizamos negocios (Benyus, 1997).	Diseño y arquitectura, pensado inicialmente en el contexto académico del diseño, con la proyección de convertirse en una herramienta aplicable al diseño en general.
Proceso	La predominancia del enfoque basado en el problema en el diseño biomimético refleja la mentalidad tradicional del diseño. El aprendizaje de los métodos biomiméticos puede resultar complejo y requerir un proceso de asimilación. Experiencias previas han demostrado que la aplicación de la biomimética en proyectos de diseño industrial y desarrollo de productos exige una adaptación de los métodos tradicionales mediante un modelo más sencillo y un sistema de aprendizaje (Forniés y Berges-Muro, 2014).	Se asume un enfoque sistémico en el que la consideración de los beneficios ambientales prima sobre cualquier otro aspecto del proceso, constituyendo así la estrategia metodológica (Benyus, 1997). Este enfoque se presenta, en sí mismo, como una perspectiva filosófica de la técnica (Dicks, 2023).	Presenta una metodología concreta que facilita el desarrollo de un proceso de aproximación a la biomímesis centrado en el mundo vegetal. Plantea dos vías claras de acercamiento: ascendente –desde el problema– y descendente –desde la naturaleza–.

Fuentes: Benyus, 1997; Brusic, 2013; Dicks, 2023; Forniés y Berges-Muro, 2014; Lindfors, 2014 y Tamborini, 2023.

Propuesta metodológica

ENTENDIENDO QUE EL PUENTE ENTRE EL PLANTEAMIENTO TEÓRICO Y SU APLICACIÓN PRÁCTICA SOLO PUEDE CONSTRUIRSE MEDIANTE UN PROCESO METODOLÓGICO COHERENTE –Y QUE UNA TEORÍA DESLIGADA DE SU APLICACIÓN PRÁCTICA ES INCAPAZ DE ABORDAR LA REALIDAD–, SE CONCLUYE QUE, EN EL CONTEXTO DE LA PROYECTACIÓN, ES LA PRÁCTICA LA QUE MATERIALIZA LAS POSTURAS TEÓRICAS. Así, considerando que la presente propuesta se pone en escena principalmente en el contexto académico, se plantea un proceso ordenado y coherente que guía los pasos y el hacer, lo cual facilita –en el ejercicio del diseño– un proceso creativo cuyo fin debe ser la innovación.

Como lo señala Faludi (2017, p. 12), lamentablemente no existe una taxonomía universalmente aceptada de métodos, guías o herramientas de diseño, ni de los elementos que los componen. En este contexto, «práctica de diseño» se refiere a todo aquello que los diseñadores hacen, piensan o utilizan, incluyendo actividades, mentalidades y, especialmente, combinaciones entre estas.

Siguiendo los procesos generales planteados por The Biomimicry Institute (Biomimicry 3.8, 2024), se reconocen dos metodologías para buscar soluciones a los problemas humanos en la naturaleza (Tagle, 2017), las cuales se hicieron evidentes durante los ejercicios adelantados como aplicaciones de la presente propuesta.

Para lo anterior, se tomaron dos vías que constituyen puntos fundamentales para la construcción de una estrategia metodológica en este campo: i) proceso desde la acción a la innovación, o una biomímesis descendente, se exploran las soluciones presentes en la naturaleza con el propósito de trasladarlas a lo humano; ii) desde la exploración a la acción, o una biomímesis ascendente, se parte de un problema o desafío específico y se exploran las soluciones que hayan sido desarrolladas por sistemas biológicos en la naturaleza.

Estas dos posturas, que en términos generales se aplican en numerosos enfoques que vinculan la naturaleza con la búsqueda de la innovación, se utilizaron con mayor énfasis en algunos de ellos, en los cuales el proceso adquiere variaciones importantes y se plantean cambios metodológicos significativos que, consecuentemente, influyen en los resultados obtenidos y en el cumplimiento de los objetivos planteados.

En el presente proceso se busca evidenciar la estrecha relación entre el contexto, el logro de un objetivo y las estrategias que articulan ambos elementos, que corresponden a una adaptación mediante la forma física y la acción. Este constituye un eje fundamental del ejercicio y se erige como una estrategia para producir respuestas innovadoras.

Esta estrategia metodológica se propone como un ejercicio potencialmente aplicable a los procesos de proyectación, con el propósito de orientar la búsqueda de la innovación en el contexto de la práctica del diseño. La propuesta se inserta en el proceso de diseño como parte de las instancias creativas y ofrece a quienes la adopten una guía para el desarrollo de la exploración y la reflexión sobre la importancia de la observación de la naturaleza –en particular de las plantas– como vía para la resolución de los desafíos del diseño.

El proceso que aquí se plantea parte de una estrategia que concibe el diseño como un proceso de acción, mediado por formas que se desarrollan con el fin de alcanzar un objetivo. Se entiende que la eficiencia de la forma natural representa el punto culminante de la evolución orientada al cumplimiento de un objetivo. Dicho *objetivo* se interpreta aquí como la *acción* que se busca ejecutar mediante el uso integrado de los materiales y las formas, en combinación con estrategias innovadoras que respondan a los desafíos del contexto.

Definiciones conceptuales

En este proceso, una estrategia fundamental es la síntesis de las acciones en verbos, los cuales permiten expresar el propósito de la forma. Los verbos, como categoría léxica, se entienden aquí como la expresión de una acción, un movimiento o una intención que tiene lugar en un momento determinado y persigue un objetivo concreto. El verbo se condensa en una estrategia que da respuesta al contexto mediante la forma. Dichos verbos se relacionan con acciones específicas que, normalmente, implican movimiento o cambio de estado o situación; además, influyen en el contexto y conducen a procesos de adaptación. En este caso, la intención final de una forma es la que se propone como verbo dentro del triángulo que estructura la propuesta: contexto - verbo - adaptación (véase la Figura 6).

Figura 6. *Triángulo de innovación desde las plantas*

Fuente: Elaboración propia.

Contexto (desafíos del contexto)

En lo referente a la definición de *contexto*, este es el ámbito que presenta mayores desafíos, los cuales surgen del ambiente y exigen una acción para enfrentarlos, con el propósito de alcanzar una adaptación que se materializa en una forma y una estrategia orientada el logro del objetivo. Frente a estos retos surge una respuesta que busca alcanzar una adaptación; en el caso de las plantas, dicha estrategia se desarrolla evolutivamente y se concreta en formas que ejecutan un verbo. Es en estas formas donde se genera el elemento de conexión con el diseño.

Por esta razón se propone como primer acercamiento dentro de la metodología comprender aquello que se pretende movilizar: la acción que se sugiere como respuesta adaptativa al contexto y que se traduce en la elección del verbo pertinente al proyecto que se pretende abordar desde el diseño, con el propósito de impulsar un proceso de innovación. Para esto se requiere, en primera instancia, la exploración y la comprensión de diversas posibilidades de respuesta frente al objetivo planteado.

Por ello, se recopila información sobre los diversos desafíos que presenta el contexto y sobre las maneras en que las plantas responden a ellos mediante la forma y la acción en diferentes circunstancias. Es así como se propone la construcción de una base de datos que se desarrolla a lo largo de diversos proyectos y permanece en crecimiento continuo, alimentada por el propio proceso de innovación, con el fin de servir de insumo para el diseño en general. En dicha base de datos se registran las respuestas que las plantas ofrecen ante contextos problemáticos y las formas que se desarrollan en consecuencia para afrontarlos, además de información complementaria que permite profundizar en la exploración de respuestas proyectuales.

Verbo (acción ejecutada)

¿Por qué los verbos de la innovación y el diseño?

Los verbos, a diferencia de los sustantivos, tienen el poder de la acción, y con mayor énfasis en el ámbito del diseño. Los sustantivos resultan estáticos, pues su función es nombrar y definir, mientras que el verbo conlleva una acción dinámica que se relaciona directamente con el diseño y con la proyectación, al coincidir en la búsqueda de un logro u objetivo.

Los términos innovación y diseño, al ser sustantivos, adquieren una condición más estática; en cambio, las connotaciones diseñar e innovar proyectan la acción hacia el futuro. Con los verbos se entiende que desde el origen mismo de la acción aparecen todas las connotaciones que esta implica. De este modo, en el contexto de los laboratorios de proyectación los participantes podrán comprender mejor los principios innovadores que aportan las plantas, entendiendo en la práctica la relación entre la forma y la ejecución de una acción.

Así se aporta una mirada innovadora para la bioinspiración, que vincula la morfogénesis de la naturaleza con el logro de objetivos mediante el desarrollo de formas que ejecutan acciones en respuesta a los desafíos planteados por el contexto.

Adaptación (respuesta adaptativa)

El tercer elemento fundamental de la trilogía se representa en la forma que adopta la materia para alcanzar el objetivo. En este punto, las estrategias se consolidan en formas que responden a un propósito definido. La forma da respuesta al contexto mediante la ejecución del verbo establecido para el proyecto.

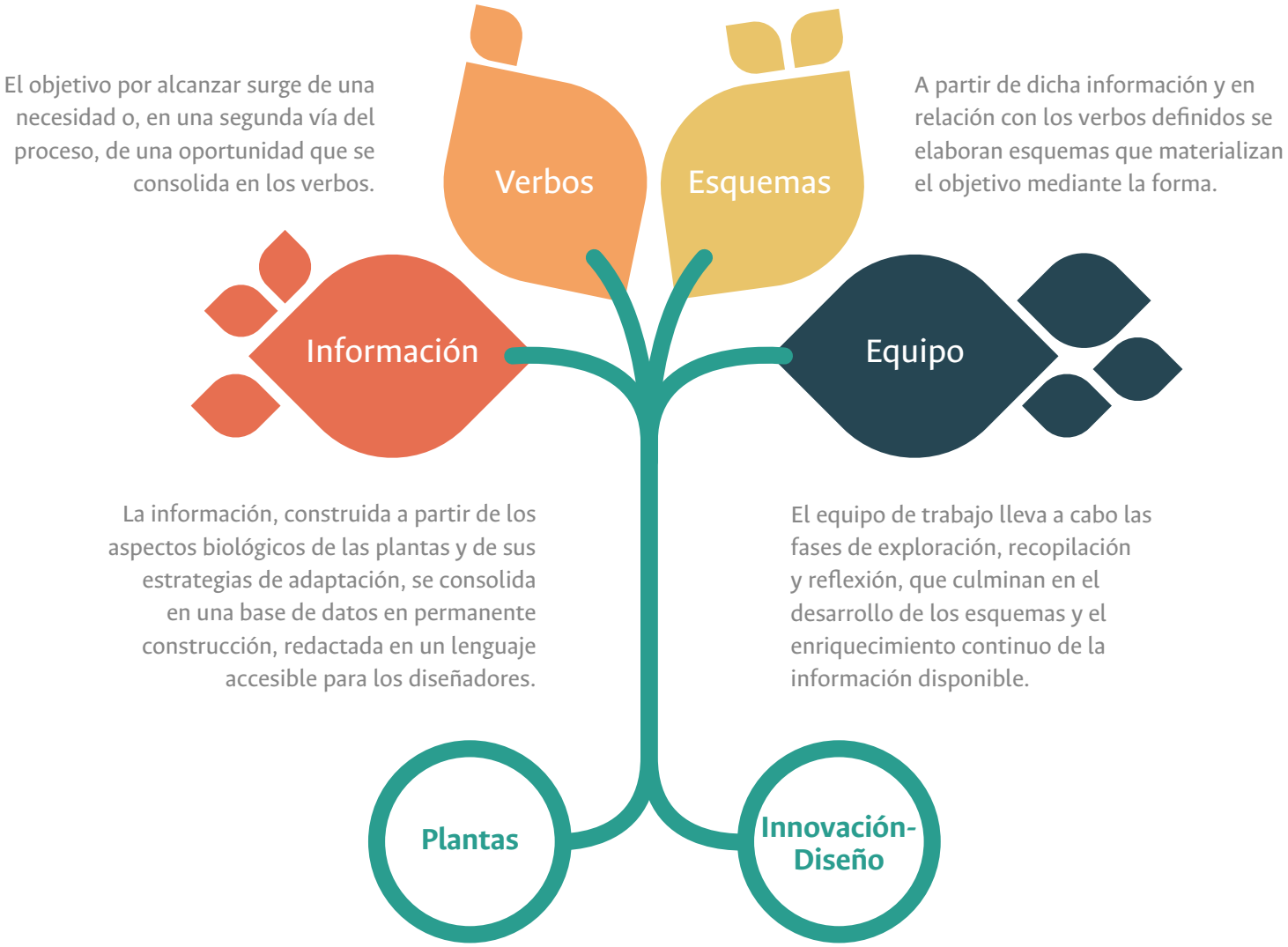
Esta etapa del proceso se adelanta, en primer lugar, como una exploración creativa por parte de un equipo de trabajo sensibilizado frente a la visión del mundo de las plantas y a las maneras en que estas afrontan y resuelven sus desafíos. Posteriormente, se procede a la elaboración de esquemas formales que ejecutan la acción, mediante la observación, la reflexión y la consulta de la información recopilada. Además, estas fichas se alimentan mediante una construcción constante desde el proceso de discusión al interior de los equipos de trabajo, lo cual enriquece la creatividad a partir de los insumos utilizados en el desarrollo del proceso.

Estos esquemas constituyen el material creativo que se somete a discusión dentro del equipo y que se perfecciona mediante bocetos y modelados que permiten continuar el desarrollo de las propuestas proyectuales.

Taxonomía del proceso

Elementos involucrados en el proceso metodológico

Figura 7. *Insumos y elementos del proceso metodológico*



Fuente: Elaboración propia.

Insumos

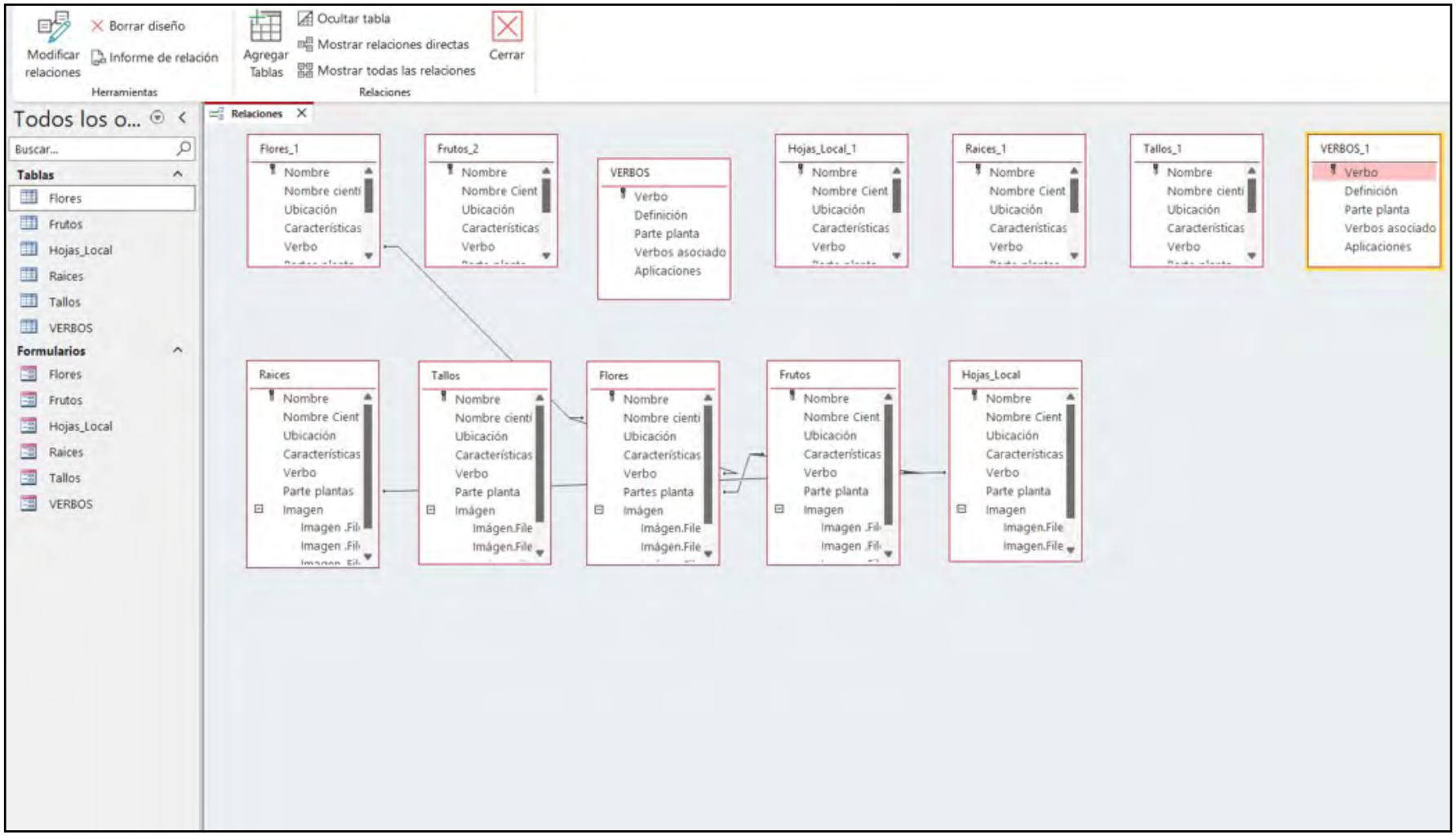
En principio, se cuenta con la información elaborada a partir de los aspectos biológicos sobre las plantas y sus estrategias de adaptación, la cual se consolida en una base de datos en constante construcción, redactada en un lenguaje accesible para los diseñadores. Esta base de datos incluye una relación de los verbos del diseño y una recopilación de las formas y partes de las plantas, en la que dicha información se organiza y clasifica. Se propone que la base de datos se actualice de manera continua a medida que se desarrollen nuevos proyectos y exploraciones.

Formularios que alimentan la base de datos

- Dentro de la base de datos se generan formularios que permiten explorar la información existente y, al mismo tiempo, mantener un canal abierto para que quienes la utilicen puedan seguir alimentándola mediante una aplicación de consulta abierta. Esta herramienta será cada vez más poderosa en la medida en que se construye de forma colectiva, integrando información botánica junto con aquella relacionada con la innovación y el diseño.

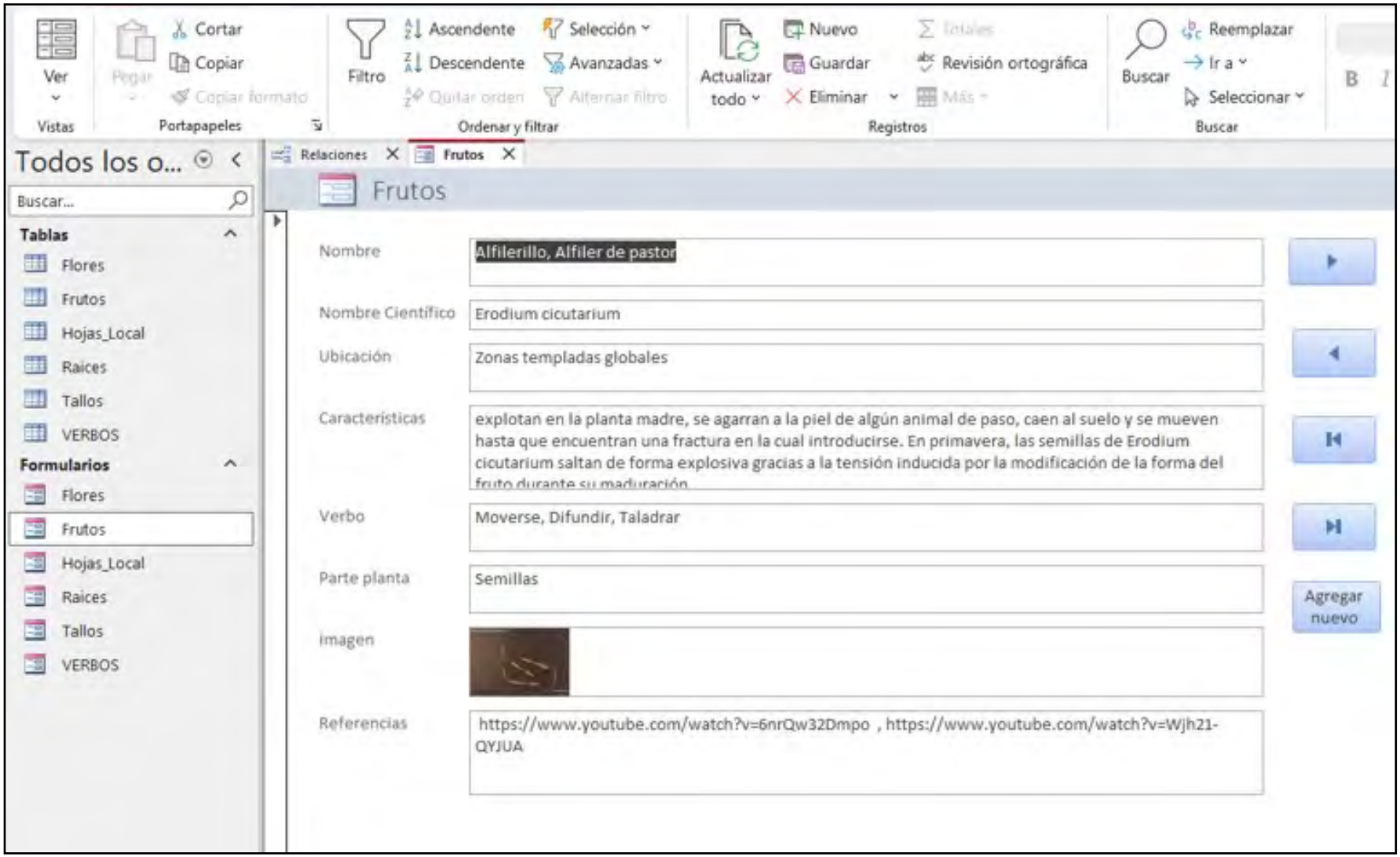
- Los formularios que alimentan la base de datos se clasifican según las partes de las plantas, los verbos identificados y las innovaciones potenciales que de ellos se deriven (véase las tablas 2 y 3).

Tabla 2. *Base de datos, información recopilada y estructura del sistema de alimentación de la información*



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. *Base de datos, información recopilada y estructura del sistema de alimentación de la información*



Fuente: Elaboración propia.

Información verbos

Tabla 4. *Base de datos, información recopilada y estructura del sistema de alimentación de la información*

Atrapar	p. 62
Capturar	p. 66
Colgar	p. 70
Defenderse	p. 72
Desenrollar	p. 74
(Des) enrollar	p. 76
Desplegar	p. 78
Engañar	p. 80
Entorchar	p. 86
Escalar	p. 88
Esparcir	p. 90
Flotar	p. 92
Guiar	p. 96
Hospedar	p. 98
Orientar	p. 104
Proteger	p. 106
Traspasar	p. 110
Trepar	p. 112

Fuente: Elaboración propia.

Nota. En las descripciones de esta tabla se tuvieron en cuenta las apreciaciones y las conclusiones de las conversaciones con los expertos del Jardín Botánico de Bogotá Boris Villanueva Tamayo, Sonia Amézquita y Nicolás Rodríguez J.

Verbos (base de datos con información recopilada) *

- Se recopila una base de datos en la que se definen los verbos y se establecen sus conexiones con las diferentes partes de las plantas. En ella se proponen algunos verbos asociados.
- Dicha base servirá de insumo para la exploración de los verbos en relación con las funciones y las partes de las plantas, así como para la discusión sobre sus posibles aplicaciones.
- La información permanecerá en constante construcción y se actualizará con los nuevos datos que surjan durante la aplicación de la metodología (véase la Tabla 5).

Tabla 5. *Base de datos sobre la información recopilada*

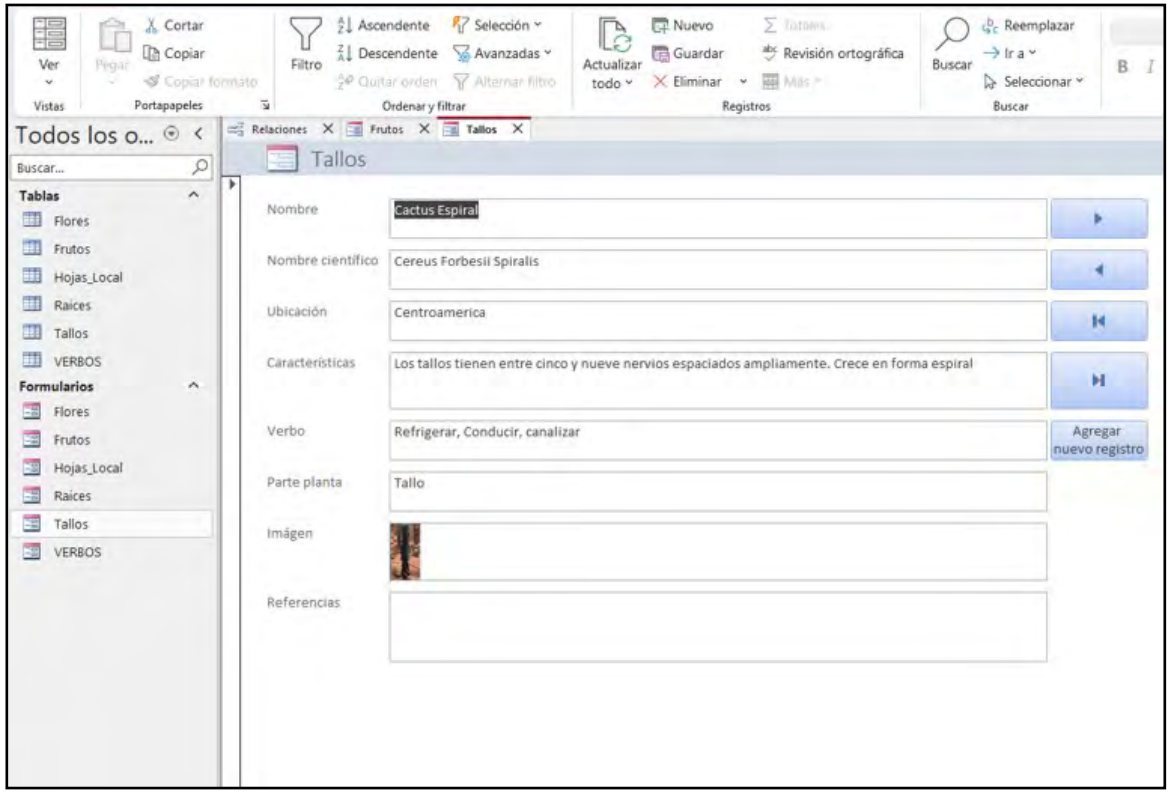
Verbo	Definición	Parte de la planta	Verbos asociados
abrir	«Descubrir o hacer patente lo que está cerrado u oculto. Quitar o separar lo que mantiene cerrado algo, para que deje de estarlo. Desencajar una pieza o instrumento con que se cierra algo. Dejar al descubierto algo, haciendo que aquello que lo oculta se aparte o se retire. Separar las partes del cuerpo de un animal o las piezas de objetos o instrumentos unidas por diferentes elementos, de modo que entre ellas quede un espacio mayor o menor, o formen ángulo o línea recta».	flores, frutos, hojas.	separar.
absorber	«Atraer y retener un líquido, gas o vapor. Consumir enteramente algo. Incorporar materias o sustancias externas».	semillas, frutos.	subsumir, incorporar.
adentrar	«Internarse, meterse alguien o algo en un camino, un espacio, etc.».	raíces, semillas, tallos.	entrar, penetrar.
alimentar	«Dar alimento a un ser vivo. Suministrar a un aparato la materia o la energía que precisa para su funcionamiento».	fruto, raíces.	entregar.
almacenar	«Reunir, guardar o registrar en cantidad algo. Poner en resguardo una cantidad de algo».	flores, raíces.	guardar.
atraer	«Hacer que algo o alguien acuda hacia sí. Ganar la voluntad, el afecto, el gusto o la atención de otra cosa. Mantener cohesión recíproca con otras cosas en virtud de sus propiedades físicas».	flores.	seducir.
atrapar	«Conseguir algo de provecho. Coger algo que pasa de rápidamente».	hojas, flores.	coger, capturar.

Fuente: Elaboración propia con base en Asale (s. f.).

***Nota.** Las definiciones que se presentan en esta tabla corresponden a Asale (s. f.).

- Se recopila información sobre los verbos, que incluye su definición, los verbos asociados y las partes de las plantas que ejecutan dicha acción.
- Se organiza la información sobre las plantas según las partes que ejecutan el verbo designado. En algunos casos, una misma parte vegetal puede realizar varias acciones, o bien un verbo puede ejecutarse en distintas partes de otras plantas. Por ello que la base de datos permite realizar búsquedas a partir del verbo, de la parte de la planta o de la especie misma (véase las Tablas 6 y 7).

Tabla 6. *Formulario para recopilar información sobre las partes de las plantas*



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. *Formulario para recopilación sobre los verbos y verbos asociados*

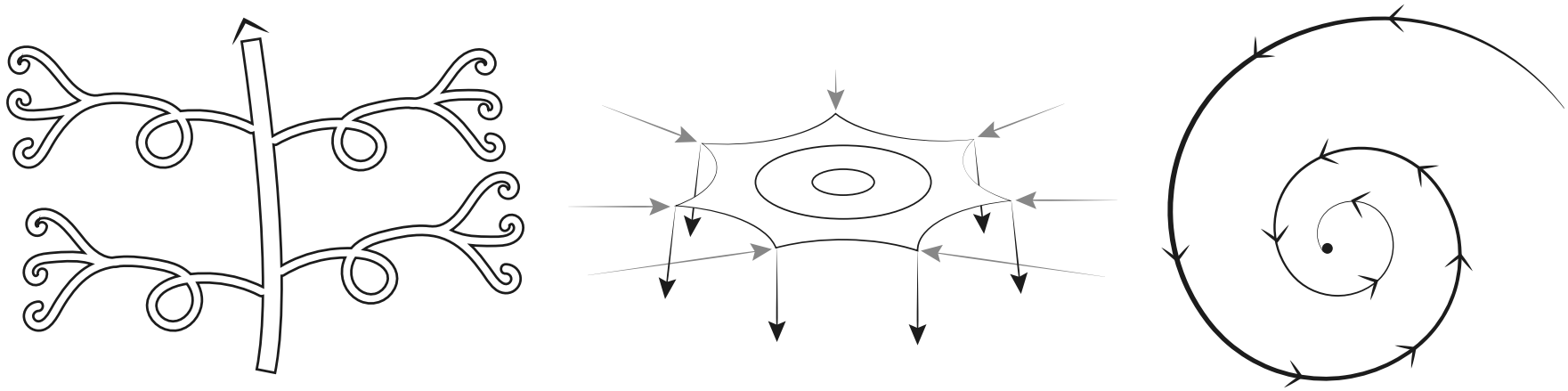
Verbo	Definición	Parte de la planta	Verbos asociados
caer	«Colgar, pender, inclinarse. Moverse de arriba hacia abajo por la acción de su propio peso».	hojas, flores.	mover, soltar.
capturar	«Apresar o hacer prisionero algo. Aprehender, apoderarse de alguien o algo».	hojas, raíces.	atrapar, coger.
colectar	«Asegurar, poner o tener en custodia algo. Actividad de juntar en un sitio algo y retenerlo».	flores, raíces.	recoger, guardar, recopilar.
contraer	«Estrechar, juntar algo con otra cosa. Reducirse a menor tamaño».	flores, raíces.	recoger, reducir.
defender	«Mantener, conservar o sostener algo contra el dictamen ajeno».	flores, semillas, tallos.	amparar, librar, proteger.
depositar	«Colocar algo en un sitio determinado y por tiempo indefinido. Dicho de una materia: separarse del líquido en el que está en suspensión, cayendo al fondo».	semillas, flores.	poner, dejar, colocar
desplegar	«Desdoblar o extender lo que está plegado. Aclarar y hacer patente lo que estaba oscuro o poco inteligible».	flores, hojas, raíces.	extender, expandir, agrandar.
distribuir	«Dividir o repartir una cosa, señalando lo que corresponde a cada parte. Atribuir destino o posición a las partes de un todo».	flores, semillas.	repartir.

Fuente: Elaboración propia.

Elaboración de esquemas en torno a los verbos de la innovación

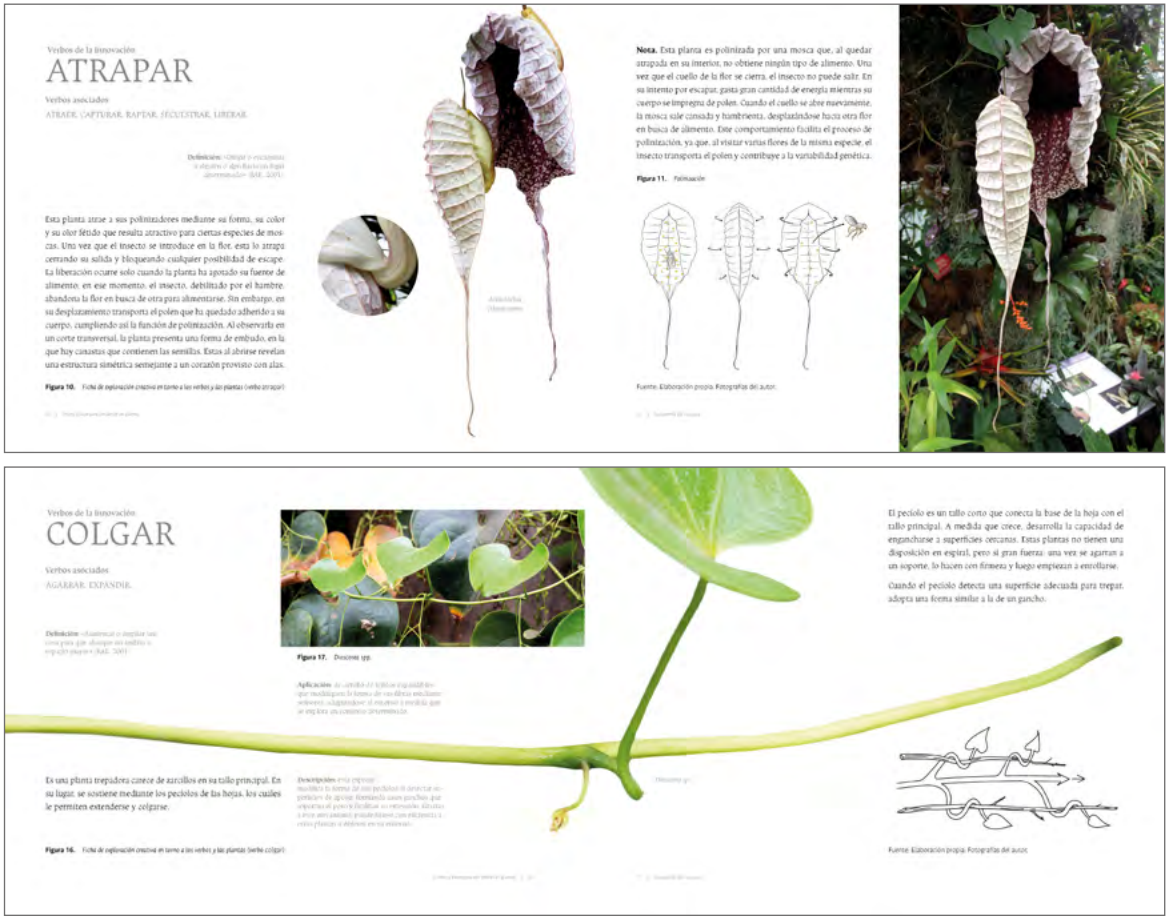
Se elaboran esquemas que permiten representar los verbos vinculados con la innovación (véase la Figura 8).

Figura 8. *Algunos esquemas en torno a los verbos de la innovación*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. *Fichas de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas*



Fuente: Elaboración propia.

Esquemas

Se desarrolla una serie de fichas exploratorias de los verbos en relación con las plantas, en las que es posible adelantar esquemas creativos que exploren la acción a la que refiere el verbo y aproximaciones a su resolución formal (véanse las Figuras 9-52).

Verbos de la innovación

ATRAPAR

Verbos asociados

ATRAER, CAPTURAR, RAPTAR, SECUESTRAR, LIBERAR.

Definición: «Dirigir o encaminar a alguien o algo hacia un lugar determinado» (RAE, 2001).

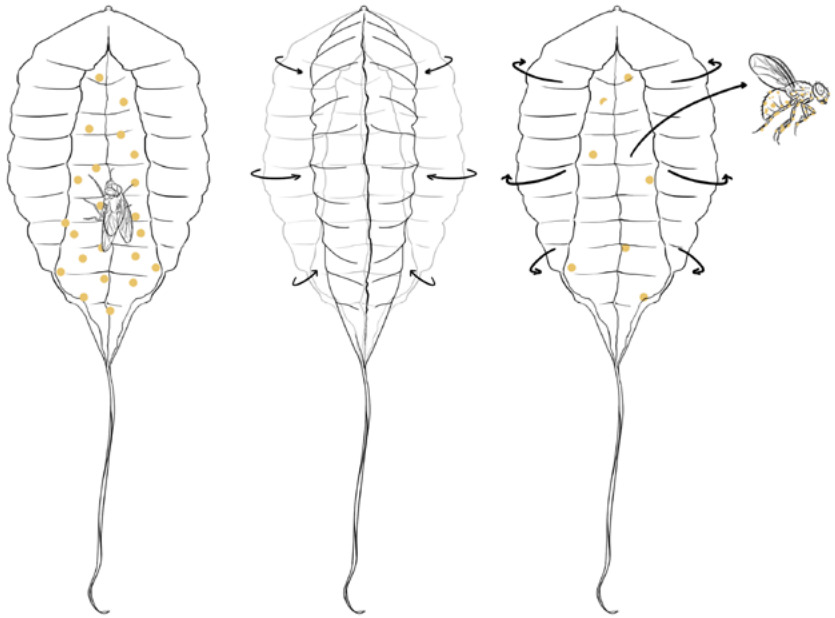
Esta planta atrae a sus polinizadores mediante su forma, su color y su olor fétido que resulta atractivo para ciertas especies de moscas. Una vez que el insecto se introduce en la flor, esta lo atrapa cerrando su salida y bloqueando cualquier posibilidad de escape. La liberación ocurre solo cuando la planta ha agotado su fuente de alimento; en ese momento, el insecto, debilitado por el hambre, abandona la flor en busca de otra para alimentarse. Sin embargo, en su desplazamiento transporta el polen que ha quedado adherido a su cuerpo, cumpliendo así la función de polinización. Al observarla en un corte transversal, la planta presenta una forma de embudo, en la que hay canastas que contienen las semillas. Estas al abrirse revelan una estructura simétrica semejante a un corazón provisto con alas.

Aristolochia Odoratissima

Figura 10. *Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo* atrapar*)*

Nota. Esta planta es polinizada por una mosca que, al quedar atrapada en su interior, no obtiene ningún tipo de alimento. Una vez que el cuello de la flor se cierra, el insecto no puede salir. En su intento por escapar, gasta gran cantidad de energía mientras su cuerpo se impregna de polen. Cuando el cuello se abre nuevamente, la mosca sale cansada y hambrienta, desplazándose hacia otra flor en busca de alimento. Este comportamiento facilita el proceso de polinización, ya que, al visitar varias flores de la misma especie, el insecto transporta el polen y contribuye a la variabilidad genética.

Figura 11. *Polinización*



Fuente: Elaboración propia. Fotografías del autor.

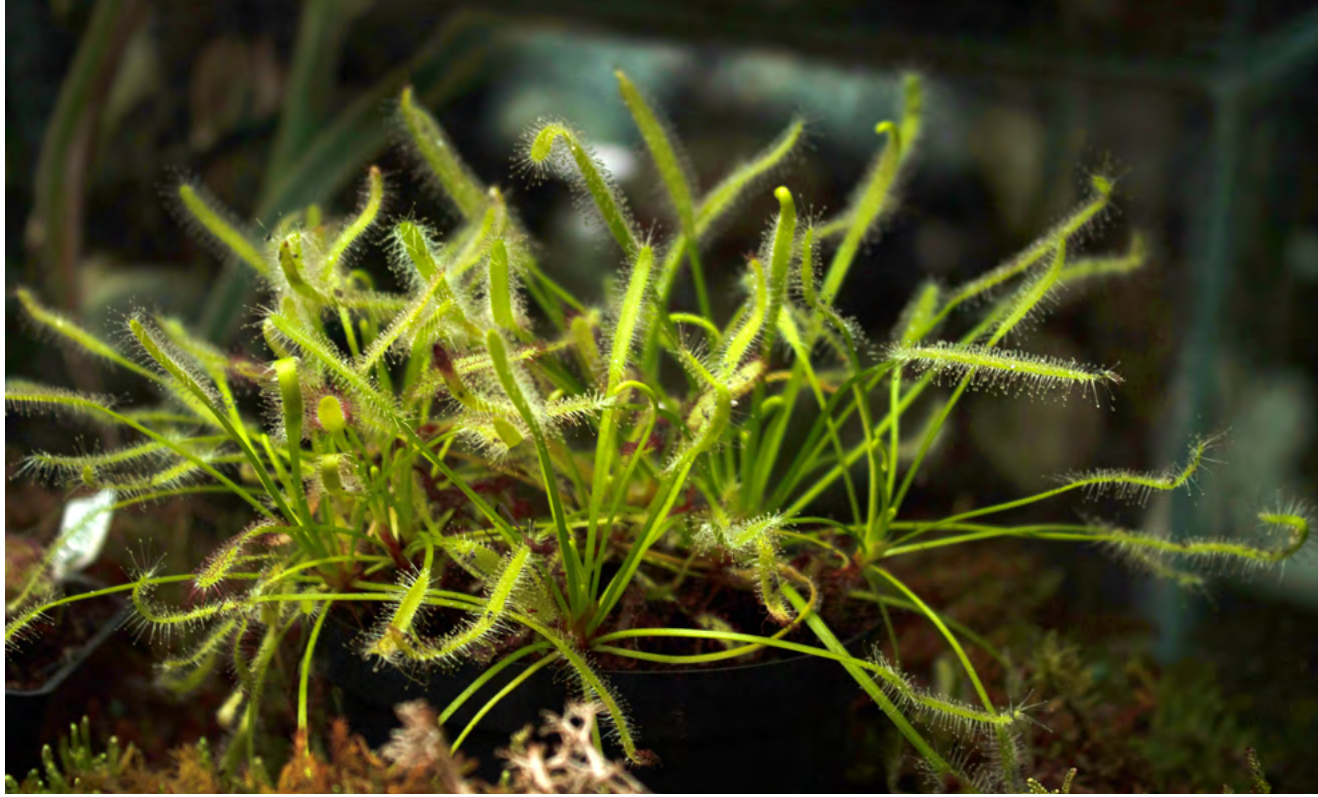
Nota. Las droseras comprenden numerosas especies capaces de atrapar y retener a sus presas mediante increíbles filamentos dotados de diminutas fibras adhesivas. Algunas especies pueden engañar a sus presas con colores y olores que simulan fuentes de alimento. Durante su crecimiento, las hojas de la *Drosera capensis* están enrolladas; luego, al crecer, estas se despliegan por completo. Cuando un insecto se adhiere a la superficie de la hoja, la planta responde enrollándola para atraparlo. El contacto del insecto activa un estímulo que desencadena el movimiento envolvente y el cierre de la trampa, una estrategia inusual en la mayoría de las plantas.

Figura 12. *Drosera capensis*

Fuente: Elaboración propia. Fotografías del autor.

Dado que la Drosera solo puede absorber los nutrientes del insecto en las zonas que están en contacto directo con la superficie foliar, tiende a enrollar para aumentar la superficie de contacto aumentar la absorción. Cuanto más lo envuelva, mayor será su capacidad para asimilar los nutrientes.

*La mayoría de las especies de droseras presentan este movimiento; sin embargo, algunas, como la binata no enrollan toda la hoja, sino únicamente los filamentos sensitivos.



Verbos de la innovación

CAPTURAR

Aplicación: en zonas desérticas se emplean mallas capaces de capturar gotas, las cuales van escurriendo por capilaridad.

Melocactus schatzlil

Verbos asociados

PROTEGER, DEFENDER, CANALIZAR

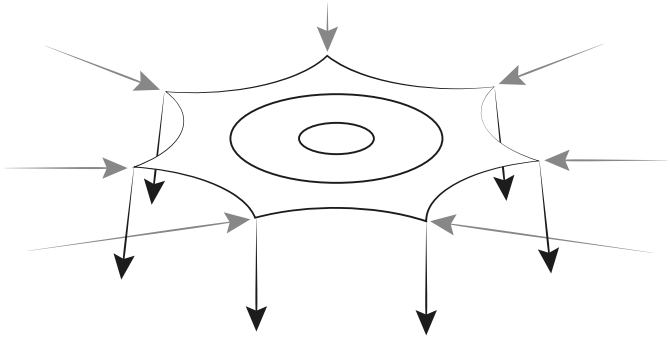
La corona, compuesta por numerosos pelos, cumple la función de captar agua. Estos pelos descienden hacia el interior del cactus y tienen la capacidad de retener la humedad del ambiente.

Según una hipótesis formulada por Boris Villanueva (Jardín Botánico de Bogotá), los *Melocactus* no absorben agua del suelo, sino que el rocío se adhiere a los pelos y luego se desliza hacia el interior de la planta. Las espinas, por su parte, contribuyen a evitar la depredación y actúan como elementos de protección.

Figura 13. *Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo* capturar*)*

Fuente: Elaboración propia. Fotografías del autor.

Nota. El mecanismo de esta planta captura las gotas del agua y conserva las raíces. Las espinas cumplen una doble función: proteger la planta y optimizar su eficiencia hídrica. Cuando el ejemplar se deshidrata, puede observarse que su estructura interna actúa como una esponja que absorbe y retiene el agua. Este fenómeno sucede en toda la planta, ya que el agua no se concentra en un punto específico, sino que se distribuye uniformemente a lo largo de su estructura. En efecto, el esqueleto del *Melocaptus* se asemeja a una esponja.



El proceso puede compararse con el funcionamiento de un acuífero subterráneo. A menudo se cree que un acuífero es una cavidad llena de agua, pero en realidad se trata de una roca porosa saturada de líquido, la cual libera el agua a través de pequeños canales hasta encontrar su salida. De manera análoga, la planta almacena y canaliza el agua dentro de su cuerpo, enviándola principalmente hacia las raíces para facilitar el transporte de nutrientes y asegurar las funciones vitales que garantizan su supervivencia.

Figura 14. *Melocactus schatzlil*

Fuente: Fotografía del autor.

Verbos de la innovación

CAPTURAR
la humedad del aire

Verbos asociados

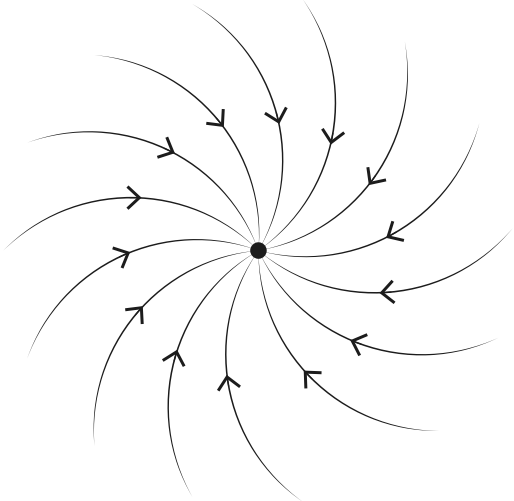
ABRIGAR, REFLEJAR, ATRAPAR, RECOLECTAR

Cephalocereus

Por medio de sus vellosidades la planta captura la humedad y, al mismo tiempo, mantiene el calor interno. Su función también es abrigar, debido a que los desiertos tienen temperaturas muy altas en el día, pero pueden llegar a ser muy bajas en la noche y la madrugada. Otro verbo asociado es *reflejar*, pues el color blanco de sus vellosidades contribuye a reflejar la luz solar y a mantener la planta fresca en zonas de radiación excesiva.

Figura 15. *Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo* capturar *la humedad del aire)*
Fuente: Elaboración propia. Fotografías del autor.

Descripción: las vellosidades de la planta recogen la humedad del aire y evitan su evaporación.



Verbos de la innovación

COLGAR

Verbos asociados

AGARRAR, EXPANDIR.

Definición: «Aumentar o ampliar una cosa para que abarque un ámbito o espacio mayor» (RAE, 2001).

Figura 17. *Dioscorea spp.*

Aplicación: desarrollo de tejidos expandibles que modifiquen la forma de sus fibras mediante sensores, adaptándose al entorno a medida que se explora un contexto determinado.

Es una planta trepadora carece de zarcillos en su tallo principal. En su lugar, se sostiene mediante los pecíolos de las hojas, los cuales le permiten extenderse y colgarse.

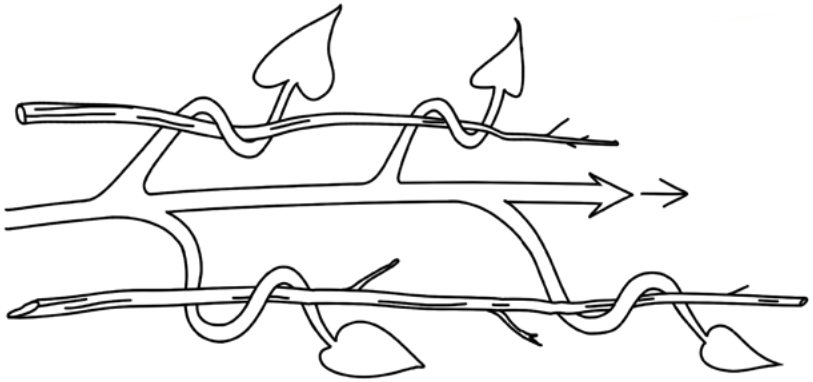
Descripción: esta especie modifica la forma de sus pecíolos al detectar superficies de apoyo, formando unos ganchos que soportan el peso y facilitan su extensión. Gracias a este mecanismo, puede fijarse con eficiencia a otras plantas u objetos en su entorno.

Figura 16. *Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo* colgar*)*

El pecíolo es un tallo corto que conecta la base de la hoja con el tallo principal. A medida que crece, desarrolla la capacidad de engancharse a superficies cercanas. Estas plantas no tienen una disposición en espiral, pero sí gran fuerza: una vez se agarran a un soporte, lo hacen con firmeza y luego empiezan a enrollarse.

Cuando el pecíolo detecta una superficie adecuada para trepar, adopta una forma similar a la de un gancho.

Dioscorea sp.



Fuente: Elaboración propia. Fotografías del autor.

Verbos de la innovación

DEFENDERSE

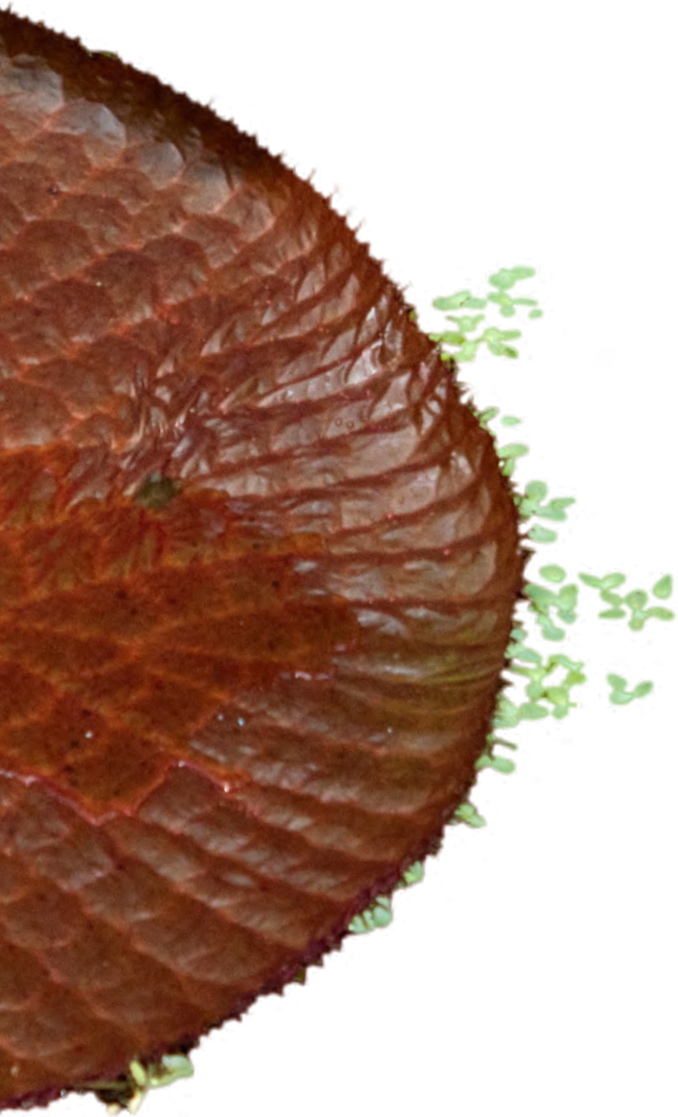
Verbos asociados

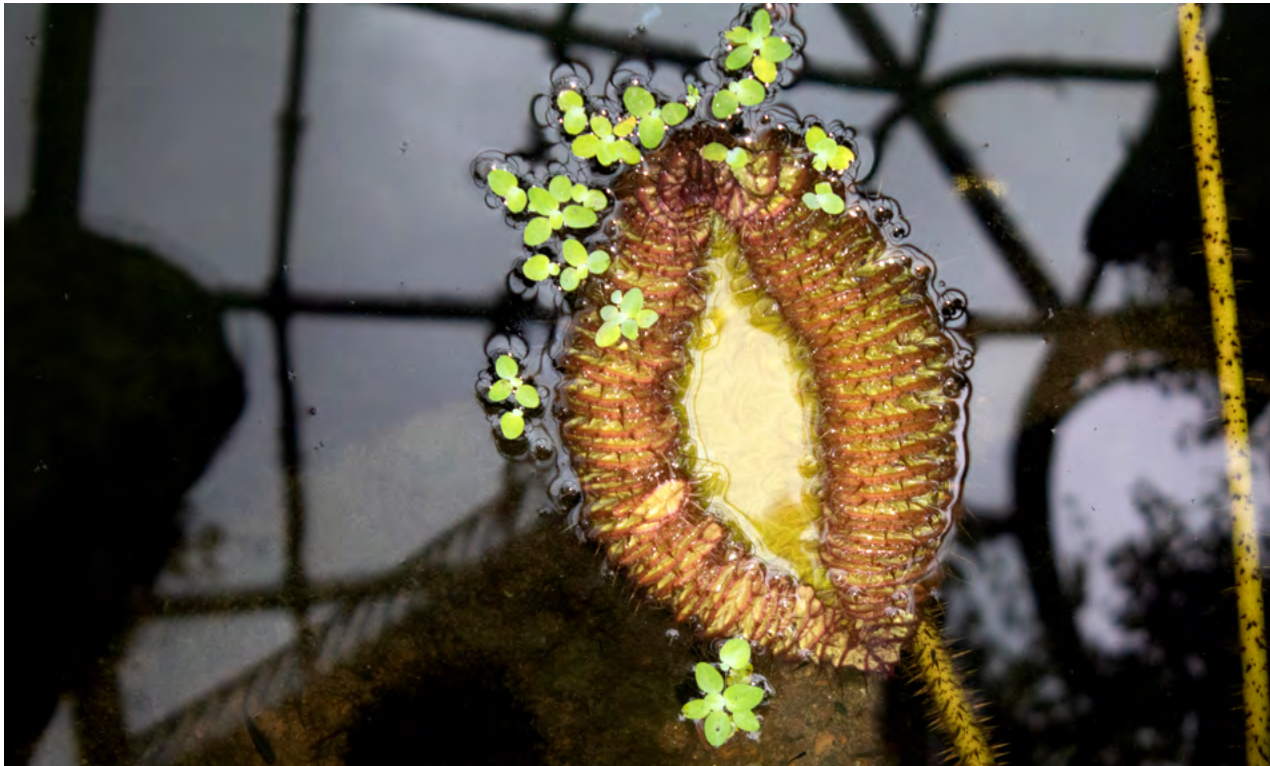
PROTEGER, EXTENDERSE, AGRANDAR, ESTIRAR, DESPLEGAR.

Victoria amazonica

Las espinas de esta planta, además de facilitar la flotación de las hojas, cumplen una función protectora al impedir que los peces las devoren. Por esta razón, el verbo defenderse resulta especialmente pertinente para describir a la *Victoria amazonica*. Dado que las plantas carecen de movilidad, desarrollan sistemas de defensa como las espinas, que garantizan su supervivencia e integridad.

Figura 18. *Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo* defenderse*)*





Fuente: Elaboración propia. Fotografías del autor.

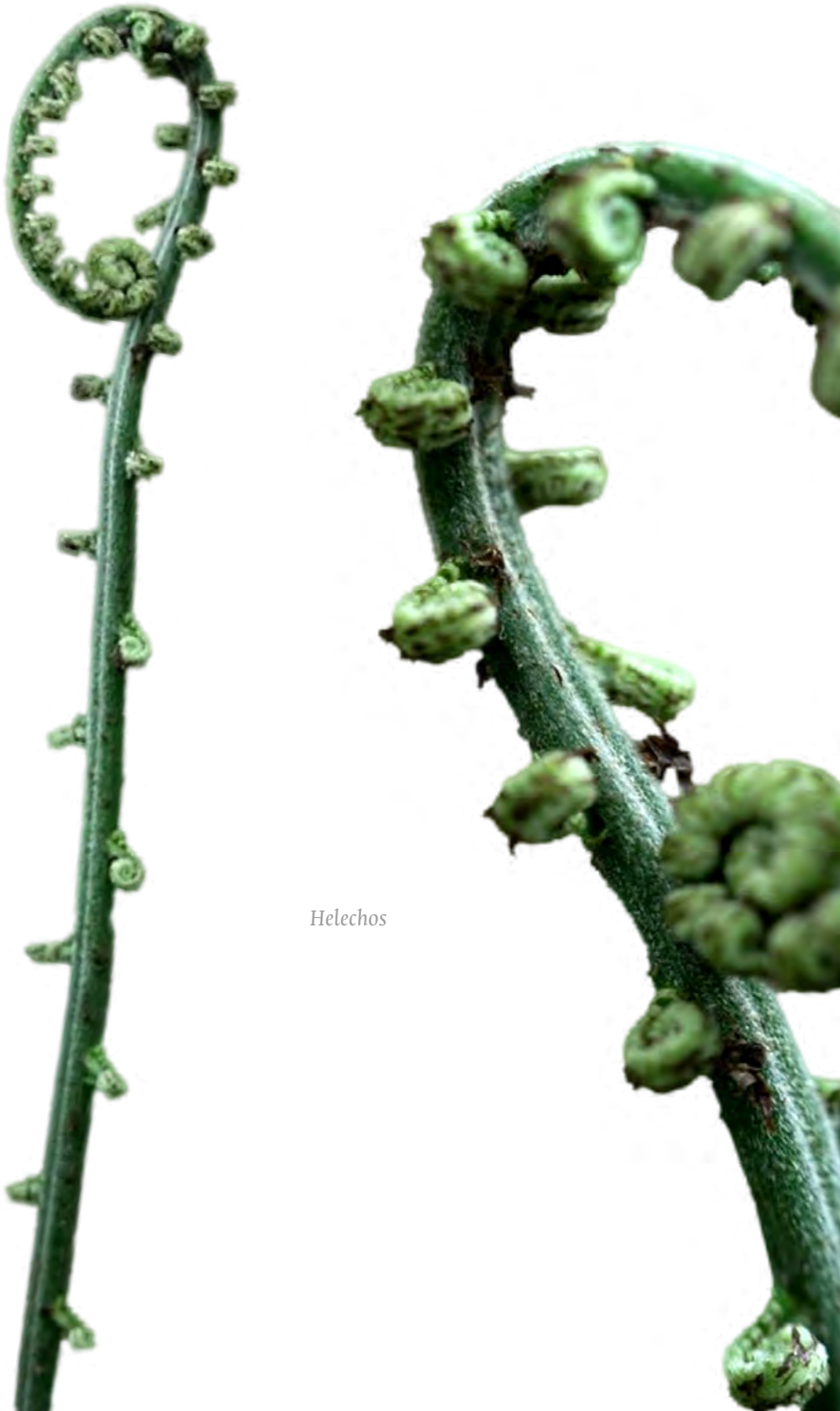
Verbos de la innovación

DESENRROLLAR

Verbos asociados

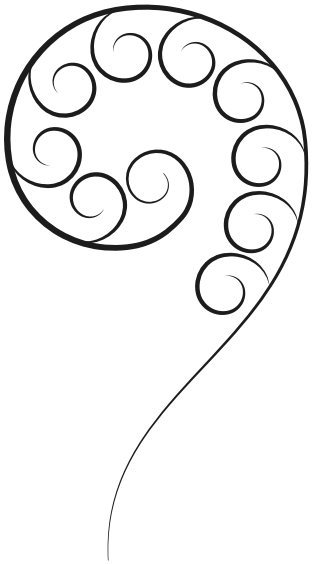
ABRIRSE, DISTRAER, PROTEGER.

En los helechos, este fenómeno resulta particularmente complejo porque cada fronde está enrollado, pero a la vez hace parte de un conjunto mayor a medida que crece, el helecho desarrolla hojas muy compuestas, donde cada parte refleja la estructura del todo. Este principio puede relacionarse con la noción de fractales, dado que las hojas –o frondes–), reproducen a menor escala la forma general del helecho completo. Este tipo de organización fractal puede observarse en diversos fenómenos naturales; por ejemplo, en la formación de las estrellas.



Helechos

Figura 19. *Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo* desenrollar*)*
Fuente: Fotografías de Boris Villanueva.



Descripción: el fronde –nombre que recibe la hoja del helecho– se encuentra inicialmente enrollado y, al completar su crecimiento, se desenrolla de manera progresiva. Al mismo tiempo, lo hace todo el conjunto de espirales de la planta, la cual, también tiene forma de espiral.

Verbos de la innovación

[DES]ENRROLLAR

Verbos asociados

DESPLEGAR, EXTENDER, DESDOBLAR, ARMAR.

Xanthosoma

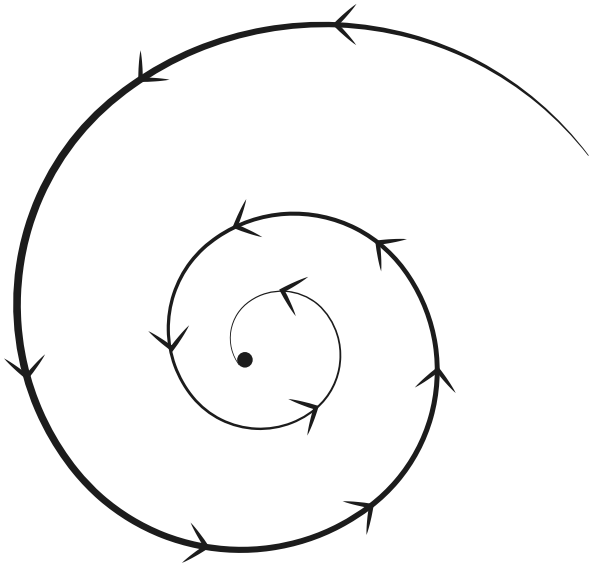
Definición: «Abrir o liberar algo que está plegado formando un rollo. Extender, estirar, desarrollar, desdoblar, desplegar» (RAE, 2001).

Esta planta desarrolla sus hojas en forma de cono entorchado, las cuales se despliegan progresivamente al desenrollarse. A partir de un espacio reducido, la hoja alcanza una amplia superficie, lo que constituye una estrategia natural para optimizar el uso del espacio y minimizar su esfuerzo.

Aplicación: cubrimiento de grandes superficies con el aprovechamiento racional del espacio.

Figura 20. *Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo* [des]enrollar)

Fuente: Elaboración propia. Fotografías del autor.



Verbos de la innovación

DESPLEGAR

Verbos asociados

CUBRIR, EXTENDERSE, AMPLIAR, EXPANDIRSE, ABARCAR.

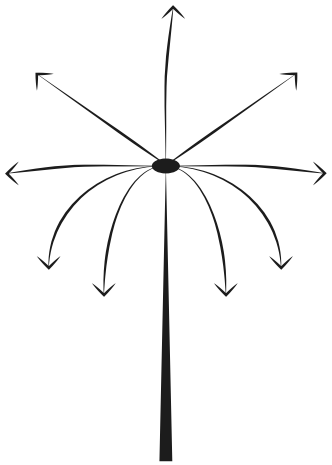
Definición: «Extender una cosa que está plegada» (Oxford Languages, s. f.).

Schefflera vasqueziana

Descripción: la planta desarrolla hojas dispuestas de forma concéntrica con el propósito de desplegarlas y superar la altura de otras especies, lo que le permite abarcar una amplia superficie.

Figura 21. *Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo* desplegar*)*

Fuente: Elaboración propia. Fotografías del autor.



Nota. A medida que la planta crece y asciende, obtiene un mayor acceso al espacio y, en consecuencia, puede absorber más luz. Este crecimiento vertical le permite sobresalir por encima de la capa superior del bosque, ampliando su superficie de exposición lumínica. Las hojas funcionan como una especie de «sombrillas». En las zonas donde están las copas de los árboles, estas se abren y, por las aberturas, dejan pasar la luz a la parte baja, beneficiándose tanto a sí misma como planta como a las demás especies vegetales del entorno. Lo anterior puede considerarse una acción «altruista».

Figura 22. *Hojas de* Schefflera vasqueziana

Fuente: Fotografías del autor.

Verbos de la innovación

DESPLEGAR

Verbos asociados

PLEGAR, CRECER, EXPANDIR CANALIZAR.

Carludovica palmata

Aplicación: canalización de líquidos para su recolección. Elaboración de sombreros.

Figura 23. *Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo* desplegar*)*

Fuente: Elaboración propia. Fotografías del autor.

Nota. Las palmas no viven en suelos donde el agua escasea. Sus hojas plegables, con forma de abanico, les permiten airearse y direccionar el viento; además, las hacen más flexibles. Dado que crecen en zonas de clima cálido y bochornoso, esta morfología favorece su aireación y evita la pérdida excesiva de agua por evaporación.

Las palmas mueven y disponen sus hojas –así como los foliolos o mechones– de acuerdo con la dirección del viento. Su flexibilidad se debe a que los tallos son parcialmente huecos, lo que les permite el movimiento.

La planta tiene hojas provistas de canales y nervaduras que se despliegan en forma de abanico para captar la luz y favorecer la circulación del aire. Esta especie abre el «abanico» de hojas hacia lado y lado para maximizar la superficie expuesta.

Figura 24. *Carludovica palmata*
Fuente: Fotografía del autor.

Verbos de la innovación

ENGAÑAR

Verbos asociados

ATRAPAR, GUIAR, DESLIZAR, CAPTURAR.

Sarracenia

Descripción: la planta atrae a sus presas engañándolas con olores, colores y el aroma característico de la carne en descomposición. En la parte interna de su boca presenta filamentos increíblemente sutiles que actúan como trampas. Cuando el insecto se aproxima, pierde el equilibrio y cae hacia el interior. Funciona como un perfecto resbaladero natural.

Nota. Las plantas de *Sarracenia* son capaces de atrapar, guiar, engañar y hacer deslizar a los insectos hacia el interior de su «boca». Cuando una presa se aproxima, termina cayendo dentro de la trampa, pues la superficie interna funciona como un resbaladero perfecto. Los «vitrales» que se observan en su interior permiten

Figura 25. *Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo* engañar)

Fuente: Elaboración propia. Fotografías del autor.

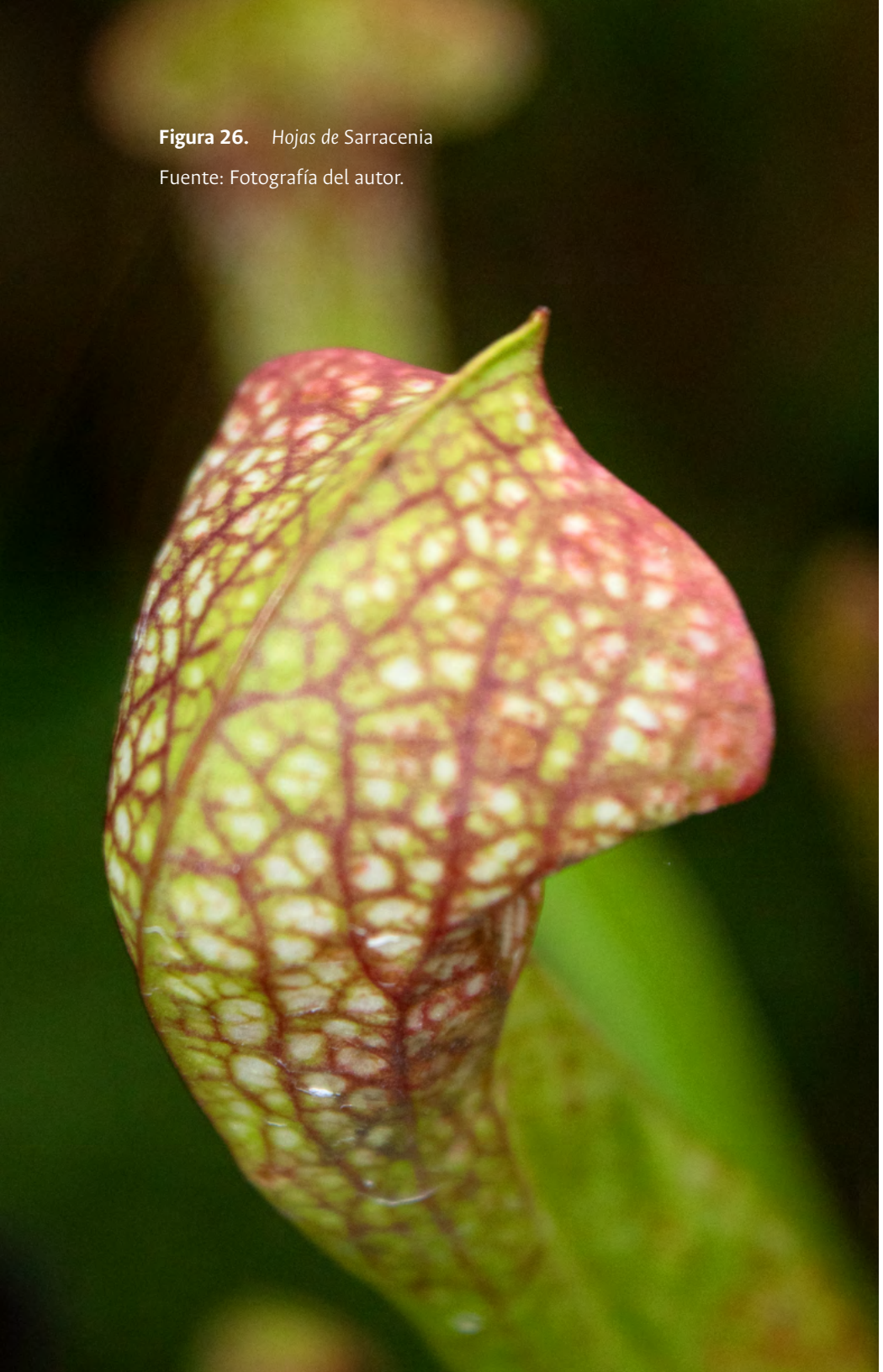


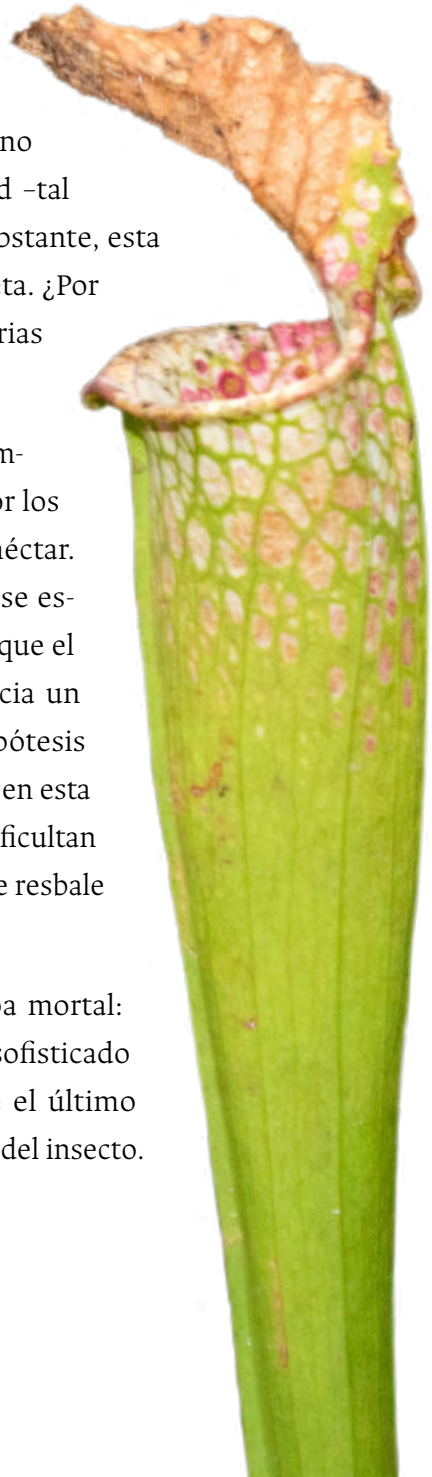
Figura 26. *Hojas de* Sarracenia

Fuente: Fotografía del autor.

que los insectos se sientan seguros y no se perciba la sensación de oscuridad –tal como sucede en una catedral–. No obstante, esta aparente seguridad es parte de la treta. ¿Por qué engañan las plantas? Tienen varias razones.

Una vez que el insecto ingresa a la trampa iluminada, se marea y embriaga por los compuestos dulces presentes en el néctar. A medida que desciende, el espacio se estrecha progresivamente, impidiendo que el «bicho» escape. Este diseño evidencia un claro efecto embudo. Una de las hipótesis de Boris Villanueva al respecto es que en esta zona existen unas vellosidades que dificultan el ascenso del insecto, haciendo que se resbale una y otra vez.

Toda la hoja actúa como una trampa mortal: su olor, color y sabor conforman un sofisticado sistema de atracción, mientras que el último eslabón del proceso es la degradación del insecto.

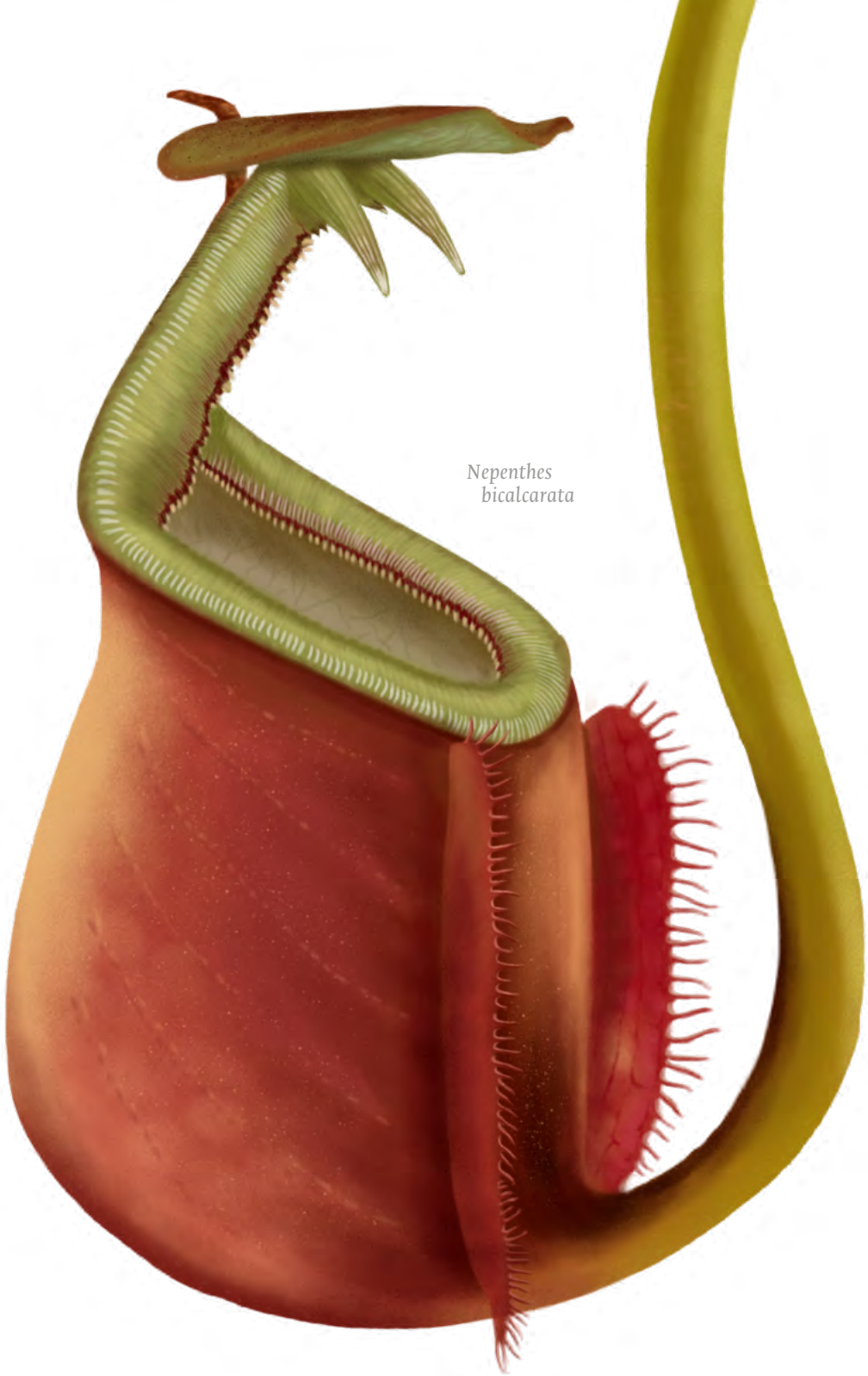


Verbos de la innovación

ENGAÑAR

Verbos asociados

CAPTURAR, DESLIZAR, GUIAR, TREPAR, ENROLLAR.



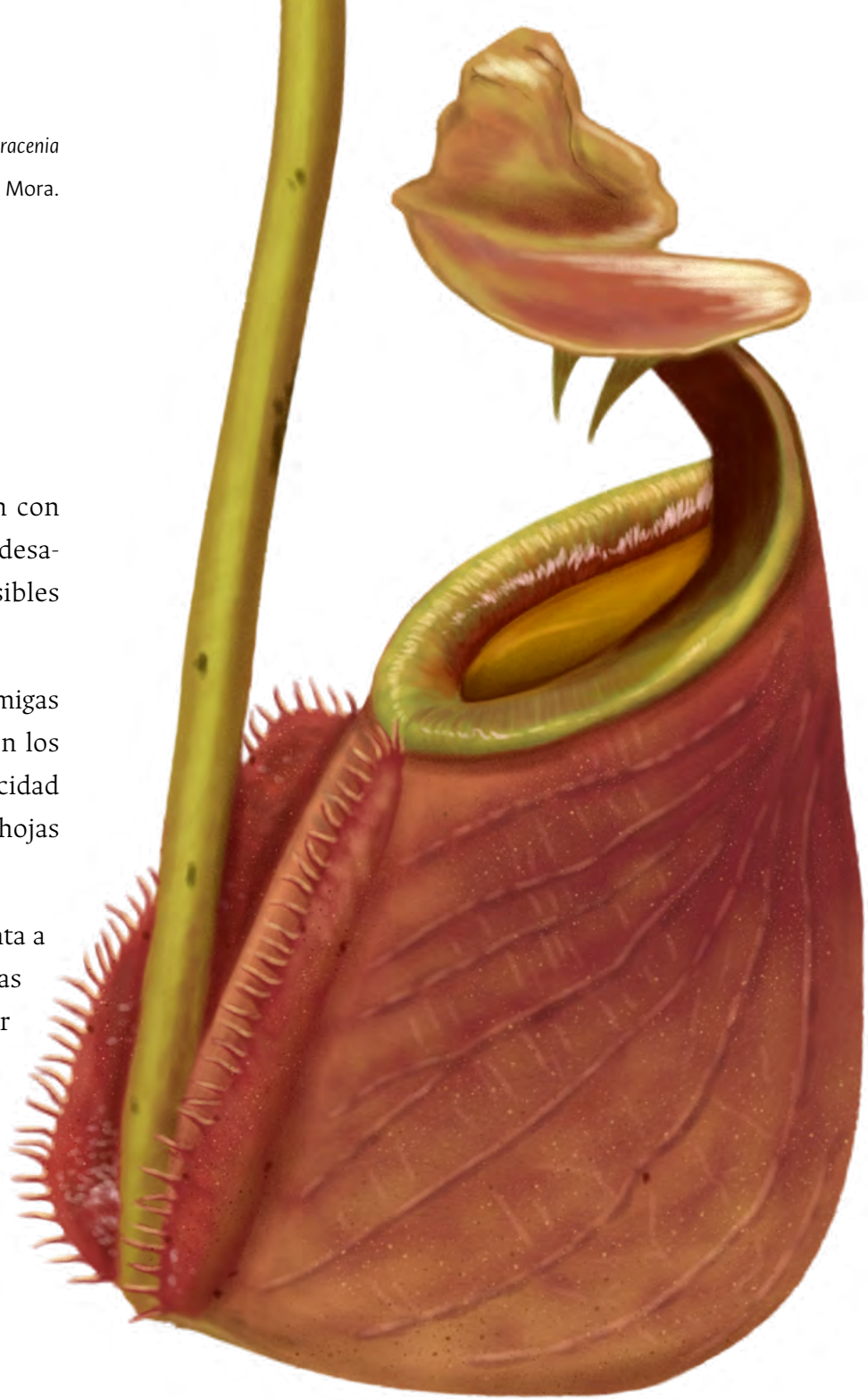
Esta especie es especialmente compleja y singular, con una morfología que recuerda a una mantis religiosa. Presenta una estructura semejante a un techo con dos «dientes». En esta zona, la planta segrega un néctar que atrae a las hormigas, las cuales, al ascender en busca de néctar, pierden adherencia a la superficie y terminan cayendo al interior de la trampa.

Figura 27. *Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo* engañar*)*

Fuente: Ilustración Luis Mora.

Figura 28. *Sarracenia*

Fuente: Ilustración Luis Mora.



Nota. Estas plantas mantienen una relación de coevolución con ciertos insectos que, en lugar de caer en sus trampas, han desarrollado adaptaciones que les permiten protegerlas de posibles depredadores.

En particular, establecen una estrecha asociación con las hormigas *Camponotus festinus ssp. eximius*, que anidan principalmente en los zarcillos huecos de la planta. Estas hormigas poseen la capacidad de desplazarse con agilidad por las paredes internas de las hojas sin caer dentro de ellas.

Gracias a su increíble fuerza, estas hormigas ayudan a la planta a eliminar algunas de las presas más grandes. Dado que algunas víctimas pueden comenzar a descomponerse antes de ser digeridas –lo que genera procesos de putrefacción capaces de dañar la jarra y acortar su vida útil–, las hormigas extraen y fragmentan los cuerpos en pedazos más pequeños para alimentarse de ellos. Es un beneficio mutuo en esta extraña relación simbiótica.

Verbos de la innovación

ENTORCHAR

Verbos asociados

RODEAR, ENREDAR, CUBRIR, RETORCER, TRENZAR.

Descripción: esta planta crece entorchándose alrededor de un árbol –o de una estructura similar– que le sirve de sostén. Su capa externa, de textura semejante al corcho, cumple una función protectora, pero a diferencia de otras especies trepadoras, la *Aristolochia* no asfixia.

Aristolochia

Figura 29. *Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo* entorchar*)*

Fuente: Elaboración propia. Fotografías del autor.

Dato curioso: algunas plantas trepadoras y enredaderas pueden llegar a tumbar grandes árboles en selvas o bosques densos. De esta forma despejan el espacio para permitir el ingreso de más luz y favorecer la regeneración vegetal a su alrededor. La caída de estos árboles incrementa la disponibilidad de nutrientes en el suelo, lo que contribuye a que todo el bosque se regenere.

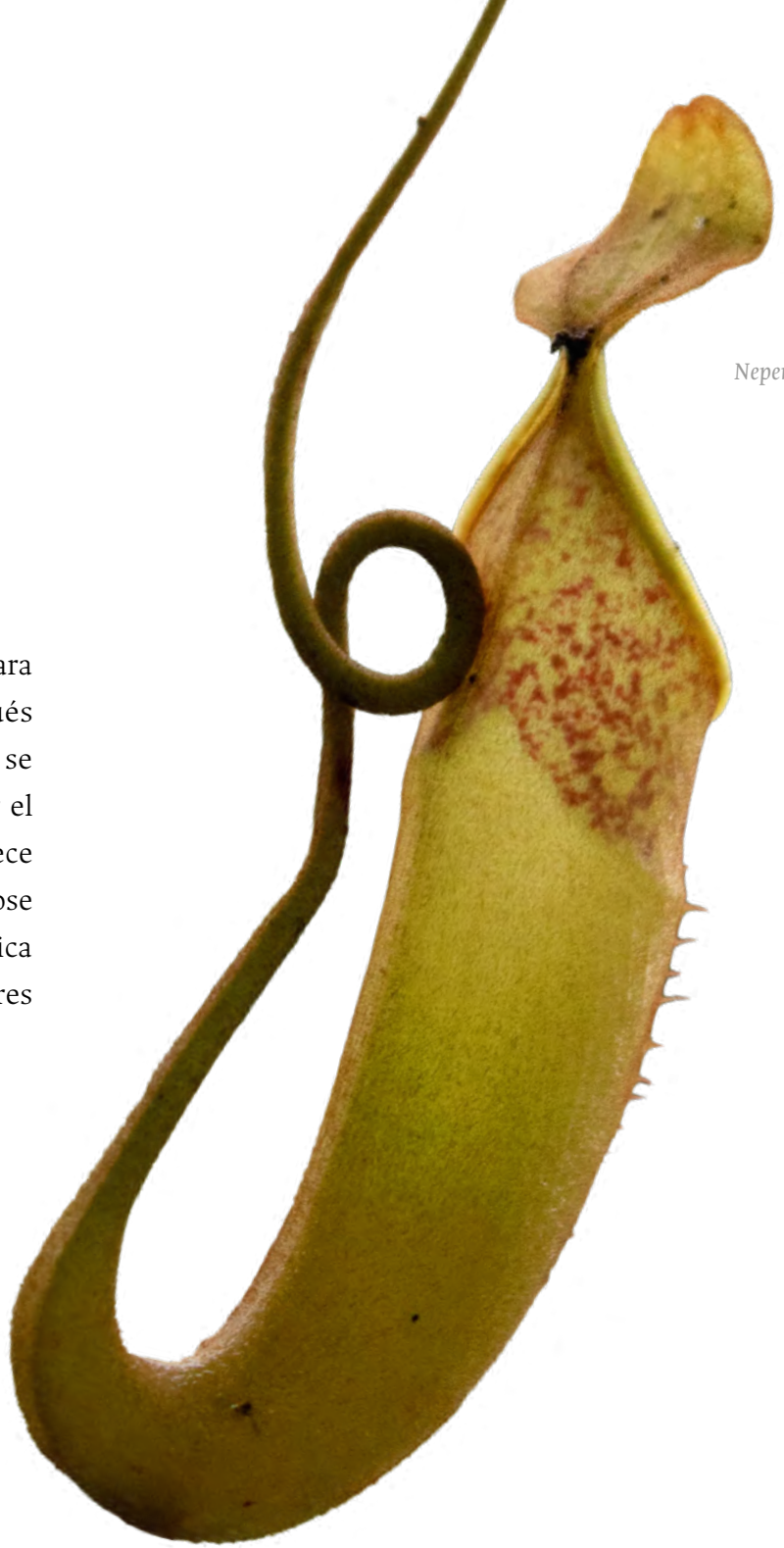
Verbos de la innovación

ESCALAR

Verbos asociados

TREPAR, ENGAÑAR, ATRAPAR, GUIAR.

La *Nepenthes* es una planta trepadora que utiliza un gancho para enrollarse y sujetarse, lo que le permite enredarse y después formar su característico jarrón. En esta especie la hoja emerge, se desarrolla y se transforma en una trampa. La planta trepa por el enrollamiento del gancho que actúa como punto de anclaje. Carece de raíces, ya que puede crecer en árboles muy altos, sosteniéndose de ellos sin necesidad de sujetarse al suelo. Esta característica se complementa con su conducta carnívora. Algunos ejemplares pueden vivir incluso en paredes de piedra.



Nepenthes

Figura 30. *Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo* escalar)

Fuente: Elaboración propia. Fotografías del autor.

Verbos de la innovación

ESPARCIR

Verbos asociados

REDIRIGIR, DISTRIBUIR, CANALIZAR.

Aráceas

Aplicación: alejar el goteo o atraer hacia adentro.

La familia de las aráceas desarrolla canales o nervaduras en sus hojas que permiten conducir el agua en diferentes direcciones. Estos sistemas de drenaje natural alejan el exceso de humedad de la raíz o distribuyen el agua alrededor de la planta, evitando la erosión del suelo donde están sus raíces. Viven en zonas muy húmedas y funcionan de manera opuesta a los cactus del desierto, los cuales están adaptados para retener el agua.

Figura 31. *Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo* esparcir*)*

Fuente: Elaboración propia. Fotografías del autor.

Verbos de la innovación

FLOTAR

Verbos asociados

CANALIZAR, RECOLECTAR REUNIR, ORIENTAR, ACOGER, DISTRIBUIR.

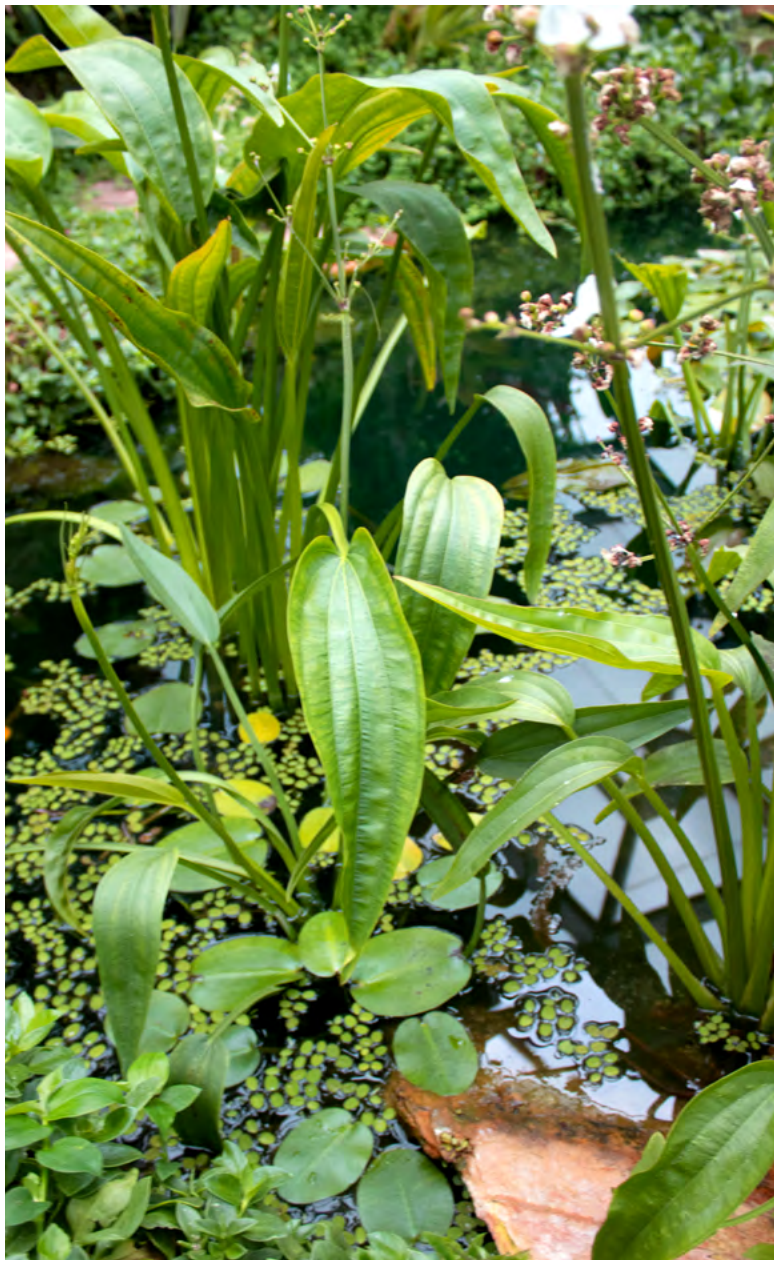
Echinodorus paniculatus

Definición: «Mantenerse [un cuerpo] en equilibrio sobre la superficie de un líquido o en suspensión en un gas» (Oxford Languages, s. f.).

Descripción: al ser una planta acuática, su estructura está adaptada para flotar. Los canales presentes en sus hojas constituyen un mecanismo que le permite aumentar la superficie sin mucho volumen, lo que contribuye a su ligereza. En general, su estructura es liviana y, en algunos casos, hueca, lo que le permite flotar y moverse con la corriente.

Figura 32. *Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo* flotar*)*

Fuente: Elaboración propia. Fotografías del autor.



Verbos de la innovación

FLOTAR

Verbos asociados

EMERGER, SOSTENERSE.

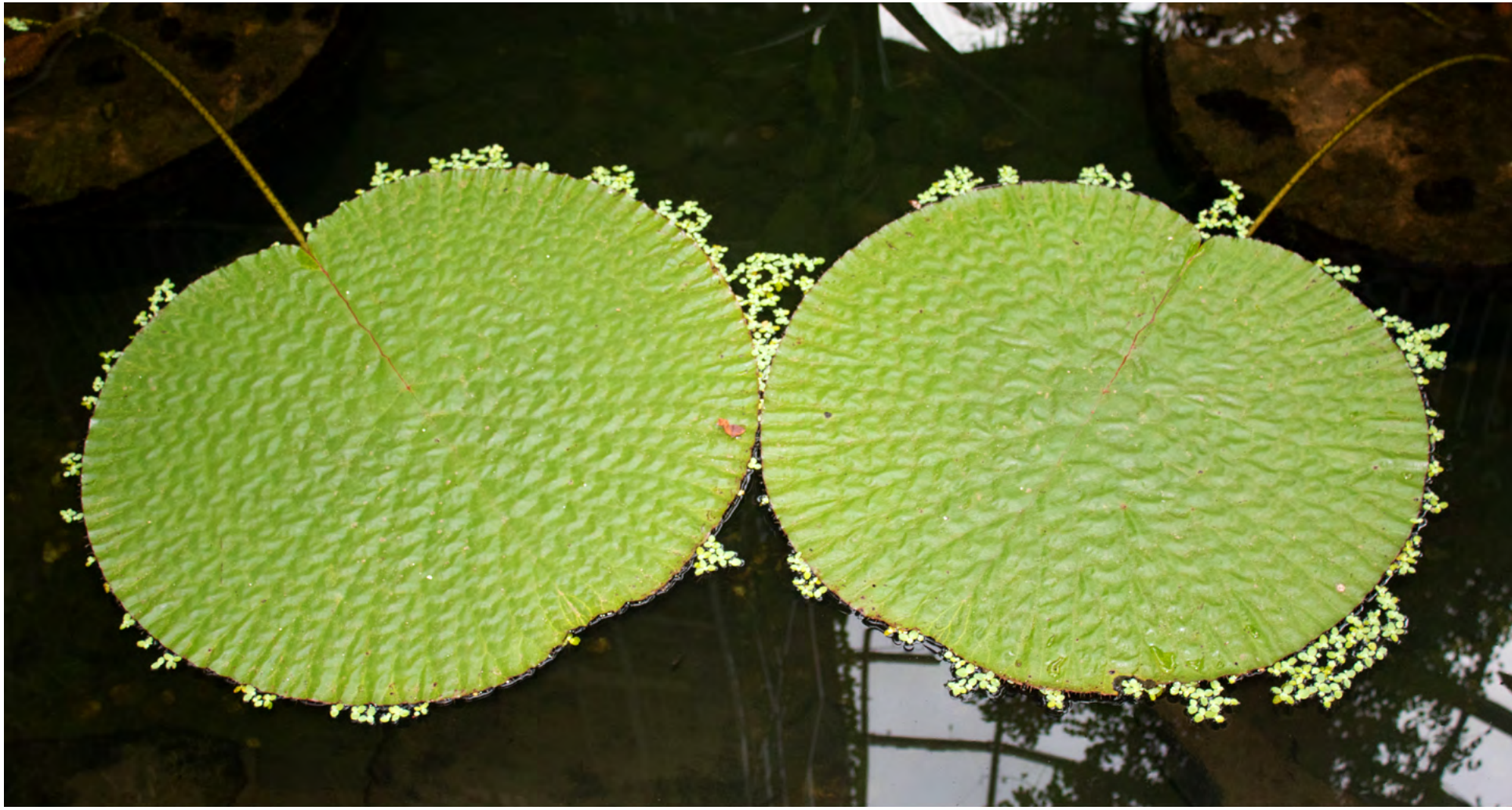
Victoria amazonica

Descripción: la hoja de esta planta, debido a su forma, acumula burbujas de aire que contribuyen a su flotabilidad. Su amplia superficie permite captar una mayor cantidad de luz solar y, al mismo tiempo, desplazar a sus competidoras.

Figura 33. *Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo* flotar)

Fuente: Elaboración propia. Fotografías del autor.

Nota. En el envés de las hojas de *Victoria amazonica* se observa una estructura geométrica de nervaduras que conforman celdas o compartimientos tridimensionales regulares, semejantes a tabiques. En estos espacios se acumulan burbujas de aire entre la cuadrícula geométrica de las nervaduras y el agua, lo que favorece la flotabilidad de la hoja. Se considera que en estas cavidades pueden producirse circulación de aire o intercambio gaseoso, lo cual contribuye al equilibrio y la estabilidad de la planta.



Al generar pliegues y espacios, la superficie tiene más puntos de contacto con el agua, lo que mejora su capacidad de anclaje y soporte. Siguiendo el principio de Arquímedes, entre más superficie disponible, mayor será la capacidad de sostén. Si no fuera así, la hoja sería más frágil y susceptible a romperse.

Figura 34. *Hoja de* Victoria amazonica

Fuente: Fotografía del autor.

Verbos de la innovación

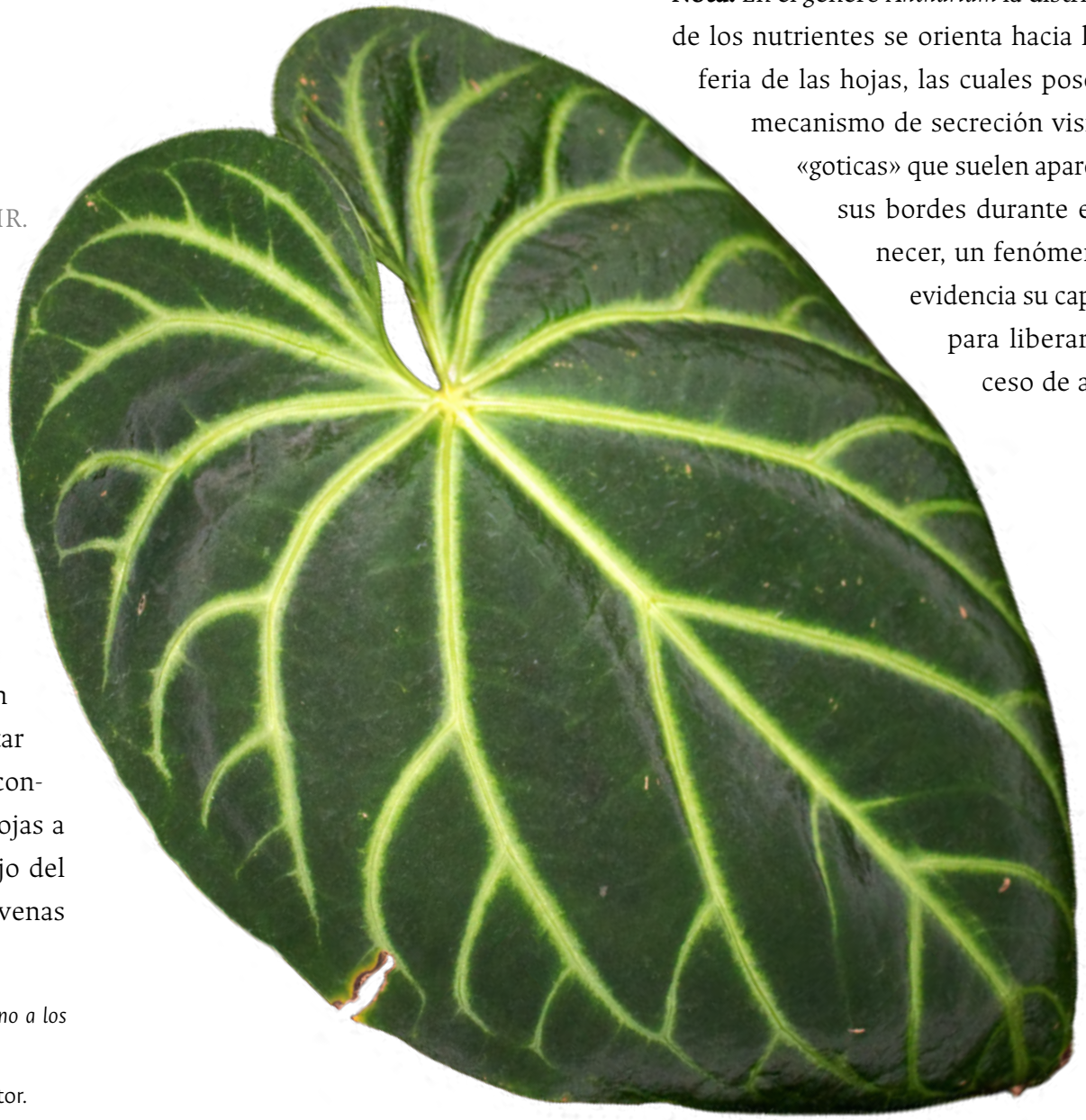
GUIAR

Verbos asociados

EXPANDIR, ORIENTAR, DISTRIBUIR.

Anturios

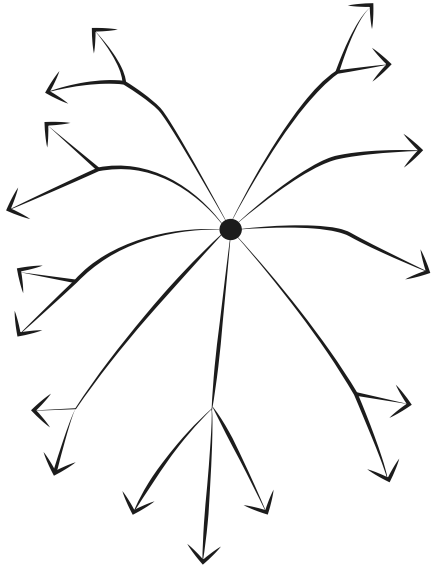
Los anturios (del género *Anthurium*) habitan el sotobosque, la zona donde se acumulan ramas caídas y materia orgánica. En este estrato del bosque existe una alta concentración de minerales y nutrientes, por lo que este grupo de plantas tienen un mecanismo para expulsar o secretar los excesos. Dichos compuestos son conducidos hacia los márgenes de las hojas a través de sus venas, mediante el flujo del agua. Por esta razón, las hojas y las venas se orientan hacia abajo.



Nota. En el género *Anthurium* la distribución de los nutrientes se orienta hacia la periferia de las hojas, las cuales poseen un mecanismo de secreción visible en «goticas» que suelen aparecer en sus bordes durante el amanecer, un fenómeno que evidencia su capacidad para liberar el exceso de agua.

Figura 35. *Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo* guiar*)*

Fuente: Elaboración propia. Fotografías del autor.



Desde otro punto de vista, los anturios pueden considerarse altruistas porque siempre permiten el paso de nutrientes hacia las plantas que crecen debajo de ellos en el sotobosque. Sus hojas, curvadas hacia abajo, permiten el flujo de dichos nutrientes. Su «generosidad» es evidente al no taparse entre ellas para que las de abajo vivan.

Por ello, se dice que un bosque es un superorganismo interconectado, en el que cada planta contribuye al equilibrio general del sistema. Se trata de un enfoque sistémico que garantiza nutrientes, luz y agua.

Figura 36. *Anturios*
Fuente: Fotografías del autor.

Verbos de la innovación

HOSPEDAR

Verbos asociados

OFRECER, ALOJAR, ALBERGAR, ACOGER.

Definición: «Servir un lugar de vivienda a alguien durante un tiempo» (Oxford Languages, s. f.).

Las plantas de *Cecropia* desarrollan unos apéndices huecos en su tallo, dentro de los cuales pueden habitar insectos que dan protección al árbol. Según Boris Villanueva, del Jardín Botánico de Bogotá, en estas estructuras –semejantes a espinas en forma de pequeñas cavidades o «casitas»– conocidas en biología como domacios (espacios o refugios naturales donde habitan insectos), se hospedan especies benéficas que contribuyen al bienestar de la planta.

Cecropia

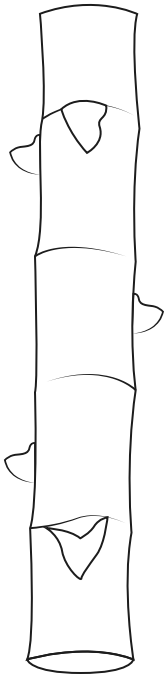


Figura 37. *Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo* hospedar)

Fuente: Elaboración propia. Fotografías del autor.

Verbos de la innovación

HOSPEDAR

Verbos asociados

CAPTAR, CONTENER.

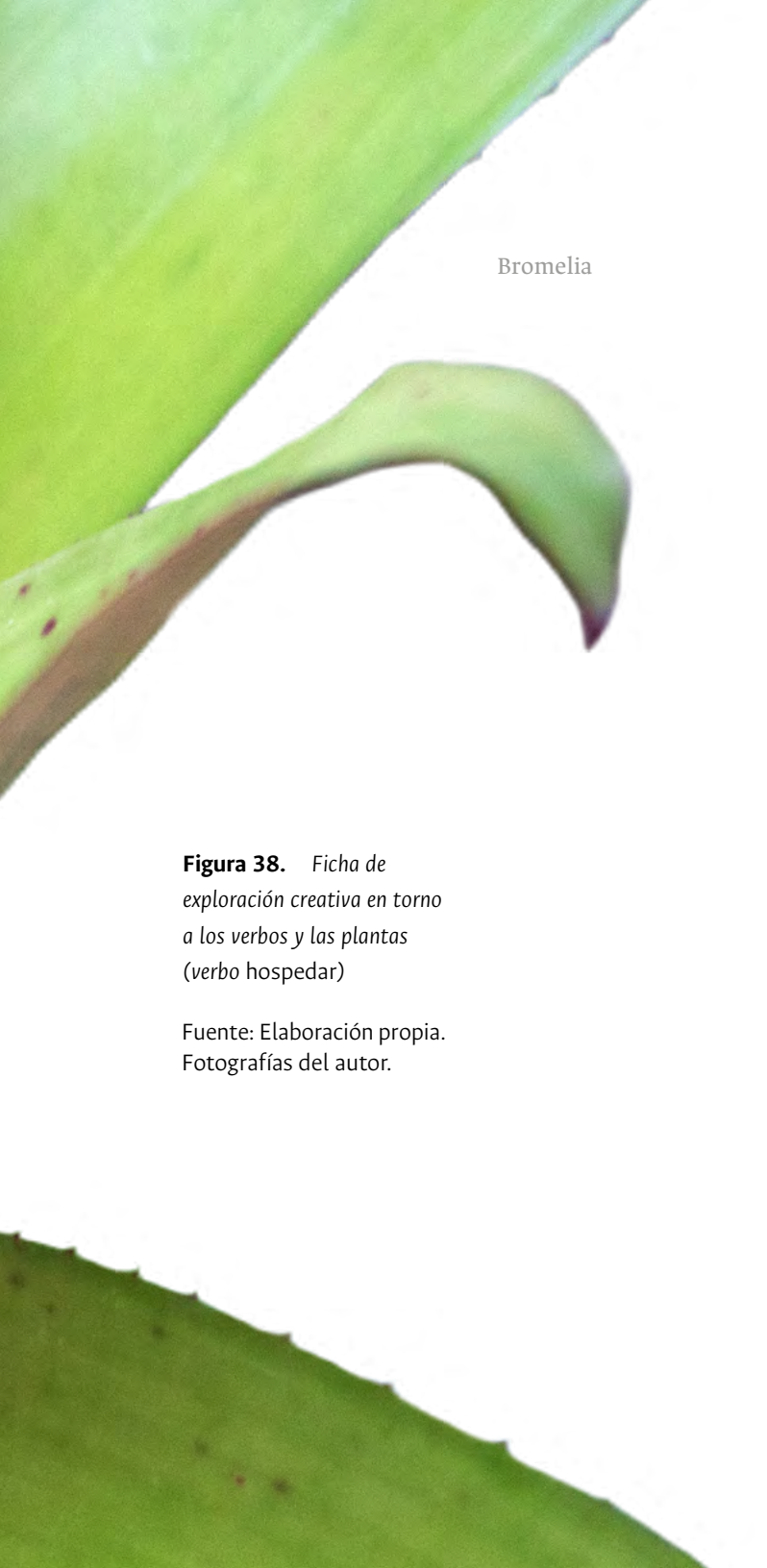
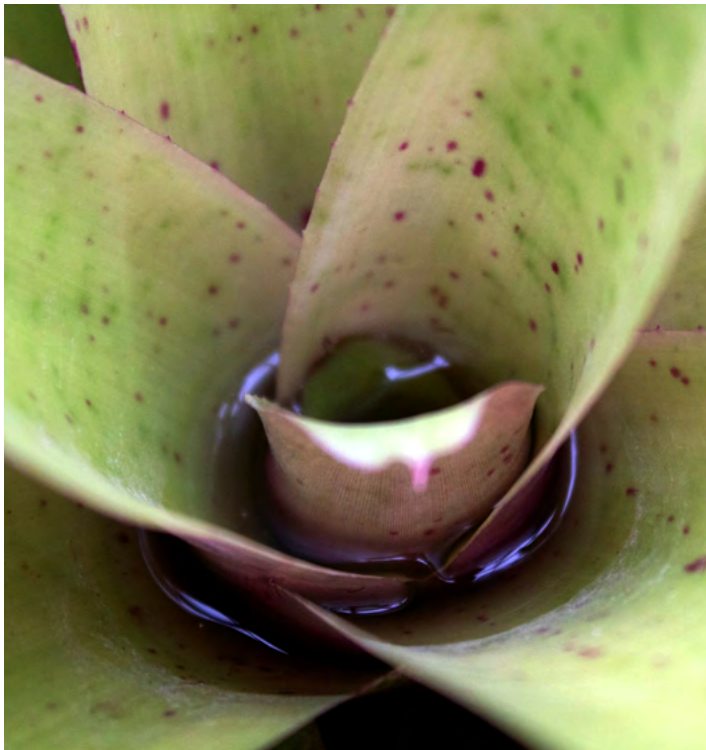


Figura 38. *Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo* hospedar*)*

Fuente: Elaboración propia. Fotografías del autor.

Las bromelias recogen y almacenan agua formando un tanque natural en la base de la planta, resultado de la disposición de sus hojas, las cuales están adaptadas para contener y acumular materia orgánica. En ese microsistema habitan insectos y ranas. Una peculiaridad de algunas especies de esta familia es que no tienen raíces y viven de las heces de estos animales. Sus hojas estás dispuestas en forma de tubo y cabe destacar que no son plantas parásitas.



Verbos de la innovación

HOSPEDAR

Verbos asociados

ATRAER, ENGAÑAR.

Aechmea fasciata
(Bromelia)

La parte central de la *Aechmea fasciata* no corresponde a una flor, aunque su color atrae a ranas e insectos a su «piscina» natural para que habiten en ella. La materia orgánica en descomposición, producto de las heces de estos seres, se transforma en nutrientes para la planta. Se trata de un caso de mutualismo basado en el intercambio de hospedaje y nutrientes.

Este tipo de bromelias se consideran protocarnívoras, dado que sus raíces no cumplen la función de absorción de nutrientes; se especializaron para hacer esa función por medio de sus hojas.

Figura 39. *Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo* hospedar)
Fuente: Elaboración propia. Fotografías del autor.

Nota. La planta no se poliniza activamente, sino que destina parte de su energía a atraer ranas, insectos y otros pequeños organismos. Obtiene sus nutrientes a partir del agua retenida en sus hojas, donde se acumulan restos de insectos en descomposición y las heces de las ranas que habitan en su interior.

Si no llueve, estas plantas se deshidratan, aunque su ciclo vital está adaptado a zonas tropicales muy húmedas, en particular del centro y sur de América.

Existen diversas teorías sobre la función del color rojo de las hojas cercanas de las flores. Además de servir como mecanismo de atracción, este color podría contribuir a la absorción de distintas longitudes de onda de la luz, optimizando los procesos de fotosíntesis.

En esta especie, las raíces no cumplen una función de nutrición, sino que actúan como estructuras de anclaje y conservación de la humedad.

Figura 40. *Bromelia* Aechmea fasciata Fuente: Fotografía del autor.

Verbos de la innovación

ORIENTAR

Verbos asociados

ATRAER, EMITIR OLOR.

Definición: «Dirigir o encaminar a alguien o algo hacia un lugar determinado» (RAE, 2001).

El ojo humano percibe ciertas características en las flores; no obstante, es importante tener en cuenta que muchas de ellas «juegan» con la radiación ultravioleta (UV), invisible para nosotros. Si una luz UV alumbra en la oscuridad a una *Spathiphyllum*, es posible observar patrones en forma de flechas, señales o líneas. Se trata de guías visuales que orientan a los insectos, especialmente a los coleópteros, los cuales perciben el entorno en una longitud de onda distinta a la nuestra.

Spathiphyllum

Figura 41. *Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo* orientar*)*

Fuente: Elaboración propia. Fotografías del autor.

Nota. La orientación de los polinizadores hacia las flores comienza principalmente por los olores, que constituyen el primer estímulo de atracción. En términos proyectuales, este fenómeno se denomina diseño de orientación, dado que el aroma cumple la función de guiar y anunciar la presencia de la flor. Se suman otros factores sensoriales, como los colores y los sabores, mediante los cuales atraen a sus visitantes ofreciéndoles algo a cambio, aunque no siempre sea así.

Esta acción de atraer se rige en primer lugar por los olores y en segundo término por los colores –acción de anunciar–. Existen numerosos patrones cromáticos en las flores perceptibles a los humanos, pero hay otros que solo se observan en espectros de luz específicos, como la bioluminiscencia o la fluorescencia –manifestaciones diferentes entre sí–. La radiación UV es la fluorescencia, que permite ver otras longitudes de onda; por su parte, la bioluminiscencia consiste en que la misma estructura de la planta genera células que pueden alumbrar, sin necesidad de una fuente externa de iluminación. Se cree que muchos insectos son capaces de distinguir entre ambos fenómenos.

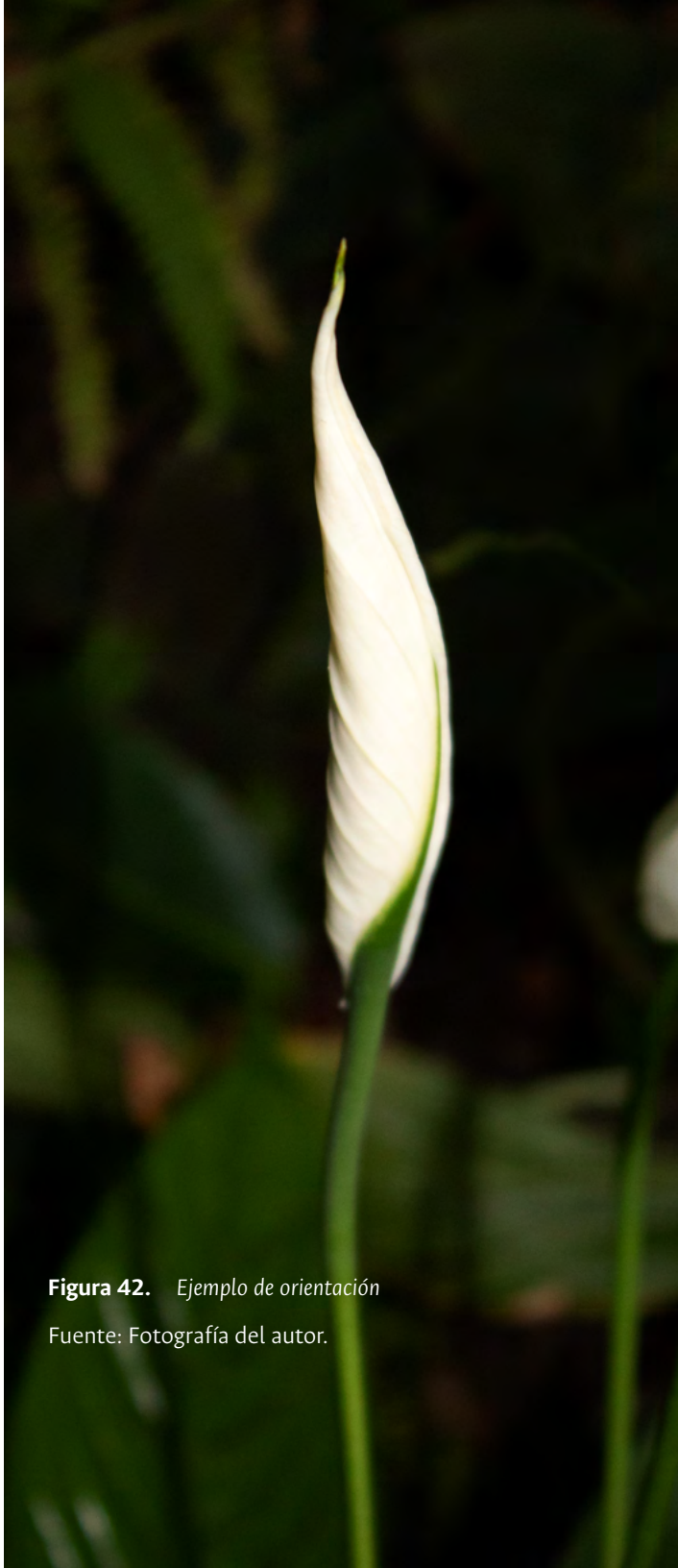


Figura 42. *Ejemplo de orientación*

Fuente: Fotografía del autor.

Verbos de la innovación

PROTEGER

Verbos asociados

DISTRAER, DESPLEGAR, DISTRIBUIR.

Zamia Cycadaceae

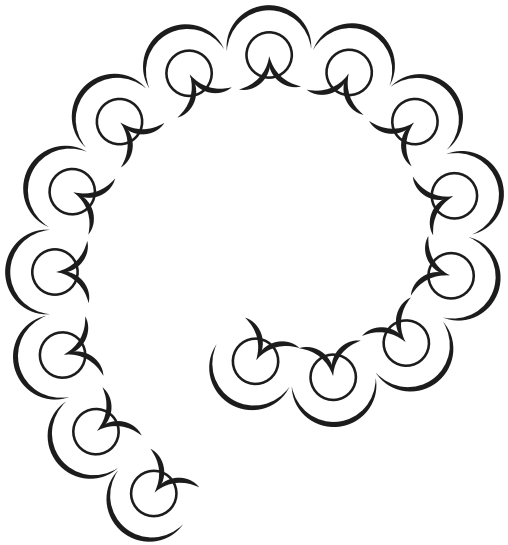
***Dato curioso:** es una planta más antigua que los helechos.

Descripción: los tallos con espinas de esta planta se encargan de proteger las hojas pequeñas más débiles para evitar su exposición. De este modo, si un herbívoro intenta alimentarse de ella, no asocia la hoja con el tallo que se está comiendo, lo que actúa como un mecanismo de distracción, cuyo fin último es la protección.

La *Zamia* se desarrolla a partir de hojas enrolladas que se despliegan con facilidad, y esto le permite ahorrar esfuerzo durante su crecimiento. Este movimiento no solo implica desenrollarse sino también abrirse, proceso que protege el brote de yemas jóvenes en la planta –fase conocida como ontogenia–.

Figura 43. *Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo* proteger*)*

Fuente: Elaboración propia. Fotografías del autor.



Nota. En la naturaleza, lo más frágil es aquello que acaba de nacer. Por esta razón, muchas plantas evitan exponer sus brotes y yemas directamente a la luz solar: las hojas superiores protegen a las más jóvenes de la radiación para que no se endurezcan prematuramente. Cuando la planta es suficientemente fuerte, asciende y no necesita tanta protección.

En el caso de la *Zamia*, la yema en desarrollo es de tamaño reducido y presenta un aspecto similar al helecho. Su protección depende tanto de las plantas que están alrededor como de su misma estructura.

Además, esta planta utiliza el camuflaje para distraer, porque su coloración café se mimetiza con el entorno seco; en cambio los tonos verdes, asociados a las partes ya desarrolladas, sí resaltan –similar a lo que ocurre con el helecho–.

Figura 44. *Ejemplo de protección*
Fuente: Fotografía del autor.

Verbos de la innovación

PROTEGER

Verbos asociados

SALVAGUARDAR.

Spondias mombin
(Hobo)

Descripción: la especie produce un material adicional alrededor del tallo, similar al corcho, que actúa como una capa protectora externa. Esta estructura tiene la función de aislar los tejidos internos y, en caso de combustión, permite que se queme únicamente la capa superficial, todo esto para que la planta sobreviva.

Nota. Otras plantas tienen un esquema de protección muy similar a esta especie, pero en vez de resguardar del fuego aíslan del frío. Un ejemplo de ello son los frailejones, cuya médula –el tejido vivo– está rodeada por una capa de madera, luego la corteza y finalmente, las hojas. Esta disposición visible en el tronco cumple una función de aislamiento térmico del frío, evitando la congelación de los tejidos internos y garantizando el correcto funcionamiento de los procesos metabólicos.

Figura 45. *Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo* proteger*)*

Fuente: Elaboración propia. Fotografías del autor.

Figura 46. *Spondias mombin*
Fuente: Fotografía del autor.

Contar con un sistema de aislamiento térmico permite que el agua o la salvia fluyan adecuadamente. En las plantas de páramo, este tipo de estructura protege tanto del fuego como del frío, una adaptación clave para condiciones extremas.

Es posible establecer una analogía entre este sistema vegetal y la columna vertebral en los seres humanos. En ambos casos, el centro vital –la médula– se encuentra protegido por estructuras externas (madera y corteza en las plantas, huesos en los animales), que garantizan la conservación de las funciones esenciales. Al igual que el sistema nervioso envía señales a todo el cuerpo, la médula vegetal canaliza nutrientes y energía a toda la planta. Por ello, las plantas invierten gran cantidad de energía en generar estructuras protectoras para mantener una temperatura adecuada, según lo que necesiten.

Verbos de la innovación

TRASPASAR

Verbos asociados

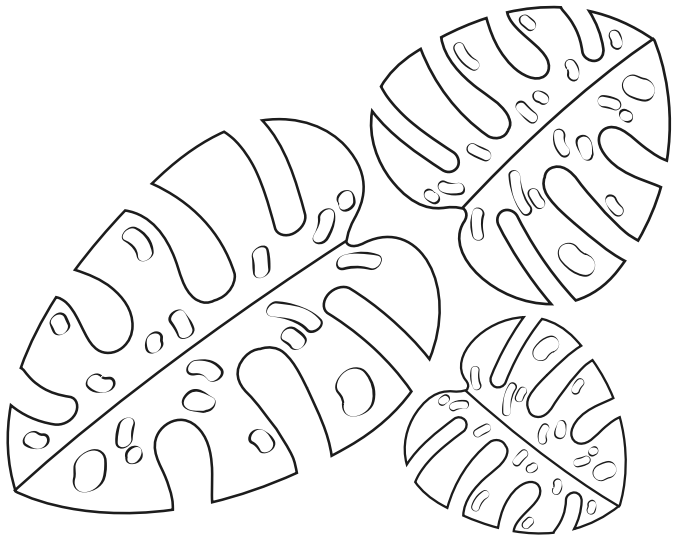
ENGAÑAR.

Monstera

La planta presenta hojas grandes con perforaciones características. Se cree que estos orificios permiten el paso de la luz hacia las hojas inferiores –como una adaptación altruista– y, al mismo tiempo, reducen el riesgo de ruptura por el peso de la lluvia. Sin embargo, también se ha propuesto que pudiese ser una estrategia de defensa para engañar a insectos o herbívoros: aparentar que la planta está enferma o que «se la están comiendo», y así evitar que otros lo intenten.

Figura 47. *Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo* traspasar*)*

Fuente: Elaboración propia. Fotografías del autor.



Verbos de la innovación

TREPAR

Verbos asociados

ADHERIR, SUBIR, ASCENDER, EXTENDERSE, ALARGARSE.

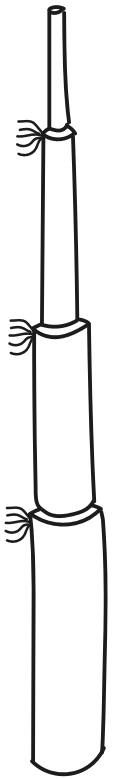
Definición: «Crecer y subir agarrándose a los árboles u otros objetos, comúnmente por medio de zarcillos, raicillas u otros órganos» (RAE, 2001).

La planta detecta superficies y, en estos lugares de contacto, desarrolla raicillas para fijarse allí. A lo largo de su crecimiento, genera una secuencia de anclajes sucesivos –uno tras otro–, que conforman una especie de estructura telescópica o escalonada. De esta manera, se sostiene para que el siguiente tramo de tallo crezca. Es así como en cada zona de adherencia salen muchas raíces (en aparente desorden) cerca del tallo; *Philodendron* parece «percibir» dónde tiene que adherirse y crecer sin mayor esfuerzo –esto corresponde a lo que Mancuso propone: que las plantas sienten–.

Figura 48. *Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo* trepar*)*

Fuente: Elaboración propia. Fotografías del autor.

Figura 49. *Philodendra*
Fuente: Fotografías del autor.



Nota. Aunque a simple vista no se perciba un orden aparente en las raíces de las especies de *Philodendra*, estas son capaces de «mirar» hacia las fuentes de luz, identificar dónde agarrarse y detectar la humedad. Lo que en principio parece un patrón desordenado constituye, en realidad, una estrategia para detectar todo lo que necesita para expandirse.

Figura 50. *Philodendra*
Fuente: Fotografías del autor.

Verbos de la innovación

TREPAR

Definición: «Crecer y subir agarrándose a los árboles u otros objetos, comúnmente por medio de zarcillos, raicillas u otros órganos» (RAE, 2001).

Verbos asociados

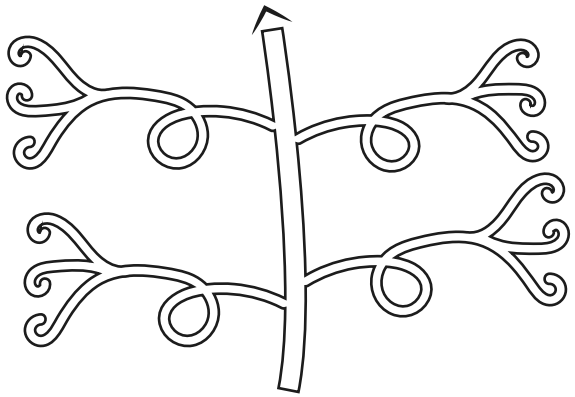
ENROLLAR, AGARRAR (SUBIR, ASCENDER, ENTORCHAR, TEJER, ATRAPAR, ENREDAR).

Familias
Bignoniaceae y
Aristolochiaceae

Figura 51. *Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo* trepar*)*

Fuente: Elaboración propia. Fotografías del autor.

Aplicación: Desarrollo de estructuras que se adaptan al contexto a medida que se extienden, acudiendo a la exploración del terreno con sus sensores.



Las plantas de estas familias botánicas cuentan con unos pequeños apéndices en los pecíolos que exploran el entorno mediante una serie de diminutas estructuras en forma de «patas» ubicadas en los extremos. Estas les permiten reconocer y adherirse a diferentes superficies o plantas, garantizando estabilidad y amplitud en su crecimiento, sin que el peso o la forma del soporte representen un obstáculo. La especie denominada *Aristolochia* –de la familia Aristolochiaceae–, combina funciones de trepar y enrollarse. En total, tiene tres «patas» diminutas en la punta.

Figura 52. *Ficha de exploración creativa en torno a los verbos y las plantas (verbo* trepar*)*

Fuente: Elaboración propia. Fotografías del autor.

Posibilidades del proceso metodológico

dentro del enfoque propuesto se establecen varios pasos, y además se sugiere que la metodología pueda ser utilizada en dos vías llamadas aquí a y b (véase la figura 53).

Figura 53. *Vías y etapas del proceso metodológico*

A. Proceso desde la acción a la innovación

B. Proceso desde la exploración a la innovación

Fuente: Elaboración propia.

Procesos metodológicos en sus etapas

Figura 54. *Explicación procesos metodológicos*

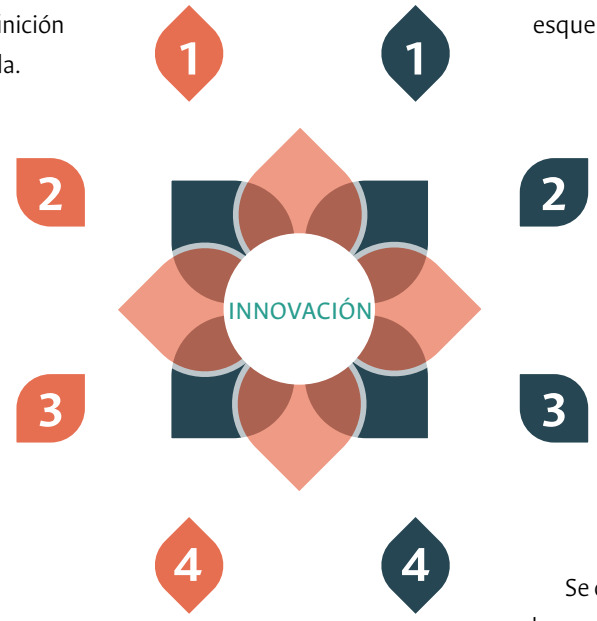
Proceso desde la acción a la innovación vía A.

El proceso parte de una situación problemática a abordar. Se requiere el planteamiento de diferentes alternativas susceptibles de ser exploradas. Estas se revisan dentro de la información recopilada sobre las plantas, sus partes y los verbos. Se relacionan los objetivos citados con los verbos. Este proceso requiere la comprensión y el consenso de los participantes en torno a la definición del objetivo y a cómo se relaciona con la información recopilada.

Se seleccionan uno o algunos de los verbos y sus asociados, dentro de la información recopilada en la base de datos, poniéndolos en relación con los objetivos del proyecto. Para ello, es necesario llevar a cabo un proceso de convergencia empleando los esquemas verbo-plantas-acción.

Se exploran las posibilidades que brindan los verbos asociados al verbo principal con el fin de incorporarlos al proceso creativo. Dichos verbos aportan posibilidades y permiten ampliar el espacio de exploración en busca de ideas y soluciones que contribuyan a la innovación.

Se realiza una exploración creativa, desarrollando esquemas que ejemplifican la acción. Esto se traslada a ejercicios de modelado que permiten desarrollar las ideas creativas conducentes a la innovación.



Proceso desde la exploración a la innovación vía B.

El proceso se inicia con una exploración hecha por los integrantes del equipo en torno a las posibilidades de innovación, utilizando la información recopilada sobre verbos y esquemas representativos de la acción. Para ello se revisan los verbos y sus asociados, así como los esquemas verbo-acción.

Se adelanta una exploración creativa de diversas posibilidades de aplicación de los verbos-acción a innovaciones, mediante una lluvia de ideas, en las que se registran oportunidades y posibilidades.

Se sintetiza el verbo principal y los verbos asociados, relacionándolos con las diversas aplicaciones derivadas de la etapa anterior y se seleccionan aquellas con mayor potencial, de acuerdo con criterios preestablecidos.

Se desarrolla un ejercicio de creatividad y desarrollo en el que se aplican los aprendizajes anteriores, proponiendo aplicaciones prácticas mediante diversas estrategias, como modelados, narraciones prospectivas y bocetación.

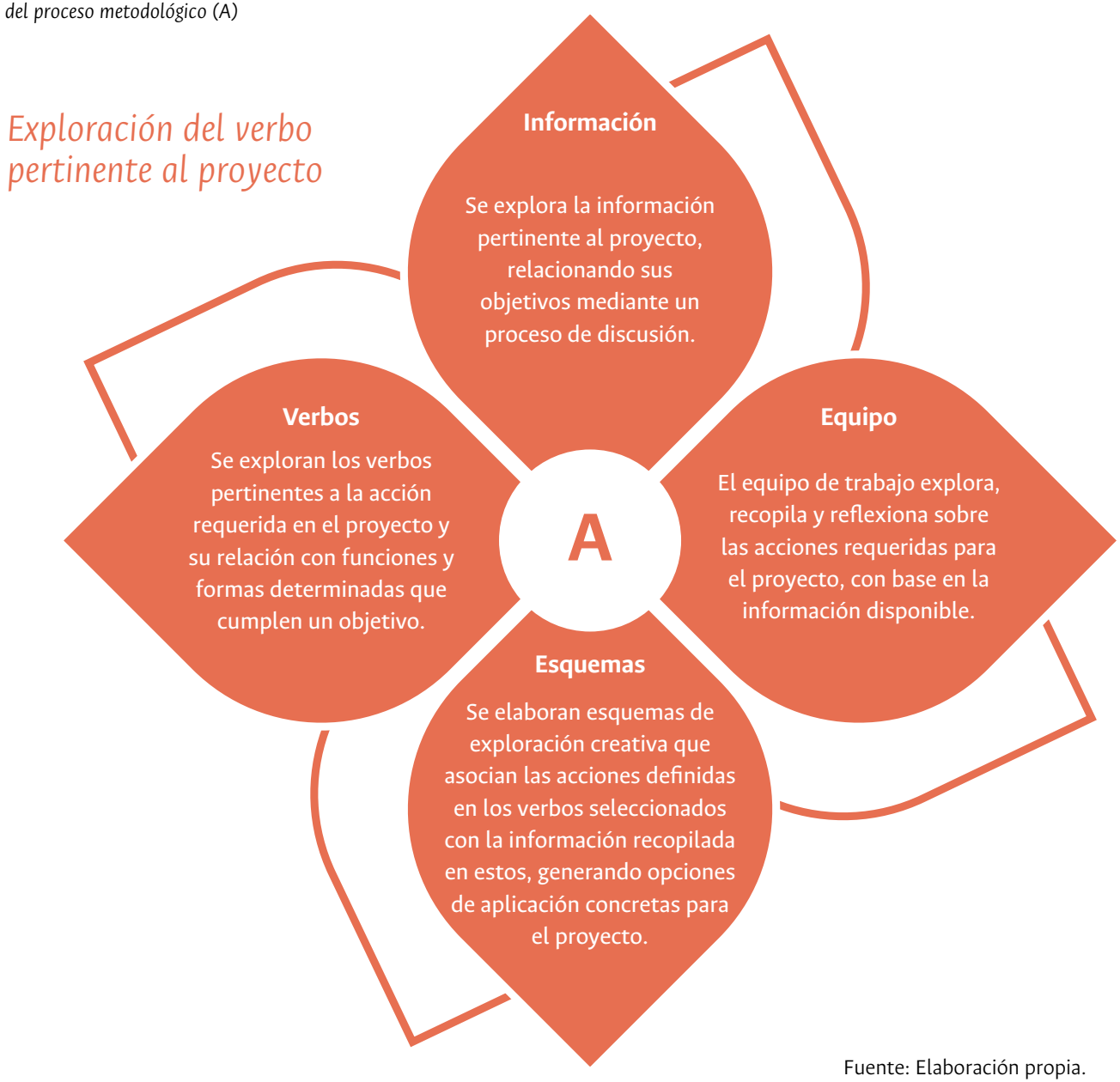
Fuente: Elaboración propia.

Aplicación del proceso metodológico

Posibilidades del proceso metodológico en la vía A

SE HAN REALIZADO ALGUNOS EJERCICIOS QUE IMPLEMENTAN LA METODOLOGÍA PROPUESTA Y LAS HERRAMIENTAS CREADAS, CON APORTES DE LOS PARTICIPANTES EN EL DESARROLLO DE LA CREATIVIDAD REFLEXIVA EN TORNO A LAS PLANTAS Y SU POTENCIAL PARA LA INNOVACIÓN. En primera instancia, se presentan ejemplos correspondientes a la vía A (véase las Figuras 55 a 71).

Figura 55. *Vías y etapas del proceso metodológico (A)*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 56. *Vías y etapas del proceso metodológico de la acción a la innovación*

A. Proceso desde la acción a la innovación

El proceso parte de una situación problemática que se busca abordar. Se requiere el planteamiento de diferentes alternativas susceptibles de exploración, las cuales se revisan a partir de la información recopilada sobre las plantas, sus partes y los verbos. Los objetivos definidos se relacionan con los verbos identificados. Este proceso exige comprensión y consenso por parte de los participantes en torno a la definición del objetivo y a su relación con la información recopilada.

1

Se adelanta una exploración creativa mediante esquemas que ejemplifican la acción. Esto se trasladan a ejercicios de modelado que permiten materializar las ideas creativas conducentes a la innovación.

2

Se seleccionan uno o algunos de los verbos y sus verbos asociados dentro de la información recopilada en la base de datos, poniéndolos en relación con los objetivos del proyecto. Para ello, es necesario adelantar un proceso de convergencia empleando los esquemas verbo-planta-acción.

3

Se exploran las posibilidades que ofrecen los verbos asociados al verbo principal con el propósito de incorporarlos al proceso creativo. Dichos verbos amplían el espacio de exploración, en la búsqueda de ideas y soluciones orientadas a la innovación.

4

Fuente: Elaboración propia.

A1 Exploración del verbo pertinente al proyecto

En el proceso A, etapa 1, se parte de una situación proyectual específica previamente definida. El equipo de trabajo realiza una exploración, recopilación y reflexión en torno a las acciones requeridas para el desarrollo del proyecto. En este caso, se exploran los requerimientos de un sistema preexistente: el de refrigeración CoolAnt, utilizado en viviendas de la India. Los objetivos del proyecto se centran en garantizar un flujo constante de aire, minimizar las corrientes que superan los niveles de confort para los habitantes y evitar las turbulencias, con el propósito de incrementar la eficiencia en la refrigeración. Se exploran los verbos pertinentes a la acción requerida en el proyecto y se relacionan con las funciones y las formas que permiten cumplir los objetivos establecidos (véase las Figuras 57 y 58).

Figura 57. *Esquema funcionamiento del sistema indio CoolAnt*

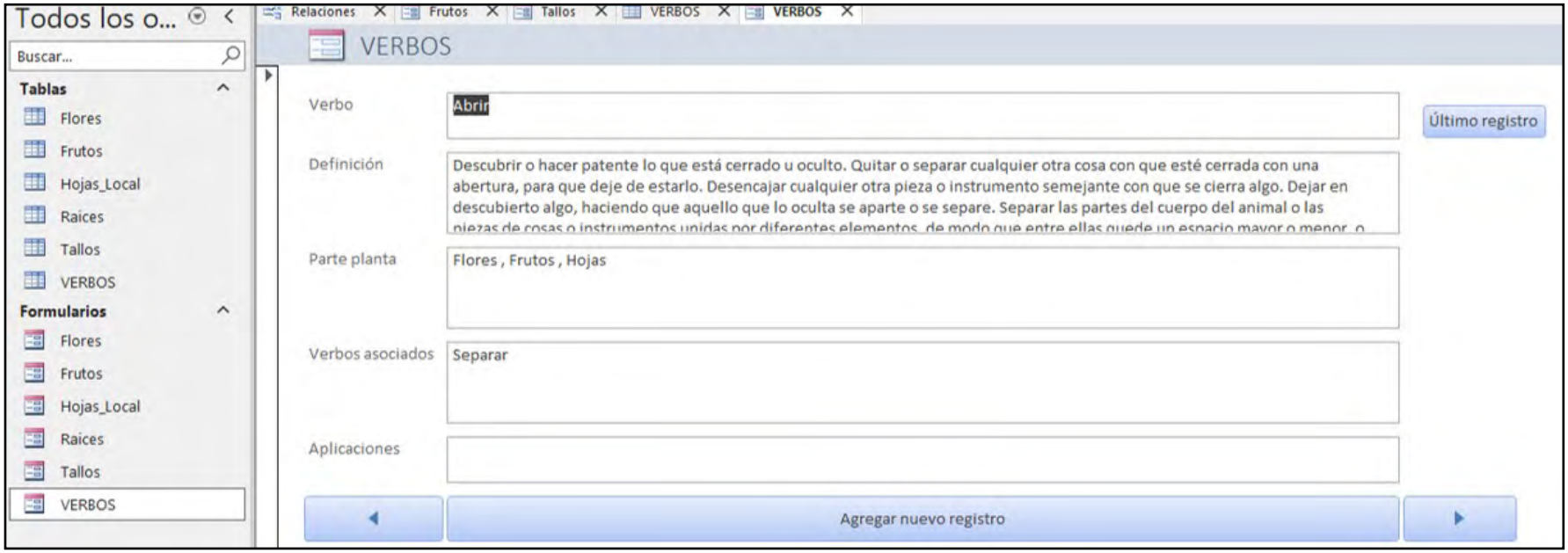
Figura 58. *Propuesta proyecto académico «De cara al sol»*

Fuente: Desarrollo de Esteban Sierra, Camilo García y Javier Cuervo. Asignatura de Teoría Morfológica. Escuela de Diseño Industrial, Universidad Nacional de Colombia (2024).

A2 Selección de los verbos y las funciones en la información recopilada

En la vía A, etapa 2, se exploraron los verbos pertinentes a la acción requerida en el proyecto y su relación con las funciones y formas determinadas que cumplen los objetivos. Así mismo, se exploran las posibilidades que ofrecen los verbos asociados al verbo principal, con el fin de incorporarlos al proceso creativo. Estos verbos amplían el campo de exploración y aportan nuevas alternativas para la generación de ideas y soluciones que promuevan la innovación. En esta etapa, se seleccionan verbos como dispersar y refrigerar, asociados a distribuir y conducir, los cuales se definen como las acciones a seguir (véase la Tabla 8 y la Figura 59).

Tabla 8. *Formato de alimentación de la base de datos sobre verbos en relación con plantas*



Nota. La base de datos es de elaboración propia.

Fuente: Desarrollo de Esteban Sierra, Camilo García y Javier Cuervo. Asignatura de Teoría Morfológica. Escuela de Diseño Industrial, Universidad Nacional de Colombia (2024).

Se seleccionaron uno o varios verbos, junto con sus verbos asociados, a partir de las discusiones realizadas por el equipo de trabajo y del análisis de la información recopilada en la base de datos sobre los verbos, los cuales se vincularon con los objetivos del proyecto. Para ello, es necesario adelantar un proceso de convergencia empleando los esquemas verbo-plantas-acción.

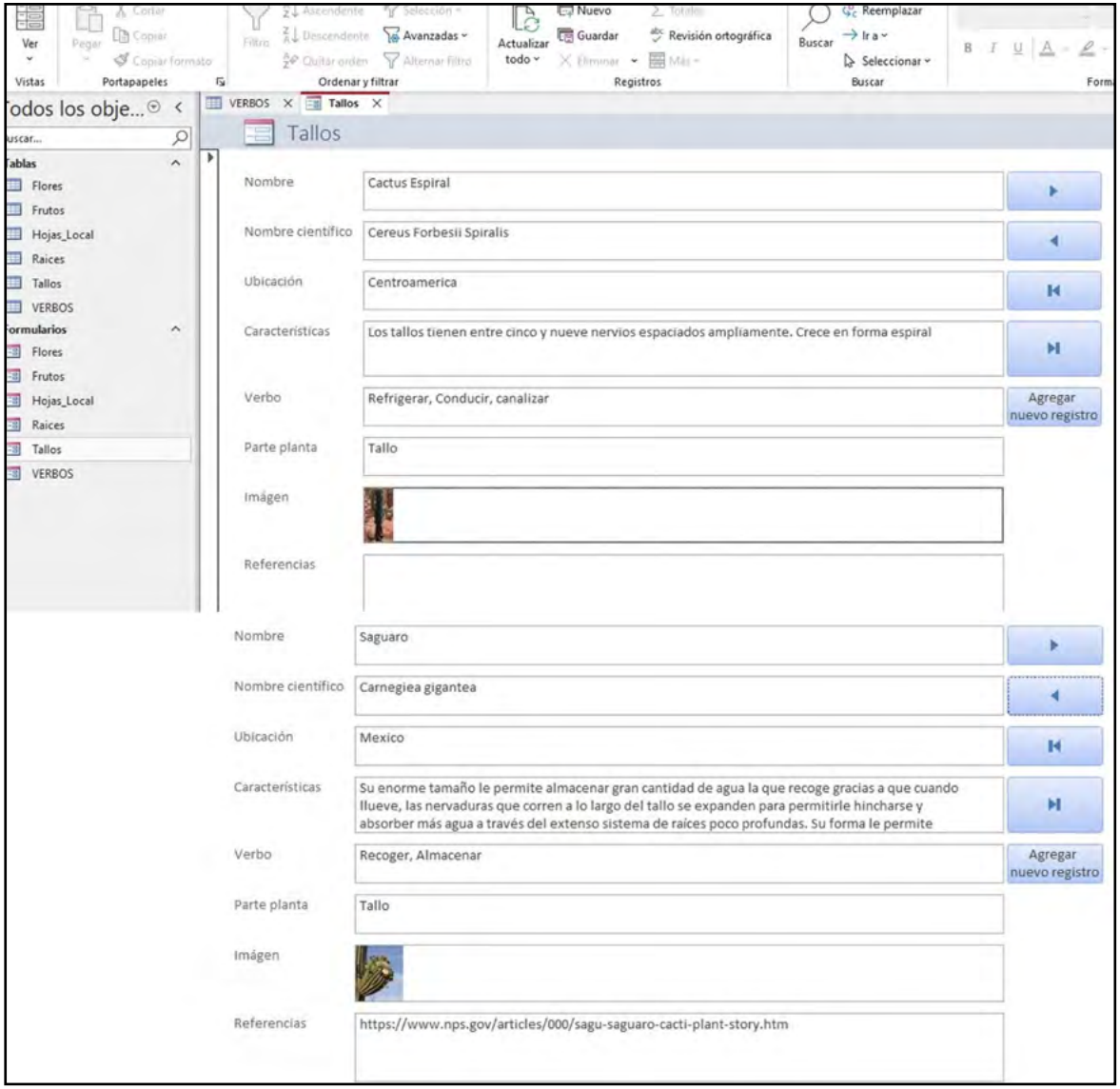
Figura 59. *Elección de verbos y definición del proyecto académico «De cara al sol»*

Fuente: Desarrollo de Esteban Sierra, Camilo García y Javier Cuervo, en la asignatura de Teoría Morfológica. Escuela de Diseño Industrial, Universidad Nacional de Colombia (2024).

A3 Explorar los verbos asociados dentro del esquema general de las plantas

En la vía A, etapa 3, se realiza una exploración de la base de datos con el propósito de identificar los verbos más pertinentes para el proyecto. Esta revisión se complementa con el análisis de la información construida a partir de los aspectos biológicos de las plantas y de sus estrategias de adaptación, en busca de soluciones vinculadas con los verbos seleccionados. A partir de este proceso, se eligen aquellas opciones que aportan ideas significativas al desarrollo del proyecto y que se ajustan a las acciones definidas como aplicables a las necesidades de ejecución, en relación con las formas que se pretenden desarrollar (véase Tabla 9 y Figuras 59 y 60).

Tabla 9. *Exploración en la base de datos sobre las plantas que se relacionan con los verbos elegidos*



Nota. La información de la base de datos es de elaboración propia

Figura 60. *Exploración de la base de datos en el mundo de las plantas en torno a los verbos elegidos*

Fuente: Desarrollo de Esteban Sierra, Camilo García y Javier Cuervo.

Figura 61. *Elección de los elementos de la planta a seguir. Proyecto académico «De cara al sol»*

Fuente: Desarrollo de Esteban Sierra, Camilo García y Javier Cuervo. Asignatura de Teoría Morfológica. Escuela de Diseño Industrial, Universidad Nacional de Colombia (2024).

A4 Exploración creativa desde distintas posibilidades de forma y acción

En la vía A, etapa 4, se desarrollan esquemas de exploración creativa que asocian las acciones definidas en los verbos seleccionados con las plantas y con la información recopilada en estos, dando opciones aplicadas al proyecto, en un proceso creativo colectivo (véase las Figuras 62 a 65).

Figura 62. *Exploración creativa, bocetación y modelados del proyecto académico «De cara al sol» (Cereus Forbesii).*

Fuente: Desarrollo de Esteban Sierra, Camilo García y Javier Cuervo. Asignatura de Teoría Morfológica. Escuela de Diseño Industrial, Universidad Nacional de Colombia (2024).

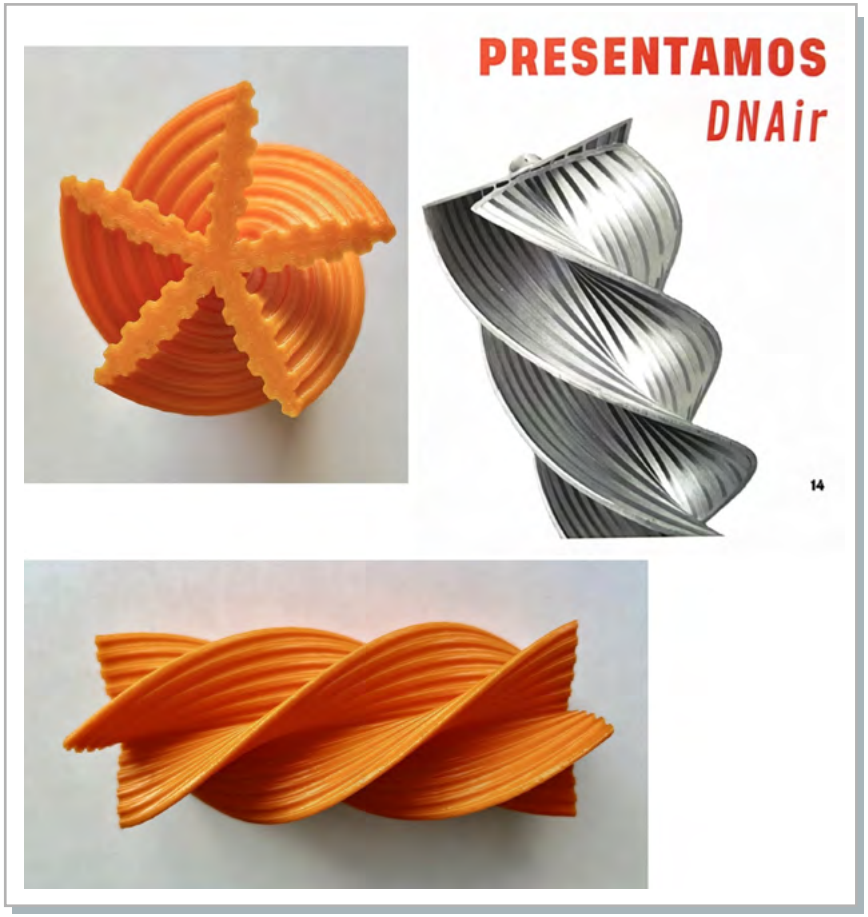
Figura 63. *Exploración creativa, bocetación y modelados «De cara al sol»*

Fuente: Desarrollo de Esteban Sierra, Camilo García y Javier Cuervo, en la asignatura de Teoría Morfológica. Escuela de Diseño Industrial, Universidad Nacional de Colombia (2024).

Figura 64. *Ejercicio de modelación y exploración creativa (DNAir)*

Fuente: Desarrollo de Esteban Sierra, Camilo García y Javier Cuervo. Asignatura de Teoría Morfológica. Escuela de Diseño Industrial, Universidad Nacional de Colombia (2024).

Figura 65. *Modelados basados en los verbos y el proyecto académico definido*



Fuente: Desarrollo de Esteban Sierra, Camilo García y Javier Cuervo, en la asignatura de Teoría Morfológica. Escuela de Diseño Industrial, Universidad Nacional de Colombia (2024).

Otras aplicaciones de la metodología en la vía A

De acuerdo con el planteamiento inicial, en el cual se propone emplear el proceso metodológico en el contexto académico, se adelantan varios ejercicios en la vía A.

Proceso metodológico desde la acción a la innovación

Etapa 1: Exploración del verbo pertinente al proyecto.
Etapa 2: Selección de los verbos y las funciones en la información recopilada.
Etapa 3: Exploración de los verbos asociados dentro del esquema general.
Etapa 4: Exploración creativa desde distintas posibilidades de forma y acción.

En primera instancia, se plantea un proyecto específico formulado en un documento conciso y detallado de consulta (un brief).

Brief de diseño: bioinspiración y diseño desde las plantas en el Jardín Botánico de Bogotá (Proceso metodológico desde la acción a la innovación)

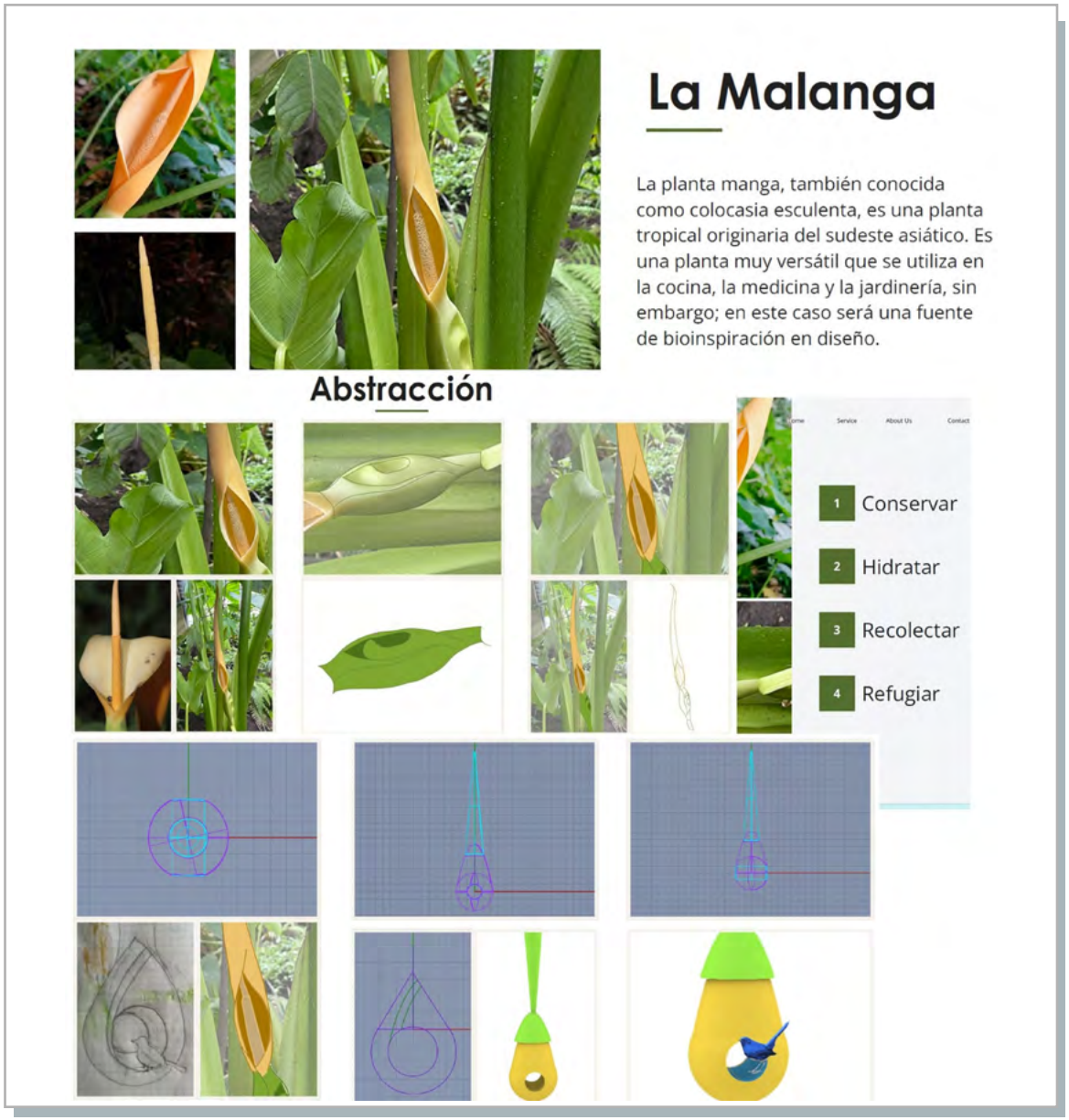
Objetivos del proyecto: mediante la propuesta se espera que los estudiantes consigan crear un artefacto/mobiliario urbano inspirado en las plantas del Jardín Botánico de Bogotá, empleando el «proceso metodológico desde la acción a la innovación» enfocado en la bioinspiración y el diseño basado en las plantas. Los objetivos específicos son:

a. Generar un hábitat urbano para las aves, que les permita realizar diversas actividades (alimentarse, bañarse, refugiarse o protegerse de posibles depredadores) mientras las personas las observan.

b. Desarrollar propuestas para la recolección de agua.

Público objetivo: Los usuarios de los artefactos o mobiliario urbano serán las aves. El propósito es ofrecerles protección y servicios. Este diseño busca proporcionar la interacción de las aves con su hábitat urbano y, a la vez, permitir su observación por parte de las personas, con el fin de generar conciencia sobre su presencia, su cuidado y la importancia de ofrecerles espacio en el contexto de la ciudad.

Figura 66. *Proyecto académico: aplicación de la metodología en la vía A*



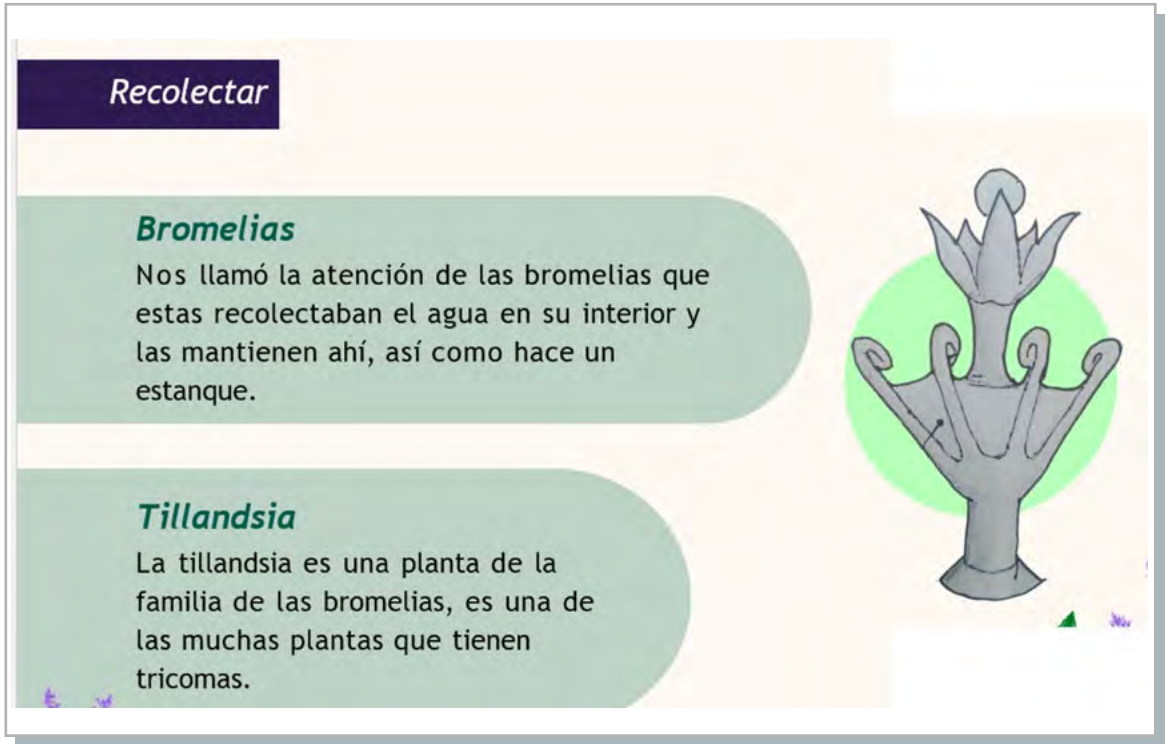
Fuente: Propuesta desarrollada en clase por Angie Ospina y Angie Torres, en la asignatura Teoría Morfológica. Escuela de Diseño Industrial, Universidad Nacional de Colombia (2024).

Ejercicio desarrollado en clase

En este caso, se evidencia el seguimiento de las diferentes etapas del proceso en la vía A. Con el brief propuesto anteriormente, se desarrolla el proceso en las etapas definidas en la vía A.

Etapa 1: Exploración del verbo pertinente al proyecto.
Etapa 2: Selección de los verbos y las funciones en la información recopilada.
Etapa 3: Exploración de los verbos asociados dentro del esquema general.
Etapa 4: Exploración creativa desde distintas posibilidades de forma y acción (véase las Figuras 67 y 68)

Figura 67. *Proyecto académico, aplicación de la metodología en la vía A*



Fuente: Desarrollo de Juan Sebastián Zorrilla, María Camila Vega y Gabriel Niño, en la asignatura de Teoría Morfológica. Escuela de Diseño Industrial, Universidad Nacional de Colombia (2024).

Figura 68. *Proyecto académico, aplicación de la metodología en la vía A*

Fuente: Desarrollo de Juan Sebastián Zorrilla, María Camila Vega y Gabriel Niño, en la asignatura de Teoría Morfológica. Escuela de Diseño Industrial, Universidad Nacional de Colombia (2024).

Otra propuesta desarrollada

Con un giro en la metodología, se plantea una propuesta de producto destinada a contener y distribuir portavasos en la mesa, repartiéndolos entre los comensales. En este ejercicio se consideran los verbos distribuir y transportar, y se explora su relación con funciones y formas orientadas al cumplimiento del objetivo.

En esta propuesta, las acciones se toman como fuente de inspiración para el proceso. Se exploran las plantas y las partes que cumplen la función deseada; además, se plantea el desarrollo del producto a partir de la forma y la función de las vainas de la *Spathodea campanulata* (galeana o tulipán africano). Esta especie distribuye sus semillas gracias a la forma de las vainas y a su adaptación a climas secos o húmedos, debido a que su material leñoso exterior tiene la capacidad de expandirse o contraerse según la humedad ambiental. La vaina

Figura 69. *Vaina y semillas de la* Spathodea campanulata

Fuente: Fotografías del autor.

Figura 70. *Graficación de la secuencia de la* Spathodea campanulata

Todos los o...

Buscar...

Tablas

- Flores
- Frutos
- Hojas_Local
- Raices
- Tallos
- VERBOS

Formularios

- Flores
- Frutos
- Hojas_Local
- Raices
- Tallos
- VERBOS

Nombre	Nombre Cie	Ubicación	Características	Verbo	Parte planta		Referencias	Haga clic para agregar
Ceiba petandra	Kapok	Mesoamerica	La semilla se abre revelando una materia fibrosa que le permite proteger las semillas y flotar en el agua. Esto permite el desplazamiento y se especula que asi llego de Africa a America	Mover , Flotar, Esparcir	Frutos	(1)	https://churchillandsmith.com/kapok-silk-fibers/	
Monedas del Papa, Monedas de Judas	Lunaria annua	Europa	cápsulas redondas y finas, y las dos láminas que se separan para liberar las semillas. Genera coberturas circulares dobles, deentro de las cuales las semillas se desarrollan. Las dos capas se separan dejando caer las semillas. Los bordes de estas circunferencias se contraen con la sequedad y se separan al llegar el momento oportuno.	Proteger	Semillas	(1)	https://www.verdeesvida.es/fichas_de_plantas/plantas-de-flor_3/lunaria--monedas-del-papa--monedas-de-judas_3147	
Sequoia gigante	Sequoiadendron giganteum	Norte américa	Su cono leñoso como el de las coniferas en general es pequeño y seco, sin embargo la contracción de la leñosidad permite la salida de las semillas que contiene. Los conos son en su mayoria femeninos. Las gruesas escamas leñosas que se utilizan para proteger las semillas en desarrollo permiten que los conos de muchas especies permanezcan intactos adheridos al árbol padre durante años	Contraer, Expandir	Semillas	(1)	https://www.guiadejardineria.com/como-cultivar-una-secuoya-gigante-a-partir-de-semillas/	
Tulipan Africano, Galeana	Spathodea campanulata	Africa, Invasor en Latinoamerica y otros	Sus semillas se encuuentran envueltas en vainas en forma de caoa que crecen en raimos y surgenen epocas del año que son secas, ya que el material del que se componene las vainas se expande con la sequedad y se separa por la vena central, dejando salir las semillas, que se r9oodean de una membrana similar a papel de arroz que facilita el vuelo de las semillas y su dispersión. En tiempos de	Dispersar, flotar, viajar, Expandir, contraer.	Semillas, vainas	(7)	Fotos del autor,	
						(0)		

Registro: 7 de 7 Sin filtro Buscar

puede desplazarse con el agua, luego abrirse y liberar sus semillas por la acción del viento, gracias a que se encuentran rodeadas de una membrana semejante al papel de arroz, lo que les permite ser transportadas por el aire. Con estos conceptos, y tomando la idea de distribución como eje, se propone un servicio para la mesa inspirado en dicha morfología vegetal.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 71. *Exploración creativa y modelado de la propuesta a partir de la* Spathodea campanulata

Fuente: Elaboración propia.

Posibilidades del proceso metodológico en la vía B

Se presentan ejemplos de ejercicios realizados en la vía B. Estos implementan la metodología propuesta y las herramientas diseñadas, con aportes de los participantes en el desarrollo de la creatividad reflexiva en torno a las plantas y su potencial para la innovación (véase las Figuras 72 a 90).

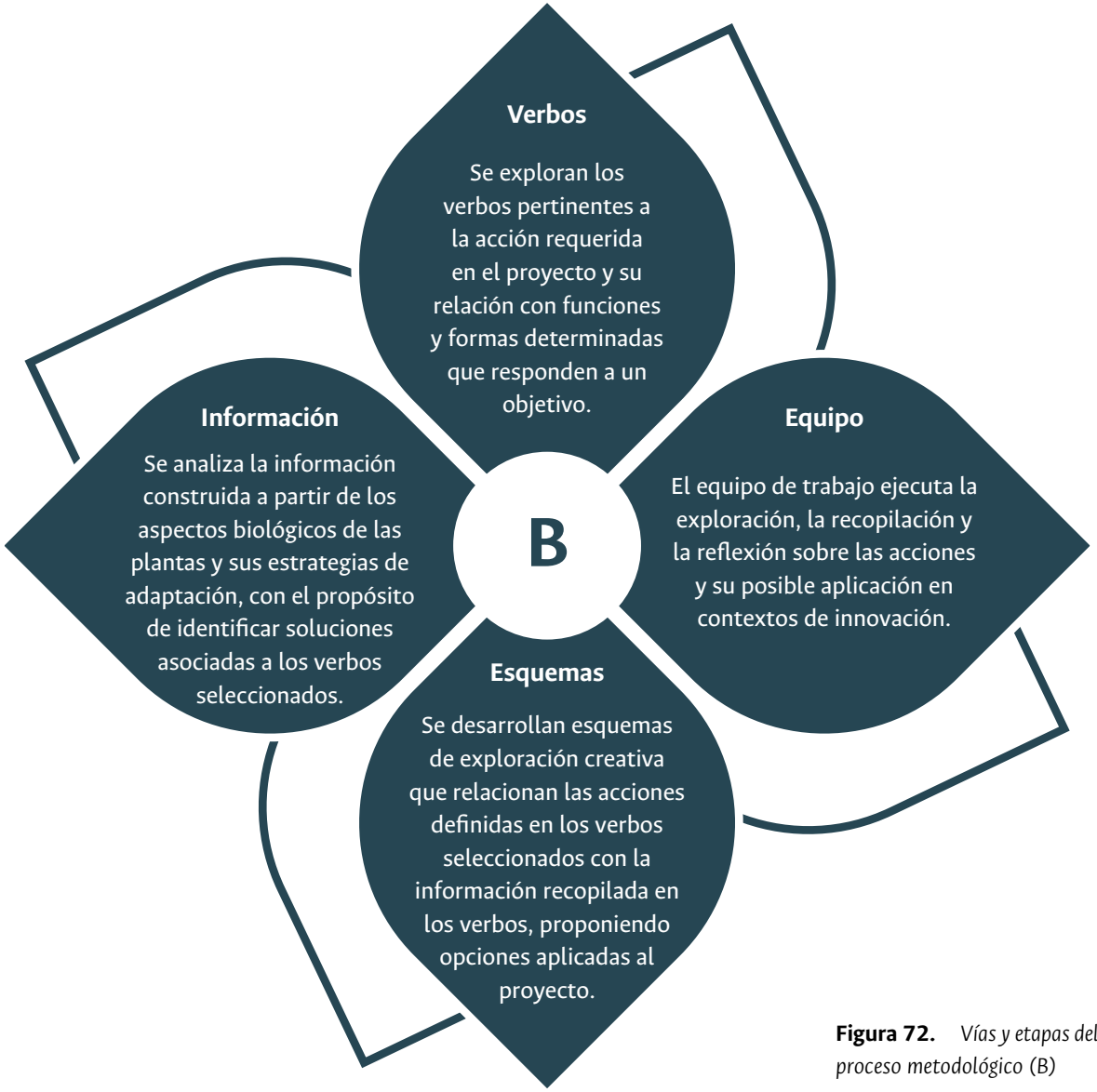


Figura 72. *Vías y etapas del proceso metodológico (B)*

Fuente: Elaboración propia.

Figura 73. *Vías y etapas del proceso metodológico de la acción a la innovación Vía B*

El proceso inicia con una exploración realizada por los integrantes del equipo en torno a las posibilidades de innovación, utilizando la información recopilada sobre los verbos y los esquemas representativos de la acción. Para ello se revisan los verbos principales y aquellos asociados, así como los esquemas de verbo-acción.

1

Se lleva a cabo un ejercicio de creatividad en el que se aplican los esquemas generados. Se proponen aplicaciones prácticas expresadas en estrategias como modelados, narrativas prospectivas y bocetación.

2

Se seleccionan diversas posibilidades de aplicación para varios de los verbos-acción a innovaciones, mediante una lluvia de ideas a partir de la cual se registran oportunidades y posibilidades.

4

3

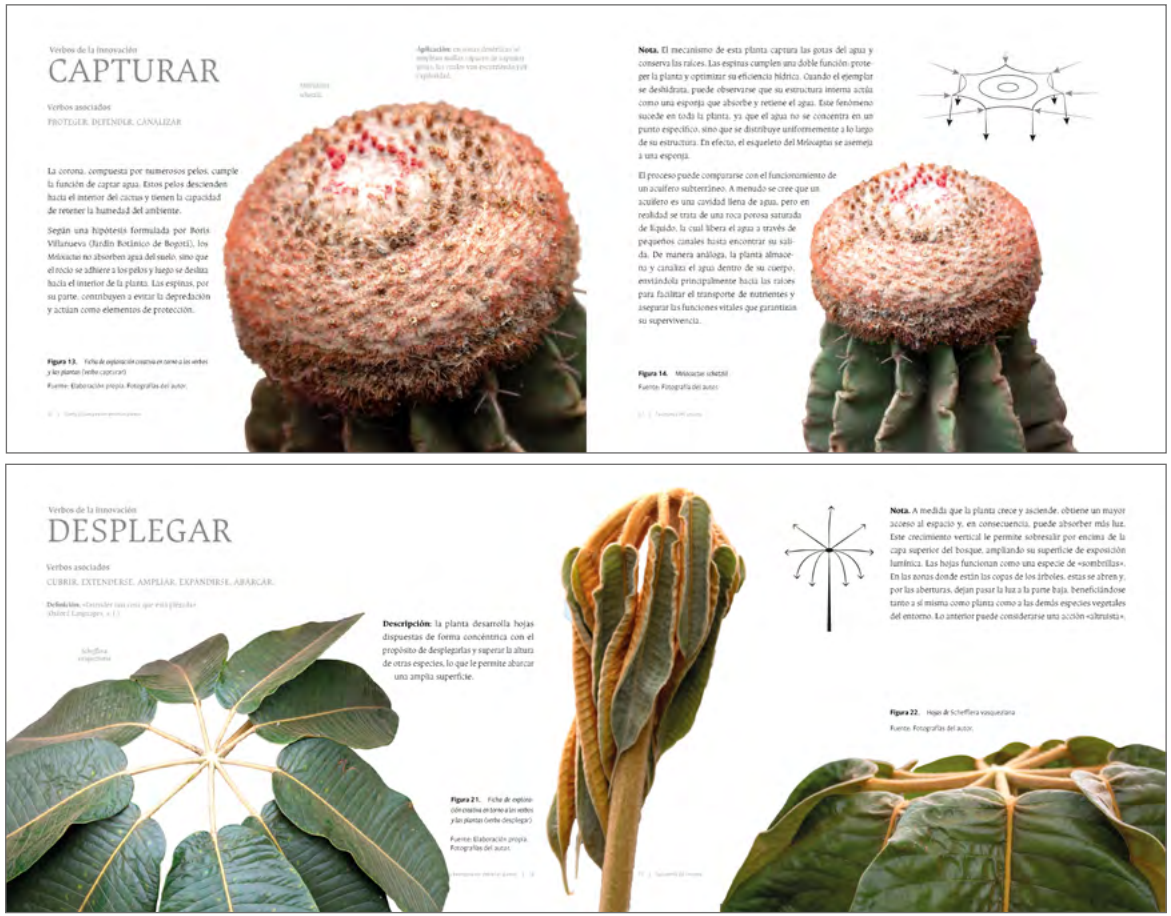
Se sintetizan el verbo principal y los verbos asociados, relacionándolos con las aplicaciones derivadas de la etapa anterior. Entre estas opciones se escogen aquellas con mayor potencial, de acuerdo con los criterios previamente definidos. Este proceso se desarrolla mediante esquemas formales que vinculan los verbos con sus posibles aplicaciones prácticas.

Fuente: Elaboración propia.

B1 Exploración en los verbos y las funciones en la información recopilada

En el proceso B, etapa 1, se avanza desde la exploración hacia la innovación mediante la observación del mundo vegetal y la consulta de las herramientas contenidas en la base de datos y en la investigación misma. Se desarrollan búsquedas que invitan a reflexionar sobre la forma en relación con la acción, las cuales se sintetizan en verbos. Esto permite propiciar la discusión al interior del equipo de trabajo en torno a las posibilidades identificadas y a la selección de los verbos en relación con las plantas, de modo que traduzcan en oportunidades de diseño.

Figura 74. *Fichas y exploraciones utilizados para iniciar el proceso metodológico B*



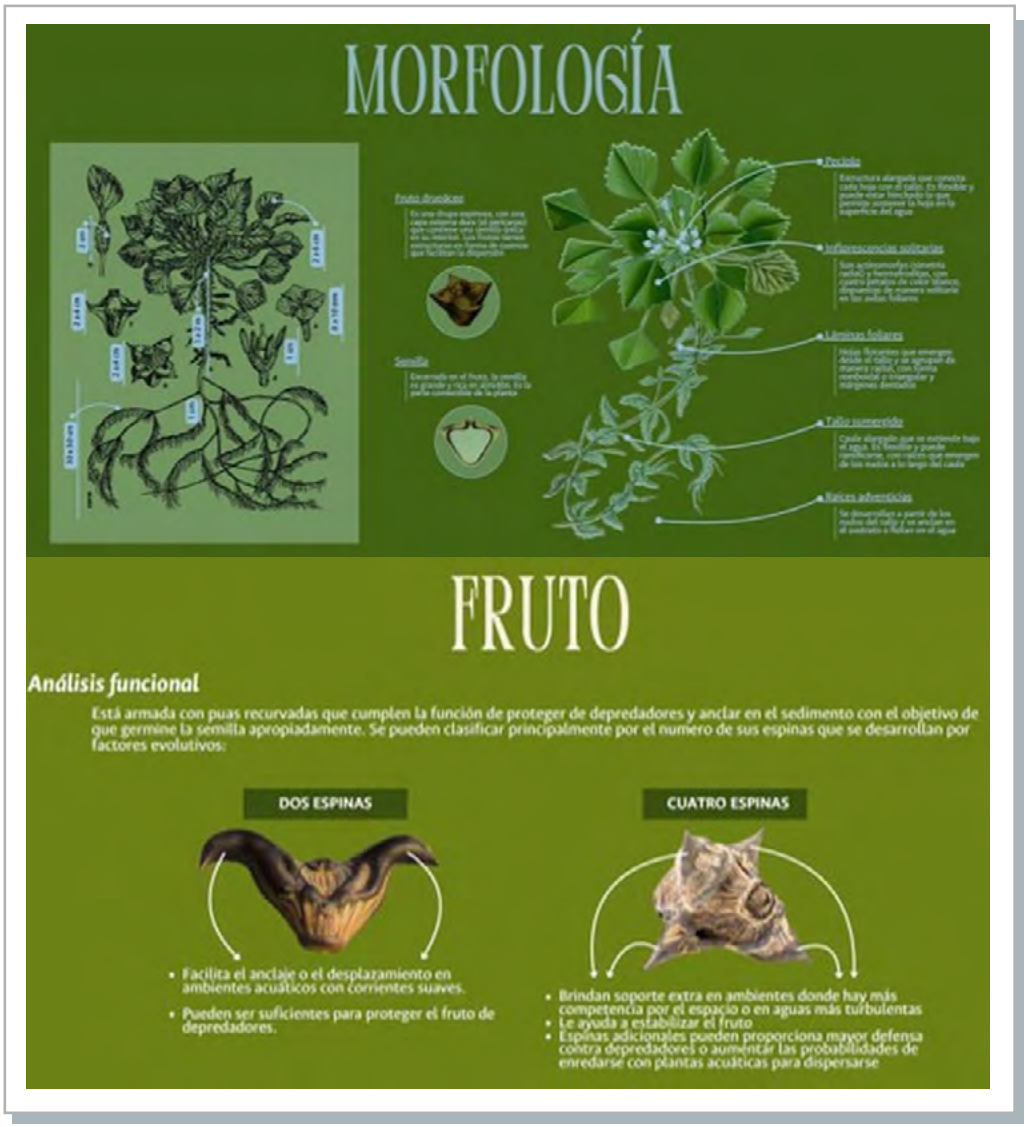
Fuente: Elaboración propia. Fotografías del autor.

B2 Exploración creativa en busca de posibilidades de innovación

En el proceso B, etapa 2, se continúa un proceso desde la exploración hacia la innovación mediante la selección, dentro del mundo de las plantas y la información recopilada, de acciones que generen oportunidades de aplicación práctica, las cuales se sintetizan en fichas. Se adelanta una exploración amplia de las posibilidades presentes en las plantas, analizando sus partes y las acciones que determinan sus formas. En este proceso se registran oportunidades y

Nota. Las fichas y la base de datos son de elaboración propia.

Figura 75. *Plantas y fichas elegidas para las exploraciones creativas*



Fuente: Desarrollo de Daniel Escandón y Karen Chivata, en la asignatura de Teoría Morfológica. Escuela de Diseño Industrial, Universidad Nacional de Colombia (2024).

se identifican potencialidades. Se concretan así verbos relacionados con las formas y las acciones observadas en el reino botánico, y se generan fichas que reúnen la información sobre las características y el potencial de las especies analizadas. Para ello se utiliza la información disponible en la base de datos y se recopila la información obtenida. Este proceso contribuye, además, a la construcción colectiva de la base de datos, al incorporar registros inéditos

Se utiliza la información disponible para explorar verbos (ficha correspondiente a la exploración creativa).

Figura 76. *Ficha utilizada para iniciar el proceso metodológico B*

Fuente: Elaboración propia. Fotografías del autor.

B3 Selección de los verbos y las funciones en la información recopilada

Vía B, paso 3. A partir del reconocimiento de la información existente, se define el verbo central y sus verbos asociados, a partir de los cuales se desarrollan esquemas creativos que contribuyen al proyecto y su objetivo.

En este proceso se elaboraron esquemas que expresan la relación entre el verbo y la forma, así como alternativas orientadas al logro del propósito planteado. Dichas alternativas surgen del consenso en el equipo de trabajo en torno a las oportunidades de innovación, y se expresan mediante bocetos y modelados. Se sintetizan el verbo principal y los verbos asociados, relacionándolos con las diversas aplicaciones derivadas de la etapa anterior y seleccionando aquellas opciones con mayor potencial de innovación.

En esta propuesta se determinó la *Mimosa pudica* y su capacidad de movimiento y

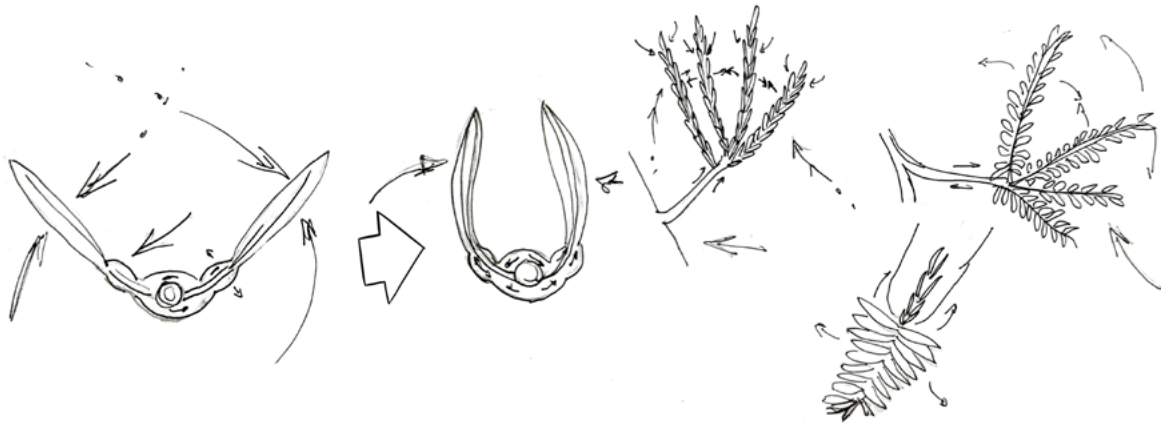
Figura 77. *Esquemas y modelados de exploración de la* Mimosa pudica.

Fuente: Desarrollo Laboratorio 1, Escuela de Diseño Industrial, Universidad Nacional de Colombia (2024). Imágenes: Elaboración propia.

memoria como el elemento de interés, definiendo las acciones ejecutadas por la planta, en modo de verbos: *proteger, reaccionar, abrir, cerrar*. La capacidad de esta especie para reaccionar ante estímulos externos y dejar de hacerlo cuando estos se repiten lo suficiente, como para no representar peligros, demuestra lo que se ha denominado «memoria de las plantas».

Sus tallos se dividen en hojas compuestas que conforman un sistema de tipo fractal; su movimiento, generado por células extensoras y flexoras, y su interacción con hormonas que regulan la necesidad de movimiento, constituyen un principio con múltiples posibilidades de innovación. A parte de este fenómeno se desarrollan esquemas que permiten generar ideas de aplicación práctica.

Figura 78. *Esquemas de exploración de la dormidera* (Mimosa pudica).



Fuente: Desarrollo Laboratorio 1, Escuela de Diseño Industrial, Universidad Nacional de Colombia (2024). Imágenes: Elaboración propia.

B4 Ejercicio creativo con los verbos y las funciones

En la vía B, etapa 4, y a partir de los esquemas generados en lluvias de ideas, bocetación y el modelado, se desarrollaron artefactos que exploran la forma en relación con el verbo y sus posibles aplicaciones prácticas, conducentes a desarrollos innovadores. Se concluye con propuestas aplicadas al proyecto. En este caso, tomando como referente a *Mimosa pudica*, se definieron exploraciones en torno a luminarias que respondan a estímulos externos y que sean capaces de «aprender» de ellos. En esta etapa se avanza mediante estrategias como modelado, narrativa prospectiva y bocetación.

«En el caso de *Mimosa pudica*, los pulvinos –estructuras responsables del movimiento de cierre y apertura de las hojas, mecanismo conocido como tigmonastia– describen una trayectoria parabólica». Si la planta se expone de forma continua a un estímulo, el mecanismo deja de funcionar como si «asumiera» que el estímulo ya no representa una amenaza. De esta observación surge la luminaria *Lumimosa*, inspirada en las flores y las hojas de la planta, así como en su proceso de movimiento y sensibilidad ante estímulos externos (véase la Figura 84).

Figura 79. *Propuesta de luminaria desarrollada a partir de* Mimosa pudica

Fuente: Desarrollo de David Bernal, Juan Casas y Mariana Robayo, en la asignatura Teoría Morfológica. Escuela de Diseño Industrial, Universidad Nacional de Colombia (2024).

Para el contexto académico, se proponen diversos ejercicios en la vía B. A continuación, se presentan algunos de ellos, los cuales siguen el mismo proceso metodológico. En el caso de *Mimosa pudica*, a partir del movimiento de sus hojas y su sensibilidad a estímulos externos, se proponen variaciones formales y funcionales.

Etapa 1: Selección de los verbos y las funciones a partir de la información recopilada (canalizar, bañar, captar).
Etapa 2: Exploración creativa desde distintas posibilidades de forma y acción.
Etapa 3: Selección de los verbos y las funciones a partir de la información recopilada.
Etapa 4: Aplicación creativa con los verbos y las funciones (véase Figura 80).

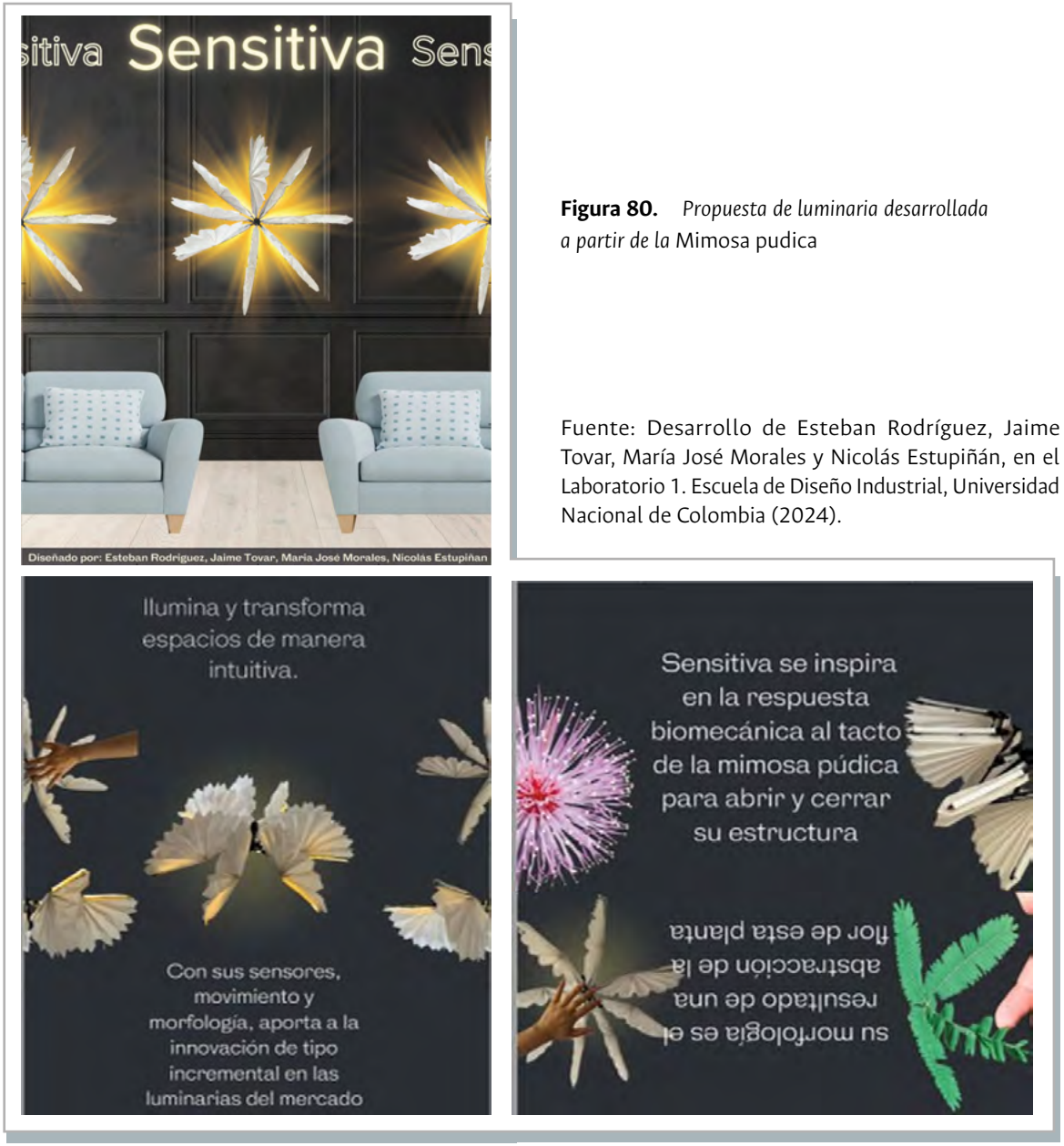


Figura 80. *Propuesta de luminaria desarrollada a partir de la* Mimosa pudica

Fuente: Desarrollo de Esteban Rodríguez, Jaime Tovar, María José Morales y Nicolás Estupiñán, en el Laboratorio 1. Escuela de Diseño Industrial, Universidad Nacional de Colombia (2024).

Se desarrolla también una exploración de las relaciones entre forma y función. El proceso inicia con la selección de verbos y la búsqueda de aplicaciones prácticas derivadas de sus significados.

Etapa 1: Selección de los verbos y las funciones a partir de la información recopilada (canalizar, bañar, captar).
Etapa 2: Exploración creativa desde distintas posibilidades de forma y acción.
Etapa 3: Selección de los verbos y las funciones a partir de la información recopilada.
Etapa 4: Aplicación creativa con los verbos y las funciones (véase Figura 81).

Figura 81. *Propuestas desarrolladas a partir de exploración de los verbos definidos*

Fuente: Desarrollo de Andrea Castañeda, Juan Hansmeier y Julián Higuera. Desarrollo de Martín Escobar, Alejandra Dorado y María Fernanda Chinome. Escuela de Diseño Industrial, Universidad Nacional de Colombia (2024).

Figura 82. *Ejemplos de exploración en la vía B: relaciones entre forma y función, empleando los verbos determinados y buscando aplicaciones prácticas derivadas de ellos*

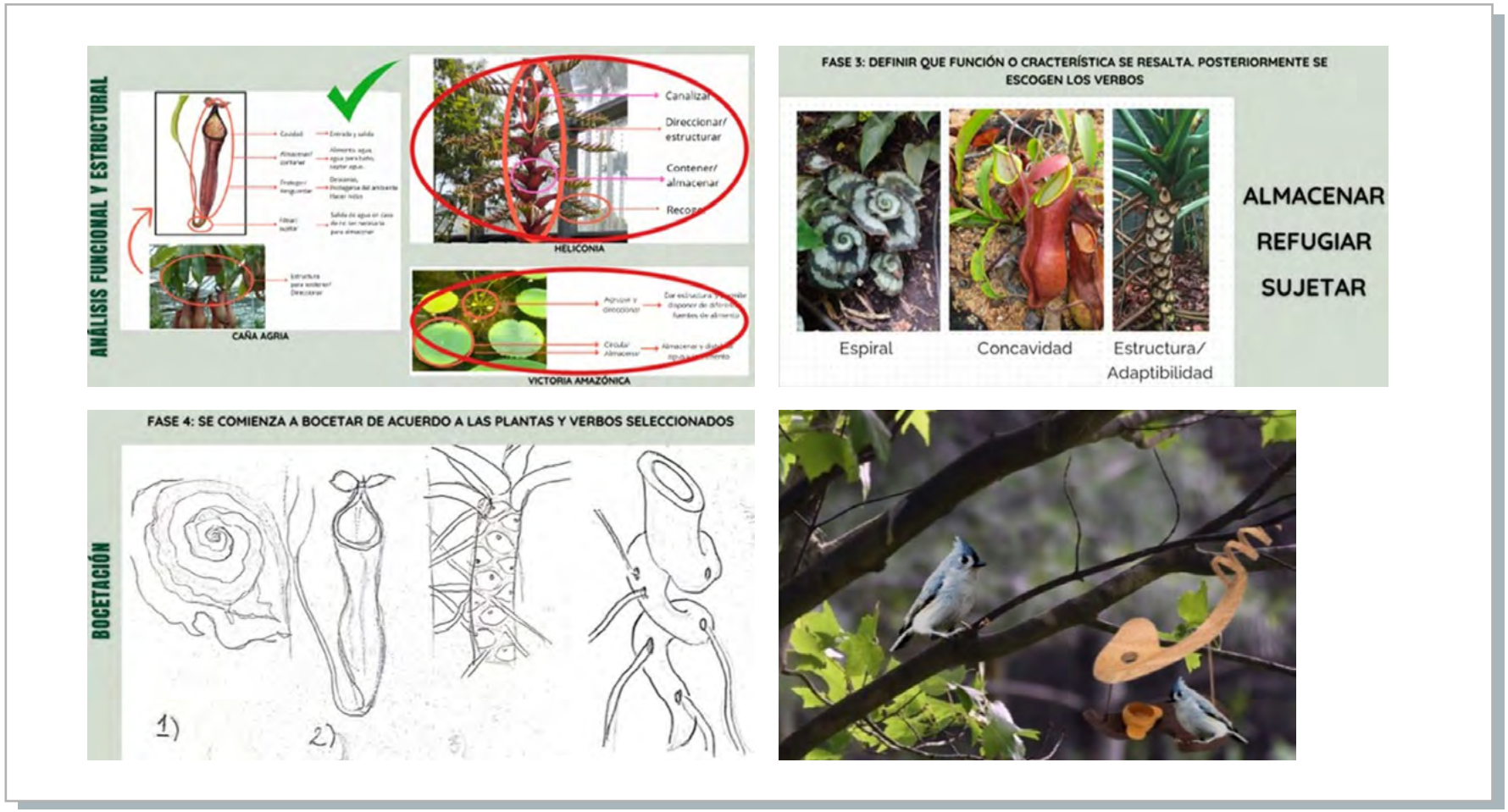
Fuente: Desarrollo de Laura Garay, Juliana Lara, Giuliana Mestre y Valentina Ravelo, en la asignatura Teoría Morfológica. Escuela de Diseño Industrial, Universidad Nacional de Colombia (2024).

Figura 83. *Ejemplos de exploración en la vía B. Imágenes generadas con inteligencia artificial (IA Leonardo, IA Vizcom y Bing), empleando los verbos asociados a la planta*

Fuente: Desarrollo de Laura Garay, Juliana Lara, Giuliana Mestre y Valentina Ravelo, en la asignatura Teoría Morfológica. Escuela de Diseño Industrial, Universidad Nacional de Colombia (2024).

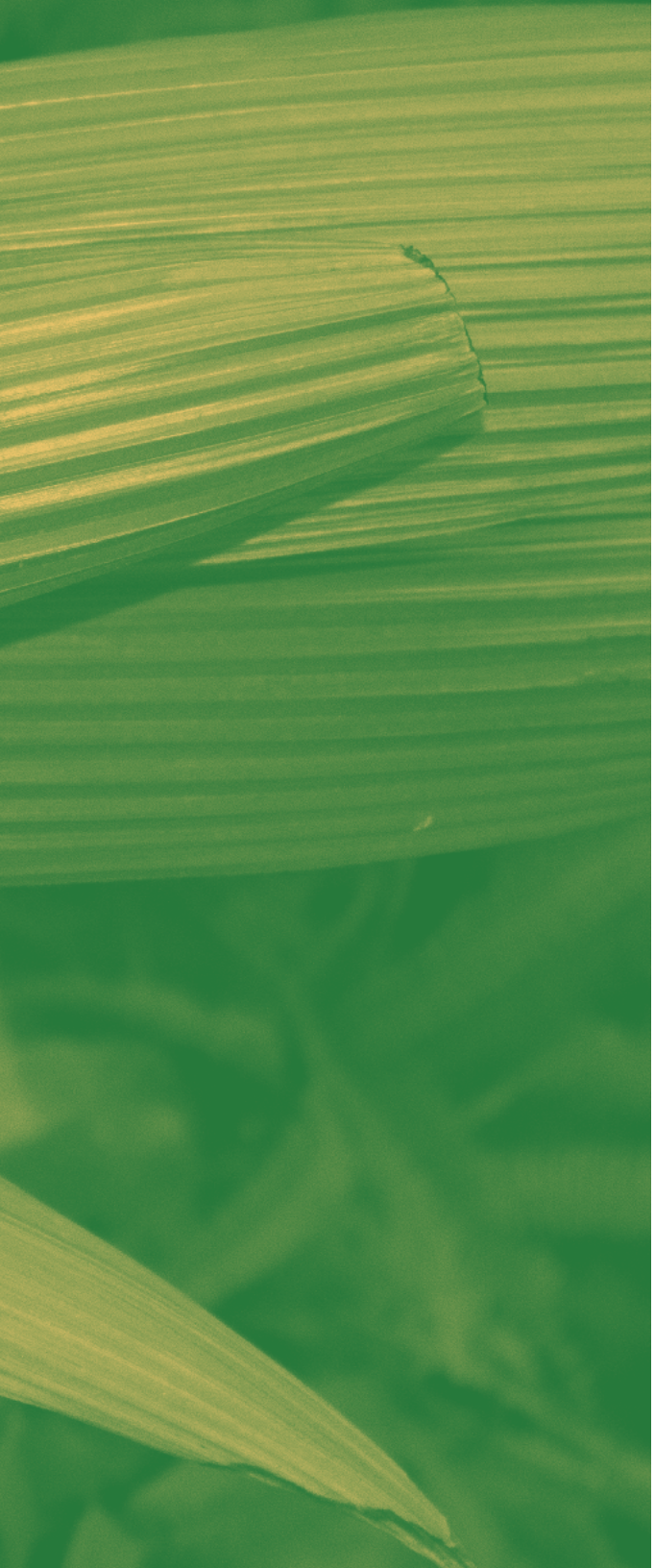
Seguimiento de las diferentes etapas del proceso en la vía B.

Figura 84. *Ejemplo de exploración y resultado en la vía B*



Fuente: Desarrollo de Paula Cuchimaque, Sofía Huertas y Ana Bernal, en la asignatura Teoría Morfológica. Escuela de Diseño Industrial, Universidad Nacional de Colombia (2024).

Conclusiones generales y perspectivas



- En la práctica y la docencia del diseño resulta fundamental enfatizar la importancia de la observación de la naturaleza, no solo desde una perspectiva discursiva, sino también práctica. Es necesario generar metodologías y herramientas que viabilicen la creatividad y la proyección en el ejercicio de la biomímesis y la biotécnica. Estas herramientas facilitan el acercamiento a las problemáticas del diseño, propician el ejercicio creativo y fomentan la sensibilización de los participantes de un equipo de trabajo frente a los elementos y posibilidades involucrados en el proceso de proyectación.

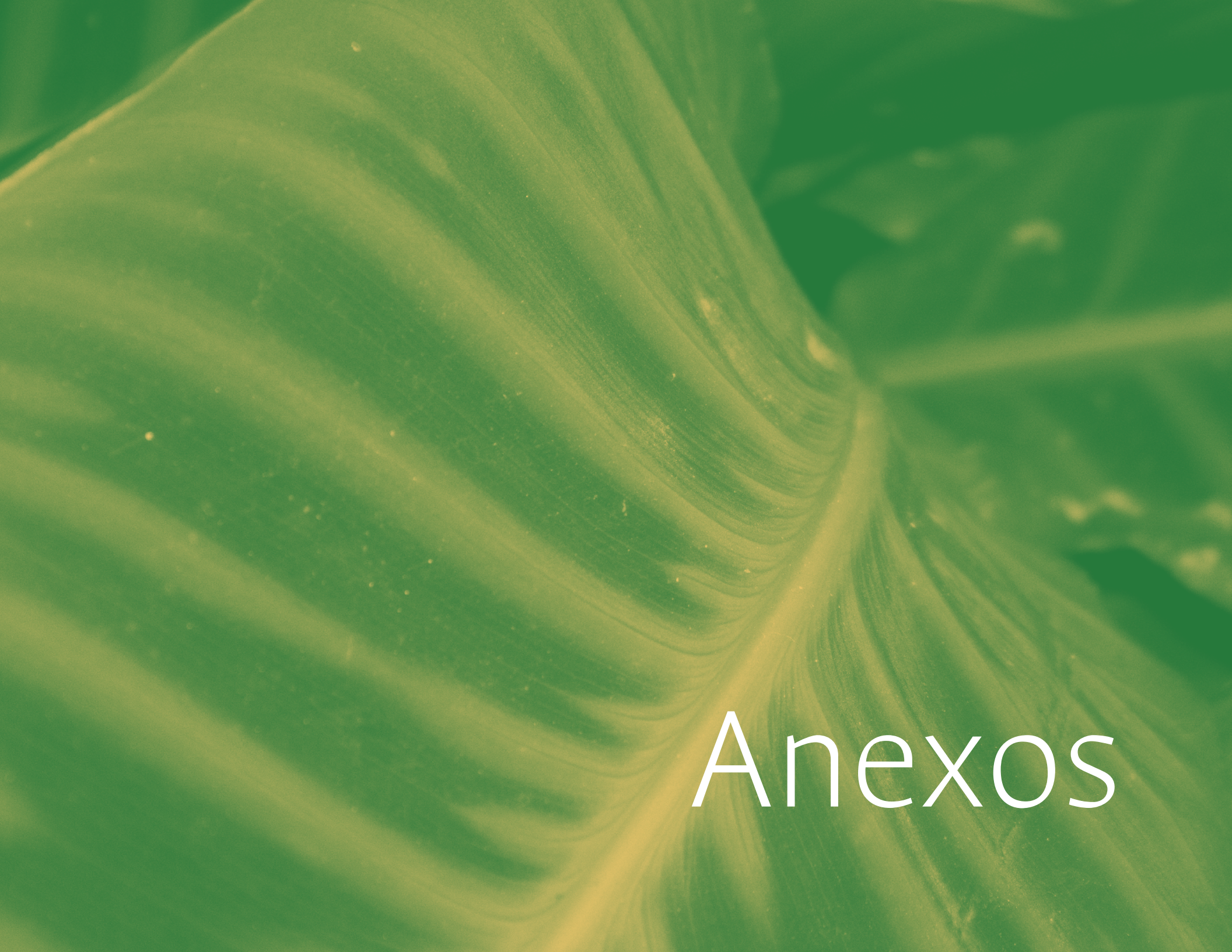
- Es necesario profundizar en las metodologías para la creatividad, las cuales deben constituirse en parte fundamental de los procesos de proyectación.

- La segmentación de la información y las dificultades propias de la inter y la transdisciplina pueden comenzar a superarse mediante la generación de herramientas que integren los conocimientos y hagan accesible la información disponible a otras disciplinas, con el fin de permitir su uso aplicado. En este sentido, se propone la recopilación de información botánica interpretada desde los intereses de la proyectación. Este ejercicio requiere continuidad y mayores recursos para incorporar herramientas tecnológicas contemporáneas que potencien las posibilidades de innovación.

- Desarrollar una herramienta tecnológica para la recopilación y la difusión de la información generada, que se actualice continuamente a partir de diversos procesos creativos y que facilite el acceso a datos a múltiples equipos de trabajo.

- Con el propósito de fomentar la observación y la reflexión sobre los problemas creativos de la forma en relación con la acción, se sugiere que en etapas posteriores se adelante un proceso que permita convertir la propuesta metodológica en una herramienta didáctica más específica para el contexto académico. Los resultados obtenidos en los primeros ejercicios de proyectación permiten vislumbrar la posibilidad de crear un laboratorio sustentado en la metodología propuesta, orientado a promover la creatividad y la transdisciplina.

- Proponer el desarrollo de un laboratorio de creatividad inspirado en las plantas, que enfatice la relación entre forma y función a partir de la observación biológica, y que contribuya a la construcción y el fortalecimiento de la herramienta tecnológica planteada.



Anexos

Anexo A. *Tabla con el listado de verbos vinculados con partes de plantas y verbos relacionados (letra A) **

Verbo	Definición	Parte de la planta	Verbos asociados
abrir	Descubrir o hacer patente lo que está cerrado u oculto. Quitar o separar lo que mantiene cerrado algo, para que deje de estarlo. Desencajar una pieza o instrumento con que se cierra algo. Dejar al descubierto algo, haciendo que aquello que lo oculta se aparte o se retire. Separar las partes del cuerpo de un animal o las piezas de objetos o instrumentos unidas por diferentes elementos, de modo que entre ellas quede un espacio mayor o menor, o formen ángulo o línea recta.	flores, frutos, hojas.	separar
absorber	Atraer y retener un líquido, gas o vapor. Consumir enteramente algo. Incorporar materias o sustancias externas.	semillas, frutos.	subsumir, incorporar
adentrar	Internarse, meterse alguien o algo en un camino, un espacio, etc.	raíces, semillas, tallos.	entrar, penetrar
alimentar	Dar alimento a un ser vivo. Suministrar a un aparato la materia o la energía que precisa para su funcionamiento.	fruto, raíces.	entregar
almacenar	Reunir, guardar o registrar en cantidad algo. Poner en resguardo una cantidad de algo.	flores, raíces.	guardar
atraer	Hacer que algo o alguien acuda hacia sí. Ganar la voluntad, el afecto, el gusto o la atención de otra cosa. Mantener cohesión recíproca con otras cosas en virtud de sus propiedades físicas.	flores.	seducir
atrapar	Conseguir algo de provecho. Coger algo que pasa de rápidamente.	hojas, flores.	coger, capturar

Nota. Verbos, definiciones y partes de las plantas.

Fuente: Elaboración propia con base en Asale (s. f.). *Todas las definiciones que se presentan en estas tablas corresponden a Asale (s. f.).

Anexo B. *Tabla de verbos, definiciones y partes de las plantas (letras D a M).*

Verbo	Definición	Parte de la planta	Verbos asociados
dividir	Partir o separar algo en partes. Distribuir o repartir algo entre varios.	flores, tallos, raices, semillas	multiplicar
estabilizar	Fijar a fin de evitar las oscilaciones. Dar a algo estabilidad.	raices, tallos	fijar, sujetar
excavar	Quitar de una cosa sólida parte de su masa o grueso, haciendo hoyo o cavidad en ella. Hacer en el terreno hoyos, zanjas, desmontes, pozos o galerías subterráneas.	raices, semillas	cavar
exhalar	Despedir gases, vapores u olores.	flores, hojas, tallos	reducir, respirar, traspasar
expandir	Hacer que algo aumente de tamaño.	flores	dilatar, crecer, extender
explorar	Reconocer, registrar, inquirir o averiguar con diligencia una cosa o un lugar.	raices, hojas	examinar, reconocer
extender	Hacer que algo ocupe un espacio mayor que el que antes ocupaba. esparcir, desparramar lo que está amontonado. Dicho de una cosa: alcanzar su fuerza, virtud o eficacia a influir u obrar en otra u otras.	flores, raices	desplegar, desenvolver, ampliar
fijar	Poner fija en un lugar una cosa. Asegurar un cuerpo en otro.	tallos, raices	atrapar, almacenar, estabilizar
flotar	Dicho de un cuerpo: sostenerse en suspensión en un líquido o gas.	frutos, semillas	
habitar	Vivir, morar.	tallos, flores	vivir
lanzar	Soltar, dejar libre. Promover la rápida difusión de algo.		arrojar, disparar, impulsar
manipular	Intervenir con medios hábiles y, a veces, arteros, con distorsión de la verdad o la justicia, y al servicio de intereses particulares.	hojas, tallos	manejar, utilizar
mimetizar	Hacer algo según el estilo de otro. cambiar para no ser visto o hacerse pasar por algun otro.		copiar, aparentar,
mover	Hacer que un cuerpo deje el lugar o espacio que ocupa y pase a ocupar otro. menear o agitar una cosa o parte de algún cuerpo.	frutos	viajar, desplazar

Fuente: Elaboración propia con base en Asale (s. f.).

Anexo C. *Verbos, definiciones y partes de las plantas (letras M a R)*

Verbo	Definición	Parte de la planta	Verbos asociados
multiplicar	Aumentar el número o la cantidad de cosas de la misma especie.	semillas, raices, hojas, flores	dividir, expandir
nutrir	Aumentar la sustancia del cuerpo animal o vegetal por medio del alimento, reparando las partes que se van perdiendo en virtud de las acciones catabólicas. aumentar o dar nuevas fuerzas en cualquier línea.	semillas	alimentar
orientar	Dirigir, encaminar a un objetivo específico.	flores, hojas	guiar, atraer
percibir	Captar imágenes, impresiones o estimulos externos. comprender o conocer algo.	hojas, flores, raices	comprender, sentir, recibir
polinizar	Transferencia de granos de polen de la parte masculina de una flor (antera) a la parte femenina (estigma) de otra o de la misma, para posibilitar la fertilización y la reproducción.	flores	transferir, esparcir, difundir, esparcir
proteger	Resguardar a una persona, animal o cosa de un perjuicio o peligro, poniéndole algo encima, rodeándolo.	frutos, semillas, flores	cuidar, resguardar, rodear
recibir	Tomar lo que le dan o le envían.sustentar, sostener a otro. admitir dentro de sí a otra; como el mar a los ríos. esperar o hacer frente a quien acomete, con ánimo y resolución de resistirle o rechazarle.	hojas, flores, raices	capturar, atrapar, sustentar, rechazar.
recoger	Juntar o congregar cosas separadas o dispersas. encoger, estrechar o ceñir, con el fin de reducir la longitud o el volumen de algo. guardar, alzar o poner en lugar seguro algo. ir juntando y guardando poco a poco algo. volver a plegar o a enrollar algo que se había estirado, desenvuelto.	raices, flores	colectar, enrrollar
reducir	Disminuir de tamaño.	hojas, flores	disminuir, aminorar, recoger
reservar	Guardar algo para lo futuro. dilatar para otro tiempo lo que se podía o se debía ejecutar o comunicar al presente. dicho de una persona: separar o apartar algo de lo que se distribuye, reteniéndolo para sí o para entregarlo a otro. conservarse o irse deteniendo para mejor ocasión.	semillas, raices	almacenar
retener	Impedir que algo salga, se mueva, se elimine o desaparezca. interrumpir o dificultar el curso normal de algo.	hojas, tallos, raices, flores	conservar, almacenar, recopilar

Fuente: Elaboración propia con base en Asale (s. f.).

Anexo D. *Tabla de verbos, definiciones y partes de las plantas (letras S a V)*

Verbo	Definición	Parte de la planta	Verbos asociados
secretar	Expulsar una sustancia, dicho de una glándula o de un órgano: expulsar una sustancia producida por ellos.	hojas, flores	segregar, emanar
seducir	Persuadir con argucias o halagos , atraer fisicamente a alguien.	flores	cautivar
soportar	Sostener o llevar sobre sí una carga o peso. dar base a otra cosa para sostenerse.	tallos, raices	sostener, cargar, sustentar
sostener	Mantener firme algo. prestar apoyo.mantenerse en un medio o en un lugar, sin caer o haciéndolo muy lentamente.	raices, tallos	soportar, mantener, resisitir
subsumir	Incluir algo como componente en una síntesis o clasificación más abarcadora. considerar algo como parte de un conjunto más amplio o como caso particular sometido a un principio o norma general.	semillas, flores	absorver
sustentar	Proveer a alguien del alimento necesario. sostener algo para que no se caiga o se tuerza.	tallos, raices	alimentar, soportar
transpirar	Exudar materias a traver se la superficie. destilar a través de sus poros.	hojas, semillas	exudar, transpasar
transportar	Llevar a alguien o algo de un lugar a otro.	tallos, raices	mover
traspasar	Pasar o llevar algo de un sitio a otro. pasar a la otra parte o a la otra cara.	semillas, flores	mover, viajar, untar
trepar	Crecer y subir agarrándose a los árboles u otros objetos, comúnmente por medio de zarcillos, raicillas u otros órganos.	tallos, raices	subir, ascender
ubicar	Situar o instalar algo en determinado espacio o lugar.	hojas, tallos	mover
untar	Aplicar y extender superficialmente una materia sobre algo.	hojas, flores	esparcir, traspasar, mover
viajar	Visitar o recorrer diversos lugares, por cualquier medio de locomoción. desplazarse [un vehículo] siguiendo una ruta o trayectoria.	semillas, frutos	mover, transportar

Fuente: Elaboración propia con base en Asale (s. f.).

Referencias

Asale, R. (s.f.). *Diccionario de la Lengua Española*. Edición del Tricentenario. https://dle.rae.es/

Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: innovation inspired by nature*. Harper Collins Ebook. https://ci.nii.ac.jp/ncid/BB03290291

Biomimicry 3.8. (2021, octubre4). *What is Biomimicry*? https://biomimicry.net/what-is-biomimicry/

Bionis (Ed.). (2003). *Introducing Bionis: The biomimetics network for - ProQuest. Pro Quest*. https://www.proquest.com/docview/204614877?sourcetype=Scholarly%20Journals

Brusic, S. (2013, 8 septiembre). *Designed by nature, inspired by nature*. Feature Articule. https://research.ebsco.com/c/lckhto/viewer/pdf/tsfhu7vz4r

Cervera, M. (2019). *Biónica, Biomimética y Arquitectura: aprendiendo de la naturaleza*. Lexus.

CORDIS | European Commission. (s. f.). https://cordis.europa.eu/article/id/148260-plantoid-robotic-solutions-inspired-by-plants

Dai, H., Dai, W., Chen, Y., Zhang, W., Wang, Y., Guo, R. y Zhang, G. (2024). *Meta-creatures: Developing an omnipotent hydrogel cell to construct bio-inspired systems*. Ithaca: Cornell University Library, arXiv.org. https://www.proquest.com/docview/3094563577/5612C-729114C4421PQ/3?accountid=13250&sourcetype=Working%20Papers

Definicion.de (s. f.). *Definición de Biología*. https://definicion.de/biologia/#:~:text=La%20palabra%20biolog%C3%ADa%20est%C3%A1%20formada,origen%20y%20en%20su%20desarrollo

Díaz, S. (s. f.). Documentos varios. Sociedad Geográfica de Colombia. https://sogeocol.edu.co/Home_B/doc_var/

Díaz, S. (2012). *La botánica en Colombia, hechos notables en su desarrollo* (1.a ed.). Biblioteca Básica de Cultura Colombiana. Botánica. https://siise.bibliotecanacional.gov.co/BBCC/Documents/View/245

Dicks, H. (2023). *The Biomimicry Revolution*. En Columbia University Press eBooks. https://doi.org/10.7312/dick20880

Engineering and Physical Sciences Research Council, Polaris House, North Star Avenue, Swindon, SN2 1ET. (s. f.). *Network: Biomimetics Network for Industrial Sustainability* (Bionis). https://gow.epsrc.ukri.org/NGBOViewGrant.aspx?GrantRef=GR/R44584/01

Fabre, J. (1879). *Souvenirs entomologiques... études sur l'instinct et les murs des insectes*. https://doi.org/10.5962/bhl.title.1403

Faludi, J. (2017). *Golden Tools in Green Design: What Drives Sustainability, Innovation, and Value in Green Design Methods*? University Of California, Berkeley ProQuest Dissertations & Theses, 12. https://digitalcommons.dartmouth.edu/facoa/2784/

Forniés, I. L. y Berges-Muro, L. (2014). *Approach to biomimetic design. Learning and application*. DYNA, 81(188), 181-190. https://doi.org/10.15446/dyna.v81n188.41671

Garnier, E., Navas, M. y Grigulis, K. (2016). *Plant Functional Diversity: Organism Traits, Community Structure, and Ecosystem Properties*. Oxford University Press.

Goethe, J. W. V. (1891a). *Viaje a Italia* (v.1) (Spanish Edition). University of California Libraries.

Goethe, J. W. V. (1891b). *Viaje a Italia* (v.1) (Spanish Edition). University of California Libraries.

Goethe, J. W. V. (2020). *La metamorfosis de las plantas*. Atalanta.

Grew, N. (1682). *The anatomy of plants - Biodiversity Heritage Library*. https://www.biodiversitylibrary.org/item/12

Gribaudo. (2019). *Flora. Le piante viste da vicino*. Ediz. illustrata. Gribaudo.

Joseph, P. (2013, junio 7). *La epigenética, memoria celular sensible a factores emocionales*. Boletín UNAM-DGCS-346. https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2013_346.html

K18. (2024, 19 abril). *La diferencia entre biotecnología, biomimética y biología sintética*. K18 Perú. https://k18peru.com/blogs/noticias/la-diferencia-entre-biotecnologia-biomimetica-y-biologia-sintetica?srsltid=AfmBOopS4hmR4PSA9LyFaSdB9YRoyvd5nujmWXw2ajJN0KubZQLW8qjp

Langella, C. (2007). *Hybrid design: progettare tra tecnologia e natura*. FrancoAngeli.

Laubichler, M. D. y Maienschein, J. (2009). *Form and Function in Developmental Evolution*. En Cambridge University Press eBooks. https://doi.org/10.1017/cbo9780511576188

Lindfors, A. (2024). Dicks, H. (2022). *The Biomimicry Revolution: Learning from Nature How to Inhabit the Earth*. Journal Of Ecohumanism, 3(1), 101-103. https://doi.org/10.33182/joe.v3i1.3115

McLennan, J. F. (2004). *The Philosophy of Sustainable Design: The Future of Architecture*. https://openlibrary.org/books/OL8584145M/The_Philosophy_of_Sustainable_Design

Mancuso, S. (2017). *El futuro es vegetal* (1.a ed.). Galaxia Gutemberg.

Mancuso, S. y Viola, A. (2015). *Sensibilidad e inteligencia en el mundo vegetal* (2.a ed.). Guiunti Editore.

Martins, A. (2011, agosto 24). *Calculan en 8,7 millones el número de especies del planeta*. BBC News Mundo. https://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/08/110824_especies_censo_am#:~:text=En%20total%2C%20los%20cient%C3%ADficos%20calculan,los%20cuales%2043.271%20est%C3%A1n%20registrados.

Pandolfi, C., Comparini, D. y Mancuso, S. (2012). *Self-burial Mechanism of Erodium cicutarium and Its Potential Application for Subsurface Exploration*. Lecture Notes in Computer Science, 384-385. https://doi.org/10.1007/978-3-642-31525-1_53

Papanek, V. (2023). *Design for the Real World*. Thames and Hudson Ltd.

Pioz, J. y Cervera, M. (2013, 20 julio). *Geometría fractal y bioestructura. Fractales y arquitectura*. https://fractalesyarquitectura.wordpress.com/2013/07/16/geometria-fractal-y-bioestructura/

PresaDiretta [PresaDiretta]. (2018, 5 febrero). *Il Plantoide* [Video]. Facebook. https://www.facebook.com/unsupportedbrowser

RAE. (2001). *Diccionario de la lengua española*. https://www.rae.es/drae2001/

Riechmann, J. (2019). *Biomímesis respuestas a algunas objeciones*. En Universidad Nacional Abierta y a Distancia eBooks (pp. 109-131). https://doi.org/10.22490/9789586517379.05

Sachs, A., Bergdoll, B., Gamboni, D. y Ursprung, P. (2007). *Nature Design: From Inspiration to Innovation*. Ausstellung y Museum für Gestaltung Zürich.

Salvia, G., Rognoli, V. y Levi, M. (2019). *Il Progetto della Natura. Gli strumenti della biomimesi per il design*. Francoangeli.

Sinibaldi, E., Puleo, G. L., Mattioli, F., Mattoli, V., Di Michele, F., Beccai, L., Tramacere, F., Mancuso, S. y Mazzolai, B. (2013). *Osmotic actuation modelling for innovative biorobotic solutions inspired by the plant kingdom*. Bioinspiration & Biomimetics. https://doi.org/10.1088/1748-3182/8/2/025002

Stevens, P. S. (1987). *Patrones y pautas en la naturaleza*. (1.a ed.). Salvat.

Tagle, T., T. (2017). *Biomímesis* [Tesis, Pontificia Universidad Católica de Chile]. https://www.diseno.uc.cl/memorias/pdf/memoria_dno_uc_2017_1_TAGLE_URETA_T.pdf

Tamborini, M. (2023). *When nature inspires technology: The Biomimicry Revolution: learning from nature how to inhabit the Earth*. Metascience, 33(1), 111-114. https://doi.org/10.1007/s11016-023-00942-w

Team, A. C. (s. f.). *Advanced Concepts Team of ESA*. ESA. https://www.esa.int/gsp/ACT/doc/ARI/ARI+Study+Report/ACT-RPT-BIO-ARI-066301-SeedBot-PisaFirenze.pdf

Vargas, A. y Ortuño, B. (2023). *Categorización de factores biomiméticos: enfoques para una base conceptual en diseño sostenible, revisión de literatura*. Interciencia, 48, 8. https://www.proquest.com/docview/2880463626/269DF986590843E5P-Q/1?accountid=13250&sourcetype=Scholarly%20Journals

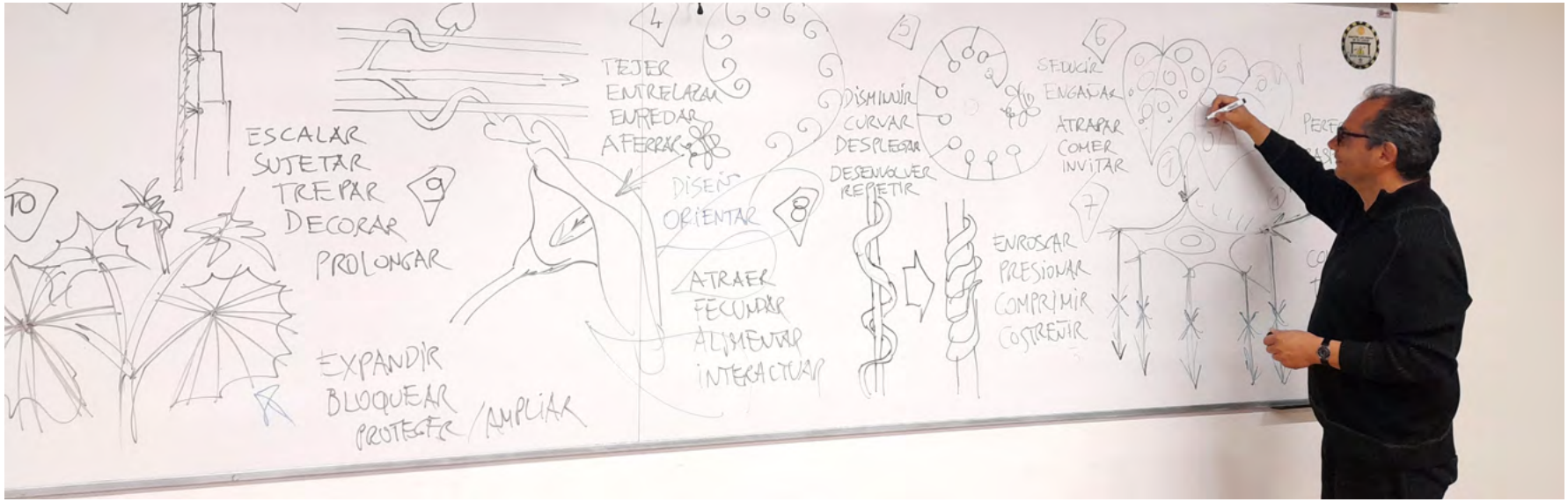
Vogel, S. (2018). *La vida secreta de una hoja*. Fondo de Cultura Económica. https://pdfcoffee.com/qdownload/la-vida-secreta-de-una-hoja-steven-vogelpdf-pdf-free.html

von Jacquin, N. J. (1763). *Nicolai Josephi Jacquin Selectarum stirpium Americanarum historia /in qua ad Linnaeanum systema determinatae descriptaeque sistuntur plantae illae, quas in insulis Martinica, Jamaica, Domingo, alliisque, et in vicinae continentis parte, observavit rariores: adjectis iconibus in solo natali delineatis*. https://doi.org/10.5962/bhl.title.561

Wentworth, T. D. (2023). *On growth and form by D'Arcy Wentworth Thompson*. 1917 [Leather Bound]. Generic.

Wiens, J. J. (2023). *How many species are there on Earth? Progress and problems*. PLoS Biology, 21(11), e3002388. https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3002388

Zhang, J., Baeckens, S., Van Damme, R. y Wanieck, K. (2025). *Overlooked sources of inspiration in biomimetic research*. *Scientific Reports*, 15(1). https://doi.org/10.1038/s41598-025-11703-6



Pedro Uriel Sánchez Zárate

Pedro Uriel Sánchez Zárate es diseñador industrial de la Universidad Nacional de Colombia y doctor en Investigación en Diseño y Comunicación Visual del Politécnico de Milán (Italia). Se desempeña como profesor asociado de la Facultad de Artes de la Universidad Nacional de Colombia y profesor de Cátedra de la Pontificia Universidad Javeriana. Ganador del Premio de Investigación Tenerife 1999 (España), el Premio Microcosmo d'Oro (Italia), el Premio Traza Artesanal 2008 (Colombia) y el Premio CLAP 2016 en la categoría "Editorial". Es coautor del libro *Incollacollage* y autor del capítulo sobre la cosmología Kuna del libro *Raccontami chi ero* (ambos publicados en italiano), y autor del libro digital interactivo *El nacimiento del Universo Kuna* y el libro *KUNA: la riqueza iconográfica de una cultura* (2015), publicados por la Editorial UN. Sus proyectos relacionados con la cultura Kuna han sido publicados en las revistas *Interni*, *Casa Idea*, *Elle Decor* y *Proyectodiseño*.

© Pedro Uriel Sánchez Zárate, 2026

Este libro se publicó en abril de 2026,
para su composición se usaron los tipos
Ancizar (Sans y Serif).

Aquí confluyen reflexiones muy importantes para la Facultad de Artes.

Primero, la docencia no es solamente realización de cursos. El gran desafío actual es alcanzar la integralidad en la educación. Docencia, investigación y extensión no son componentes aislados, sino aspectos de una misma actividad genérica que une la actividad pedagógica cotidiana, su presentación como documento, y la proyección de un nuevo conocimiento a la sociedad.

Segundo, sabemos bien que los dominios académicos siguen teniendo una hostilidad hacia las humanidades y las artes, de manera que el camino para llegar a publicaciones académicas rigurosas no es fácil. Para la ciencia tradicional que habla de trabajar sobre hombros de gigantes, es muy diferente que para saberes no acumulativos. Siglos de tradición académica moderna pesan sobre nuestros hombros.

En la modernidad temprana, la consolidación de la Academia como institución del conocimiento abrió una vía científica que amplió nuestra comprensión del mundo. Durante los siglos XVII y XVIII, el desarrollo de métodos sistemáticos de investigación promovió la idea de que el conocimiento debía fundarse en la observación, la experimentación y la validación pública en espacios relativamente autónomos dedicados a la producción y organización del saber. Pero, con la creciente institucionalización y profesionalización de la ciencia durante el siglo XIX, este proyecto se transformó. La especialización de las disciplinas, la burocratización académica y la vinculación entre investigación, Estado e industria reforzaron una forma de racionalidad orientada principalmente a la eficiencia y al control técnico. Esta forma conceptualizada como «razón instrumental» por autores como Max Horkheimer, reduce el horizonte del conocimiento a su utilidad práctica. Estas rigideces institucionales afectan la organización académica e, incluso, el propio desarrollo autónomo del conocimiento científico, al privilegiar ciertos problemas, métodos y finalidades sobre otros posibles.

Cada producción académica proveniente de los campos de las artes se vincula a esa ampliación de los posibles. Esa es esta colección Acto Cumplido.

Miguel Huertas Sánchez,
decano de la Facultad de Artes