

# Estrategias para la enseñanza de biología a estudiantes de ingeniería en el contexto del biomimetismo

Laura Natali Afanador-Barajas & Aida Vanessa Wilches-Morales

<sup>a</sup> *Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Central, Departamento de Ciencias Naturales, Bogotá, Colombia, lafanador@ucentral.edu.co, awilches1@ucentral.edu.co*

## Resumen—

Uno de los principales retos que tienen los profesores formados en biología es el de lograr motivar e interesar en los temas biológicos a los estudiantes de ingeniería que deben cursar estas asignaturas en ciencias básicas. El desafío más grande consiste en poder hacer evidente la aplicación de la biología en las diferentes carreras de ingeniería. El biomimetismo es la innovación inspirada en la naturaleza la cual es un buen ejemplo de la convergencia entre la biología y la ingeniería. Este artículo, muestra diferentes estrategias como las TICs, videos, estudios de caso y proyectos de diseño que se pueden usar desde el aula de clase, basados en el biomimetismo como eje articulador en la enseñanza de la biología con el fin de lograr un mayor interés y afinidad en aplicación del conocimiento en ciencias biológicas a la ingeniería.

*Palabras Clave*— biomimetismo; enseñanza; didáctica; Tics; estudios de caso; videos; aprendizaje por proyectos

Recibido: 15 de abril de 2016. Revisado: 13 de junio de 2016.  
Aceptado: 23 de junio de 2016

## Strategies for teaching biology to engineering students in the biomimetism context

### Abstract—

One of the principal challenges that biology teachers have when they are working with engineering student is to motivate and interest them in basic sciences, which certainly can have huge applications in different types of engineering programs. Innovation based on biomimicry is an interest way to find convergence topics between engineering and biology. This article shows how different strategies as ICTs, videos, study cases and design projects based on biomimicry can be used at the classroom as a guideline to teach biology around a final objective, achieving more interest and finding new affinities between these two fields of knowledge.

*Key words*— biomimicry; teaching; didactics; ICTs; study cases; videos; project learning

## 1. Introducción

El aprendizaje de la biología puede ser mucho más sencillo para los estudiantes si logran interesarse por conocer cómo funciona la naturaleza [1]. Sin embargo, muchas veces los profesores de biología no encontramos las herramientas o temáticas que nos permitan motivar o interesar a estudiantes que no estudian biología, en encontrar su gusto por ésta. Es un reto enorme lograr que una persona que se está formando en áreas mucho más técnicas y aplicadas como la ingeniería,

entienda el por qué es necesario aprender ciencias básicas. Una de las estrategias a través de las cuales un estudiante logra el gusto o interés por la biología es despertando la curiosidad por conocer cómo trabaja la naturaleza para resolver diferentes problemas. De esta manera la exploración de las formas vivas y sus procesos se constituye en la oportunidad perfecta para ensayar y aplicar estrategias que logren hacer que los estudiantes de ingeniería a través de temáticas como el biomimetismo, sean partícipes de su proceso de aprendizaje usando los ejemplos que ofrecen los seres vivos y que pueden ser aplicados a la ingeniería.

La inquietud que se comparte en este artículo ha sido abordada por otros profesores quienes han utilizado distintas estrategias en el aula de clase para originar espacios agradables para el aprendizaje de las ciencias. Dentro de los elementos a considerar está que quienes son maestros hoy día, recibieron una enseñanza tradicional entendiéndola como aquella enmarcada en un escenario pasivo, de tablero, marcador, y muchos desarrollos y demostraciones matemáticas [2]. Esto se analiza como una enseñanza descontextualizada[3], unida al hecho que algunos profesores tienden a precisar las deficiencias y no las potencialidades de los estudiantes [4]. De ahí el interés en la búsqueda de un elemento motivador en los organismos vivos y las formas en las cuales ellos resuelven sus problemas acompañado de nuevas estrategias para recopilar información y la creación de ideas novedosas.

El biomimetismo estudia la naturaleza como modelo que imita o toma inspiración desde los diseños y los procesos de la vida para resolver las problemáticas humanas como por ejemplo una celda solar que ha sido inspirada desde una hoja[5]. En las propias palabras de Benyus” el biomimetismo es innovación inspirada en la naturaleza donde se entiende como los organismos vivos resuelven un problema y se aplica para solucionar las necesidades de la humanidad”. La filosofía de los conceptos básicos de la biomimética, presenta la naturaleza como mentor, donde ésta se convierte en el lugar donde ocurre el conocimiento y la sabiduría, que da a conocer a los seres humanos y solo para él, diferentes formas de satisfacer las problemáticas como una auto-revelación. En este cambio radical se da la explicación epistemológica el principio de la biomimética[6].

**Como citar este artículo:** Afanador-Barajas, L.N. y Wilches-Morales, A.V., Estrategias para la enseñanza de biología a estudiantes de ingeniería en el contexto del biomimetismo, Rev. Educación en Ingeniería, 11 (22), 83-89, Julio, 2016.

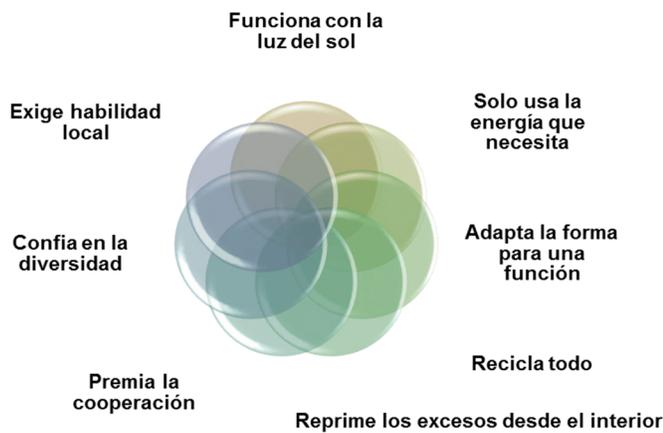


Figura 1. Principios Básicos de la Naturaleza  
Fuente: Los Autores a partir de [8]

El biomimetismo tiene sinónimos como la biomimesis, biónica, biognosis, diseño biológicamente inspirado o palabras similares que se derivan de la biología[7]. Janine Benyus [5] propuso conocer los principios de vida en los cuales se basan los organismos para resolver las diversas situaciones y problemas como se muestra en la Fig. 1. Estos principios evidencian los procesos que ha escogido la naturaleza para resolver asertivamente los diferentes problemas y situaciones en miles de años de evolución, siguiendo una forma sostenible y efectiva. Los principios de la naturaleza deben tenerse en cuenta en todo diseño que se rija por la biomimesis, los cuales son: funciona con la luz del sol, solo usa la energía que necesita, adapta la forma para una función, recicla todo, reprime los excesos desde el interior, premia la cooperación, confía en la diversidad y exige habilidad local.

En este artículo queremos mostrar diferentes actividades que se pueden desarrollar en las clases de biología con estudiantes donde converjan estudiantes de distintas ingenierías como pueden ser: industrial, electrónica, ambiental, mecánica y de sistemas. La idea consiste en aplicar los principios de la biomimesis, como estrategia para la enseñanza y que a la vez les sirvan a los estudiantes como fuente de inspiración en el desarrollo de proyectos que involucren diseños relacionados con sus disciplinas en formación. Las estrategias que se pueden implementar en el aula de clase, se basan en diversas herramientas de la didáctica, el constructivismo y el aprendizaje basado en proyectos. Es así, como los principios del biomimetismo pueden ser abordados como eje principal para el desarrollo de proyectos de aula y se podrían complementar con el uso de las TICs, videos, y estudios de caso.

## 2. Metodología

El elemento fundamental para el desarrollo de este artículo fue presentar a los docentes de biología algunas estrategias basadas en el conocimiento del Biomimetismo para poder abordar el estudio de las ciencias biológicas con estudiantes de ingeniería, basándonos en estrategias didácticas y de aprendizaje activo. El libro de Benyus [5] se constituyó como una lectura obligada de este ejercicio, cuyo objetivo final es

lograr que aparezcan ideas innovadoras que permitan alcanzar el conocimiento biológico en un contexto biomimético. Para ello se hizo la lectura y análisis de los diferentes capítulos del texto donde se resumen ejemplos de investigadores que trabajan en los diferentes principios que se resumen en la Fig.1.

Se realizó una búsqueda información de artículos, revisiones, ponencias, libros y reportes que mostraran formas de acceder a ejemplos donde la naturaleza es el eje inspirador para nuevas alternativas de solución a problemas. Así mismo, se exploraron páginas de internet relacionadas con el Biomimetismo, las cuales mostrarán ejemplos de fácil acceso para poder consultar y establecer formas para plantear un problema en un contexto biomimético, es decir, donde la naturaleza ya haya realizado este tipo de ejercicio y haya planteado alternativas para solucionarlo. También se buscaron videos en YouTube sobre la temática del Biomimetismo, donde se pudiera ver a Benyus explicando de qué se trata el biomimetismo con ejemplos exitosos que ya se incorporaron en empresas y diseños de ingeniería. Y por último, se revisaron dos estrategias que resultan útiles para grupos numerosos e interdisciplinarios como los que se tienen en varias universidades: los estudios de caso y los proyectos de aula.

El resultado de este artículo es, por lo tanto, una propuesta para poder trabajar un proyecto biomimético que puede servir de guía para los docentes que estén buscando alternativas para motivar y conseguir que sus estudiantes se interesen por el estudio de la biología sin dejar de lado su contexto ingenieril.

## 3. El Biomimetismo como elemento motivador

La responsabilidad social está en el corazón del Credo del Ingeniero, basándose en la promesa de que van a dedicar sus conocimientos y habilidades profesionales para el avance y la mejora del bienestar humano. Sin embargo, en la actualidad hay grandes avances tecnológicos, donde la mayoría de ellos no son sustentables y podrían ser peligrosos[9]. El Biomimetismo, tiene en cuenta los principios de la naturaleza como una fuente para la inspiración en la innovación donde, se han obtenido logros humanos importantes. Esto, gracias al uso de materiales eficaces, y al diseño de estructuras, herramientas, mecanismos, procesos, algoritmos, métodos y sistemas sustentables y amigables con la naturaleza[10]. En consecuencia, el Biomimetismo podría ayudar a los estudiantes de ingeniería a ser más responsables con la sociedad y la naturaleza en el desarrollo de ideas y proyectos más sustentables. Por lo cual, la biomimética debe ser estimulada por el deseo de creatividad e innovación en el diseño para que los estudiantes de Ingeniería se interesen en aprender ciencias aplicando sus ideas en un proyecto de grupo.

Nagel y Stone, 2011 [11], precisan que para introducir a los estudiantes al entendimiento de la biomimesis existen dos ejemplos históricos que demuestran que la inspiración en la naturaleza puede dar como resultado productos muy importantes como son el aeroplano y el diseño del Velcro®. La invención del Velcro® se dio en 1955 por George de Mestral cuando él caminaba por el bosque con su perro y a éste se quedaron pegadas unas pequeñas estructuras, que eran las semillas de *Arctium*, las cuales tienen unos pequeños ganchos

que hacen que se peguen a ciertas superficies de forma muy efectiva para poder maximizar su rango de dispersión. Este hallazgo fortuito, fue lo que inspiró la fabricación masiva del Velcro® que hoy se usa en infinidad de artículos de uso diario[12]. En el caso del Avión la conexión con éste y las aves es mucho más obvia, ya que aquí lo inspirador fue la forma del ave que sirvió para que los ingenieros llevaran a cabo el diseño. Así como estos dos, hay numerosos ejemplos de biomimética exitosos que implican la realización de copias simples de la naturaleza, tales como el uso de aletas para nadar. Otros ejemplos, con una mayor complejidad de imitación incluyen algunos de implementaciones comerciales, como los juguetes robóticos y personajes de películas, lo cuales se parecen mucho y se comportan como seres vivos. Más beneficios sustanciales de la biomimética incluyen el desarrollo de prótesis que imitan estrechamente las extremidades reales y sensoriales, microchips que se interconectan con el cerebro para ayudar a oír, ver y controlar instrumentos[13]

Desde este punto de vista, en la biomimética ha habido un montón de ejemplos en los años pasados. Como la gestión autóctona del terreno que imita los procesos naturales, el diseño de Avión pájaro de Leonardo da Vinci, las ideas del siglo XIX-arquitectónicas de Gottfried Semper quien se inspiró en la anatomía, los estudios del reconocido naturalista francés Georges Cuvier y los estilos biomórficos en el Art Nouveau[14]. En la actualidad, frente a un planeta cambiante, hay numerosos ejemplos de organismos y sistemas vivos que son altamente eficaces con el uso y la conservación de la energía cuya comprensión podría llevarnos a un futuro sin una dependencia tan fuerte por los combustibles fósiles [15,16]. Algunos ejemplos bien conocidos de la biomimética encajan en esta categoría, como el caso del prototipo del carro Biónico basado en el pez caja (*Ostracion meleagris*) de Daimler Chrysler (2005) y el edificio de Mick Pearce Eastgate en Harare, Zimbabwe (1996) basado en la estructura y regulación de la temperatura en un termitero [17].

Tanto en la semilla de *Arctium* como en los demás ejemplos de organismos de la naturaleza que se usan como fuente de inspiración, a partir de diversos procesos evolutivos y adaptativos estos organismos debieron construir prototipos antes de poder acertar en la mejor forma, como en esta semilla para poder adherirse a un dispersor, en busca de garantizar su supervivencia lejos de la planta madre, disminuyendo la competencia con otras plantas[18]. Este tipo de detalles hace que el estudiante vea con otros ojos las opciones que tiene la naturaleza para resolver un problema. Se trata pues de invitar a reconocer en los ejemplos vivos, estrategias nuevas que se puedan imitar con la ingeniería. Con este reconocimiento y aprendizaje de la naturaleza el estudiante puede inspirarse y generar diseños o productos innovadores que podrían dar solución a diferentes problemáticas.

#### 4. Uso de las TICs en biomimetismo

Castillo definió las TIC como: "todas las herramientas, procesos y apoyos orientados a mejorar y optimizar la comunicación humana". Las TICs "facilitan la diversificación y flexibilizan las oportunidades de aprender cualquier cosa, en lugar

y tiempo, así como atender a las diferencias individuales y de grupo" [19]. En el área del biomimetismo existe una gran cantidad de información, dedicada a promocionar este conocimiento para que esté accesible para los futuros innovadores. Hoy se puede promocionar esta información, gracias a investigadores e instituciones comprometidas con poner a disposición estas tecnologías de información que incluyen lecturas, información, estudios de caso, imágenes y videos, relacionados con la biomimética. El desarrollo de proyectos colaborativos, y actividades de aprendizaje en la actualidad utilizan el Internet para permitir que los estudiantes trabajen de forma colaborativa sin importar que no se encuentren juntos; también permite que se hagan discusiones online, las cuales brindan a los participantes un mayor flujo de información de forma eficiente [20].

El Instituto de biomimética (disponible en: <http://biomimicry.net/>), fundado por Janine Benyus, tiene como objetivo promocionar el aprendizaje del biomimetismo por medio de la emulación de las formas naturales, los procesos y los ecosistemas para crear diseños y tecnologías más sanas y sostenibles [21]. Esta página cuenta con una gran cantidad de recursos que podrían facilitar el acceso a la información para que aquellos estudiantes innovadores puedan superar un reto basándose en las estrategias que ha usado la naturaleza. Se trata entonces de fijarse más en el mundo natural en busca de inspiración, para evaluar y garantizar que el diseño final imita a la naturaleza en todos los niveles, formas, procesos y su papel en los ecosistemas. Tener disponible esta información puede ser muy útil para distintos estudiantes y profesionales de diversas áreas que estén interesados en inspirarse en la naturaleza y no tengan suficientes nociones del conocimiento biológico.

De igual forma Ask Nature (Disponible en: <http://www.asknature.org/>) es una biblioteca donde se encuentra mucha información para que las personas interesadas en hacer innovación pero que no cuentan con una formación biológica puedan aprender más de esta área para poder aplicarlo al diseño y generar propuestas[22]. De igual forma, el Instituto de Tecnología de Georgia (CBID) (<http://www.cbid.gatech.edu/>), es una propuesta de educación y formación verdaderamente interdisciplinaria que pretende romper las fronteras existentes entre la biología y la ingeniería. Busca fomentar la comunicación y la colaboración entre biólogos e ingenieros, para que los estudiantes de ingeniería logren apreciar el valor de la adaptación evolutiva como fuente de inspiración del diseño, es decir, para 'biologizar' un problema y convertirlo en un producto[23]. En estas páginas se pueden encontrar documentos informativos, noticias, ejemplos, estudios de caso y videos, entre otros para las personas que deseen trabajar en esta área de la biomimética.

Ya existen distintas redes de biomimetismo en diversos países que pueden ayudar a complementar la información que está disponible en los institutos anteriormente presentados. Por ejemplo, en Colombia existe la Red de Biomimetismo colombiana (<http://www.biomimicrycolombia.org/>) donde diferentes organizaciones (empresas, instituciones de investigación, universidades, ONG, agencias del gobierno y comunidades) pueden intercambiar conocimiento, aprender unos de los otros, crear sinergias, fomentar relaciones de cooperación, estimular e inspirarse en el crecimiento vigoroso de un desarrollo sostenible biomimético[24].

## 5. Videos como facilitadores del aprendizaje biomimético

Los vídeos se consideran una forma especialmente eficaz de presentar la información y al mismo tiempo hacer frente a múltiples estilos de aprendizaje y pueden ser una forma atractiva y llamativa de entender conceptos básicos. Sin embargo, los estudiantes de hoy son a menudo vistos como consumidores pasivos de contenido. Los alumnos universitarios típicos gastan, en promedio, más de tres horas al día viendo la televisión, películas y otros contenidos en línea [25]. Para hacer frente a esta tendencia e incrementar el compromiso de los estudiantes, los profesores han comenzado a incorporar estrategias de aprendizaje activo en el aula cara a cara y a través de la instrucción en línea.

Moore en el 2013 [26], sugiere la utilización de una o más de las siguientes estrategias de aprendizaje activo para aumentar la eficacia de un video en las clases. Por lo cual menciona que los videos sean usados como parte de una lección guiada, para iniciar discusiones del curso en profundidad, ayudar al pensamiento crítico o como una forma de fortalecer la investigación en línea mientras se conduce la comprensión conceptual. La página de AskNature cuenta con los Nuggets (<http://www.asknature.org/nuggets>) que son videos cortos que presentan de forma resumida la información más relevante de algunos organismos que pueden servir como fuente de inspiración a los estudiantes de ingeniería para el planteamiento de sus proyectos de investigación[27].

En la Tabla 1, se muestran varios videos disponibles en youtube.com, que tratan las temáticas de biomimetismo y pueden ser muy útiles para ayudar a entender a los estudiantes de ingeniería los principios de la inspiración basada en la naturaleza. En varios de estos vídeos aparece Janine Benyus contando qué es la Biomimesis, como surgió y muestra muchos ejemplos de edificios, productos o prototipos que se basaron en organismos y que funcionan muy bien para resolver diversas problemáticas. Los videos pueden ser muy cautivadores para

los estudiantes, ya que muestran como solo basta conocer la naturaleza para poder aplicar sus principios de vida obteniendo como fruto la innovación. Adicionalmente invita al estudiante a perseguir un objetivo utilizando y recogiendo de la clase los temas y detalles que le van a servir para complementar su proyecto, fomenta la discusión y el intercambio de ideas entre sus pares y abre una puerta de comunicación más directa con el docente.

## 6. Estudios de caso para la solución de problemas

Se han realizado estudios que evidencian que los estudiantes pueden aprender de manera más efectiva cuando participan activamente en el proceso de aprendizaje [28,29]. Dentro de las apuestas que se encuentran en la literatura aparece la importancia del fomento de la creatividad dentro de los estudiantes, concepto que tiene muchas interpretaciones pero que se ha generalizado en los últimos tiempos [30], la cual hace una síntesis interesante acerca del desarrollo de procesos cognitivos que llevan a resultados creativos, lo cual se enmarca dentro del objetivo que se tuvo con esta aproximación con el biomimetismo. Aunque hay muchas definiciones de creatividad e inteligencia, se puede definir la creatividad como el proceso de dar a luz algo nuevo y útil a la vez mientras que la inteligencia puede verse como la habilidad para adaptarse voluntariamente para moldear o para seleccionar un entorno. Una forma de dar cuenta de creatividad en la vida diaria, es en la forma como se manejan situaciones cotidianas y no hay un consenso claro entre los expertos acerca de la forma como se articulan estas dos construcciones cerebrales [31]. Esto permite por lo tanto afirmar que no necesariamente los estudiantes con mejores calificaciones son los más creativos y por lo tanto si la creatividad es una de las principales capacidades que todo ser humano posee y un pilar básico del desarrollo de los individuos y los grupos, podemos concluir que debe ser estimulada y premiada en diversos ámbitos: docencia, investigación [32].

En el proceso mencionado hay tres pasos fundamentales que se han observado en personas altamente creativas. La primera es que sus diseños se basan en principios básicos tanto en el origen como en el desarrollo del proyecto, una opción es por ejemplo usar la física para poder fundamentar un proyecto creativo y a la vez viable. La segunda premisa es tener en cuenta las aproximaciones previas al diseño, lo que llama el autor pre-estructuras o anticipaciones que se puedan conseguir. Y la tercera es que los diseños creativos surgen cuando hay una tensión entre la necesidad de solucionar un problema y considerar los criterios en esta solución, siempre permitiendo que el dueño de la idea ponga su sello de distinción e interés personal en dicha creación. En este artículo la propuesta radica en que consiga incorporar esta estructura, unida a estrategias que despierten el trabajo colaborativo del grupo a través de los estudios de caso[30].

El estudio de caso es una forma en que este tipo de estrategias de aprendizaje activo, se pueden implementar en el aula de clase. Hay varios casos que se han enmarcado en el contexto de un problema, lo que permite planear actividades de los estudiantes centrados en temas que demuestran conceptos teóricos que pueden ser aplicados [33,34]. Los estudios de caso resultan ser una estrategia interesante que permite aplicar la

Tabla 1.  
Videos sobre Biomimesis disponibles en YouTube

Título del Video	Enlace URL en YouTube
Redes: Innovar copiando a la naturaleza	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=SSyGVzdHMxM&amp;nohtml5=False">https://www.youtube.com/watch?v=SSyGVzdHMxM&amp;nohtml5=False</a>
Biomimética, tecnología que imita la naturaleza	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=dS1-78VXjas&amp;nohtml5=False">https://www.youtube.com/watch?v=dS1-78VXjas&amp;nohtml5=False</a>
La biomimética en acción - Janine Benyus	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=qCm7-WhXpJw&amp;nohtml5=False">https://www.youtube.com/watch?v=qCm7-WhXpJw&amp;nohtml5=False</a>
Biomimesis y Biodiversidad	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=LU0ILpKCBhw&amp;nohtml5=False">https://www.youtube.com/watch?v=LU0ILpKCBhw&amp;nohtml5=False</a>
Biomimesis	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=Fq719UbgBgE">https://www.youtube.com/watch?v=Fq719UbgBgE</a>
Biomimesis  Roca Barcelona Gallery	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=O2KpCFuXisI">https://www.youtube.com/watch?v=O2KpCFuXisI</a>
CURADORES P05 - Informe Biomimesis	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=DLm8bAyrCsY">https://www.youtube.com/watch?v=DLm8bAyrCsY</a>
Tecnología Natural Episodio 1 - La Magia del Movimiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=jTOSoePF3FE">https://www.youtube.com/watch?v=jTOSoePF3FE</a>
Tecnología Natural Episodio 2 - El Mundo Material	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=1uqYZjNyHoI">https://www.youtube.com/watch?v=1uqYZjNyHoI</a>
Tecnología Natural Episodio 3 - El Poder de La Vida	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=HdsUgCN4w6M">https://www.youtube.com/watch?v=HdsUgCN4w6M</a>

Fuente: los autores

biomimesis en las clases de Biología. Debido a que son una herramienta que permite involucrar a los estudiantes, por medio de la presentación de una problemática que se debe solucionar usando los principios básicos del biomimetismo.

Dentro de la base de los estudios de caso, Chakrabarti y colaboradores[35], han desarrollado un enfoque para describir los sistemas naturales y artificiales teniendo en cuenta su funcionalidad y estructura en diferentes casos. Estos son vistos como una rica fuente de inspiración para la generación de ideas. Sin embargo, los sistemas artificiales se utilizan a menudo en busca de inspiración, mientras que los sistemas naturales raramente se utilizan de una manera sistemática para este fin. Esta representación se implementó en un software llamado IDEAINSPIRE, que produce por medio de siete constructos comportamentales para poder generar ideas que inspiren proyectos fundamentados en un problema. Después, se le añadió el modelo SAPPHIRE implementando una serie de cambios en el modelo de estado, acción, partes, fenómeno de entrada, órgano y efecto para cada resultado de búsqueda [36], requiere cierta preparación para aprender a formular en términos del modelo Sapphire

Cheong y colaboradores[37] se concentraron en buscar conexiones específicas entre un subconjunto de las funciones de ingeniería y palabras biológicas, que también dio lugar a un tesoro parcial que luego fue ampliado para incluir términos de funciones biológicas [38]. Ambos estudios tienen un punto de partida común, pero se separan en distintos enfoques para llenar un diccionario que mapea términos de ingeniería para semejarlos en términos de biología, dentro de un solo tesoro[39]. Esto es importante, cuando se trabaja con estudios de caso, ya que es muy útil para que los estudiantes de ingeniería, se familiaricen con ciertos términos, entiendan cómo la naturaleza resolvería el problema, y cómo esto se puede aplicar en la ingeniería.

De forma práctica y sencilla, la Página de Ask Nature cuenta con una serie de estudios de caso ([http://www.asknature.org/article/view/case\\_studies](http://www.asknature.org/article/view/case_studies)), que se exploran por medio de historias, las cuales podrían facilitar el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Incluye testimonios de profesionales o empresas que realizaron un desarrollo innovador en el mundo real, utilizando la biomimética para hacer productos más amigables para la vida cumpliendo con sus objetivos de negocio. De esta forma, podrán conocer qué motivó a estas personas generadoras de innovación, qué principios de la biomimética siguieron, los organismos biológicos que los inspiraron, los procesos de diseño usados, y los efectos positivos de este desarrollo que resultaron beneficiosos para sus empresas y el mundo en general. Adicionalmente, esta página hace la invitación a aquellas personas que estén haciendo una innovación compartan su historia, si cuentan con un caso de desarrollo de un producto, servicio o proceso biomimético, ya sea como un producto o como un estudio de caso[22].

## 7. Aprendizaje activo por proyectos en biomimetismo

El Aprendizaje Activo de Proyectos por Secuencia (ALPS), tiene por objeto aumentar las habilidades de trabajo en equipo, habilidades de liderazgo, conocimiento tecnológico y la

creatividad. Además, pretende que los estudiantes fomenten la aptitud de simulación que utiliza la más reciente tecnología de la información. De especial importancia es la capacidad de visualizar nuevas ideas, el valor de la acción, poder analizar el valor de diversos aspectos, y descubrir soluciones creativas. El proyecto de diseño ALPS hace hincapié en proyectos de grupo para crear planes para los nuevos sistemas. [40]. Este tipo de aprendizaje activo puede utilizarse en las clases de biología para estudiantes de ingeniería con el fin de lograr un mayor interés por conocer la biología y poderla aplicar en la ingeniería.

Es importante tener en cuenta que la naturaleza, la organización de la biología y la ingeniería son muy diferentes. Los organismos se desarrollan a través de un proceso de evolución y la selección natural y los estudios en el campo de la biología son en gran parte clasificaciones descriptivas y de conocimiento, mientras que la ingeniería es el resultado de la toma de decisiones; es preceptivo y genera las reglas y normas [41]. Los estudiantes de las diferentes carreras de ingeniería requieren el desarrollo de competencias como la capacidad de diseñar, por lo que el desarrollo de proyectos que involucren diseño, puede constituirse en un dispositivo pedagógico que facilite a los estudiantes de ingeniería aplicar los conocimientos en biología para alcanzar la solución a una problemática enfocada en un diseño que puede dar como resultado una infraestructura, un producto o un dispositivo.

Después de entender el Biomimetismo, los estudiantes podrán dar solución a una gran cantidad de problemas que se presentan en la humanidad como la contaminación, la necesidad creciente de alimentos, el cambio climático, nuevas fuentes de energía y desafíos para la salud. La puesta en marcha de un proyecto biomimético incentivará la lectura de casos o artículos que documenten estudios similares. Así mismo, es importante que los estudiantes puedan trabajar en equipo, para que desarrollen el pensamiento creativo e innovador y generen un diseño donde puedan aplicar el conocimiento de un sistema biológico. Lo primero que debe tener en cuenta cada uno de los estudiantes, es formular adecuadamente la pregunta de investigación y especificar los objetivos que busca conseguir con el desarrollo del proyecto. También es indispensable que se haga una exhaustiva revisión bibliográfica del contexto, busque los antecedentes y se documente con estudios previos.

En la Fig.2 se muestran las etapas para conseguir un diseño biomimético. La primera etapa que se debe llevar a cabo la búsqueda de información. Como se mencionó anteriormente, existen diversas páginas especializadas en biomimetismo que cuentan con un buen número de ejemplos que pueden ser usados para inspirarse en la naturaleza y resolver un problema. La segunda y tercera etapa consisten en entender los principios biológicos para poderlos aplicar en un diseño ingenieril. Y por último la generación del diseño es generar ese boceto, prototipo y finalmente producto que se concreta y que es la solución a la problemática inicial.

Los diseños biomiméticos están basados en la solución de una problemática, haciendo importante contar con herramientas que ayuden a mejorar una situación particular. En este tipo de aprendizaje, el conocimiento que los estudiantes utilizan necesita ser identificado y aplicado en el marco de la situación a resolver [43]. Durante el proceso de diseño ingenieril se podría usar el

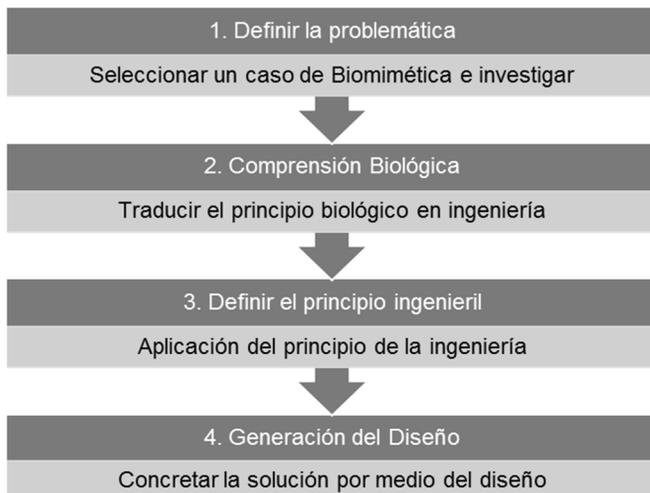


Figura 2. Proceso para elaborar un diseño biomimético.  
Fuente: Los Autores, Basado en: [42]

sistema TRIZ que fue desarrollado en Rusia, para la resolución de problemas que es traducido como "Teoría de Resolución de Problemas de Inventiva". TRIZ es conocido por su éxito en la transferencia de varios inventos y soluciones de un campo de la ingeniería a otro. Dado que la biomimética también se usa para transferir funciones, mecanismos y principios desde la biología a la ingeniería es una buena herramienta para aplicar a este tipo de proyectos [7,44]. En el 2006 Vincent y colaboradores [41] desarrollaron, el sistema BioTRIZ haciendo una introducción de la biología en esta teoría evidenciando que contrario a comprometer su capacidad para resolver problemas, hace compatibles las soluciones naturales con los problemas diversos de la ingeniería.

## 8. Conclusiones

El planteamiento de desafíos para poder resolver un problema usando la biomimética como eje articulador de actividades que llevarán a diseños innovadores, se muestra como una alternativa de enseñanza de las ciencias que abarca desde la búsqueda de información de forma activa y constante, hasta el trabajo colaborativo para conseguir un producto en común. Los estudiantes de ingeniería que tengan inquietudes por desarrollar prototipos, procesos o productos novedosos podrán encontrar en la biomimética una interesante e inagotable fuente de inspiración. Las propuestas que surjan de los estudiantes se constituyen en un reto para el profesor de biología a la constante revisión y actualización de sus conocimientos en el campo de las ciencias naturales.

En esta revisión, se mostró el gran potencial del biomimetismo en los procesos de innovación por medio de diversas estrategias y herramientas que pueden ser muy útiles para los docentes de biología basados en el aprendizaje activo. Pensando en esto, los profesores podrán aplicar con sus estudiantes de ingeniería diversas estrategias de trabajo, a través de videos, estudios de caso, mostrar ejemplos, y guiar el desarrollo de proyectos en sus aulas de clase. Se espera en el futuro, encontrar casos exitosos en la aplicación de estas estrategias para que los estudiantes logren incorporar conceptos

biológicos y entender los procesos que ocurren en la naturaleza mientras propone soluciones a las diversas problemáticas y afianzan sus competencias como ingeniero, manteniendo sus intereses particulares.

## Bibliografía

- [1] Tamayo-Patiño, A, Aprendiendo de la naturaleza en mirada Biomimética: Un camino formativo para el desarrollo sostenible, *Bio-grafía Escritos sobre la Biol. y su Enseñanza*, Edición Extra-Ordinaria, pp. 178-182, 2013.
- [2] Barbosa, L.H., Los experimentos discrepantes en el aprendizaje activo de la Física, *J. Phys. Educ*, 2(3), 2008.
- [3] Cartaña, J. and Comás, M.C., Algunas consideraciones alrededor de la concepción constructivista de las ciencias experimentales: Dualidad entre ciencia y su enseñanza, *La didáctica las ciencias Exp. a Debate*, 1994.
- [4] Adelantado, J.V.G., Aleixandre, M.L.C. and Pérez, D.G., Cuestionando el pensamiento docente espontáneo del profesorado universitario: Las deficiencias de la enseñanza como origen de las dificultades de los estudiantes, *Rev. Interuniv. Form. del Profr.*, 14, pp. 71-81, 1992.
- [5] Benyus, J.M., *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. Harper Collins/Perennial, New York, USA, 2002.
- [6] Dicks, H., *The philosophy of biomimicry*, *Philos. & Technol.*, pp. 1-21, 2015. DOI: 10.1007/s13347-015-0210-2
- [7] Vincent, J.F.V and Mann, D.L., *Systematic technology transfer from biology to engineering*, *Philos. Trans. R. Soc. London A Math. Phys. Eng. Sci.*, 360(1791), pp. 159-173, 2002.
- [8] Benyus, J.M., *Biomimicry*. William Morrow, New York, USA, 1997.
- [9] Vanasupa, L., Chen, K.C. and Slivovsky, L., *Global challenges as inspiration: A classroom strategy to foster social responsibility*, *Sci. Eng. Ethics*, 12(2), pp. 373-380, 2006. DOI: 10.1007/s11948-006-0036-5
- [10] Bar-Cohen, Y., *Biomimetics: Nature-based innovation*. CRC press, 2011.
- [11] Nagel, J.K. and Stone, R.B., *Teaching biomimicry in the context of engineering design*. Conference: Biomimicry in higher education webinar conference, December, 2010.
- [12] Velcro,S.A., *Improvements in or relating to a method and a device for producing a velvet type fabric*, *Swiss Pat.*, no. 721338, 1955.
- [13] Bar-Cohen, Y., *Biomimetics using nature to inspire human innovation*, *Bioinspir. Biomim.*, 1(1), pp. P1, 2006. DOI: 10.1088/1748-3182/1/1/P01
- [14] Marshall, A., *Biomimicry*, in *Encyclopedia of Corporate Social Responsibility*, Idowu, S.O., Capaldi, N., Zu, L. and Das-Gupta, A. Eds. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 174 P, 2013.
- [15] Allen, R., *Bulletproof feathers: How science uses nature's secrets to design cutting-edge technology*. University of Chicago Press, USA, 2010.
- [16] Pawlyn, M., *Biomimicry in architecture*, 15. Riba Publishing, 2011.
- [17] Pedersen-Zari, M., *Can biomimicry be a useful tool for design for climate change adaptation and mitigation?*, in: *Biotechnologies and Biomimetics for Civil Engineering*, Pacheco-Torgal, F., Labrincha, A.J., Diamanti, V.M., Yu, C.-P. and Lee, K.H. Eds. Cham: Springer International Publishing, pp. 81-113, 2015. DOI: 10.1007/978-3-319-09287-4\_4
- [18] De, M.G., *Velvet type fabric and method of producing same*. Google Patents, 1955.
- [19] Castillo, L.P., *Una mirada a la academia y la investigación en ambientes virtuales: Sus características basadas en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación*, *Perfiles Rev. la Comunidad Académica UDES*, 2, 2005.
- [20] Rodríguez-Serrano, K.P., Maya-Restrepo, M.A. and Jaén-Posada, J.S., *Educación en Ingenierías: De las clases magistrales a la pedagogía del aprendizaje activo*, *Ing. y Desarro.*, 30(1), pp. 125-142, 2012.
- [21] Benyus, J. and Schwan, B., *The Biomimicry Institute*, 2006. [Online]. Available at: <http://www.biomimicry.net/>. [Accessed: 04-Apr-2016].

- [22] Deldin, J.-M. and Schuknecht, M., The ask nature database: Enabling solutions in biomimetic design, in *Biologically inspired design*, Springer, pp. 17-27. 2014. DOI: 10.1007/978-1-4471-5248-4\_2
- [23] Georgia Tech, CBID Georgia Tech's Center for Biologically Inspired Design, 2005. [Online]. Available at: <http://www.cbid.gatech.edu/>. [Accessed: 08-Apr-2016].
- [24] Red de Biomimetismo Colombiana. [En línea]. Disponible en: <http://www.biomimicrycolombia.org/>. [Consultado: 10 de abril de 2016].
- [25] Nielsen-Releases, Nielsen – Insights into local market viewing habits and millennial voting profiles, 2015. [Online]. Available at: <http://www.nielsen.com/us/en/press-room/2016/nielsen-releases-q4-2015-local-watch-report.html>. [Accessed: 12-Apr-2016].
- [26] Moore, E.A., From passive viewing to active learning: Simple techniques for applying active learning strategies to online course videos, *Fac. Focus*, 2013.
- [27] Nuggets. [Online]. Available at: <http://www.asknature.org/nuggets>. [Accessed: 09-Apr-2016].
- [28] Bonwell, J.A. and Eison, C.C., *Active learning: creating excitement in the classroom*. Washington, DC: ERIC Clearinghouse on Higher Education, 1991.
- [29] Sivan, A., Leung, R.W., Woon, C. and Kember, D., An implementation of active learning and its effect on the quality of student learning, *Innov. Educ. Teach. Int.*, 37(4), pp. 381-389, 2000. DOI: 10.1080/135580000750052991
- [30] Lewis, T., Creativity: A framework for the design/problem solving discourse in technology education, *J. Technol. Educ.*, 17(1), pp. 36-53, 2006.
- [31] Sternberg, R. y O'Hara, L., Creatividad e inteligencia, *CIC Cuad. Inf. y Comun.*, 10 pp. 113-149, 2005.
- [32] Lopez, O. y Brufau, R.M., Estilos de pensamiento y creatividad, *An. Psicol.*, 26(2), pp. 254-258, 2010.
- [33] Fry, H., Ketteridge, S. and Marshall, S., *A handbook for teaching and learning in higher education: Enhancing academic practice*. Routledge, 2008.
- [34] Davis, C. and Wilcock, E., *Teaching materials using case studies*, C. Baillie (Series Ed.), UK Cent. Mater. Educ. Retrieved from <http://www.Mater.ac.uk/guides/1-casestudies.pdf>, 2003.
- [35] Chakrabarti, A., Sarkar, P., Leelavathamma, B. and Nataraju, B.S. A functional representation for aiding biomimetic and artificial inspiration of new ideas, *AIE EDAM*, 19(2), pp. 113-132, 2005. DOI: 10.1017/s0890060405050109
- [36] Chakrabarti, A. et al, SAPPhIRE--an approach to analysis and synthesis, in *DS 58-2: Proceedings of ICED 09, the 17th International Conference on Engineering Design*, Vol. 2, Design Theory and Research Methodology, Palo Alto, CA, USA, 2009.
- [37] Cheong, H., Shu, L.H., Stone, R.B. and McAdams, D.A., Translating terms of the functional basis into biologically meaningful keywords, in *ASME 2008 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*, pp. 137-148. 2008.
- [38] Nagel, J.K.S., Nagel, R.L. and Eggermont, M., *Teaching biomimicry with an engineering to biology thesaurus*, 2013.
- [39] Nagel, J.K.S., A thesaurus for bioinspired engineering design, in *Biologically Inspired Design*, Springer, pp. 63-94, 2014. DOI: 10.1007/978-1-4471-5248-4\_4
- [40] Li, L.K.Y. and Stafford, K., Creating a fun for engineering design module, in *Improving University Teaching, A selection of interim reports from the action learning project.*, in: Kember, D., et al, Eds. Hong Kong, 1996.
- [41] Vincent, J.F.V., Bogatyreva, O.A., Bogatyrev, N.R., Bowyer, A. and Pahl, A.-K., Biomimetics: its practice and theory, *J. R. Soc. Interface*, 3(9), pp. 471-482, 2006. DOI: 10.1098/rsif.2006.0127
- [42] López-Forniés, I., y Berges-Muro, L., Aproximación al diseño biomimético. Aprendizaje y aplicación, *DYNA*, 81(188), pp. 181-190, 2014.
- [43] Boud, D., and Feletti, G., *The challenge of problem-based learning*. Psychology Press, 1997.
- [44] Bogatyreva, O., Pahl, A.-K. and J.F. Vincent, V., Enriching TRIZ with Biology, in *TRIZ Future, 2002: Proceedings ETRIA world conference*, pp. 301-308. 2002.

**L.N Afanador-Barajas**, recibió los títulos de Bióloga y Microbióloga en la Universidad de los Andes en 2009, luego obtuvo el título de MSc. en Ciencias Biológicas área Biología en la misma Universidad en 2011. Trabajó como auxiliar administrativo entre 2006 y 2009, y como asistente graduado en la Universidad de los Andes, entre 2009 y 2011. El Primer semestre del 2011 fue docente de planta en la Corporación Tecnológica de Bogotá en las asignaturas de Biología Celular y Microbiología. Se vinculó a la Universidad Central de Bogotá como profesora de tiempo completo desde julio de 2011 a la fecha. Se ha vinculado a investigación en biodiversidad microbiana y genética de poblaciones. Así mismo, participó en el proyecto de media fortalecida de la Secretaria de Educación de Bogotá, diseñando cartillas para contribuir con nuevas formas de enseñanza de las ciencias. Se vinculó a la Universidad de la Salle como profesora de cátedra desde febrero del 2016 a la fecha, en las asignaturas de biología general para ingeniería y biotecnología. Actualmente, desarrolla un proyecto de Investigación de Indicadores de Calidad de Suelo. ORCID: 0000-0002-8133-7048

**A.V. Wilches-Morales**, se graduó de Bióloga en la Universidad de los Andes en 1993, obtuvo el título de MSc. en Cultivos Tropicales con énfasis en Mejoramiento Vegetal en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza en Turrialba, Costa Rica en 1995. Trabajó como asistente de investigación en la Universidad de los Andes y entre 2001 y 2007, fue jefe de laboratorio de cultivo de tejidos, asesora del proyecto para el fortalecimiento de la justicia en un convenio con Países Bajos y docente de asignaturas del área de la biología en la Universidad Rafael Landívar de Guatemala. Se vinculó a la Universidad Central de Bogotá como profesora de tiempo completo e investigadora desde 2007 a la fecha. Ha llevado a cabo trabajos de investigación relacionados con propagación de mora de castilla y más recientemente con microalgas. En los últimos años participó en el proyecto de media fortalecida de la Secretaria de Educación de Bogotá, diseñando los currículos para la media (grados noveno a doce), y diseñando cartillas para contribuir con nuevas formas de enseñanza de las ciencias. Pertenece al grupo de procesos y soluciones energéticas GP&SE de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Central de Bogotá, sus trabajos están en las líneas de investigación de biotecnología y didáctica de las ciencias. ORCID: 0000-0003-0761-4235