



Techné como mimesis de la naturaleza: biónica, biomimesis y biomimetismo Techné as mimesis of nature: bionics, biomimetics and biomimicry

J. S. Viveros-Arenas ^{a,*}, L. M. Rodríguez Salazar ^b

^a Estudiante de Maestría en Ciencias en Metodología de las Ciencias CIECAS, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México.

^b Docente-Investigador de la Maestría en Ciencias en Metodología de las Ciencias CIECAS, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México.

Resumen

La presente investigación hace una descripción de la filosofía aristotélica acerca de la mimesis y cómo este concepto ha evolucionado hasta nuestros tiempos a la tecnología como *techné* que imita a la naturaleza. Así mismo se describen tres conceptos que imitan a la naturaleza para distintas aplicaciones tecnológicas: biónica, biomimesis y biomimetismo, haciendo una comparación entre estos tres, así como con un principio aristotélico.

Palabras Clave: biónica, biomimesis, biomimetismo, Aristóteles

Abstract

The present investigation makes a description of the Aristotelian philosophy about mimesis and how this concept has evolved until our times to technology as *techné* that imitates nature. Likewise, three concepts that imitate nature for different technological applications are described: bionics, biomimetics and biomimicry, making a comparison between these three, as well as with an Aristotelian principle.

Keywords: bionics, biomimetics, biomimicry, Aristotle

1. Mimesis Aristotélica

Platón consideraba que la mimesis es un acto de copiar y por lo tanto es inferior a lo original, a diferencia de Aristóteles, quien considera a la mimesis más creativa y positiva (Veloso, 2004), e incluso profundiza de mayor manera en este concepto. Aristóteles “percibe en la mimesis una potencialidad de creación que supera la burda imitación de algo” (citado por Bartolomé, 2018, p. 151-152) es decir, que considera que la mimesis no es solo para reproducir, sino que es superior y puede producir algo (Bartolomé, 2018, y Halliwell 2002).

Aristóteles, formuló, en sus obras Física y Meteorología, que el “arte” es una imitación de la naturaleza, al definir el concepto *téchne-mimeítai-phúsin* derivado de *τεχνη* (*techné*) arte. Sin embargo, para los griegos la expresión *τεχνη* no se restringía a lo que hoy consideramos como arte, sino que también la *techné* significaba algo que va más allá, lo que hoy llamamos “técnica” y por extensión “tecnología”. Para ellos el concepto comprendía todas las habilidades humanas que se dedicaban a crear obras o a dar forma a la realidad, desde lo “artístico” hasta lo “artificial” (Blumenberg, 1999). En este sentido general es que se utilizará el término “arte” para

traducir *τεχνη*, de donde deriva el concepto de «estado del arte», «*state of the art*», para hacer referencia a «lo último en avance de una tecnología». Sin embargo, para Aristóteles, el «arte», como *τεχνη* (*techné*), «técnica» consiste en imitar a la naturaleza con tecnologías, y más aún, él considera que se puede completar a la naturaleza por medio de la tecnología (Física, 11, 8; 199a 15-17, citado por Suñol, 2017).

Así que la tradición resumió la definición aristotélica *téchne mimeítai phúsin* (en adelante, TMP), empleado por Aristóteles en *Física, II, 2; 194a 21, Meteorología IV, 3; 381b 3-7, Poética*, en su traducción literal “el arte imita la naturaleza”, principio que según Suñol (2017), es el empleo de mimesis más determinante en la historia cultural del concepto, que, en este trabajo, en el marco de la *techné* como mimesis de la naturaleza, traducimos como «la tecnología imita a la naturaleza».

De esta manera, siguiendo la propuesta de Suñol (2008), el principio TMP “alude al vínculo que existe entre el ámbito de la producción técnica y la naturaleza, sea en relación con su organización teleológica, en cuanto a la semejanza entre sus procesos o incluso en referencia a su complementariedad” (Suñol, 2008, p.169).

*Autor para la correspondencia: jviverosa1300@alumno.ipn.mx

Correo electrónico: jviverosa1300@alumno.ipn.mx (Jerzy Samuel Viveros-Arenas), Irodriquez@ipn.mx (Luis Mauricio Rodríguez-Salazar)

Para entender el principio TMP, se debe explicar cómo las técnicas completan a la naturaleza, y para esto, es necesario tener en cuenta que las artes (*technai*) tienen su origen en la naturaleza mientras surgen las necesidades humanas y se desarrollan a partir de los órganos y de las facultades connaturales. (Suñol, 2017). Por su parte Bartels menciona que la técnica está incluida en nuestro equipamiento natural. (1965) y es por eso por lo que se puede decir que las técnicas son una extensión de la naturaleza como señala Mikkeli (2002, citado por Suñol, 2008).

La naturaleza no imita a la técnica, al contrario, las técnicas imitan a la naturaleza; pero de la misma manera en que éstas reproducen, también pueden producir y existen para ayudar y completar las deficiencias de la naturaleza. Pareciera ser que la naturaleza no necesita ayuda ya que es capaz de realizar unas cosas a través de sí, pero hay otras cosas que le cuestan trabajo realizar o que es incapaz de hacerlas. Un ejemplo de lo anterior nos lo da Suñol (2017) citando lo que dijo Aristóteles en Protréotico B 13 1-11, mencionando que hay semillas que crecen sin vigilancia en donde sea que caigan en la tierra, pero otras necesitan ser cultivadas y cuidadas por el ser humano, y así mismo sucede con algunos animales. De esta manera, Aristóteles nos muestra que las técnicas son complementarias a lo que ya ha sido establecido por la naturaleza y que la función general de estas permite al hombre preservarse.

De esa misma manera, hay ejemplos actuales donde se aplica la *techné*, ahora como tecnología, uno de ellos es la hidroponía, que permite tener plantas sin un suelo donde sembrarlas, sino tenerlas en un sustrato o en una solución nutritiva que tiene los elementos necesarios para el crecimiento de las plantas (Intagri, 2017) permitiendo sembrar sin tener un “campo tradicional”, esta técnica de la hidroponía, la irrigación por goteo, países como Israel donde el 50% de su territorio es desierto, puede producir el 70% de sus alimentos. (Hablemos del campo, 2018)

Resumiendo, el principio aristotélico TMP, “pone en evidencia la analogía que existe entre el arte (tecnología) y la naturaleza como modos diversos del devenir y, fundamentalmente, revela que las artes completan a la naturaleza.” (Suñol, 2008, p.190).

2. Biónica

La palabra biónica fue inventada por el mayor Jack E. Steele en 1958, quién la definió como: “la ciencia de los sistemas que tienen un funcionamiento copiado de los sistemas naturales o análogos a estos.” (Gerardin, 1968, p. 11)

A lo largo de la historia hubo muchos técnicos e inventores que desarrollaron biónica, al buscar imitar a la naturaleza observando el mundo que nos rodea. Uno de los ejemplos más conocidos es el de crear máquinas voladoras inspiradas en el movimiento de animales que vuelan como las aves o los murciélagos, Leonardo Da Vinci (1452-1519) se inspiró en este último porque creía que era mejor inspirarse en el murciélago ya que su piel membranosa recubre y refuerza el esqueleto que es lo esencial de las alas, y además no es permeable al aire, a diferencia de las aves que tienen alas con plumas separadas causando que el aire las atraviese, y así desarrolló el ornitóptero, un aparato que tenía alas artificiales y eran movidas por los brazos de un tripulante. Desafortunadamente no pudo hacerlo volar debido a que la fuerza del ser humano no es suficiente por lo que es necesario

un motor, y no es hasta 400 años más tarde aproximadamente que el murciélago fue la inspiración para crear la primera máquina que voló: el Eolo de Clemente Ader (Gerardin, 1968)

A pesar de los ejemplos que ha habido a lo largo de la historia, a la biónica se le considera como una “ciencia nueva” y es interdisciplinaria porque se relaciona con la física, la biología, la química, la ingeniería, el diseño, entre otras etc. (Marroquín, 2019).

Y, en sus comienzos como ciencia, la biónica se ha preocupado sobre todo de aplicaciones prácticas, del estudio de las máquinas basadas en modelos naturales, de aquí viene la etimología del término biónica con el sufijo “icos” que se refiere al “estudio” y el prefijo “bio” que puede ser la relación con la vida o con los seres vivos, sin embargo, esta etimología no determina los alcances de esta ciencia. Pero por los alcances prácticos que tiene se le puede dar una mejor definición: la biónica es el arte de aplicar el conocimiento de los seres vivos a la solución de los problemas técnicos. (Gerardin, 1968)

Sin embargo, actualmente no hay una definición única y precisa de biónica, diversos autores han descrito sus alcances y su campo de acción:

Una de las primeras definiciones la da Gerardin (1968) él, define a la biónica como “la ciencia de los sistemas que tienen un funcionamiento copiado del de los sistemas naturales” y además como una “ciencia de los sistemas que presentan los caracteres específicos de los sistemas naturales y ciencia de los sistemas que son análogos a los sistemas naturales” (p. 17). Debido a que la evolución ha producido mecanismos en los distintos seres vivos que deberían ser mimetizados, pero también deberían ser estudiados, porque en la naturaleza hay grandes cambios a los que los seres vivos deben de adaptarse, y la vida ha progresado gracias a esas soluciones que han tenido éxito, porque que, si le ha funcionado a los sistemas naturales, debería funcionar también a los sistemas artificiales que le son análogos.

Unos años después, Litinetski en su libro ‘Iniciación a la biónica’ define a la biónica como “el estudio de los sistemas, estructuras de animales vivos y plantas, y la aplicación de esos principios a dispositivos, máquinas, así como a sistemas artificiales para el beneficio de los humanos”. (Litinetski, 1975, p. 13) Nuevamente esta definición está enfocada a ser práctica para el bienestar del ser humano. Litinetski también se refiere a las creaciones humanas como creaciones que ya existen desde hace miles de años en la naturaleza, lo que él llama (patentes biológicas). Con esta idea él también ve que “la naturaleza no solo está bellamente construida, sino también idealmente calculada” (Litinetski, 1975, pp. 21-22).

Las definiciones de biónica dadas parecen estar más enfocadas al área de la ingeniería, en crear tecnología que ayude al ser humano, pero también la biónica se aplica para el diseño. Por la parte del diseño, Gabriel Songel considera que la biónica es parte de la innovación “como forma de analizar los sistemas y para el establecimiento de modelos biológicos” (2020) por lo cual, él la utiliza para el diseño de productos, así que la biónica tiene una aplicación práctica o proyectual.

La biónica al ser una ciencia que se sigue desarrollando al ser de interés actual, también se sigue definiendo, el biólogo Buttler la define como: “una aplicación de los métodos y sistemas naturales a la ingeniería y la tecnología nos abre los ojos al modelo natural y nos propone fijarnos en los trucos, estrategias y soluciones que utiliza la naturaleza [...] La premisa del diseño natural es el ahorro y su atención a la

optimización de los recursos”. (Butler, 2005). En este caso la definición es directamente aplicativa.

Para Dennis Dollens, la forma en la que el hombre ha creado el mundo artificial está incompleta y por eso es necesario voltear a ver las soluciones del mundo natural para poder complementar al mundo material construido por el ser humano, por lo que para él, la biónica “tiene como objetivo el estudio de las estructuras y de los procesos en los fenómenos biológicos con el fin de aprovechar los conocimientos que se consiguen para perfeccionar los aparatos, instalaciones y máquinas existentes; también para crear nuevas y más eficaces” (Dollens, 2010).

También algunos autores solo ven el estudio de las posibilidades técnicas y mecánicas de reproducir estructuras y mecanismos naturales para crear mecanismos artificiales, y por otra parte hay quienes la ven como el estudio de la naturaleza para aprovechar sus principios y así aplicarlos a nuestras creaciones, pero a pesar de estos dos acercamientos, existe una clara relación entre los principios, fenómenos de la naturaleza y las posibilidades técnicas de poder reproducirla y aprovechar su conocimiento. (Otalvaro & Villamil, 2019)

Actualmente la biónica se aplica a diversos campos, el más conocido, la medicina al hacer uso de prótesis biónicas para el reemplazo de algún miembro del cuerpo, pero también se aplica a la robótica o a la arquitectura.

En esta última, Mario Saiz escribe que la arquitectura biónica comienza hace 20 años, y que se basan en una parte de la definición: “La naturaleza lo hizo antes y lo hizo mejor”. Y esta corriente une biología, tecnología y arquitectura, para buscar nuevas formas de construir basadas en el aprendizaje que se puede obtener de la naturaleza. Un ejemplo de arquitectura biónica es realizado por el arquitecto, Javier Pió, quien diseñó The Westin & The V Twin Towers, dos torres de 177 metros de altura, donde la planta baja se inspiró en la estructura de las vértebras de los peces, figura 1, para ser una bio-estructura resistente a la torsión basado en las espinas de un pez. (Saiz, 2018).



Figura 1. Estructura del edificio basado en la espina de un pez.

Pero como se menciona anteriormente, en la medicina es donde más se utiliza la biónica, ya que aquí, las aplicaciones abarcan muchos sistemas de los seres humanos como extremidades, órganos, sentidos, entre otros. Los más destacables y que son considerados grandes avances tecnológicos son las prótesis de miembros y el desarrollo de órganos artificiales, pero también el diseño y la creación de biomateriales para la regeneración de tejidos. En este caso, lo que busca la biónica es únicamente imitar la función original

del miembro u órgano. Así, las personas que tienen una discapacidad pueden recuperarla, ejemplos de esto son brazos y piernas biónicas, pero la tecnología ha avanzado de tal manera que ya existen implantes cocleares multicanales, oídos biónicos, para personas con sordera; y dentro de estos nuevos dispositivos biónicos están unos que buscan dar solución a problemas sensoriales como el equilibrio o la visión. (Futuro eléctrico, 2022),

Por último, la biónica también está presente en un campo que es la inteligencia artificial, que busca de cierta forma imitar la inteligencia humana.

La biónica es una ciencia multidisciplinaria donde pueden, o mejor dicho, deben converger distintas profesiones como la biología, la medicina, la ingeniería, la arquitectura, entre otras, todas ellas teniendo en común la mira a la naturaleza para encontrar soluciones, porque como se ha visto, en los últimos años la biónica ha revelado su gran eficacia, dándonos avances tecnológicos que hace unas décadas eran ciencia ficción, siendo así una disciplina que seguirá guiando los avances tecnológicos para un mejor futuro.

3. Biomimesis

El concepto de mimesis es usado comúnmente en el arte, pero también puede ser aplicado en la naturaleza, y para eso existe un concepto similar que es la biomimesis, la cual tiene aplicaciones prácticas y ya no está relacionado con el arte. Según la RAE, la biomimesis, también llamada biomimética, es la imitación de los diseños y procesos de la naturaleza en la resolución de problemas tecnológicos (2014).

Y etimológicamente se establece como “bio” que significa vida y “mimesis” que es imitación, es la conciencia de imitar el genio de la naturaleza (Baumeister, 2012).

Este término fue acuñado por el biofísico estadounidense Otto Schmitt en 1957 (Bhushan, 2009) con sus estudios sobre los impulsos eléctricos en los nervios, donde desarrolló un dispositivo físico que imitaba la acción eléctrica de un nervio teniendo así un rasgo similar con la biónica: la práctica precede a la teoría (Iouguina, et al. 2014)

Él usó el término en 1969 pero hasta el año 1974 apareció en el diccionario Webster's como el estudio de la formación, la estructura, o función de las sustancias y materiales producidos por la biología (como enzimas o seda) y mecanismos biológicos y procesos (como síntesis de proteínas o la fotosíntesis) especialmente para el propósito de sintetizar productos similares mediante mecanismos artificiales que imitan los naturales. (Harkness, 2001)

Al igual que la biónica, la biomimesis también tiene distintas definiciones hechas por diversos autores, uno de ellos, Bar-Cohen da la siguiente definición "la biomimética representa el estudio y la imitación de los métodos, diseños y procesos de la naturaleza" (Bar-Cohen, 2006)

Por último, Julian Vincent, quien trabaja activamente en la biomimesis, en su artículo 'Biomimética: su práctica y teoría' (Vincent et al., 2006), la describe como “el uso práctico de los mecanismos y funciones de la ciencia biológica en ingeniería, diseño, química, electrónica, etcétera”. (2006). En este caso él considera que la imitación de la naturaleza apoyándose en la biología y ciencias relacionadas se puede aplicar y utilizar en distintos campos.

A diferencia de la biónica que sí se puede considerar un campo de estudios, no se ha desarrollado un enfoque general

para la biomimesis, aunque varias personas están desarrollando actualmente métodos para buscar en la literatura biológica analogías funcionales para implementar, y aunque es bien sabido que el diseño y la ingeniería se prestan mucho más fácil para el uso de la teoría, en la biomimesis, cada vez que se necesita diseñar un nuevo sistema técnico se tiene que empezar de nuevo, probando distintos sistemas biológicos como posibles prototipos para lograr una versión de ingeniería adaptada del dispositivo biomimético que se busca crear.

Además, el poder transferir un concepto o mecanismo de los sistemas vivos a los sistemas artificiales no es trivial. Rara vez es posible tener éxito en una réplica simple y directa del prototipo biológico. Muchas veces la abstracción técnica es posible solo porque un biólogo previamente a encontrado un fenómeno inusual o interesante y ha descubierto los principios generales que hay detrás de su funcionamiento, por ejemplo, el efecto de autolimpieza del loto que puede remover contaminantes del agua. Solo así, el principio biológico puede estar disponible fuera de la biología para su uso biomimético. Las aplicaciones pueden ser inesperadas, para el caso del loto puede ser un edificio que se limpia solo, y el producto final, en este caso, una pintura que contiene partículas y que por lo tanto rara vez se parece al prototipo original (Vincent, et al., 2006)

Algunas aplicaciones de biomimesis se dan en el campo de los biomateriales, que buscan la copia de materiales biológicos y su aplicación en diseños prácticos, ya que los biomateriales, al ser parte de la naturaleza, son biodegradables, y además de que su producción es completamente amigable con el ambiente, a diferencia de muchos materiales que se utilizan que son creados artificialmente donde se emplean altas temperaturas y químicos peligrosos. Como por ejemplo un pegamento que resista el agua y que esté basado en las proteínas de los mejillones. Otro ejemplo es el que se mencionó anteriormente del loto, que tiene la característica de estar siempre limpia aun estando en aguas pantanosas, esto es debido a que, debido a su estructura, las gotas de agua dejan limpia toda la superficie, y a partir de ahí se han diseñado materiales y pinturas que se limpian con solo utilizar agua por encima. (Cervera, 2020)

Como se ha visto, muchas veces, la biomimesis necesita unir distintas ciencias, es por eso por lo que Otto Schmitt trabajó para unir las ciencias biológicas y físicas utilizando el enfoque de un ingeniero, encontrando un gran problema en esta colaboración porque la biofísica es un enfoque biológico a los problemas de la ciencia física y la ingeniería, y este aspecto se había dejado de lado (Harkness, 2001). Y, en su opinión, las comunidades de biónica y biomimética todavía estaban dominadas por ingenieros y físicos con poca consideración por las ciencias biológicas. Sin embargo, esto cambió con la llegada de la teoría de los sistemas vivos.

4. Biomimetismo

En 1997, Janine Benyus acuñó el término *biomimicry*, el cual puede definirse utilizando tres parámetros de la naturaleza: modelo, medida y mentora. (Benyus, 1997)

Fue usado por primera vez en su libro *Biomimicry: Innovation Inspired by nature* (Benyus, 1997), el cual es una colección de historias que describen el trabajo de científicos, ingenieros e inventores que traducen sus observaciones de las estrategias funcionales que se encuentran en la biología en tecnologías innovadoras.

Biomimicry no tiene una traducción oficial al español, algunos autores lo traducen como biomimesis, pero en este trabajo se propone el término biomimetismo. Se hace una distinción de la biomimesis debido a que en inglés sí existe una diferencia entre *biomimetic* (traducido como biomimesis) y *biomimicry*. Antes de la publicación del libro de Benyus, el enfoque de la invención y la innovación inspirados por la naturaleza se conocía con términos como

biónica, bioingeniería o biomimesis. Benyus reconoció que estos términos podrían parecer demasiado técnicos y desagradables para sus lectores (en su mayoría personas interesadas en la naturaleza), por lo que se le ocurrió el término "*biomimicry*", que sintió que era más accesible.

Y en palabras de Benyus, la biomimesis se refiere a la traducción técnica y realización de estrategias funcionales utilizadas por organismos o sistemas biológicos en la naturaleza. El objetivo de la biomimesis es crear tecnologías radicales increíblemente novedosas que superen o incluso desplacen a las tecnologías existentes y que, al hacerlo, resulten en una recompensa financiera. (DeLuca, 2014)

El proceso de la biomimesis, entendida como la traducción al español de *biomimetic*, comienza con observaciones e investigaciones de científicos que trabajan para descubrir los principios biológicos de los seres vivos. Después, los resultados son resumidos y traducidos por científicos e ingenieros en una idea y luego realizan un diseño. Trabajando a partir de este diseño, los ingenieros, quienes trabajan en conjunto con los científicos, buscan crear tecnología innovadora y funcional que representa la realización de la idea bioinspirada. En este punto, el ingeniero debe trabajar con diseñadores, abogados de patentes, estrategias de marketing y expertos en negocios para convertir la innovación en un producto comercialmente viable. (DeLuca, 2014).

Y según la opinión de DeLuca, basado en su comprensión y sus experiencias personales, el biomimetismo se enfoca en la reconexión y el nuevo respeto por la naturaleza, la inspiración, la ideación y la educación, con el objetivo mayor de la sostenibilidad, y necesita las habilidades de especialistas técnicos y comerciales para producir innovaciones comercialmente viables, y por otro lado, la biomimesis se enfoca en la traducción científica, la innovación tecnológica radical y la comercialización, con el objetivo principal de mejorar las tecnologías y el éxito financiero, y necesita una conexión nueva y renovada con la naturaleza y un nuevo respeto por ella para producir diseños sostenibles (2014).

El término biomimetismo es mucho más que imitar a la naturaleza porque nos muestra cómo funciona la vida y cuál es el papel que tenemos con ella. Es una práctica que aprende y que, además imita las estrategias de los seres vivos. Nos permite crear y diseñar productos o artefactos que resuelvan los problemas de la humanidad, pero de manera sostenible y en armonía con la naturaleza. "Podemos utilizar el biomimetismo no solo para aprender de la sabiduría de la naturaleza, sino también para curarnos a nosotros mismos, y a este planeta, en el proceso" (Biomimicry Institute, 2021)

5. Discusión

La biónica, biomimesis y el biomimetismo tienen algunas diferencias, Iouguina hace el informe de una encuesta hecha a diversos expertos, quienes muestran las diferencias de estos tres términos:

La biónica la ubican dentro de los campos de la biología y de la ingeniería, en específico la robótica, mecánica y la medicina. La biónica utiliza los principios físicos para así crear productos funcionales, sin tomar en cuenta la ecología.

Al biomimetismo lo ubican dentro de las disciplinas del diseño, los negocios, la arquitectura y en especial a un campo general de la filosofía y donde el principal interés está centrado en la forma y procesos de la naturaleza, así como en la sostenibilidad ambiental.

Y, por último, la biomimesis la definen igual que a la biónica en la parte de ingeniería, pero con el componente de sostenibilidad y espíritu centrado en la naturaleza, consideran que la biomimesis sí es congruente con el biomimetismo a diferencia de la biónica. (Iouguina, et al. 2014)

La discusión se centra en que el objetivo principal de la biónica es buscar una solución creativa a los problemas e impulsar la innovación en las industrias de la robótica y la mecánica mediante el empleo principalmente de principios físicos, mientras que el objetivo del biomimetismo es promover los principios que sostienen la vida a través de la reconexión con la naturaleza en los campos de diseño, negocios y arquitectura, empleando los principios de las ciencias biológicas.

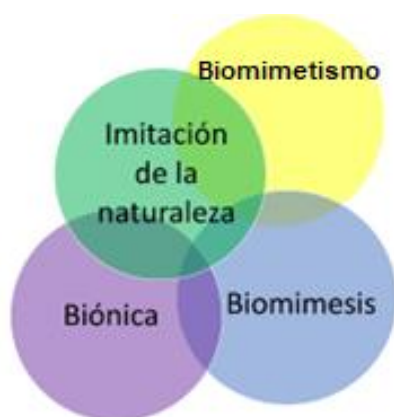


Figura 2. Relación biónica, biomimesis y biomimetismo

Por lo tanto, se puede generalizar que los biólogos y los ingenieros dominan principalmente el campo de la biónica, mientras que el campo del biomimetismo es más un nicho para los ecólogos, científicos ambientales, diseñadores, arquitectos y economistas. En cuanto a la biomimesis, punto intermedio entre la biónica y el biomimetismo puede ser estudiada por áreas fuera de la ingeniería, como lo es la química, la zoología, la ciencia de los materiales entre otras.

Y la relación entre estas es que las tres disciplinas imitan a la naturaleza, la biónica y la biomimesis se enfocan en crear tecnología, la biomimesis y el biomimetismo tienen el cuidado por el medio ambiente, como se muestra en la figura 2.

6. Conclusión

Se ha analizado lo que significa la biomimesis en la actualidad, cómo se aplica la imitación de la naturaleza para resolver problemas tecnológicos; también cómo el principio aristotélico *téchne mimeitai phúsin* que no solo tiene que ver con la analogía entre las habilidades humanas y la naturaleza, sino en cómo se complementan con la naturaleza.

Actualmente la única que se estudia como una ingeniería es la ingeniería biónica, sin embargo, como tal, solo está enfocada a la resolución de problemas inspirado en las soluciones de la naturaleza, pero como hemos visto con Aristóteles y el biomimetismo, la mimesis de la naturaleza es mucho más que solo copiar soluciones y aplicarlas a nuestros problemas, se puede aportar aún más. Y algo dicho por Aristóteles hace más de 2500 años, puede seguirse aplicando a nuestro estilo de vida, a nuestra forma de ver y resolver los problemas, donde el biomimetismo recoge aspectos de la filosofía de Aristóteles.

Y así mismo, la ingeniería biónica no es la única que debería usar esta nueva filosofía, sino que está abierta a cualquier tipo de ciencia porque la humanidad ha causado afectaciones a la naturaleza en las últimas décadas, y en este tiempo ya es algo preocupante los daños al medio ambiente, la contaminación, el calentamiento global, la destrucción de los ecosistemas, etcétera, problemas que ya están afectando el estilo de vida que tenemos.

Por lo tanto, una de nuestras conclusiones es que una nueva forma de salir o aminorar esos problemas sin dejar de lado el avance de la sociedad, es poner nuestra mira en la imitación de la naturaleza, y complementarnos como lo establece el principio aristotélico TMP a través del biomimetismo, no solo imitando y tomando como inspiración a la naturaleza, la cual ha resuelto infinidad de problemas a través de sus millones de años de evolución, sino también complementando nuestra tecnología imitando la naturaleza y de la misma forma complementar a la naturaleza con nuestra tecnología para vivir en un equilibrio recíproco entre la tecnología y la naturaleza

Y así, como dice Janine Benyus, en su trabajo *‘What is Biomimicry?’*, el biomimetismo “es sobre valorar la naturaleza por lo que podemos aprender, no por lo que podemos extraer, cosechar o domesticar. En el proceso, aprendemos sobre nosotros mismos, nuestro propósito y nuestra conexión entre nosotros y nuestro hogar en la tierra.” (Biomimicry Institute, 2021).

Referencias

- Bar-Cohen, Y., *Biomimetics: Biologically Inspired Technologies*, Taylor & Francis Group, LLC: Boca Raton, FL, 2006.
- Bar-Cohen, Y., Biomimetics: using nature to inspire human innovation. *Bioinspiration and Biomimetics*, **1(1)**, pp. 1–12, 2006. doi: <http://dx.doi.org/10.1088/1748-3182/1/1/p01>
- Bartels, K. (1965), “Der Begriff *Téchne* bei Aristoteles” en Flashar, H. y Gaiser, K. (eds.), *Synusia. Festgabe für Wolfgang Schadewaldt zum 15. März*, Pfullingen, Neske, pp.275-287.
- Bartolomé-Ruiz, C. (2018). De la alienación imitativa a la potencia mimética: platón y adorno, aristóteles y benjamin. *Universitas Philosophica*, 35(71),145-173. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=409557750006>
- Baumeister, D. (2014). *Biomimicry resource handbook*. Estados Unidos: Biomimicry 3.8.
- Benyus, J. (1997). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. Estados Unidos: Harper Collins.
- Bhushan, B. (2009). Biomimetics: Lesson from nature. *Philosophical transactions*, 367.
- Biomimicry Institute. (2021). What is Biomimicry? Recuperado el 3 de diciembre de 2021, de <https://biomimicry.org/what-is-biomimicry/>
- Blumenberg, H. (1999), *Las realidades en que vivimos*, traducción de Pedro Madrigal, Buenos Aires-Barcelona: Paidós.
- Butler, R. (11 de Julio de 2005). Biomimetics, technology that mimics nature. Mongabay: <https://news.mongabay.com/2005/07/biomimetics-technology-that-mimcs-nature/>

- Cervera, A. (2020). BIOMIMÉTICA: Qué es y EJEMPLOS inspiradores de BIOMÍMESIS. Recuperado el 12 de abril de 2022, de <https://www.symbiotia.com/biomimesis/>
- DeLuca, D. (2014). Bio-Inspired Buzzwords: Biomimicry and Biomimetics. Recuperado el 3 de diciembre de 2021, de <http://businessinspiredbynature.com/bio-inspired-buzzwords-biomimicry-biomimetics/>
- Dollens, D. (Julio de 2010). Dennis Dollens y la Arquitectura de la biomimética. Recuperado 19 de Abril de 2021, de <https://noticias.arq.com.mc/Detalles/12061.html>
- Futuro eléctrico. (2022, abril). Qué es la biónica | Cuando la tecnología se integra en el cuerpo humano. Recuperado el 08 de abril de 2022, de <https://futuroelectrico.com/que-es-la-bionica/>
- Gerardin, L., 1968. *La biónica*. España: Guadarrama.
- Geselowitz, D.B., In Memoriam: Otto H. Schmitt. *Annals of Biomedical Engineering*, **26(5)**, pp. 739–740, 1998. doi: <http://dx.doi.org/10.1114/1.127>
- Hablemos del campo. (2018, marzo 7). CULTIVAR EN EL DESIERTO: EL CASO DE ISRAEL. Recuperado el 13 de abril de 2022, de <https://www.hablemosdelcampo.com/cultivar-en-el-desierto-el-caso-de-israel/>
- Halliwell, S. (2002). *The Aesthetics of Mimesis: Ancient Texts & Modern Problems*. Princeton: Princeton University Press.
- Harkness, J. M. 2001 A lifetime of connections—Otto Herbert Schmitt, 1913–1998. Phys. Perspect. See <http://www.thebakken.org/research/Schmitt/Otto.htm>.
- INTAGRI. (2017). La Hidroponía: Cultivos sin Suelo. *Serie Horticultura Protegida*. Núm. 29. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. Recuperado de: intagri.com
- Iouguina, A., Dawson, J., Hallgrímsson, B. & Smart, G. (2014). Biologically informed disciplines: a comparative analysis of bionics, biomimetics, biomimicry, and bio-inspiration among others. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 9(3), pp.197-205.
- Litinetski, I. (1975). *Iniciación a la biónica*. España: Barral
- Marroquín, A. (2019). *La Biónica, una nueva ciencia*. Recuperado el 10 de abril de 2022 de <https://blogs.hoy.es/ciencia-facil/2019/02/14/aprendiendo-a-aprender-de-la-naturaleza/>
- Otálvaro, V. and Villamil, B., 2019. *Bionica y biomimesis en el diseño de productos*. Colombia: Programa Editorial Universidad del Valle.
- Real Academia Española. (2014). Biomimetismo. En Diccionario de la lengua española (23.a ed.). Recuperado de <https://dle.rae.es/biomimetismo>
- Saiz, M. (2018, julio). ARQUITECTURA BIÓNICA: CONCEPTO, USOS Y EJEMPLOS. Recuperado el 10 de abril de 2022, de <https://www.arcus-global.com/wp/arquitectura-bionica-concepto-usos-y-ejemplos/>
- Songel, G. (2020). Biónica: hacia la ciencia del diseño. En C. Di Bartolo, Bionica e Design (págs. 27-48). Blücher
- Suñol, V. (2008). Mimesis en Aristóteles. Reconsideración de su significado y su función en el Corpus Aristotelicum [en línea]. Tesis doctoral. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Disponible en: <http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/tesis/te.283/te.283.pdf>
- Suñol, V. (2017). “El arte imita (y completa) a la naturaleza”. Acerca de la función complementaria de la política y de la educación en Aristóteles. *Páginas De Filosofía*, 18(21), 184-197.
- Todd, J. & Todd, N.J., *From Eco-Cities to Living Machines: Principles of Ecological Design*, North Atlantic Books: Berkeley, 1993.
- Veloso, C. W. (2004). *Aristóteles mimético*. São Paulo: Discurso Editorial
- Vincent, J.F.V., Bogatyreva, O.A., Bogatyrev, N.R., Bowyer, A. & Pahl, A.-K., Biomimetics: its practice and theory. *Journal of the Royal Society Interface*, **3(9)**, pp. 471–482, 2006. doi: <http://dx.doi.org/10.1098/rsif.2006.0127>
- Wahl, D.C., Bionics vs. biomimicry: from control of nature to sustainable participation in nature. *Design and Nature III: Comparing Design in Nature With Science and Engineering*, Vol. 87, ed. C.A. Brebbia, WIT Press: Ashurst, UK, 2006. doi: <http://dx.doi.org/10.2495/dn060281>