

Ponencia: P_033

Título: Estrategia didáctica de aprendizaje basada en proyectos a través del diseño inspirado en la naturaleza

Autores

MsC Paola Andrea Castillo Beltrán, pacastillo@uao.edu.co

Diseñadora Industrial, Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Colombia

Resumen

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Occidente a través del Núcleo de Fundamentos e Innovación ofrece a los estudiantes de Diseño Industrial e Ingeniería Mecánica, Multimedia y Ambiental la asignatura Biomimética categorizada como electiva básica, es decir del ciclo básico de formación. La asignatura tiene como objetivo analizar y estudiar las características morfológicas y estructurales de las formas naturales para decidir patrones aplicables al diseño tanto para la forma como para la función.

Este trabajo tiene como propósito mostrar las técnicas pedagógicas que se han implementado en el curso con el fin de lograr que el estudiante pueda aprender haciendo y aplicando ideas. En la asignatura se toma la naturaleza como referente el desarrollo de proyectos y la resolución de problemas motivando el conocimiento y la exploración e incrementando habilidades de pensamiento de nivel superior como analizar, crear, evaluar, entre otras.

El curso es un espacio de interacción docente-estudiante y estudiante-estudiante, motivado por procesos de producción de nuevas formas y nuevas funciones y se ha organizado de manera tal que los estudiantes usan herramientas y métodos para realizar procesos de creación apalancados en el análisis de una o varias características, cualidades y sistemas del mundo natural para la definición de la

aparición, los materiales o los sistemas de funcionamiento de artefactos, obteniendo resultados creativos y diferenciados.

Palabras clave: diseño inspirado en la naturaleza, análisis formal, análisis funcional, aprendizaje basado en proyectos.

Introducción

El aprendizaje basado en proyectos tiene su origen en el enfoque constructivista, que evolucionó a partir de las investigaciones realizadas por psicólogos y educadores como Jean Piaget, John Dewey, Jerome Bruner y Lev Vygotsky. El constructivismo considera el aprendizaje como la consecuencia de la construcción de ideas o conceptos mentales por parte de los estudiantes, basándose en sus conocimientos previos y actuales (Serrano y Pons, 2011).

En esta perspectiva, se considera que los estudiantes son protagonistas principales de su proceso de aprendizaje, y para que sea de esta manera, es necesario brindarles experiencias educativas que les permitan construir su propio conocimiento de manera significativa.

Bajo esta mirada constructivista, en la década de 1960, en las escuelas de ingeniería de las Universidades de Roskilde y Aalborg, en Dinamarca, se desarrolló una metodología educativa denominada *Project Based Learning* (PBL) o Aprendizaje Basado en Proyectos. Esta metodología surge como una alternativa derivada del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), ambas con el objetivo de enseñanza de un modelo centrado en el profesor a uno centrado en el alumno, aunque en el caso de PBL, centrado en la elaboración de un producto final como principal objetivo de aprendizaje.

Esta estrategia se orienta por un enfoque activo y colaborativo de la enseñanza, por tanto, los estudiantes conforman equipos de trabajo para investigar, diseñar y crear soluciones para los problemas planteados (Toledo y Sánchez, 2018). De esta manera, los estudiantes asumen un papel activo en su propio aprendizaje y los docentes operan como guías y facilitadores del proceso de aprendizaje, proporcionando orientación y retroalimentación constante. Otra característica importante de esta

estrategia es que se desarrollan proyectos que sean relevantes para los intereses de los estudiantes y que aborden problemas del mundo real (Rekalde y García, 2015).

Por otra parte, el diseño inspirado en la naturaleza, es un concepto que no es nuevo, de hecho, Leonardo Da Vinci en el siglo XVI realizaba rigurosas observaciones de la naturaleza que fueron fundamentales para sus hallazgos e inventos. Da Vinci estudió la anatomía humana, los animales y las plantas y dedicó gran parte de sus estudios a comprender el funcionamiento del cuerpo humano, la manera en que las hojas se distribuyen en las plantas, el vuelo de las aves, la edad de los árboles a partir de sus anillos, entre otros elementos.

De acuerdo con Villamil y Otálvaro (2019), en el año de 1958 ya se usaba el término biónica para referirse al estudio de organismos biológicos con el objetivo de encontrar soluciones a problemas humanos. Así mismo estos autores plantean que:

Diferentes autores han precisado la definición de la biónica, intentando aclarar sus alcances y ampliar su campo de acción, algunos desde un extremo la ven como el estudio de las posibilidades técnicas y mecánicas de reproducir estructuras y mecanismos naturales por medio de artefactos, y del otro extremo están quienes la ven como el estudio de los entes naturales para aprovechar sus principios y aplicarlos a las creaciones humanas. (Villamil y Otálvaro, 2019, p. 11)

Más adelante, el término Biomimética se populariza. Es en 1997 con la publicación del libro *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature* escrito por Janine Benyus, lo que se considera el origen de este enfoque. En 2005, Benyus y Bryony Schwan crearon el Instituto de Biomimética (*Biomimicry Institute*) que como lo plantea su misión, está enfocado en ayudar a resolver los mayores desafíos de la humanidad mediante la adopción de la biomimética (innovación inspirada en la naturaleza) en la educación, la cultura y la industria.

Lo anterior, teniendo en cuenta que durante eones, la naturaleza ha resuelto sus problemas con diseños bien adaptados, química amigable con la vida y uso inteligente de materiales y energía (Biomimicry Institute [B.I.], 2023a). El Instituto genera iniciativas a través de la educación, la innovación, la inspiración y el cambio de sistemas para crear un mundo más saludable y mejorar la calidad de vida.

En el 2007 Chris Allen se unió al equipo del Instituto para crear *Ask Nature*, la primera biblioteca digital de soluciones de diseño basadas en la naturaleza, diseñada para llamar la atención sobre lo que podemos aprender de la naturaleza y que incluye más de 1700 estrategias biológicas, información de proyectos innovadores orientados por la biomimética, recursos educativos para estudiantes y docentes y ensayos/artículos sobre diferentes temas o tendencias en la innovación basada en la naturaleza (B.I., s.f).

En efecto, este enfoque permite emular la naturaleza e inspirarse en sus principios, entendiendo de qué manera el mundo natural ha solucionado sus problemas. Lo anterior nos permite crear soluciones innovadoras, eficaces, con uso eficiente de los recursos y habilidad de adaptarse continuamente como respuesta a la responsabilidad frente a carestía de recursos, el cambio climático y la contaminación.

La asignatura Biomimética, considera esta mirada, aunque ajustada al alcance de acuerdo a su ubicación en el plan de estudios y a los tiempos definidos por el semestre académico. Así pues, a continuación, se explicarán y describirán los elementos compositivos a nivel microcurricular de una asignatura enfocada en el Diseño Inspirado en la Naturaleza y que usa como metodología didáctica el Aprendizaje Basado en Proyectos.

Contexto de la asignatura

La asignatura denominada como Biomimética, es ofertada para estudiantes de Diseño Industrial e Ingeniería Mecánica, Multimedia y Ambiental de la Universidad Autónoma de Occidente, siendo un espacio de encuentro interdisciplinar. Está clasificada como una electiva básica, es decir una electiva del ciclo básico de formación, que se cursa en el primer año de estudios.

El curso busca aplicar la metodología proyectual con el fin de solucionar problemas a través de nuevos productos de diseño o rediseño de los existentes, considerando de forma ética y reflexiva los factores económicos, sociales, culturales, tecnológicos y ambientales de los diferentes contextos en los que se interviene. Para lograrlo, los estudiantes identifican a los seres vivos como fuente de inspiración para el desarrollo de productos, consideran elementos de composición encontrados en la naturaleza y los toman como referencia para el desarrollo de propuestas innovadoras.

Propuesta metodológica

El despliegue microcurricular está organizado en cuatro momentos. A continuación, se presenta un esquema de dicha organización y los productos obtenidos en cada parte del proceso.

| Proceso desarrollado en la asignatura | Productos | Criterios de evaluación |
|--|---|---|
| Reconocimiento e investigación del elemento natural | Infografías con la síntesis de la investigación del elemento natural. | <ul style="list-style-type: none"> • Comprensión de las características del elemento natural • Calidad y profundidad de la información recopilada • Calidad de la síntesis presentada en infografías • Calidad de la presentación oral y dominio del tema |
| Análisis formal | Infografías con el análisis de rasgos, color, textura y propuesta propia de patrón geométrico, color y textura. | <ul style="list-style-type: none"> • Análisis de los rasgos característicos del elemento natural • Creatividad en la propuesta de módulo, color y textura • Calidad del patrón geométrico • Calidad de la presentación oral y dominio del tema |
| Análisis funcional | Infografías con el análisis de funciones de elemento natural y estrategia biológica seleccionada. Ideas de conceptos de diseño a partir de la estrategia biológica. | <ul style="list-style-type: none"> • Comprensión detallada de la estrategia biológica • Calidad y profundidad de la información recopilada • Creatividad en la generación de ideas que usan los principios de la estrategia |

| | | |
|---------------------------|---|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • Calidad de la presentación oral y dominio del tema |
| Diseño biomimético | <p>Infografías con el proceso de diseño biomimético sintetizado y modelo tridimensional del diseño planteado.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Aplicación sistemática del proceso de diseño biomimético • Creatividad en la propuesta de diseño • Relación de la propuesta con los principios de la biomimética |

Tabla 1. Estructura de la organización microcurricular de la asignatura.

Fuente: propia.

Un primer momento enfocado en la investigación de un elemento natural, un segundo momento enfocado en el análisis formal para la creación de nuevas formas bidimensionales, un tercer momento orientado al análisis funcional para identificar mecanismos o funciones que puedan ser referente para la generación de ideas y finalmente el diseño biomimético completo orientado a resolver una problemática a través del diseño y a partir de una metodología estructurada.

A continuación, se describirá de manera detallada cada fase, los objetivos y algunos resultados obtenidos en cada una.

Reconocimiento e investigación del elemento natural: se realiza un proceso de selección en los diferentes reinos de la naturaleza del elemento natural sobre el que se desea investigar. Para el caso de los ejercicios del curso se sugiere trabajar con el reino animal y vegetal principalmente, para contar con mayor cantidad de información y observación directa preferiblemente. Por ejemplo, se ha seleccionado flora y fauna que habita en el campus universitario, usando como banco inicial de información el inventario de especies que ha desarrollado el programa de Campus Sostenible de la Universidad Autónoma de Occidente.

Una vez seleccionado el elemento natural, se realiza un proceso de investigación para conocer todas sus características, sus comportamientos y recopilar imágenes. Todo el proceso de investigación se sintetiza en infografías como se observa en las figuras 1 y 2.

CAMALEÓN PANTERA

Furcifer pardalis

Es una de las especies de camaleón más grandes que existe, originario de Madagascar y característico por sus colores.

Información biográfica:

Reino: Animalia, Clase: Reptilia, Especie: F. Pardalis, Familia: Chamaeleonidae.

Orden: Squamata, Filo: Chordata, Genero: Furcifer.

ALIMENTACIÓN

Se alimentan de invertebrados terrestres y rara vez de plantas.

Cuando detectan una presa giran su cabeza para poder enfocar ambos ojos.

Son cazadores oportunistas, ya que esperan que su presa entre en el alcance de sus largas lenguas, capturándolos con gran velocidad.

Sus lenguas cuentan con cartílagos, nervios y músculos especiales para esta función.

DEPREDADES

Se ve afectado por la tala forestal desenfrenada, el comercio ilegal de vida silvestre y el cambio climático.

Ocultarse es su única forma de evitar depredadores.

Sus depredadores son pájaros y serpientes.

CARACTERÍSTICAS

Se considera un animal diurno, debido a que no cuenta con bastoncillos en sus ojos, ni con pigmentos de melanina para la visión nocturna.

Es conocido por ser solitario y territorial sin importar su edad o sexo.

Utilizan su cola para intuir la presencia de depredadores o para mantener la estabilidad en ramas y árboles.

Pueden cambiar de color de piel para confundirse en su entorno, pero manteniendo una gama de colores. Usan colores más oscuros para absorber más luz.

Su mordisco no es peligroso, su piel no es venenosa y no pueden moverse rápidamente.

RELACIÓN CON OTROS

Son hostiles en temporada de reproducción. Los machos suelen ser intolerantes con otros machos que invaden su hábitat, persiguiéndolos e hiriéndolos gravemente.

Los camaleones se comunican a través del color de su cuerpo.

Su reproducción se da entre enero y mayo, e inicia con el cortejo. El macho muestra a la hembra con paso vacilante o rápido, si esta está interesada, el macho la monta agarrándola por los flancos y colocándola por alguno de sus lados.

APAREAMIENTO Y GESTACIÓN

Algunos machos usan el color para hacerse pasar por hembras y así huir de otros machos.

La gestación es de 3 a 6 semanas, tiempo en el que las hembras excavan madrigueras, donde luego depositan entre 10 a 46 huevos que cubren con tierra, ramas o hojas.

Figura 1. Imágenes que ilustran el proceso sintetizado de reconocimiento e investigación del Camaleón Pantera. Estudiante Isabella Sierra Rodríguez.

EL MARSUPIAL DE SUDAMÉRICA

LA ZARIGÜEYA

Reino: Animalia, Filo: Chordata, Subfilo: Vertebrata, Clase: Mammalia.

Superorden: Ameridelphia, Especie: Didelphimorphia virginiana, Familia: Didelphidae.

Didelphidae: "Dos matrices"

Habita en:

Basureros, Jungla, zonas verdes, Humedales.

Puede sobrevivir en gran variedad de ecosistemas pero prefiere lugares húmedos.

No habita climas desérticos, No habitan elevaciones extremadamente altas.

REPRODUCCIÓN

La gestación es de 12-13 días y tienen hasta 20 crías.

Duran en el marsupio hasta los 100 días de edad.

Las hembras son poliestricas, con ciclos de 28 días.

Las crías nacen con uñas desarrolladas hasta alcanzar el marsupio.

Son activas sexualmente hasta los 2 años de edad.

Su cola, con capacidad prensil es larga, de mayor longitud que el cuerpo.

Su esperanza de vida es de 4 años.

Son eficientes nadadores y escaladores.

Son resistentes a enfermedades.

Se inmovilizan ante amenazas.

Son omnívoros.

Adulto promedio de 144cm.

Esta especie puede llegar a medir entre 45 y 60 cm de largo, y puede llegar a pesar más de 2 kg.

60cm máximo.

Figura 2. Imágenes que ilustran el proceso sintetizado de reconocimiento e investigación de la Zarigüeya, siendo una especie que habita en el campus universitario. Estudiante Juan Alberto Castro Granada.

Análisis formal: en esta etapa se realiza una revisión detallada de los rasgos más importantes del elemento natural, identificando lo que lo hace diferente de otros

elementos de la misma familia y aquello que le da particularidades. El enfoque se da en su morfología, color, textura, estructura, organización y proporción. El análisis se sintetiza en infografías tal como se puede observar en las figuras 3 y 4.

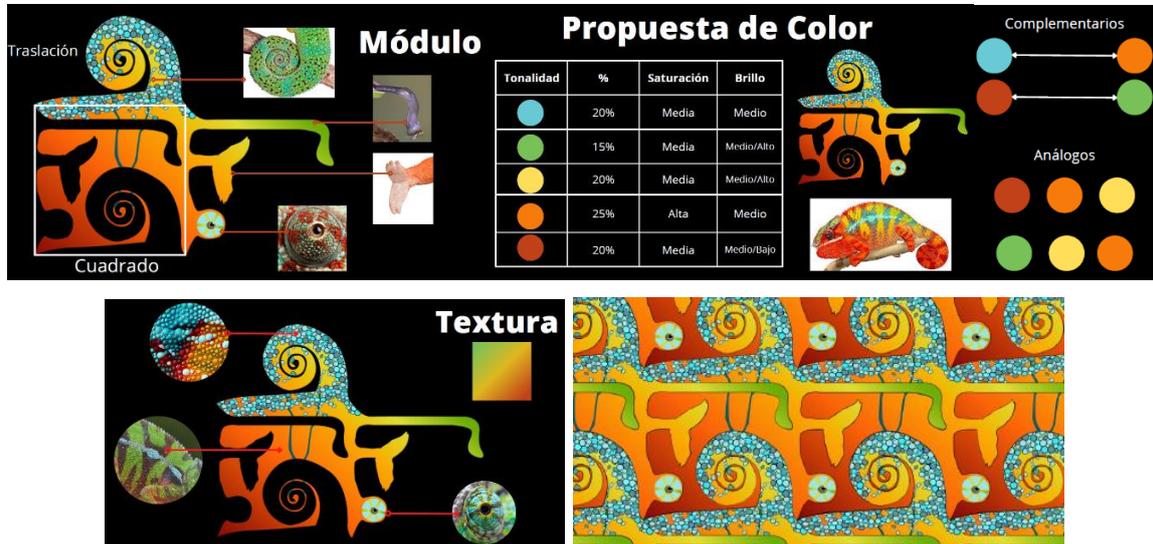


Figura 3. Análisis de rasgos, generación de módulo, propuesta de color y textura y patrón geométrico a partir del Camaleón Pantera. Estudiante: Isabella Sierra Rodríguez.

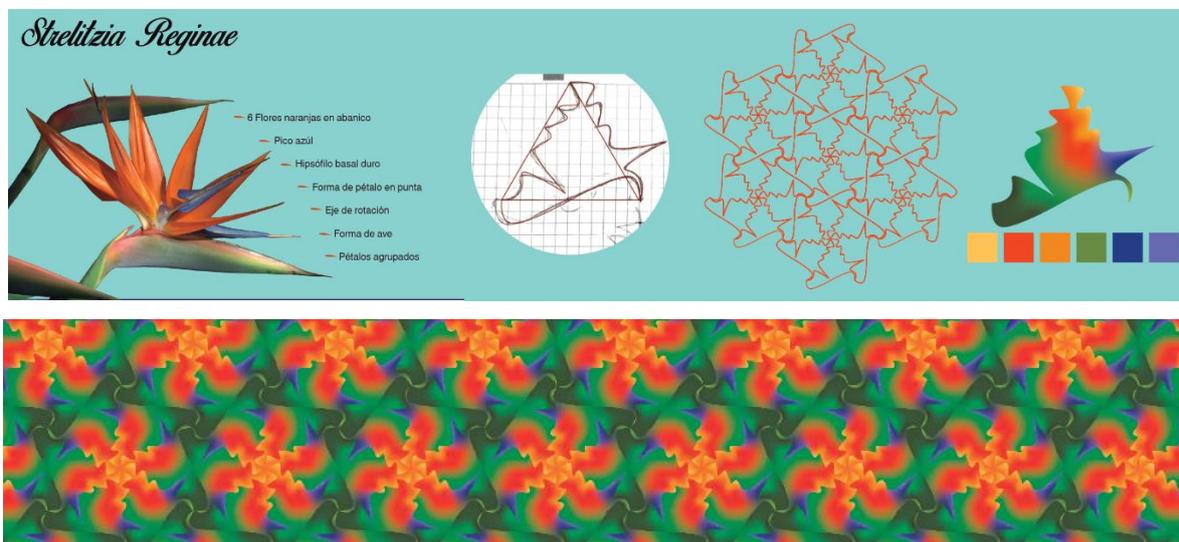


Figura 4. Análisis de rasgos, generación de módulo, propuesta de color y textura y patrón geométrico a partir de la Strelitzia Reginae o Ave del Paraiso que se encuentra en el campus universitario. Estudiante: Andrés Felipe Gaviria Perea.

De esta comprensión se deriva el ejercicio de generación de nuevas formas a partir de los rasgos del elemento natural, a través del cual se plantea un módulo usando operaciones de traslación, rotación y simetría, que puede ser organizado posteriormente en un patrón geométrico. A dicho módulo se le genera una propuesta

de color y textura haciendo abstracción de características del elemento natural. Para apoyar el análisis del color se usa la aplicación Adobe Color que permite extraer temas generando paletas de color a partir de una imagen.

El análisis anterior permite a los estudiantes reconocer aspectos morfológicos particulares presentes en la naturaleza. A partir del reconocimiento de dichas formas, le permite apalancar el proceso de desarrollo de una nueva propuesta formal, puesto que, aunque se parte de los rasgos analizados, no se busca reproducir la forma total del elemento natural.

En términos de color y textura, de igual manera, se usan los colores en proporciones similares a las que presenta el elemento natural y se mantienen cualidades de tono, valor y saturación. En cuanto a la textura, se analiza la saturación de elementos, la organización, los intervalos y se plantea una abstracción propia generando también una propuesta. Lo anterior, lleva a realizar un proceso de creación que va mucho más allá de recortar una zona de la imagen del elemento natural e incluirla en el módulo y que por ende exige en el estudiante la comprensión, la observación, el uso de la creatividad y de fundamentos propios del diseño.

Análisis funcional: para el análisis funcional se toman algunos de los métodos planteados por el Instituto de Biomimética en su metodología de la espiral biomimética (B.I., 2023b), con el objetivo de identificar cómo los organismos vivos cumplen con funciones específicas en relación con las tres funciones vitales comunes de nutrición, relación o interacción y reproducción. También, se toma como fuente de investigación inicial la base de datos *Ask Nature* y se complementa con otras fuentes bibliográficas.

En primer lugar, los estudiantes identifican una estrategia biológica (ver figura 5), entendida como una característica, mecanismo o proceso que desempeña una función para un organismo. Es una adaptación que el organismo tiene para poder sobrevivir (B.I. 2023b). Posteriormente, la describen a partir de un texto y un dibujo esquemático y se clasifica dicha estrategia biológica de acuerdo a la Taxonomía de la Biomimesis. Esta taxonomía es un sistema de clasificación desarrollado por el Instituto de Biomimética para organizar las estrategias biológicas según las funciones a las que sirven (2023b).

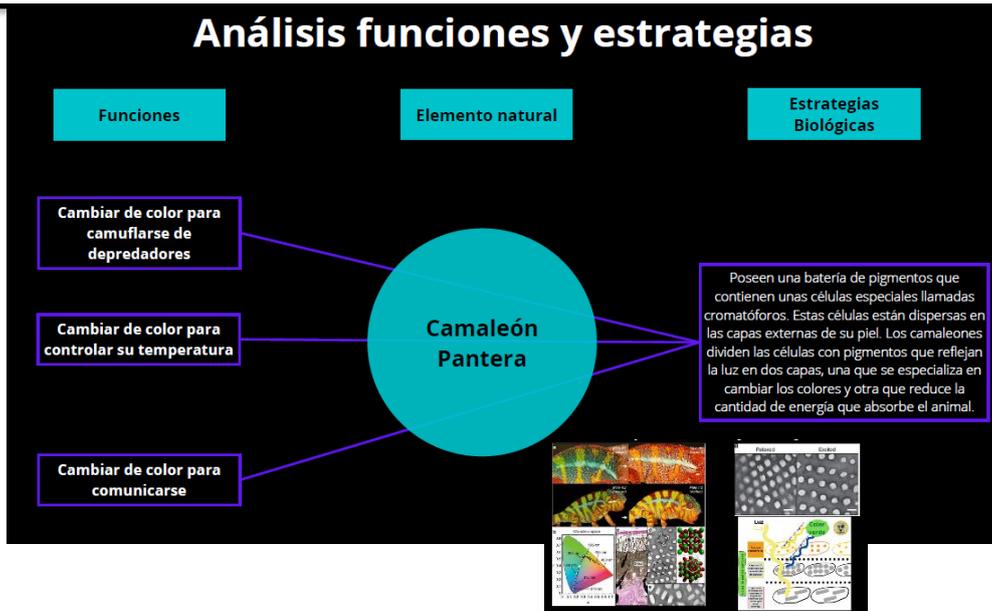


Figura 5. Análisis de funciones y estrategias biológicas del Camaleón Pantera. Estudiante: Isabella Sierra Rodríguez.

Después, los estudiantes realizan un proceso de emulación en el que se identifican las lecciones clave de la estrategia biológica que aportan información a la solución. A partir de esto desarrollan conceptos de diseño con base en estas estrategias. En este punto, se trabaja con la generación de diferentes ideas que puedan surgir de esta emulación, sin plantear un reto específico, buscando ampliar la posibilidad de soluciones a partir de la estrategia revisada (divergencia) como se observa en la figura 6.

| | |
|--|--|
| 1 Un instrumento que indique la contaminación en el agua: Es un dispositivo que al sumergirlo en el agua (de ríos, lagos, estanques o piscinas) indica por medio del color los niveles de contaminación que hay presente. | 2 Prenda detectora de intensidad de rayos UV: Es una prenda de vestir que al ser expuesta al sol cambia de color dependiendo de la intensidad de los rayos UV, para que el usuario pueda conocer los momentos en los que más debe protegerse del sol. |
| 3 Banda para medir temperatura en bebés: Es una banda para la parte superior del brazo del bebé, que indica si tiene la temperatura alta (fiebre), cambiando de color. | 4 Un mixer para comprobar si un trago está adulterado: Es un utensilio para mezclar bebidas alcohólicas, que por medio del color comunica si la bebida ha sido adulterada o si se encuentra en buen estado. |
| 5 Un dispositivo con iluminación que indique momentos de descanso: Es un dispositivo que cada cierto tiempo cambia de color para indicar tiempos de descanso para los empleados de una empresa, esto con el fin de mejorar el ambiente laboral y la productividad. | 6 Un biberón que cambia de color según la temperatura de la leche: Es un biberón que por medio del color comunica a la madre, si la leche está a la temperatura adecuada para dárselo al bebé. |
| 7 Empaque detector de alimentos en mal estado: Es un recipiente donde se ponen los alimentos y este por medio del color revela si el alimento se echó a perder. | 8 Un artefacto para conocer el estado de un cultivo: Es un artefacto que indica el estado de un cultivo, comunicando por medio de colores cuando se puede cosechar o cuanto tiempo falta para que esté lista la siembra. Este también pueden indicar si la tierra es fértil o no para sembrar. |
| 9 Dispositivo medidor de sal en alimentos: Es un instrumento que sirve para medir los niveles de sal en la comida, que por medio del color indica que tan altos o bajos son estos niveles. | 10 Tarjeta de transporte público que indique la cantidad de dinero que tiene: Es una tarjeta del transporte público que por medio del color indica la cantidad de dinero que tiene, para recordar al usuario cuando deben recargarla sin la necesidad de una máquina especial. |

10 Ideas de biodiseño

Figura 6. 10 ideas o conceptos de diseño a partir de la estrategia biológica de cambio de color del Camaleón Pantera. Estudiante: Isabella Sierra Rodríguez.

Diseño biomimético: en esta fase final, se parte de todo el análisis realizado previamente a través de la investigación general del elemento natural, el análisis

formal y el análisis funcional, para definir un reto de diseño y plantear una solución inspirada en la naturaleza.

Este último ejercicio busca que los estudiantes puedan aplicar el proceso metodológico completo de la biomimética o Espiral de Diseño Biomimético (figura 7) propuesta por el Instituto de Biomimética, usando la naturaleza como fuente de consulta e inspiración para finalmente plantear una solución a un problema definido por ellos mismos.

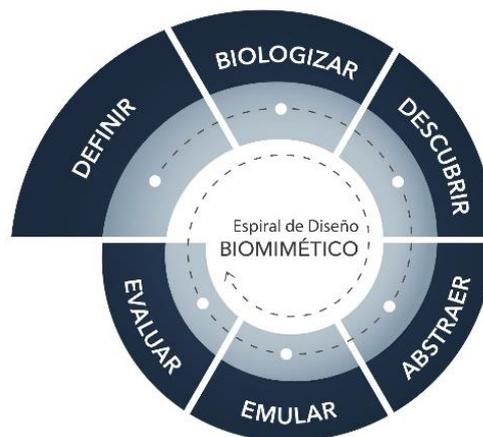


Figura 7. Espiral de Diseño Biomimético
Fuente: Biomimicry Institute (2023b).

Inician por definir un reto, continúan con la biologización de la función y el contexto, para luego identificar la estrategia biológica a usar como punto de partida para abstraer las estrategias de diseño. Posteriormente, emulan las lecciones de la naturaleza, donde el equipo de trabajo presentará el desarrollo de un proceso creativo para finalmente realizar una evaluación de la adecuación y la función. Como conclusión del proceso se obtiene una propuesta de diseño. Partes de este proceso se pueden visualizar en la figura 8. En particular en esta propuesta se buscar sintetizar en un solo elemento (herramienta) 2 o 3 productos que existen por separado.

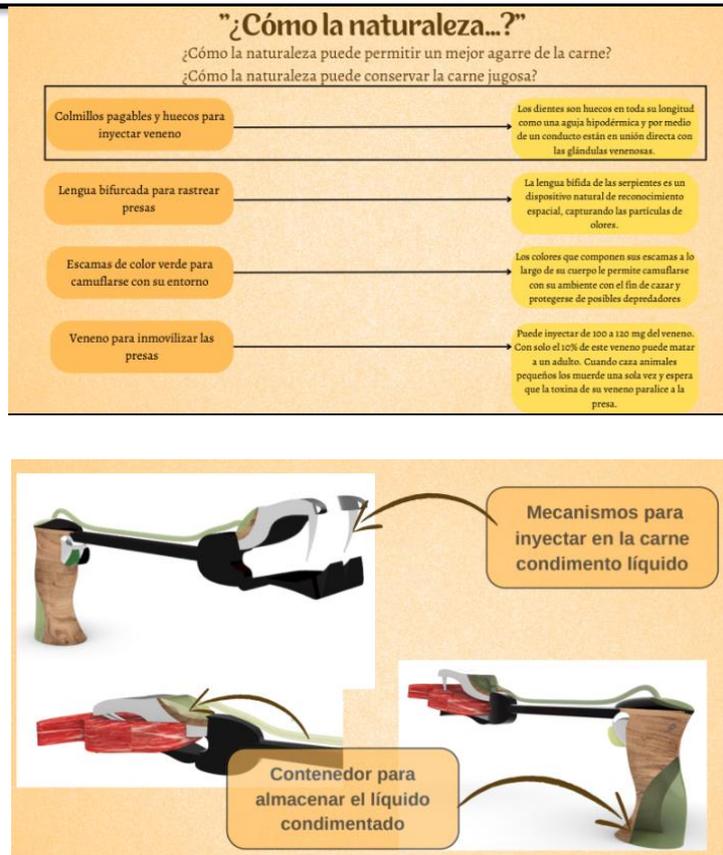


Figura 8. Diseño de herramienta a partir del análisis de la Mamba Negra usando el proceso de diseño biomimético. Estudiantes: Isabella Sierra Rodríguez y Juan Fernando Perlaza Caicedo.

Es importante mencionar que al realizar como última instancia el proceso de diseño biomimético, los pasos anteriores (investigación general del elemento natural, el análisis formal y el análisis funcional) permiten acortar el tiempo de realización en las etapas de biologizar, descubrir y abstraer puesto que ya se cuenta con la información analizada y sintetizada.

Conclusiones

La naturaleza lleva millones de años perfeccionando sus procesos, modelos y sistemas por tanto es una excelente fuente de aprendizaje. Debido a lo anterior, el diseño al igual que otras disciplinas ha tomado al mundo natural como referencia para generar soluciones a diversos problemas humanos.

Ahora bien, es importante mencionar que con el paso del tiempo se han desarrollado diversos abordajes y enfoques metodológicos para imitar la naturaleza en el diseño

de todo tipo de productos. Sin embargo, la biomimética plantea una visión orientada a emular los diseños, la organización y los procesos de la naturaleza preguntándose ¿qué haría la naturaleza en una determinada situación? Esta perspectiva apunta a que en el marco de los complejos problemas actuales como la crisis climática y los efectos del sistema productivo actual, se puedan generar soluciones eficientes y sostenibles.

En ese sentido aunque la asignatura tiene un alcance limitado por el tiempo con el que cuenta, se les invita a los estudiantes en el diseño final a plantear, a pensar en ideas que apunten a: combinar componentes únicos con componentes modulares, generar diseños multifuncionales, reducir o integrar componentes superfluos o poco necesarios, ser selectivos con los componentes, cultivar relaciones de cooperación, entre otras, que hacen parte de los principios de la vida propuestos por Instituto de Biomimética.

Por otra parte, la estrategia de aprendizaje basada en proyectos, permite estructurar una propuesta curricular en la que se obtienen productos con diferentes alcances. Los productos relacionados con la primera parte corresponden a infografías que sintetizan el profundo proceso de investigación llevado a cabo por los estudiantes. Los productos de la segunda parte corresponden a infografías con el proceso de análisis formal y el desarrollo de un patrón geométrico como propuesta formal, de color y de textura propia. En cuanto a la tercera parte, se obtienen también infografías que resumen el análisis funcional y se generan 10 ideas de conceptos de diseño a partir de dicho análisis. Por último, se recoge todo lo anterior para aplicar de manera sistemática un proceso completo de biodiseño que parte de un problema que será solucionado a través de un producto inspirado en la naturaleza.

Ahora bien, la estrategia pedagógica utilizada además de permitir el aprendizaje de procesos para el diseño biomimético, es una herramienta motivadora, que desarrolla habilidades y competencias transversales como la creatividad, la comunicación entre pares, integración de estudiantes de diferentes disciplinas (Ingeniería y Diseño Industrial en este caso), la planeación, la autonomía, expresión gráfica y oral, la búsqueda y síntesis de información.

Esta estrategia centra el proceso de aprendizaje en el estudiante y otorga el papel de guía y planificador al docente. Debido a lo anterior, es de gran relevancia establecer una estructura microcurricular concreta, que permita el desarrollo de las competencias esperadas en los estudiantes y que logre establecer con claridad y precisión las etapas del proyecto a desarrollar y sus productos o resultados.

Bibliografía:

Biomimicry Institute (s.f.). *Ask Nature*. <https://asknature.org/es/>

Biomimicry Institute, (2023a). *About the Biomimicry Institute*. <https://biomimicry.org/>

Biomimicry Institute (2023b). Biomimicry Toolbox. Métodos.
<https://toolbox.biomimicry.org/es/metodos/>

Rekalde Rodríguez, I., y García Vílchez, J. (2015). El Aprendizaje Basado en Proyectos: un constante desafío. *Innovación Educativa*, (25).
<https://doi.org/10.15304/ie.25.2304>

Serrano González-Tejero, J., y Pons Parra, R. (2011). El Constructivismo hoy: enfoques constructivistas en educación. *Revista electrónica de investigación educativa*, 13(1), 1-27.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1607-40412011000100001&lng=es&tlng=es

Toledo, P. y Sánchez, J.M. (2018). Aprendizaje basado en proyectos: una experiencia universitaria. Profesorado. *Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 22(2), 471-491. DOI: 10.30827/profesorado.v22i2.7733

Villamil, B. y Otálvaro V. (2019). *Biónica y biomímesis en el diseño de productos: Modelos de aplicación*. Universidad del Valle Programa Editorial. DOI: 10.25100/peu.318