

RI+3 BIOMIMICRY NETWORK

MEMORIAS DEL SIMPOSIO INTERNACIONAL DE ESTUDIOS BIOMIMÉTICOS

(Leticia-Amazonas, 27-29 de abril de 2016)

CARLOS H. SIERRA, SANTIAGO SIERRA & HERNANDO BERNAL (Coords.)



Rector

Jaime Alberto Leal Afanador.

Vicerrectora Académica y de Investigación

Constanza Abadía García.

Vicerrector de Medios y Mediaciones Pedagógicas

Leonardo Yunda Perlaza.

Vicerrector de Desarrollo Regional y Proyección Comunitaria

Leonardo Evemeleth Sánchez Torres.

Vicerrector de Servicios a Aspirantes, Estudiantes y Egresados

Edgar Guillermo Rodríguez Díaz.

Vicerrector de Relaciones Internacionales

Luigi Humberto López Guzmán.

Decana Escuela de Ciencias de la Educación

Clara Esperanza Pedraza Goyeneche.

Decana Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

Julialba Ángel Osorio.

Decano Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería

Claudio Camilo González Clavijo.

Decana Escuela de Ciencias Sociales, Artes y Humanidades

Sandra Milena Morales Mantilla.

Decana Escuela de Ciencias Administrativas, Económicas, Contables y de Negocios

Sandra Rocio Mondragón.

Decana Escuela de Ciencias de la Salud

Myriam Leonor Torres



**MEMORIAS DEL SIMPOSIO INTERNACIONAL DE
ESTUDIOS BIOMIMÉTICOS**

***BIOMIMESIS: INSPIRACIÓN CREATIVA EN LA NATURALEZA
Y ESCENARIOS POTENCIALES DE SOSTENIBILIDAD***

Compilador

Carlos Hugo Sierra

ISSN: 2590-8502

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Calle 14 sur No. 14-23

Bogotá D.C

Número 1

Diciembre 2016.

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons - Atribución – No comercial – Sin Derivar 4.0 internacional.

https://co.creativecommons.org/?page_id=13.



BIOMÍMESIS: INSPIRACIÓN CREATIVA EN LA NATURALEZA & ESCENARIOS POTENCIALES DE SOSTENIBILIDAD

MEMORIAS DEL SIMPOSIO INTERNACIONAL DE ESTUDIOS BIOMIMÉTICOS
(Leticia-Amazonas, 27-29 de abril de 2016)

Fotografía de portada. *La selva amazónica colombiana*. Nelly Kuiru (Moniyango)
Coordinación: **Carlos H. Sierra, Santiago Sierra & Hernando Bernal Zamudio**
Edición: **Martín Gómez Orduz & Carlos H. Sierra**

Coordinación Simposio:

Carlos H. Sierra

Unai Tamayo Orbegozo

María Elena López

Mónica Uribe Peñuela

Hernando Bernal Zamudio

Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Medioambientales (ECAPMA) de la UNAD

Asociación Amassunu para el Impulso de la Interculturalidad y la Biomimesis



CONTENIDO

Introducción.....	7
Biomimesis y Consumo responsable	
<i>Unai Tamayo Orbezo.....</i>	9
La Naturaleza y la Medicina Tradicional desde la Comsovisión Indígena Amazónica	
<i>William Yukuna Tanimuka.....</i>	13
Ecología Política y Biomimesis. La Disputa por la Sustentabilidad	
<i>Nicolás Jiménez Iguarán & Omar Ramírez Hernández.....</i>	24
Protección del Conocimiento Tradicional. Un Reto para el Estudio de la Biomimesis	
<i>María del Socorro López.....</i>	27
Biomimesis ¿Cómo aplicarla en Colombia?	
<i>Melina Ángel.....</i>	32
Biomimesis en el Diseño. Más Allá de la Sostenibilidad en el Siglo XXI	
<i>Manuel Quirós.....</i>	37
Actividad Floculante de <i>Brasiliopuntia brasiliensis</i> (Willd) Berg. (<i>Shucu casha</i>), método Natural para su Uso en la Potabilización de Aguas de Fuentes Hídricas de la Amazonía	
<i>Julio Arce Hidalgo & Henry Vladimir Delgado.....</i>	40
Biomimesis y los Servicios de los Ecosistemas	
<i>Ibone Ametzaga et alii.....</i>	41
Naturaleza Local	
<i>Hugo Araujo.....</i>	46
Creación de Sociedades Amazónicas Biomiméticas	
<i>Hernando Bernal Zamudio.....</i>	49
Biomimética de las Plantas o Cómo nos Inspira el Reino Vegetal	
<i>Gustavo Vargas.....</i>	52
Arquitectura Biomimética ¿Un Paradigma más Sostenible?	
<i>Enkarni Gómez.....</i>	55
Gestión de los Conflictos Socio-Ambientales. Estrategia de Sostenibilidad de los Recursos Naturales: Caso Numbala	
<i>Edgar E. Benítez.....</i>	58
Enfoque Biomimético para la Generación y Uso de la Energía en Poblaciones Aisladas. Propuesta para la triple Frontera Amazónica	

<i>Daniel Becerra</i>	62
Biomimesis. El Imaginario Instrumental de la Naturaleza en la Tecno-Ciencia Contemporánea	
<i>Carlos H. Sierra</i>	65
Direccionando la Edificación en una Sociedad en Desarrollo hacia Condiciones de Confort Térmico y Calidad de Aire Interior, con Criterios de Eficiencia Energética y Sustentabilidad	
<i>Carlos García-Gáfaró</i>	69
La Agroecología, Cultura Cafetalera y Ética para la Vida	
<i>Armando Contreras</i>	71
Hidrógeno Renovable vía Fisión del Agua. Eficiencia Líneal versus Eficiencia Sistémica	
<i>Álvaro Pedroza</i>	73
Propiedades de los Sistemas Naturaleza en la Arquitectura	
<i>Alex Mitxelena</i>	77
Biomimesis en el Diseño de Ingeniería	
<i>Mariappan Jawaharlal</i>	80
Biomimesis Política y Desarrollo Sostenible	
<i>Josep A. Garí</i>	84
Aplicando las Lecciones de la Naturaleza para Construir Resiliencia ante el Cambio Climático. Un Estudio de Caso de las Comunidades Indígenas en Guyana	
<i>Paulette Bynoe</i>	88
Biomimesis en la Era de la Biología Sintética	
<i>Martha L. Orozco</i>	91

Introducción

La biomímesis (término compuesto procedente del griego clásico que conjuga la vida *-βίος-* y la facultad imitativa *-μίμησις-*), alude a un enfoque, aproximación o estilo de razonamiento emergente que está siendo aplicado, a través de la inspiración creativa en características y procesos “reales” del orden natural, a determinadas metodologías avanzadas de diseño e innovación sostenibles, así como a ciertos campos específicos de la tecno-ciencia moderna con el propósito concreto de resolver problemas humanos de distinta índole. Considerado desde el punto de vista estricto de la epistemología histórica (y aquí no estaría de más mencionar a sus representantes contemporáneos más destacados, esto es, a L. Daston, J. Chandler, A. I. Davidson, H. D. Harootunian, H-J. Rheinberger y tantos otros), se trata, sin duda, de un concepto naciente de amplia significación cuyas condiciones históricas y epistemológicas de existencia no han sido en absoluto dilucidadas. Conviene ser más preciso a este respecto.

A pesar de que el término ha experimentado en las últimas décadas una creciente y acelerada expansión en diversos campos relacionados con el diseño, la arquitectura e ingeniería desde que la bióloga estadounidense Janine Benyus lo pusiera nuevamente en circulación dentro del polémico debate ambiental de la modernidad, se asume entre aquellos expertos que han prestado una especial atención a este tema que la retórica discursiva desde la que se fundamentan y se implementan los procesos sostenibles de transferencia tecnológica biomimética (centrada, esencialmente, en la reformulación de las presunciones occidentales sobre los procesos de la vida natural y en la emulación de las reglas estructurales y principios fundamentales que gobiernan la producción de sistemas sostenibles con un alto grado de complejidad) tiende a oscurecer el trasfondo filosófico y epistémico que orienta esta representación de la vida y de la naturaleza (B. Bensaude-Vincent, F. Mathews; V. Blok & B. Gremmen, H. Dicks), al expresarse, de modo un tanto ingenuo, en términos de una perspectiva ontológica realista que trata de capturar la inmediatez objetiva y presencial del mundo natural.

De igual manera, no son tampoco escasos los estudios que han puesto sobre la mesa la necesidad de explorar el alcance e incidencia a nivel axiológico de los principios ético-ideológicos que, indirectamente, se derivan del corpus conceptual biomimético o, más allá, de desvelar las consecuencias en términos de una eco-política crítica de este enfoque que determina su aplicabilidad en base a la abstracción tecnológica e ingenieril de la naturaleza (lo que, en última instancia, llevaría a abordar en profundidad aspectos esenciales de esta disciplina como el imaginario de la mimesis dentro del pensamiento occidental -B. Sandywell-, el régimen metafórico y performativo en torno a la idea de naturaleza -T. Morton, S. Žižek, Y. Stavrakakis, E. Swyngedouw-, o incluso el propio concepto de sostenibilidad -D. Gibbs & R. Krueger-, etc.).

Pues bien, con el propósito de explorar desde una perspectiva interdisciplinar éstos y otros tantos temas de relevancia relativos a este enfoque varios especialistas y académicos procedentes de los más diversos campos de la ciencia (politología, ingeniería, genética, arquitectura, diseño, epistemología, economía, filosofía, biología, etc.) decidieron conformar, a finales del año 2015 y bajo la coordinación e impulso de la Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV-EHU), la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) y la organización

Amassunu, una red internacional de estudios dedicados a la biomimesis (RI+3 Biomimicry Network). Esta red internacional (que, en la actualidad, la conforman universidades y organismos de 10 países, fundamentalmente del área geográfica de Latinoamérica) abordó a finales del mes de abril del año 2016 el fascinante reto de celebrar, como un primer punto de encuentro para sus integrantes, un simposio de alcance internacional (bajo la denominación de “Biomimesis. Inspiración creativa en la naturaleza y escenarios potenciales de sostenibilidad”) cuyo objetivo fundamental fue realizar, sin pretensiones de exhaustividad, un abordaje inicial propedéutico, en un territorio tan emblemático y estratégico como es la Amazonía colombiana, sobre los últimos avances y la fase actual de desarrollo de los estudios biomiméticos. El libro monográfico que tenemos el placer de presentar aquí, precisamente, es la compilación revisada de todas las intervenciones de los ponentes que participaron en dicho evento y que, de una forma u otra, tuvieron a la biomimesis como objeto común de interés y de discusión. Invitamos, pues, al lector, a que profundice y se sumerja decididamente en esta obra ya que en sus páginas encontrará múltiples y muy interesantes elementos de reflexión en torno a la necesidad acuciante del hombre contemporáneo de equilibrar su sentimiento de pertenencia a la naturaleza.

Carlos H. Sierra

ECAPMA

Grupo GEAA (Grupo de Estudios Ambientales Aplicados)

Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)

Biomimesis y Consumo Responsable

Unai Tamayo Orbeago

Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

Palabras Clave: economía y medio ambiente, consumo responsable

Key words: economy and environment, responsible consume

Medio Ambiente y Economía

Para entender las funciones que cumple el medio ambiente en el ámbito económico es de gran utilidad dejar clara la diferencia que proponen Field y Field (2003) entre lo que son recursos naturales y recursos ambientales.

a.- Recursos naturales: están relacionados con todos los recursos que proporciona la naturaleza para poder producir. Entre ellos, los más importantes son las materias primas y los recursos no renovables (carbón, petróleo, etc.).

b.- Recursos ambientales: están relacionados con recursos que permiten mantener un determinado nivel de calidad ambiental que garantice la salud de las personas y un uso racional de los recursos naturales (aire, agua, etc.).

En cualquier caso, ambos tipos de recursos están estrechamente vinculados en tanto que la utilización racional de los recursos ambientales afecta a la calidad ambiental y del mismo modo, una mayor calidad del medio ambiente garantizará un abastecimiento futuro de recursos naturales. Muchos procesos extractivos, como por ejemplo la tala de árboles, tienen una repercusión directa sobre la calidad de aire y, por tanto, sobre la calidad del medio ambiente. Del mismo modo, una mala calidad del medio ambiente derivada de la contaminación, por ejemplo, incide en muchos casos sobre el estado atmosférico y pluvial y, consecuentemente, sobre la calidad de los recursos naturales y de los propios procesos de extracción. La utilización que las sociedades modernas están haciendo del medio ambiente redundará en su continuo deterioro, y tiene consecuencias directas sobre la calidad de vida de las personas y la disponibilidad de inputs para las empresas.

La consideración anterior nos sirve para entender mejor las funciones que cumple el medio ambiente. En este sentido, las funciones que el medio ambiente desempeña dentro del sistema económico son de tres tipos:

- 1.- Proporcionar recursos naturales, necesarios prácticamente en todos los procesos de producción y consumo.
- 2.- Asimilar desechos y residuos generados por la actividad económica, si bien su capacidad de asimilación es limitada.

3.- Ofrecer servicios para el disfrute de la naturaleza por parte del ser humano, produciendo de esta manera utilidad.

Tradicionalmente, únicamente la primera de estas funciones ha sido considerada por la Ciencia Económica, la Economía de la Empresa y también el Marketing. Ello ha ocasionado los actuales desajustes sociales en relación con problemas de deterioro medioambiental.

Históricamente, las empresas han logrado incrementar sus ingresos empresariales netos utilizando el medio ambiente como recurso gratuito para eliminar los residuos generados por ellas, trasladando así un coste de la actividad empresarial a la sociedad en su conjunto. Es decir, el modelo de gestión convencional no consideraba al factor medioambiental como un bien y, en consecuencia, no le otorgaba un derecho de propiedad ni un precio. Y tampoco dicho modelo contemplaba los residuos como bienes a gestionar puesto que funcionaba considerando la aparente gratuidad del factor medioambiental en su función de receptor de residuos y desechos. De hecho, los autores clásicos y neoclásicos no consideraron la variable medioambiental en el ámbito de la toma de decisiones dentro de la empresa, salvo su función como proveedora de inputs. Es decir, los impactos derivados de la interacción de la empresa con su entorno natural en el que desarrolla su actividad y con el que necesariamente interactúa ha sido considerado durante largo tiempo como algo ajeno al sistema económico (Ludevid, 2000).

Cambio de paradigma económico

El conjunto de modelos en los cuales no ha sido incluida la variable medioambiental dentro de la toma de decisiones empresariales ha sido denominado como “*paradigma clásico*” de gestión medioambiental (García, 2007).

Así, para los economistas clásicos, determinados recursos naturales no son valiosos al no ser escasos ni requerir de grandes esfuerzos su obtención. En consecuencia, consideran que éstos carecen de valor al suponerlos ilimitados e inagotables. Por otro lado, están alejados de su noción de riqueza al tratarse de bienes libres, al no ser susceptibles de apropiabilidad, ni de intercambio en sentido estricto, ni requerir esfuerzo su consecución. Por ello, las teorías desarrolladas por los clásicos y que sirvieron para establecer las bases del desarrollo de la Ciencia Económica excluyeron de su objeto de estudio los aspectos relacionados con el medio ambiente que no estuviesen directamente vinculados con su función de fuente de recursos.

Los economistas clásicos, al desatender las funciones del medio ambiente que no tuviesen que ver con la aportación de recursos escasos obviaron la gestión y estudio de los bienes de acceso libre o acceso abierto como los bienes públicos o comunes (propiedad de un colectivo). Es decir, la utilización por parte de diferentes agentes económicos de ciertos bienes cuya utilización afecta de forma significativa a terceras personas. Este hecho supone la ausencia de incentivos para preservar los recursos naturales, no ya de cara a las generaciones futuras, sino incluso para las generaciones presentes (Martínez Alier, 1999). Esto conlleva lo que Pigou (1924) y Coase (1937) denominaron como el “*problema de las externalidades*” o Marshall consideró como “*deseconomías externas*“. Tales externalidades aparecen cuando el comportamiento de un agente cualquiera (consumidor o empresa), afecta al bienestar de otro, sin que éste último haya elegido dicha modificación, y sin que exista un precio, una contraprestación monetaria que lo compense (Azqueta, 2007).

La manifestación de tales restricciones ha provocado que la teoría económica convencional haya ido perdiendo validez al considerar la actividad económica y, particularmente, las actividades de producción y consumo como un sistema cerrado e independiente del medio ambiente.

Según Jane Goodall, gran conocedora del mundo animal, “*Si cada uno se toma un tiempo en pensar las consecuencias de lo que consumimos... El tipo de vida que llevamos es insostenible con los recursos que tenemos. Las acciones individuales deben tener una influencia en las empresas y*

en la política. Depende de nosotros el movilizarnos; comprar o no un producto, vivir de una forma u otra. Tenemos que cambiar los valores y actitudes para poder lograr un mundo mejor". Ello nos hace pensar en que tenemos que buscar otro camino, otro sistema económico que integre el beneficio colectivo, el respeto a la cultura y tradiciones locales y albergue, en definitiva el bien social y el respeto a la naturaleza.

Nuevo paradigma económico: el consumo responsable y la ecología del comercio

Durante los últimos años la empresa no ha estado al margen de este proceso de sensibilización ambiental de la sociedad y de sus consecuencias. En este sentido, el debate respecto al énfasis puesto en el consumo material y la falta de consideración de los efectos sociales originados del mismo sigue abierto.

Generalmente, las empresas son señaladas por la ciudadanía como uno de los principales causantes de los problemas medioambientales y, consecuentemente, como uno de los responsables de su solución (Dunlap, 1991; Northcott, 2011; Ozaki y Sevastyanova, 2011).

El proceso de sensibilización ha ido acompañado de una creciente preocupación medioambiental entre los consumidores, lo que ha llevado a las empresas a adaptarse en mayor o menor grado a esta nueva situación (Martín y Berenguer, 2003; Singh y Bansal, 2012; Byus y Deis, 2013; Nair, 2015; Vitell, 2015). Así, desde el punto de vista del consumidor, una de las consecuencias principales de este proceso de transformación es el del surgimiento de una preocupación por los efectos que los productos que se consumen pueden producir sobre el entorno y sobre la salud y condiciones de vida. Como consecuencia de esa nueva orientación entre los consumidores, y el creciente interés en el tema desde el ámbito del marketing, en los últimos años han aparecido en muchos sectores productos etiquetados (formal o informalmente) como ecológicos, que incorporan la característica de mostrar una preocupación por preservar el medio ambiente en mayor o menor medida, de modo que su producción, consumo y eliminación genera un menor impacto medioambiental que los productos convencionales. Es decir, una visión que integra, de forma global todo el proceso de adquisición, consumo y post-consumo de los productos y que pone, desde un inicio, los criterios ambientales en primer lugar.

“Será necesario un sistema de comercio y producción en el cual todos y cada uno de los actos sean intrínsecamente sostenibles y regeneradores. Los negocios necesitarán integrar sistemas económicos, biológicos y humanos para crear un método sostenible de comercio. Por mucho que pretendamos actuar de manera sostenible en una compañía, no podremos tener completo éxito hasta que las instituciones que rodean al comercio sean rediseñadas”

Hawken. *La Ecología del Comercio*, 1993.

BIBLIOGRAFÍA

- Byus, K. y Deis, D. (2013). ‘Listening to the voice of the customer: four shades of the green consumer’, *SAM Advanced Management Journal*, vol. 78, núm. 4, pp. 4-13.
- Coase, R.H. (1937). ‘The nature of the firm’, *Economica (New series)*, vol. 4, nº 16, pp. 386-405.
- Dunlap, R.E. (1991). ‘Public opinion in the 1980s. Clear consensus, ambiguous commitment’, *Environment*, vol. 33, núm. 8, pp. 10-37.
- Field, B.; Field, M. (2003). *Economía Ambiental*. Madrid: Mc Graw Hill.
- García, F.J. y Armas, Y. (2007). ‘Aproximación a la incidencia de la responsabilidad social medioambiental en el rendimiento económico de la empresa hotelera española’, *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, vol. 16, nº 1, pp. 47-66.
- Ludevid, M. (2000). *La gestión ambiental de la empresa*. Madrid: Ariel.

- Martínez Alier, J. (1999). *Introducción a la Economía Ecológica*. Madrid: Rubes.
- Martín Herreros, R. & Berenguer, J. (2003): Estilo de vida y medio ambiente, en San Juan, C.; Berenguer, J. Corraliza, J.A. y Olaizola, I. (2003). *Medio ambiente y participación. Una perspectiva desde la psicología ambiental y el derecho*. Zarautz: Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco.
- Martínez, R. (1992). 'Problemas ecológicos, balance social y análisis económico', *Alta Dirección*, vol. 164, pp. 29-40.
- Nair, P.B. (2015). 'Profiling green consumer characteristics: an eternal quandary', *Journal of Advanced Management Science*, vol. 3, 2, pp. 174-178.
- Northcott, M.S. (2012). 'Artificial persons against nature: environmental governmentality, economic corporations, and ecological ethics.' *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1249, pp. 104-117.
- Ozaki, R. y Sevastyanova, K. (2011). 'Going hybrid: an analysis of consumer purchase motivations.' *Energy Policy*, vol. 39, pp. 2217-2227.
- Pigou, A. C. (1924). *The Economics of Welfare*. Londres: Macmillan.
- Singh, A.K. y Bansal, M. (2012). 'Green marketing: a study of consumer attitude and environmental concern.' *The Indian Journal of Commerce*, vol. 65, 2, pp. 273-283.
- Vitell, S.J. (2015). 'A case for consumer social responsibility (CnSR): including a selected review of consumer ethics/social responsibility research.' *Journal of Business Ethics*, vol. 130, pp. 767-774.

La Naturaleza y la Medicina Tradicional desde la Cosmovisión Indígena Amazónica

William Yukuna Tanimuca (Pichani)
Sabedor de la Etnia Yukuna
(Departamento de Amazonas-Colombia)

Introducción

Tradicionalmente, los sabedores de los pueblos indígenas (y, en el caso que nos concierne, de la Amazonía colombiana) han manifestado un profundo escepticismo en relación con la posibilidad de tender puentes con el mundo del conocimiento académico occidental. No sin razón, han entendido con gran perspicacia que la preservación del canasto del conocimiento propio (como así se denomina por gran parte de los pueblos nativos de este fascinante territorio) en el marco de un mundo globalizado como el actual es crucial para la defensa de la identidad colectiva de la cultura indígena amazónica.

Por otra parte, han sido testigos impotentes, durante la totalidad del siglo XX y principios del XXI, del avance inexorable de una lógica de expropiación masiva y sistemática de su acervo de sabiduría ancestral impulsada por la comunidad científica dominante a través de mecanismos de traducción y neutralización cognoscitiva bajo la presunción de una supuesta inferioridad del pensamiento y del orden empírico indígena. Este asunto nos traslada, una vez más y de modo recurrente, a la secular controversia, abordada desde hace ya décadas por autores destacados en el campo de la antropología o la historia de las ideas como C. Levi-Strauss, B. Berlin, P. Raven, M. Godelier o M. Foucault, sobre la ponderación y jerarquización de los sistemas de pensamiento humanos en base a criterios culturalmente determinados.

No obstante y como consecuencia de lo anterior, continúa hoy en día irresuelta la problemática relacionada con la necesidad de que la cultura indígena sea sometida a un proceso relectura, esto es, con la legitimidad otorgada a los expertos y especialistas procedentes de la academia occidental como genuinos portavoces de la palabra del abuelo, del cacique o del sabedor.

Desde este punto de vista, convendría tener en cuenta que el conocimiento profundo de la cultura indígena amazónica exige aproximarse a las propias categorías de sentido desde las que se desvela u oculta. Y para ello es preciso escuchar directamente lo que los sabedores nos expresan, que sean ellos los que, sin intercesión de ningún tipo, hablen sobre su mundo. En tal sentido, el escrito que se presenta aquí supone una oportunidad excepcional para que el lector ahonde, libre de intromisiones interpretativas, en el pensamiento frío y en la palabra dulce del universo indígena amazónico.

Carlos Hugo Sierra
ECAPMA-UNAD
Grupo GEAA (Grupo de Estudios Ambientales Aplicados)



El sabedor indígena William Yukuna Tanimuca (Pichani) tostando la hoja de coca (meríya'akaje) para la posterior preparación del mambe

Concepción de la naturaleza desde la cosmovisión indígena

Desde la perspectiva indígena, la naturaleza forma parte de la vida. Como indígenas dependemos del mundo natural, de todo lo que existe. Y es así como vivimos. Nada de lo que existe a nuestro alrededor está muerto. Desde la tradición y el conocimiento indígena todo lo que se da y se produce en el mundo se encuentra vivo, desde el agua hasta la piedra.

En nuestra tradición de sabiduría, la tierra es nuestra madre y es el cuerpo en el que los indígenas vivimos. Por eso la comunicación que mantenemos con ella es constante y estrecha. El uso que hacemos de sus riquezas se basa en la reciprocidad, en una especie de trueque que permite el beneficio respetuoso de la naturaleza. Sin ella no hay cultura y no podemos desarrollar nuestras prácticas tradicionales. Sin naturaleza la cultura indígena se quedaría en simple palabra vacía. Y esto es muy importante y la razón por la que cuidamos la naturaleza. Todo lo que existe son cosas que se remontan a la creación y al nacimiento del hombre, cuando se ocultó todo lo que podía ser malo y se enterró debajo de la tierra. Así, todo lo que era dañino fue protegido por parte del creador y todo lo bueno se expandió en la naturaleza. Por eso la conservamos.

El papel de las plantas dentro de la naturaleza

En nuestra tradición, nosotros clasificamos todo lo que existe en la naturaleza a través de grupos. En el caso de las plantas, hay un primer grupo que se utiliza para realizar las tareas del hombre. Por ejemplo, en el pueblo Yukuna¹, las bancas se hacen de la madera del comino

¹ Los Yukuna, también conocidos como Camejeya o Kameheya conforman un pueblo indígena nativo de la cuenca del Mirití-Paraná, afluente del río Caquetá, en el noreste del departamento colombiano de Amazonas. El sabedor en medicina tradicional William Yukuna Tanimuca (*Pichani*) pertenece a esta etnia indígena amazónica.

real (*jipupana*), mientras que los Tanimuca (*Pe'iyोजना*) utilizan el comino de hoja blanca. Para mambear (*ipatú ajñakana*)² se utiliza cualquier tipo de palo o madera. Y en este espacio, el mambeadero³, en el que los hombres se reúnen para intercambiar el conocimiento, profundizar en el saber y controlar el pensamiento espiritual se utilizan varias plantas, de entre las que destacan la coca (*ipatú; kawayá kakú*) y el tabaco (*lichi*)⁴.

Por otra parte, está también el grupo de las plantas medicinales. Desde un comienzo, el ser espiritual enseñó a los pueblos indígenas el modo de usarlas, ya que el conocimiento de sus poderes no lo elaboró el hombre sino que fue otorgado por un ser espiritual, el mismo ser que creó el mundo. Es por ello que nosotros no podemos cambiar el uso y el tratamiento a partir de las plantas medicinales ya que el hombre no creó el mundo.

Para el pueblo Yukuna las plantas son parte esencial de la vida y también elementos para la curación (*lawíchoòkaje*). Son herramientas para generar y dosificar la curación. Desde la visión del pueblo Yukuna la planta, por si misma, no posee efectos ni propiedades curativas. Para que obtenga ese poder la planta precisa que se le transmita un rezo (o soplo) concreto. Esto es algo propio de nuestra tradición ya que en otras culturas indígenas las plantas poseen propiedades curativas sin la intervención del hombre.

Para los Yukuna a cada enfermedad (*támikaje; yaripu*) le corresponden una plantas concretas, de la misma manera que el blanco utiliza distintos tipos de antibióticos para cada dolencia. Nosotros disponemos de un sistema indígena de clasificación por el que organizamos las plantas medicinales: cuáles son sus orígenes, para qué tipo de enfermedad es efectiva, cómo se pueden dosificar, quién es el dueño⁵ específico de cada planta, qué tipo de combinaciones son las más apropiadas dependiendo del síntoma de la enfermedad, cómo se preparan, etc. Todo este conocimiento no lo maneja cualquiera. Lo tiene que manejar el chamán (*mari'ichú; lawichú aarú; lawichuji*).

Yo tengo un libro de plantas medicinales que no se ha publicado, porque quería que sirviese como legado para que mis hijos consultasen sobre la medicina del pueblo Yukuna, cuando tuve relación con los médicos occidentales franceses de “Médicos del Mundo” e intercambiábamos

2 Con este concepto se hace referencia a la acción de tomar coca (mezclada normalmente con otras especies vegetales como, por ejemplo, el yarumo negro -lukú-) para facilitar la realización de las tareas cotidianas entre los pueblos indígenas amazónicos. Mediante el mameo el sabedor o el cacique aborda las dificultades cotidianas de la comunidad y da consejo. Al anochecer, los hombres se reúnen en un espacio sagrado y restringido, el mambeadero, y allí conversan e intercambian saberes, se hace presente la memoria colectiva de la comunidad y se transmiten conocimientos a las generaciones más jóvenes.

3 Espacio sagrado delimitado que se encuentra en el interior de la maloca (casa comunitaria ancestral indígena) donde los hombres (no está permitido a las mujeres participar en el mismo) mambean (se engulle el mambe tras ser tostado, pilado y cernido), es decir, construyen el canasto del saber a través de la palabra. Allí se escucha de modo respetuoso la tradición, se intercambia conocimientos, se enseña y se transmiten instrucciones que serán ejecutadas por los miembros de la comunidad al día siguiente, durante el trabajo cotidiano.

4 La coca (*Erythroxylum coca*) se cultiva en la parte central de la chagra o dispersa, junto a los troncos quemados. La planta alcanza la fase productiva a los cinco o seis meses, dependiendo de las habilidades y del arte del cultivador. Las hojas se extraen de abajo a arriba, descartando las más tiernas. En lo que respecta al cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum*), las plantas más productivas crecen en los lugares más húmedos de la chagra. La coca y el tabaco son cultivos cuyo manejo corresponde al hombre pese a que la chagra es un espacio predominantemente femenino. La coca y el tabaco (transformados en mambe y en ambil) transmiten las reglas de la comunidad, los patrones interactivos con el entorno natural y constituyen un instrumento de educación para los jóvenes. Con ambas sustancias (que representan la mujer y el hombre) se hace presente en el mambeadero, noche tras noche, el conocimiento ancestral y el mundo mismo desde su creación.

5 El “dueño”, desde la óptica de las tradiciones indígenas amazónicas, constituye aquella figura simbólica que sostiene de manera esencial cada especie vegetal, y la administra, regula y defiende de diferentes amenazas, de entre las que cabe destacar las causadas por el hombre. Pero, de otro lado, el «dueño» es aquel que usufructúa la especie vegetal que cuida, el que saca provecho de ese grupo, por ello es preciso su permiso para obtener los especímenes requeridos.

conocimientos. Pero hay que saber que el conocimiento tradicional de la etnia Yukuna no es mío ni lo puedo utilizar individualmente. Yo debo consultar con la comunidad porque ese conocimiento es de propiedad colectiva. Sin embargo, me he dado cuenta de que, si no escribimos sobre nuestras plantas medicinales (y me refiero al saber propio del pueblo Yukuna) los blancos pueden adueñarse de ese conocimiento y patentarlo. Por eso, creo que es mejor hacerlo público y dejarlo por escrito.

Diferencias entre la medicina occidental y la medicina indígena

La medicina occidental es un complemento de la medicina indígena ya que las curaciones que nosotros, como sabedores, propiciamos tienen una evolución y generan una reacción lenta en el tiempo. La razón de ello es que la medicina indígena (*tepeji*) no trata los síntomas sino que trata las causas profundas de la enfermedad. Pero ambas medicinas pueden colaborar. Por ejemplo, si hay un dolor muy intenso en un enfermo que no deja concentrarse a un abuelo, nosotros lo que hacemos es suministrar un analgésico y esto es muy útil porque tranquilizan al enfermo y permite al abuelo concentrarse en la curación. Por eso para nosotros es muy importante que se elabore un perfil de prestación de servicios con la parte occidental. Ese es el camino adecuado.

Preparación del sabedor en la curación tradicional

En las culturas indígenas, para manejar correctamente la aplicabilidad efectiva de ciertos conocimientos, es necesario poseer ciertas condiciones. Por ejemplo, cualquier joven puede conocer, dosificar y clasificar las plantas medicinales pero no todo el mundo está preparado para dar el soplo de vida, conocer los dueños concretos de cada una de las plantas, establecer las dietas adecuadas y conocer las advertencias y prohibiciones. Todo esto no lo puede manejar cualquier joven. Es un conocimiento propio del chamán. Es como en el caso de la medicina de los blancos. Ni el promotor ni el enfermero pueden administrar medicamentos ya que es el médico el único que puede dar la autorización sobre el medicamento a administrar, los miligramos del mismo, etc. Para la cultura indígena es necesario llegar a ser un abuelo sabedor y ello supone poseer la experiencia de toda una vida.

Todo este proceso se inicia en el propio embarazo de la mamá ya que es preciso seguir unas reglas para convertir al niño en parte del mismo clan, de tal manera que nazca ya con una serie de pensamientos y de información. Es por ello que, durante el embarazo, la madre debe seguir ciertas dietas hasta el nacimiento (*yuwíyo'omaru*). A los dos meses los abuelos ya se dan cuenta de si es niño o niña por la revisión interna que hacen, es decir, si tienen tabaco, coca o yuca. Si es yuca (*kajiru*), el bebé es mujer, mientras que si es tabaco o coca el bebé es niño.

Todo el proceso del parto se realiza bajo el control del abuelo. Él no entra en contacto en ningún momento ya que se trata de un manejo espiritual. Para nosotros, de la etnia Yukuna, está totalmente prohibido que el hombre tenga contacto con mujeres en el parto o que estén en el periodo de la menstruación ya que es una amenaza mortal para el sabedor. Destruye su memoria y acaba con sus capacidades. Esto es lo que se practica por el pueblo Yukuna. Para otros pueblos indígenas esto no es así. Pero, como iba diciendo antes, el abuelo es el que atiende el parto pero a través de su señora.

Es la abuelita la que atiende físicamente a la mujer y la va curando en el exterior de la maloca (*paji*)⁶ (a unos cien metros). El abuelo (*a'ajútaji*) atiende espiritualmente el parto desde su

⁶ La Maloca es la casa prototípica plurifamiliar ancestral de los pueblos indígenas amazónicos. Es el espacio donde un clan desarrolla su vida doméstica cotidiana y, también, se ordena la palabra a través del diálogo de saberes y la actualización de la tradición de los ancestros. Se trata, pues, de un espacio de gran trascendencia que no se limita a ser un simple lugar de vivienda. Constituye el eje de la vida ceremonial y del encuentro. Es por ello que, al con-

banco. Ya después de cinco días se permite a la mujer entrar en la maloca y durante el sexto día, se le da un soplo (el primer rezo) para que comience a comer determinados alimentos. Y a los dos meses, y en el caso de que se trate de un niño que viene destinado para el conocimiento, le hacen la curación de sal (en ese momento la mujer puede comer sal). Por eso en nuestra cultura Yukuna se debe respetar las prohibiciones y reglas relacionadas con la menstruación, y el parto, así como lo que tiene que ver con la comida de sal, asados, de alimentos fritos o calientes.



El sabedor indígena William Yukuna Tanimuka (Pichani) moliendo la hoja de coca tostada para la preparación del mambe

Cuando el niño va creciendo y la madre vuelve a tener la menstruación se le quita la teta y empieza a cuidarlo la abuelita. A los diez años se le introduce en la edad ritual, que es el último secreto de ser indígena. Al entrar en ese periodo las reglas son más duras (*wárima*). Ya nadie puede utilizar su hamaca, tiene su hamaca propia, y tiene todo aparte, sin que pueda ser compartido por los demás (su olla, casita, su mesita...)...sólo una abuelita (ya que no tiene la menstruación) le puede preparar la comida, nadie más. Y esta situación se da hasta que él se gradúe de ese conocimiento, entre los doce y los quince años. A partir de esa edad entra en la fase de adulto, se le respeta y se anuncia a todos los miembros de la comunidad para que sea respetado.

Ese conocimiento (*we'epíkaje*), por tanto, no lo puede adquirir cualquiera. La transmisión de este conocimiento es algo que se da a través de un linaje, que viene de abuelos, del papa, hasta llegar al hijo. Normalmente, de cada cinco hijos sólo uno está preparado para ese conocimiento. Llegar a aprender todo esto no es cosa de juego...por eso dicen que cuando se celebra el ritual

struir una nueva maloca se debe recurrir al sabedor, en la medida en que esta tarea clave representa el movimiento cosmogónico que originó lo existente. De esta manera, la maloca simboliza también el cuerpo de la Madre primigenia, de cuya fuerza se gestó el Padre y, finalmente, el Hijo, el demiurgo que, mediante la palabra, va creando al mundo.

del Yurupari (*wajákajo*)⁷ sólo se sale vivo o muerto. El objetivo de este ritual no es que el hombre muera sino fortalecerlo...que, por medio del ritual, llegue uno a ser hombre. Y ser hombre de sabiduría es saber pelear con la enfermedad, saber manejar el mundo, saber manejar la energía del mundo...eso es ser hombre en nuestra cultura. No es saber pelear o discutir, sino saber mantener en equidad todo lo que existe en el mundo, en todas las partes y cosas que hay en el mundo. Y también tener capacidad para solucionar algunos problemas desde la palabra. Este conocimiento se aprende soportando mucho sufrimiento, se gasta mucha energía y aguantamos hambre. Muy poca gente llega porque tiene que ser una persona que esté preparada para alejarse de amistades y de la mama (sólo puede ser una abuela o una niña, que no tienen menstruación los que pueden hacerle las dietas y las comidas).



Tostando el Yarumo negro para mezclarlo con la coca y elaborar el mambe (corregimiento de la Chorrera, Amazonas)

Las plantas de poder en la naturaleza

Para la cultura del pueblo Yukuna la planta que consideramos más sagrada, la que nos complementa y a partir de la que adquirimos conocimiento es el almidón de piña (*mawiru'ujñé: mawiru*). El almidón de piña es el medio que utilizamos para aprender el conocimiento tradicional. En segundo lugar está la coca y el tabaco. También está el incienso (*a'awaná iká*). Estas

⁷ Se trata del rito de iniciación más solemne de la cultura del pueblo Yukuna. Pese a que se manifiesta de diferentes modos, de acuerdo a la cultura y a la localización dentro de la cuenca amazónica, el propósito último del mismo consiste en representar simbólicamente, a través de diversas pruebas del carácter y resistencia física exhibidos por el joven iniciado (como recibir azotes continuos o introducir la mano en una bolsa repleta de hormigas rojas y aguantar sin queja sus picaduras), el tránsito a la adultez, el abandono del mundo de las mujeres, y la profundización en el entrenamiento sapiencial. La transmisión de dicho coraje y del valor a los jóvenes iniciados, cuya procedencia se remota al primer antepasado y a los clanes ancestrales, es simbolizada con la entrada de las trompetas y flautas sagradas en la maloca.

son las plantas más importantes. Nuestra cultura Yukuna (nosotros somos gente del almidón de piña) es la cultura del almidón de piña, lo mismo que hay pueblos indígenas como los Macuna que forman la cultura del kapí, o la cultura indígena del yagé, de la ayahuasca, o la propia de los Ticuna, etc. Hay que decir también que nuestro conocimiento se puede perder muy fácilmente porque el almidón de piña no se tiene siempre. Cuando madura la piña hay que aprovechar para rallarla y tener su almidón. Con eso se produce el guarapo (*mawiru jalá amúra'atakanami*)⁸ que sirve para conversar y enseñar a los niños. Todas las noches, hasta las diez, es necesario hablar con los niños con un poquito de guarapo. Pero si se está un año sin rallar piña todo se ha transformado en tierra. Todo ha desaparecido. Por eso, el conocimiento de nosotros, los Yukuna, se ha perdido bastante.

La pérdida del conocimiento tradicional

Lo Yukuna no tenemos miedo a la pérdida del conocimiento porque el fin de éste ya ha sido pensado. Fue algo que se pensó por nuestros abuelos, y por los cuatro sabedores Karipulakena⁹. Para nosotros los indígenas la pérdida del mundo quiere decir que se va a perder el conocimiento aunque los indígenas sigan existiendo. Y lo que los abuelos ya comentaron está ocurriendo en el presente. No hay más que mirar en la realidad actual. Nuestros hijos ya no quieren mambear, quieren estar en la discoteca. Ya no quieren hablar el idioma porque les da vergüenza. Claro que seguirán existiendo indígenas pero vivirán como los blancos. Pero para no llegar rápidamente a ese estado lo que tratamos los sabedores es de fortalecer lo que todavía existe. Eso no quiere decir que se pueda frenar la desaparición del conocimiento indígena. Su fin es inevitable ya que es el fin advertido por el mismo creador. Nadie puede cambiar las cosas. Y la cultura del pueblo indígena Yukuna puede perderse más rápidamente porque es una cultura de almidón de piña. En cambio, la cultura Macuna es más difícil de desaparecer porque pertenecen a la cultura del bejuco (*jepepi*) y ese bejuco puede estar en rastrojo, lo cortas y se multiplica más, crece por todas partes. Si no se siembra piña muere y se pierde nuestro conocimiento.

La concepción de la enfermedad en la cultura indígena

Existen enfermedades que son causadas por los mismos seres naturales. Es como si fuera un castigo que impone la naturaleza al hombre por incurrir en un abuso o por hacer cosas que no están permitidas, por incumplir la ley de origen, por desobedecer el mandato del creador sobre cómo utilizar las plantas, cómo utilizar los lagos, cómo entrar en los sitios sagrados.

Hay otro tipo de enfermedades relacionadas con los tiempos de la naturaleza. Nosotros las reconocemos como las épocas que corresponden a un grupo concreto de espíritus que traen unas enfermedades y no otras. Para evitarlas se debe realizar un buen manejo preventivo ya que, si no se lleva a cabo adecuadamente, estas enfermedades se quedan en los alimentos, en las bebidas, en las chagras, en las cacerías y uno se va comiendo eso. Por eso los sabedores hacen actos de prevención en cada época, mediante un baile o ritual, para arreglar la fruta, el agua o la cacería. Se hace medicina preventiva para que los niños no se enfermen cuando juegan bajo la lluvia o salen a la chagra a recoger y comer plátano (*paru wani*). Así va rotando el mundo. Las enfermedades que llegan en cada periodo son prevenidas por los abuelos mediante rituales en los que se utilizan plantas. Por ejemplo, se hacen bailes con piña (*lawiriyapa*), con aguaje (canangucho, *itewi*), con breo, con diferentes cosas dependiendo de la época y el tipo de enfer-

⁸ Bebida fermentada de baja graduación que se realiza a partir de las cáscaras de la piña.

⁹ Los Karipulakena son los cuatro huérfanos hijos del mundo y su misión es perfeccionar el mundo para sus herederos. Para ello crearon el mundo acuático, las nubes, las correientes del viento, etc. Además de inteligencia y valentía, detentan el poder por excelencia: lawichú, la brujería y el chamanismo.

medad. Es como una vacuna, una prevención para que no le dé duro a la gente. El baile (*ará-pa'akaje*) para nosotros es una prevención. La gente acude al baile no solamente para divertirse o bailar sino también para prevenirse. Viene en busca de salud. Viene a recibir una bendición y una protección.



Baile ritual del Pelazón. Comunidad Ticuna de San Sebastián de los Lagos (municipio de Leticia, Amazonas)

Por eso la organización de los bailes no es algo sobre lo que se deba jugar. Es preciso realizar una adecuada celebración de los bailes (*kajmòokajo*). No se puede hacer un baile de un día para otro porque de esta forma estamos ayudando a fortalecer la enfermedad. Pero si lo hacemos bien estamos debilitando la enfermedad. Si, además, durante una noche hacemos muchos bailes estamos combinando las enfermedades y eso es difícil de tratar. Si se va a hacer baile concreto no es bueno permitir que se haga una fiesta combinada. Por ejemplo, si se va a hacer un baile Uitoto es adecuado que se celebre hasta al amanecer y, si hay gente Yukuna, que bailen en él como si fueran Uitoto. Esto es algo que es muy necesario controlar.

La importancia del sistema de cultivo chagra

La chagra¹⁰ lo es todo para la cultura indígena. La chagra (*menaji*) está relacionada con

¹⁰ La chagra es un sistema ancestral de policultivo estacional característico en las comunidades indígenas amazónicas. El proceso de apertura de la chagra se inicia aproximadamente en el mes de noviembre y finaliza, con la siembra, entre los meses de enero y febrero. Se estima que la chagra comienza a producir a los 9 meses y puede mantener su actividad por espacio de 36 meses más. El espacio ordenado que se delimita en la chagra se estructura en base al cultivo de diferentes tipos de especies vegetales:

- Sembríos primarios: Aiyago, maíz, arroz, sandía, tomate, pepino, albahaca, frijol cebolla, lulo, etc.
- Sembríos secundarios: Yuca, mafafa, plátano, caña, ñame, batata, piña, daledale, entre otros.

las épocas. Por ejemplo, hay época de la piña, un periodo para el umari (*lumá, huacuri*), un tiempo de la pepa silvestre (*íchaji*)...y así se organiza todo lo que se cultiva en la chagra. Y el conocimiento tradicional también está relacionado con la chagra. Los chamanes también tienen que comer, de ahí la importancia del trabajo de la abuela en la chagra. El abuelo puede poseer su propio pensamiento espiritual pero si no le dan de comer se enferma.

Por todo esto, es muy importante conocer en profundidad cuántos árboles frutales se cultivan en la chagra, qué tipo de actividades rituales se pueden organizar con cada fruta, cuánto tiempo se tarda en organizar diferentes bailes...este sería un trabajo que se debería realizar para nuestros hijos.

A través de la chagra regulamos la naturaleza. Después de que hemos cultivado en la tierra la dejamos que se monte. Si usted tumbó un pedazo de tierra, en ese pedazo no crecerá el umarí (*lumá*) ni la guama (*Inga edulis*). Pero usted no sólo ha tumbado los árboles, sino que ha cultivado la tierra. Cuando vaya, entonces, a hacer rastrojo va a haber umarí, maraca (*Theobroma bicolor*)¹¹...y de ahí van a comer los animales.



Sistema de policultivo indígena chagra en el cabildo indígena Uitoto de Puerto Milán (corregimiento de la Chorrera, Amazonas)

- Sembríos terciarios: Frutales, coca, barbasco y se cierra con tabaco.

Es importante tener en cuenta que la actividad desarrollada en las chagras conforma en sí misma un sistema que involucra un conjunto de conocimientos y prácticas tradicionales, un sistema importante de representaciones y, como espacio emblemático de fertilidad, es el dominio femenino y terreno de socialización intergeneracional entre madres e hijos. De hecho, el trabajo relacionado con el cuidado y mantenimiento de las áreas de cultivo, de las chagras -deshierbar y cosechar-, junto con el procesamiento de alimentos derivados de las especies cultivadas, es una actividad realizada principalmente por las mujeres indígenas en compañía de sus hijos menores, por lo que es un hecho cultural de gran importancia para los pueblos indígenas amazónicos.

11 Se trata de una fruta que posee múltiples denominaciones dependiendo del sabor, el color y la forma del fruto y un aprovechamiento completo. El arilo de la semilla se come crudo, la almendra se prepara cocinada con pescado y ají, el mucílago sirve como emulsión en la preparación del ambil y, finalmente, la cáscara es utilizada como recipiente.

Uso de la medicina occidental desde la comunidad indígena

Lo que yo me he dado cuenta es que los paisanos abandonan la medicina indígena porque las curaciones exigen hacer muchas dietas. Pero si uno lo mira bien no hay diferencia en relación con la medicina de los blancos puesto que se recomienda también hacer dieta. Yo creo que la mayor diferencia está en que la medicina occidental es de efectos más rápidos mientras que la curación indígena es mucho más lenta. De hecho, se recomiendan las dietas para calmar los efectos. Para ellos lo más fácil es ir al puesto de salud pero no saben qué efectos van a provocar más tarde los medicamentos que toman porque los medicamentos de los blancos solucionan un problema pero les crea otro problema. Yo creo que hay que hacerles conocer estas cosas a los paisanos. Lo natural no tiene nada, no tiene química, sólo son plantas naturales. No hay plantas malas en sí mismas. Es cierto que hay plantas que se usan para curar y hay también otras plantas que pueden ser dañinas pero sólo se utilizan para limpiar los espacios donde vivimos, para matar animales, (como, por ejemplo, el barbasco -*kuna'api*-). Toca sentarse con la gente para que se den cuenta de la importancia de las plantas y medicina tradicional.

Y lo que hay que saber es que lo tradicional trata el problema yendo a la causa. Por eso decimos que después de que el abuelo te cura, te va a curar el síntoma. Hoy te cura y de pronto mañana te curará el síntoma. Pero, eso sí, una vez curado el síntoma ya no te vuelves a enfermar.

Estrategias para recuperar el conocimiento tradicional

Lo que yo digo es lo que se ha podido aprender a partir de diálogo con los paisanos, a partir de los procesos de sensibilización mediante conversaciones. Por ejemplo, hay una cosa que es importante relacionada con las secuelas que la gente blanca deja en nuestras comunidades indígenas. Y es que en nuestros pueblos no existían malformaciones en la cantidad en que existe ahora. Había algunos casos por no cumplir las dietas o por abuso de los sitios sagrados o por algún problema genético. Ahora hay mucho más y es una situación sobre la que hay que hablar con las mamás para concienciarlas. Otro ejemplo, ahora la gente se desplaza, viaja a Leticia o a Bogotá, y esos son los puentes de transmisión de enfermedades en nuestros territorios. Si en la Pedrera hay una epidemia de gripe (*mu'ujri*), de pronto una persona que bajó de Mirití-Paraná para comprar cosas a los hijos, contagia a sus hijos y va subiendo de comunidad en comunidad dejando la epidemia hasta la cabecera. Hay paludismo (*iwakajiwa*) en La Pedrera y no hay zancudos, pero vinieron los de Mirití-Paraná. Pues eso es lo que ha pasado con la enfermedad occidental. Que los paisanos se contagian porque se desplazan a las ciudades. Antes no existían enfermedades venéreas en las comunidades indígenas. Nuestro territorio estaba libre de ese tipo de enfermedades pero si viene gente de otras partes se van a enfermar fácilmente y va a ser difícil de tratar porque no hay centros de atención. Por eso nosotros decimos que una enfermedad occidental que llega a nuestros territorios no la pueden diagnosticar nuestros abuelos porque no se sabe ni su origen ni su curación. Lo que nosotros los indígenas consideramos como enfermedades propias son aquellas que conocemos. Sabemos su origen, qué animal la produjo y por eso tenemos remedio. La enfermedad occidental no tiene solución desde el mundo tradicional. Sólo se puede curar ese tipo de enfermedades desde el mundo occidental porque sólo el médico blanco conoce de dónde vino. Y, por ello, cuando hay enfermedad occidental mandamos al paciente al mundo de los blancos. Porque ahí está la solución. El abuelo puede tener mucho conocimiento de su medicina pero el paciente se le puede morir. Él sabe de lo suyo y si hay un paciente con una enfermedad propia muy grave el abuelo lo salva ya que tiene todas las herramientas necesarias para ello...y lo opera espiritualmente. Yo diría que los dos tipos de conocimientos son muy valiosos. Decimos que ellos saben de su mundo. Siendo así, yo creo necesario llegar a

un acuerdo ya que puede haber también blancos que sufran de una enfermedad indígena. Todas estas cosas son muy importantes en este departamento y hay que tenerlas en cuenta.

Octubre de 2015

Fotografías:
Nelly Kuiru (Moniyango)
Comisión Nacional de Comunicadores de los Pueblos Indígenas de Colombia
Indígena Uitoto - Clan Jitomagaró (Amazonas)

Ecología Política y Biomímesis. La disputa por la Sustentabilidad

Nicolás Jiménez Iguarán

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Omar Ramírez Hernández

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

“El crecimiento es una acumulación cuantitativa. Desarrollo es la liberación de posibilidades creativas. Cada sistema vivo de la naturaleza crece hasta cierto punto y después deja de crecer. Tú ya no estás creciendo, yo tampoco. Sin embargo continuamos desarrollándonos, de otro modo no estaríamos dialogando en este momento. El desarrollo no tiene límites, pero el crecimiento sí”.

Manfred Max-Neef

Palabras clave: Ecología política, biomímesis, sustentabilidad, epistemología, metabolismo social.

Key words: Political ecology, Biomimicry, sustainability, epistemology, social metabolism.

El presente trabajo tiene el propósito de señalar la importancia de repensar el concepto de biomímesis a la luz de algunos de los aportes más significativos de la ecología política, en particular la iberoamericana. A grandes rasgos, la ecología política analiza las diferentes formas en que se construye, sistematiza y controla la naturaleza por diversos esquemas de organización social, cada uno moldeado por particulares dinámicas y relaciones de poder. Estudia, además, los conflictos producidos por el acceso a los recursos naturales estratégicos y las diferentes disputas por la justicia ambiental. La biomímesis, por otro lado, propone una reconstrucción de la tecnosfera tomando como modelo de inspiración la naturaleza. Ambos coinciden en un punto: es necesario adaptarnos, como sociedad, a estándares ecológicamente sustentables, pero no necesariamente concuerdan en las dimensiones sobre las que se deben aplicar estos estándares, ni en el significado de sustentabilidad que enmarca las acciones de cambio.

La dimensión política y epistemológica de los conflictos ambientales

De acuerdo con el último informe publicado por Oxfam (2016), *Una economía al servicio del 1%*, los niveles de desigualdad en el mundo están llegando a niveles insostenibles. Según el informe, “el 1% más rico de la población mundial posee más riqueza que el 99% restante de las personas del planeta”¹. Esta desigualdad social y económica incide de manera significativa en el medio ambiente, de tal modo que son los sectores más pobres quienes tienen que asumir los costos ambientales generados por las actividades extractivas, motor del actual sistema económico mundial.

¹ Oxfam International, (2016). *Una economía al servicio del 1%*.

A pesar de las lecciones que la naturaleza nos ha dado durante los últimos 200 años, es poco lo que hemos aprendido de ella. En su libro, *Adiós a la razón*, el filósofo Austriaco Paul Feyerabend² señaló que la tarea del conocimiento, en la actualidad³, debe estar en función de la supervivencia de la vida, por un lado, y de la paz entre los seres humanos y entre éstos y el conjunto de la naturaleza, por el otro. No podremos sobrevivir si no transformamos políticamente las relaciones sociales y el modelo económico. Pero tampoco habrá justicia social, democracia y una economía menos destructiva si no frenamos la constante degradación a la que está siendo sometida la naturaleza. Esto nos impone el reto de disputarnos un proyecto de sustentabilidad capaz de prolongar nuestra vida como especie, y de superar la guerra que hemos desatado en el planeta⁴.

Miremos un ejemplo para ilustrar esta situación. La Amazonía está siendo degradada sistemáticamente por la influencia que el mercado ha tenido sobre los recursos de esta enorme región. El modelo de desarrollo basado en el extractivismo, la carencia de marcos institucionales y de políticas públicas que garanticen la defensa de su biodiversidad y la escasa voluntad de las autoridades ambientales por proteger la región son un claro ejemplo de que nuestra relación con la naturaleza está mediada por criterios meramente instrumentales. Esta tendencia se ve expresada en los múltiples conflictos ambientales y ecológico-distributivos presentes en la Amazonía como resultado del extractivismo, la deforestación, la quema de bosques y la degradación de suelos y acuíferos. Lo que motiva esta situación es, fundamentalmente, el predominio de una concepción de la naturaleza como una “cosa” que debe ser sometida y transformada en recurso al servicio del progreso, entendido este último como crecimiento económico. Además de los impactos ambientales, sus resultados producen tensiones políticas con las comunidades indígenas, para quienes la naturaleza es parte de su propia existencia.

La ecología política, en particular la iberoamericana, ha señalado que los problemas ambientales son, principalmente, problemas de orden político. Al igual que Feyerabend, la ecología política hace énfasis en la urgencia de construir un conocimiento para superar estos problemas a partir de una ruptura conceptual con el paradigma hegemónico y de una praxis capaz de constituir nuevas relaciones en la sociedad y entre ésta y la naturaleza. Como señala Enrique Leff, “no se trata tan sólo de adoptar una perspectiva constructivista de la naturaleza, sino política, donde las relaciones entre los seres humanos, y entre estos con la naturaleza, se construyen a través de relaciones de poder (en el saber, en la producción, en la apropiación de la naturaleza) y de los procesos de “normalización” de las ideas, discursos, comportamientos y políticas”⁵.

¿Qué estrategia nos podría orientar hacia una nueva relación con la naturaleza? ¿Qué herramientas conceptuales y prácticas nos pueden ayudar a disputarnos una propuesta de sustentabilidad acorde a los retos actuales? ¿Qué transformaciones epistemológicas y políticas debemos realizar para lograr avanzar hacia un desarrollo sustentable más allá de la retórica?

Aprender de la naturaleza como apuesta política por la sustentabilidad

Una de las cuatro leyes de la ecología propuestas por Barry Commoner es que la naturaleza sabe hacer las cosas mejor. Recientemente ha empezado a posicionarse una disciplina que parte de este principio para incorporar enseñanzas extraídas de la naturaleza en diferentes campos del diseño. A esta disciplina se la conoce con el nombre de biomímesis [*Biomimicry*]. En términos generales, la biomímesis busca estudiar los modelos de la naturaleza para imitarlos y resolver

2 Feyerabend, P. 2005. *Adiós a la razón*. Madrid: Tecnos.

3 Paul Feyerabend publicó el libro en 1987, pero este planteamiento es completamente vigente.

4 Según Barry Commoner “la tecnósfera está en guerra con la biosfera”. Esta metáfora está cargada de mucho realismo, ya que expresa la visión moderna de dominar, subordinar y someter a la naturaleza.

5 Leff, E. 2003. ‘La ecología política en América Latina’. *Sociedade e Estado*. Brasília, v. 18, n. 1/2, p. 23-24.

problemas humanos. No obstante, algunos productos que aplican el principio biomimético no inciden de manera significativa en los problemas más urgentes que afrontamos como humanidad. Incluso podrían llegar a no representar ningún avance significativo hacia una sociedad más sustentable o, peor aún, podrían convertirse en obstáculos al ser innovaciones atractivas para el mercado, pero insustentables a nivel ecológico y social. Por eso es importante entender los problemas humanos en toda su complejidad y reconocer su *dimensión política*, de lo contrario estaríamos limitando las alternativas de solución, como la biomímesis, a un ámbito meramente técnico o estético, vinculadas a la obtención de resultados benévolos para determinados sectores del mercado, pero no necesariamente favorables al interés general. Por eso es posible afirmar que la propia significación de biomímesis, así como sus campos de aplicación, están expuestos a una constante discusión y reformulación.

Ecología política y biomímesis

¿La observación e imitación de la naturaleza es un acto neutral? Teniendo en cuenta que “*toda naturaleza es captada desde un lenguaje, desde relaciones simbólicas que entrañan visiones, sentimientos, razones, sentidos e intereses que se debaten en la arena política*”⁶, es posible afirmar que la imitación de la naturaleza no necesariamente conlleva a acciones liberadoras, por el contrario, puede ser fuente de inspiración de modelos depredadores y discriminatorios. De hecho, es posible afirmar que algunos de los valores más exacerbados de la actual sociedad de consumo, como el individualismo y la competencia, están inspirados en la propia naturaleza, siguiendo teorías como el darwinismo social.

El acto de imitación de la naturaleza no está aislado de los marcos políticos y sociales existentes. Por el contrario, éstos pueden impulsar, configurar y condicionar, en buena parte, los objetivos y las aplicaciones derivadas de dicha imitación. Para poder establecer una diferencia y marcar una línea de argumentación más crítica se plantea la siguiente pregunta: *¿Qué criterio de sustentabilidad se quiere aplicar desde la biomímesis?* Para responder a esta pregunta tenemos que, por lo menos, identificar las diferentes concepciones que los paradigmas dominantes de desarrollo tienen sobre la naturaleza, así como las relaciones de poder inmersas en las problemáticas ambientales derivadas. Por eso proponemos el encuentro entre ecología política y biomímesis: para dotar de contenido una apuesta de sustentabilidad desde la cual podamos ajustar nuestras posibilidades creativas a los límites biofísicos de la naturaleza.

En conclusión, es importante repensar la biomímesis a partir de criterios epistemológicos y políticos acordes a los retos que el momento nos exige. No se trata de si queremos avanzar hacia este tipo de transformaciones, sino de aquello que debemos hacer para poder reconstruir la tecnosfera en aras de generar verdaderas apuestas por la sustentabilidad.

⁶ *Ibíd.*, p. 33.

Protección del Conocimiento Tradicional. Un Reto para el Estudio de la Biomimesis

María del Socorro López Gómez
Universidad de Antioquia (Grupo GESTOR)

Palabras clave: Conocimiento tradicional, bioprospección, biomimesis, biopiratería, propiedad intelectual
Key words: Traditional Knowledge, bioprospecting, biomimicry, biopiracy, intellectual property

En este escrito se expondrán, de modo sucinto, algunas delimitaciones conceptuales sobre el conocimiento tradicional indígena, la biodiversidad, la biotecnología y la bioprospección, por la interrelación que entre estos se da, con el fin de introducir el análisis de los diferentes paradigmas en los que se suscriben las propuestas de protección del conocimiento tradicional indígena.

Conocimiento tradicional: concepto, características e importancia

Existen múltiples definiciones a la hora de explicar el concepto de Conocimiento tradicional. No obstante, subsiste cierta ambigüedad de sentido, tanto en las definiciones normativas como en la literatura académica, lo que obliga, indudablemente, a trabajar en su precisión terminológica. Se hace referencia al conocimiento tradicional para describir “*el uso corriente y potencial de las plantas, animales, suelos o minerales, además la preparación y procesamiento de especies, formulaciones que comprenden varios ingredientes, métodos de cultivo y selección de plantas, protección del ecosistema y métodos de protección y conservación de recursos*” (Zerda 2003: 21). Por lo tanto, es un conocimiento que está asociado a un grupo humano en determinado espacio geográfico, el cuál puede ser una comunidad campesina, afro o indígena, es decir, sin distinción del grupo étnico que la desarrolla. El conocimiento vernáculo, a su vez, se refiere exclusivamente al conocimiento tradicional específico de las comunidades indígenas, por lo tanto este es un subconjunto del conocimiento tradicional (Zerda 2003). De lo anterior cabe concluir que conocimiento vernáculo y conocimiento tradicional indígena son sinónimos, sin embargo, estos términos forman parte de un concepto más amplio: Conocimiento tradicional.

Visto desde este punto de vista, es posible identificar el conocimiento tradicional con el acervo acumulado de conocimientos y creencias íntimamente asociados a la concepción del mundo y de la naturaleza (animales, plantas, minerales, clima, ciclos y hábitat) -a sus procesos, a sus componentes y a sus relaciones sociales, espirituales y políticas (Restrepo, 2006)-, generado, mediante la observación y la experimentación, y transferido, de generación en generación, dentro de las comunidades étnicas, locales y campesinas a lo largo de los tiempos. Además, en la mayoría de los casos, debido a la dimensión holística del universo que entraña este tipo de conocimientos, la comprensión de la existencia de las personas y de éstas en la comunidad depende de la conservación y uso sostenible de su entorno natural.

Atendiendo, en resumidas cuentas, a los análisis de Restrepo (2006) y Sánchez, Pardo, Flores y Ferreira (2000), podemos destacar, a partir de múltiples definiciones estudiadas, los siguientes rasgos comunes en torno al conocimiento tradicional:

- Es transmitido de manera oral, de generación en generación, por los sabedores.
- Se apoya en la observación y la tradición; se fundamenta en la analogía y en la simbología; es expresado y sistematizado mediante experiencias, tradiciones, mitos, prácticas, fórmulas rituales y narraciones que están relacionados, a su vez, con sistemas de manejo ambiental, salud y producción.
- Son producto de la experiencia de ese grupo social al vivir en un hábitat particular.
- Cuentan con normas y modos de vida propios, diferentes a los del resto de la sociedad nacional, y se auto-identifican como miembros de sociedades diferenciadas social y culturalmente (Sánchez y otros, 2000).
- Se apropian colectivamente. Elemento determinante en la identidad cultural de una comunidad. Otorga gran importancia a lo sagrado.
- Pueden ser compartidos con otras comunidades en función de las condiciones geográficas del entorno.

De esta forma y a pesar de que el conocimiento tradicional posee una gran importancia en el campo de la etnobotánica, de la salud, de la alimentación de la industria, es preciso destacar sobremanera su papel en la conservación e impulso de la biodiversidad como estrategia para su propia supervivencia como colectivo. Es en este punto en el que resulta capital analizar la pervivencia del conocimiento tradicional a partir del enfoque de la biodiversidad y teniendo en cuenta la extensión de actividades derivadas de la biotecnología, la bioprospección e, incluso, la biopiratería.

Debate y propuestas en torno a la protección del conocimiento tradicional

El debate sobre la necesidad de proteger o no el conocimiento tradicional y la forma de hacerlo tiene su origen en el intento de conciliar dos racionalidades antagónicas de la visión del mundo y de las relaciones que se establecen entre la sociedad y la naturaleza (la caracterizada por la economía de mercado y la correspondiente a las cosmovisiones de las comunidades indígenas). Ciertamente, no es posible en modo alguno negar la gran distancia existente entre la racionalidad que subyace a los tradicionales sistemas de propiedad intelectual, que son, todo hay que decirlo, enteramente privados y con unos fines deliberadamente comerciales, y la propia concepción de propiedad intelectual que se gesta en el seno de los pueblos indígenas, que es colectiva.

Teniendo en cuenta la vital importancia de la biodiversidad y de los conocimientos tradicionales tanto para la sociedad del mercado (a través, por ejemplo, del desarrollo de la industria biotecnológica o farmacológica) y la amenaza de deterioro de los entornos naturales (y, por consiguiente, de desaparición de los sistemas vitales ancestrales de los pueblos indígenas) debido, entre otras causas, a los procesos de acelerada colonización de los ecosistemas biodiversos, a la creciente biopiratería ligada al desarrollo de sectores tecnológicos altamente rentables como son la biotecnología, la farmacéutica y la bionanotecnología, ha surgido recientemente un debate en todas las esferas sociales en torno a la necesidad y estrategias más adecuadas para la proyección del conocimiento tradicional, en la medida en que constituye un factor decisivo en la conservación de la biodiversidad.

En dicho debate cabe distinguir tres líneas argumentativas distintas, cada una de ellas vinculada, en mayor o menor medida, a una de las dos racionalidades mencionadas anteriormente.

En primer lugar, se encuentra aquella postura que da prioridad al fortalecimiento de los sistemas normativos internacionales de los Derechos de Propiedad Intelectual para incentivar el desarrollo tecnológico (Correa 2002; López, 2008; García, Sánchez y Chávez, 2005). En este caso, se genera una tendencia a fortalecer los Derechos de Propiedad Intelectual (DPI) mediante patentes centradas en el conocimiento tradicional y en la biodiversidad con el objeto de proteger los intereses de grandes corporaciones de la industria farmacéutica, agroindustria, alimentos entre otros (Boyle, 1996; ETC group 2003; Gómez Uranga López y Araujo, 2008), ya que es posible acceder de manera libre a los recursos biológicos y a los conocimientos tradicionales a partir del desconocimiento sobre la propiedad colectiva de estos recursos mostrado por las poblaciones indígenas. Detrás de esta postura subyacería el argumento de que las comunidades se sitúan en el terreno de lo público, mientras que las patentes sobre plantas, material genético y conocimiento tradicional se convierten en propiedad privada de las grandes industrias. Es decir, la riqueza de los países biodiversos es público pero, una vez en manos de un ciudadano o de una compañía, adquiere el carácter privado a través de la figura de las patentes.

En segundo lugar, cabe destacar la postura que incentiva la creación de regímenes sui generis que reconozcan y retribuyan los beneficios de la explotación de las innovaciones derivadas del conocimiento tradicional y del uso de la biodiversidad (material genético y biológico), a las comunidades, precisamente porque ese es el origen de donde provienen originariamente dichos recursos (Sánchez y otros, 2000; Correa 2002; Zerda 2003; García, Sánchez y Chávez, 2005; López, 2008). Ésta es, en cierto modo, una posición un tanto ingenua, en la medida en que trata de conciliar las dos posiciones antagónicas expuestas, esto es, la racionalidad del mercado, por un lado, y la visión holística o biocentrista de las comunidades indígenas por otro. Se trata de una corriente creada, principalmente, por académicos, gobiernos y Centros de Recursos del Conocimiento Tradicional. En este planteamiento se reconoce la necesidad de intercambio cultural y de conocimiento entre dos sociedades regidas por dos lógicas antagónicas. Con ello se logra cumplir intereses de diversa índole, académicos o más centrados en la protección de recursos soberanos de un país. Como ejemplos más relevantes de este enfoque se encuentran las políticas a este respecto de los gobiernos de Perú, Panamá, India y Filipinas los cuales ya los adoptaron un régimen sui generis. En lo que concierne a los representantes académicos, cabe destacar a Drahos, Zerda, Sánchez Pardo y otros, Achaluisa, etc.

Finalmente, no se debe obviar o desdeñar en este debate aquella postura que se inclina, fundamentalmente, por la protección del conocimiento tradicional y del entorno biodiverso a través del desarrollo de estrategias autónomas desde de las propias comunidades indígenas, tratando de evitar en mayor medida el intercambio cultural, de conocimientos y de recursos. Es una posición que ha surgido de las propias comunidades indígenas, de ONGs y de algunos académicos o institutos de investigación. Pretende una protección de su propio conocimiento y de su entorno, asumiendo la imposibilidad de conciliación entre dos racionalidades tan opuestas.

Proyecto de investigación sobre protección del conocimiento tradicional para estudios de biomímesis

Teniendo en cuenta este contexto, el grupo GESTOR de la Universidad de Antioquia ha iniciado un proyecto piloto de investigación con el objetivo de diseñar estrategias eficaces de protección del conocimiento tradicional que beneficien a los pueblos indígenas. En tal sentido, los ejes principales de esta iniciativa son los siguientes:

Objetivo General:

Construir con comunidades indígenas estrategias de protección para el conocimiento tradicio-

nal de la biodiversidad en los estudios de biomímesis.

Objetivos específicos:

1. Identificar las prácticas de conocimiento tradicional con aplicaciones en la salud, alimentación y agricultura.
2. Clasificar el conocimiento tradicional en categorías centradas en la utilización de la biodiversidad.
3. Identificar prácticas y estrategias de apropiación con fines comerciales de conocimiento tradicional por parte de agentes externos a la comunidad.
4. Identificar las consecuencias para las comunidades indígenas de la apropiación de conocimiento tradicional por parte de agentes externos.
5. Construir con las comunidades, estrategias de protección de conocimiento tradicional en lo referente a la biodiversidad del entorno en el que éstas habitan.

Metodología:

El método empleado en esta investigación será cualitativo de enfoque etnográfico. Objeto de estudio de la etnografía son los fenómenos sociales: pretende descubrir la cosmovisión, las dinámicas de cambio y el sentido de la vida a través del lenguaje cotidiano. La indagación se realizará precisamente con dos comunidades indígenas amazónicas.

BIBLIOGRAFÍA

- Biotecnología: presente y futuro*. José María Sánchez Montero. Académico Correspondiente de la Real Academia Nacional de Farmacia. Recibido el 11 de noviembre de 2011 e-mail: jsanchez@farm.ucm.es disponible en file:///C:/Users/Usuario/Downloads/1254-4757-1-PB.pdf
- Diveco Etter (1993) *Nuestra diversidad Biológica*. Fundacion Alejandro Angel Escobar
- Ivonne Malaver. El Tiempo, 10 de noviembre de 1999. <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-959770>
- Gómez Uranga, López y Araujo (2008). 'Los tratados Bilaterales y consecuencias para los países en desarrollo'. *Revista de Economía Mundial*.
- Iañez Pareja Enrique. *Introducción a la biotecnología*. Instituto de biotecnología. Universidad de Granada. <http://www.ugr.es/~eianez/Biotecnologia/introbiotec.htm>
- Iañez Pareja Enrique. *Introducción a la biotecnología*. Instituto de biotecnología. Universidad de Granada. <http://www.ugr.es/~eianez/Biotecnologia/introbiotec.htm>
- Nemoga Soto, G. R. (2013). *Investigación genética y política sobre biodiversidad espacios para el reconocimiento de la diversidad étnica y cultural*. Bogotá: Grupo Editorial Ibáñez.
- Prieto Acosta, M. G. (2004). 'Conocimiento Indígena tradicional: el verdadero guardián del oro verde'. *Boletín de Antropología Universidad de Antioquia*, 18(35), 132–164.
- Rangel, J. O. (2015). *La biodiversidad en Colombia, su significado y su distribución nacional* <http://www.etcgroup.org/es/issues/patents-biopiracy>
- Restrepo, C. (2006). *Apropiación indebida de recursos genéticos, biodiversidad y conocimientos tradicionales: "biopiratería"*. Universidad Externado de Colombia.
- Sánchez, E., García, P., & Chaves, J. (2005). *Conocimiento tradicional y biodiversidad*. Bogotá: Instituto Alexander von Humboldt.
- Sánchez, E., Pardo, M. del P., Flores, M., & Ferreira, P. (2000). *Protección del conocimiento tradicional elementos conceptuales para una propuesta de reglamentación -El caso de Colombia-*. Bogotá: I. A. von Humboldt.

- Vida Rural (1999). *Aplicaciones de la biotecnología en el mundo actual*. Disponible en http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_vrural/Vrural_1999_79_29_31.pdf
- Vida Rural (1999): *Aplicaciones de la biotecnología en el mundo actual*. Disponible en http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_vrural/Vrural_1999_79_29_31.pdf
- Zerda Sarmiento, Á. (2003). *Propiedad intelectual sobre el conocimiento vernáculo*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Biomimesis. ¿Cómo aplicarla en Colombia?

Melina Ángel
Biomimicry Colombia

Palabras clave: biomímesis sistémica, principios de vida, sistemas vivos, auto-organización, Latinoamérica, organizaciones, comunidades.

Key Words: systemic biomimicry, life principles, self-organization, Latin America, organizations, communities

La Biomímesis surge en el mundo de la innovación, en su sentido más general, como una de las pocas tendencias que dan una dirección clara y profunda para encontrar las soluciones que necesitamos en un contexto actual de crisis. La humanidad ha alcanzado los límites del planeta desde el punto de vista ambiental, económico y social. Esto es una realidad que se anuncia en todos los campos y que vivimos todos los humanos (y todas las especies) sobre el planeta de maneras muy diversas. Desde la polución por plástico, petróleo, productos químicos y radioactivos de los océanos hasta la naturaleza de las relaciones humanas, todo ello permite inferir que nos encontramos en un momento crítico en el que resulta necesario determinar una referencia sobre cómo hacer bien las cosas.

Esta referencia es la naturaleza y, en ese sentido, la biomímesis propone una metodología para traducir las maneras en que los seres vivos han prosperado y se han adaptado en la Tierra por 3800 millones de años. Los intentos por hacer posible una economía positiva ambientalmente generaron el modelo de desarrollo sostenible que, desde la cumbre de Río, intenta lograr un crecimiento económico sin que se agoten los recursos. La realidad de este esfuerzo global llamado desarrollo sostenible ha dejado claro desde comienzos de siglo que debemos ir más allá de ser únicamente “sostenibles” e ir hacia la regeneración como forma de pensar el desarrollo humano. La regeneración nos lleva a ver los sistemas vivos como el referente clave y a la biomímesis como una herramienta indispensable.

La biomímesis (biomimicry en inglés) fue un concepto que apareció en la literatura en 1962 y que en los años 80 se difundió entre los científicos de materiales. Fue Janine Benyus, Stephen Vogel y Julian Vicent quienes lo hacen más popular en los años 90. El libro Biomímesis, innovación inspirada de la naturaleza, de Benyus propone ir más allá del simple hecho de emular la naturaleza para generar tecnología, como lo hace la biónica, integrando, asimismo, la ética (sostenibilidad y regeneración) y, novedosamente, la reconexión con la naturaleza. La biomímesis reconoce que somos seres naturales y que podemos comportarnos como tal en el contexto de límites planetarios para crear innovaciones que nos procuren una fuente de soluciones sostenibles a nuestras necesidades.

Una de las definiciones en las que se manifiesta la esencia metodológica de la biomímesis fue elaborada por Michael Pawlyn (Biomimicry in architecture, 2014), esto es “[la biomímesis es] imitar la base funcional de las formas, los procesos y los sistemas biológicos para producir soluciones sostenibles”. Esta metodología ha mostrado sus frutos tanto en el desarrollo de productos

y de procesos como de sistemas. Se cuentan ejemplos en la aerodinámica, la producción de energía, la colección y tratamiento de aguas negras y la medición de estándares ecológicos entre muchos otros campos. Esto es gracias a que la naturaleza ha encontrado soluciones para todos los ambientes, condiciones y retos del planeta y nuestra capacidad de adaptación depende básicamente de actuar como la naturaleza lo ha hecho durante millones de años.

Sistemas Vivos

Los sistemas vivos buscan constantemente resolver las necesidades del momento. Estas necesidades van desde lo que la biología ha descrito como supervivencia (comer y reproducirse), hasta necesidades como explorar territorios o nuevas maneras de crecimiento (en la evolución de los mamíferos esto se vuelve evidente cuando se alarga el periodo de aprendizaje posnatal).

Todo ser vivo está conectado con lo que pasa a su alrededor dentro de su campo de percepción y adapta su respuesta a esta realidad percibida. Esta capacidad cognitiva o inteligente es la capacidad de aprendizaje de los seres vivos, la primera condición vital. Desde Gregory Bateson, la autopoiesis de Humberto Maturana y Francisco Varela, hasta los modelos de aprendizaje de sistemas moleculares de Eugenio Andrade, entre otros, se han demostrado capacidades de aprendizaje en todos los sistemas biológicos.

Otra condición vital de los seres vivos es ser sistemas abiertos a flujos de información y de recursos a través de los cuales se accede a la información pertinente para solucionar sus retos inmediatos. Este flujo de información es accesible por los organismos según su capacidad perceptual. En los ejemplos de coevolución se ve muy bien esta dinámica. Uno de ellos que ha sido observado en estudios científicos entre una *Pasiflora sp.*, planta trepadora y *Heliconius sp.*, una mariposa cuyas orugas devoran una *Pasiflora* completa, de tal manera que se produce una inspección de sus huéspedes verificando que no hay otros huevos sobre la planta y así asegurar comida para su progenie; es decir, tenían la necesidad de notar la presencia de otros huevos (dos puntos amarillos) lo que generaba el comportamiento de revoloteo alrededor de la planta. Meses más tarde se comenzaron a observar pasifloras con nectarios extraflorales amarillos, puntos bastante conspicuos. Sin conocer los detalles de la manera en la que esta información fue percibida por la planta, la especie utilizó esta información para resolver un reto de predación. Los flujos de información permiten a los organismos estar en relación unos con otros así como estarlo dentro del ecosistema, ya sea para relaciones de predación y parasitismo (relaciones de sobrevivencia) como en las simbiosis y el comensalismo (relaciones de optimización). Los sistemas vivos son interdependientes.

Teniendo un sistema cognitivo abierto, la respuesta más eficaz tiene que ver con la auto-organización en el interior del sistema, lo que permite la regeneración y la auto-renovación. Es la condición vital por la cual se da la emergencia de patrones funcionales que pueden repetirse en la naturaleza a escalas distintas y en organismos muy diversos. Por ejemplo, el ángulo de la ramificación en la distribución de fluidos se repite como un patrón eficiente en corales, en plantas, en ríos, por nombrar sólo algunos. Esta capacidad de auto-organización es vital y es una de las características más difíciles de emular en los sistemas humanos de manera consciente.

La última condición de los seres vivos es la fuerza vital. Es el nombre que muchas culturas le han dado al impulso que tienen los seres vivos para solucionar sus necesidades de manera plena. Vivir intensamente, completamente, permite a los seres vivos sintonizar su atención a los flujos de información más sutiles a su alrededor y optimizar sus respuestas a este sistema. La fuerza vital no ha sido “demostrada científicamente” pero ha sido el leitmotiv de las ciencias biológicas. No obstante, en su búsqueda han encontrado las estrategias funcionales de la naturaleza. En la última década, se ha descubierto, por ejemplo, el modo en que los árboles se comunican bajo tierra, cuidan a su progenie y transmiten información a kilómetros de distan-

cia. Estos fenómenos permiten fortalecer la descripción de una naturaleza que genera sistemas abundantes donde el hecho de compartir es un fenómeno que trasciende la excepcionalidad. La importancia de incluir otras perspectivas no científicas, más locales, a la biomímesis, está en el fortalecimiento de una flexibilidad epistemológica que nos permita comprender los fenómenos naturales, especialmente la fuerza vital que reside en nosotros mismos.

Aplicación de la biomímesis en Colombia (y otros países “en desarrollo”)

Las condiciones particulares existentes en los países latinos tienen varias características que permiten imitar la capacidad auto-organizativa de los sistemas vivos y así generar procesos regenerativos, tanto a nivel ambiental como social y económico.

Primero debemos hablar de la biodiversidad, tanto de especies como a nivel social. La naturaleza incorpora información a la materia para utilizar el mínimo y asegurar el funcionamiento. Este hecho se denomina optimización. La biodiversidad es un signo de mayor capacidad de diseño, es decir de optimización. Esta absorción de energía en los sistemas vivos se ve en las fotografías infrarrojas del planeta en donde las zonas de mayor biodiversidad son azules, “más frías”, es decir, en zonas tropicales. Los países latinos son diversos en términos humanos y biológicos, por lo tanto tienen una alta capacidad de optimización.

Otra condición que se presenta en los países en desarrollo es la necesidad de innovación. Las condiciones económicas, la baja reglamentación y la dificultad para hacer respetar las leyes pueden ser vistas como una oportunidad ya que motiva la fuerza vital. No quiere decir que estas condiciones sean buenas, sino que podemos cambiar la manera de verlas, para actuar, como los sistemas vivos, a partir de la idea de que el límite es una fuente de innovación.

En general, en nuestros territorios, las organizaciones son abiertas en el sentido de que los individuos confían en el proceso e incorporan información de diferentes fuentes. Gracias a un pasado comunitario, las organizaciones, especialmente de base, tienen la capacidad de manejar información manteniendo la integridad.

Tradicionalmente, las comunidades tienen un fuerte sentido de concordancia entre sus diseños y el ambiente local. A pesar del alejamiento de las comunidades de su conexión con la naturaleza, debido al proceso de colonización, se conserva sin embargo y de manera especial en situaciones “desfavorecidas” donde la capacidad de diseño se hace evidente al incorporar necesidades funcionales a los diseños vernáculos.

En estas condiciones la aplicación de la biomímesis en los países en desarrollo se hace muy interesante a la hora de aplicar los principios de vida y la genialidad de la naturaleza a nivel de sistemas. Esto significa que gran parte de la innovación biomimética que podemos implementar actualmente en nuestros países se da en el nivel organizacional, precisamente donde nos enfrentamos a uno de los retos más grandes que tenemos actualmente en el planeta: las relaciones humanas. Es importante notar que, aunque en otros países estas condiciones pueden ser similares, la innovación se entiende casi exclusivamente en términos de productos y tecnología. El aporte de la innovación biomimética que puede hacerse desde Iberoamérica a nivel sistémico puede suponer una propuesta de desarrollo distinta a la dominante.

¿Es posible imitar la naturaleza para enfrentarse a los retos de las relaciones humanas? Primero es importante comprender que, aunque pueda parecer lógico, mirar organismos sociales para inspirarse no es lo que se busca aquí. Eso es un primer nivel de interpretación de la biomímesis, que se utiliza más para la innovación de productos y procesos. En el nivel sistémico se debe ir a un segundo y tercer nivel de abstracción mediante una comprensión de los principios de vida y de la biología teórica respectivamente. La aplicación de los Principios de vida debe tener como base una comprensión más profunda de los sistemas vivos.

Principios de Vida

Algunos de los principios de vida de la biomímesis son más aplicables a las organizaciones humanas que otros. Éstos son sólo con los que se debe comenzar, pero lo ideal es lograr cumplir todos los principios de vida en cualquier organización:

1. Construir desde la base, desde la gente, es clave para permitir procesos que perduran.
2. Usar bucles de retroalimentación. La optimización del flujo de información es básico.
3. Crear resiliencia implica permitir los flujos de información y recursos de manera distribuida (no centralizada). Esto incluye la posibilidad de ir más allá de las fronteras organizacionales, como considerar que un reto privado puede tener una solución de desarrollo regional.
4. Promover procesos cíclicos incluye una de las partes más importantes de la capacidad adaptativa de los sistemas vivos pues permite identificar qué debe morir dentro de una organización.

Los Principios de vida permiten una comprensión en detalle de lo que una organización debe adoptar para pertenecer al ecosistema ambiental y económico. La inclusión de estos debe estar al principio del proceso de diseño, ya que constituye una herramienta imprescindible de evaluación que permite saber el nivel biomimético del proceso e identificar oportunidades de optimización.

Niveles de organización y de acción

En la naturaleza se reconocen niveles de organización dependiendo del tamaño. De manera general, se observa que las células están dentro de tejidos, de órganos y de organismos quienes están integrados en las comunidades que, a su vez, forman parte de los ecosistemas, de las biomas y de la biosfera. Igualmente, también las células están hechas de orgánulos que se componen de moléculas complejas como las proteínas, los lípidos, los carbohidratos y los ácidos nucleicos. Esta complejidad responde a una simple dinámica evolutiva que permite la coherencia entre los niveles en el tiempo. Se trata, en realidad, de una relación exclusivamente entre dos niveles lo que permite la emergencia de un tercero.

Los niveles que existen, independientemente de la escala que queramos ver, son individuos que forman comunidades. Estos dos niveles se basan en las relaciones que estos individuos generen. Cuando ciertas relaciones se vuelven más frecuentes se organizan grupos que se diferencian de otros. La cohesión y la autonomía de estos grupos son la clave para que se conviertan en un nivel emergente, esto es, el tercer nivel. Este nivel no es necesariamente permanente, como se ve en el caso de las aves que vuelan en bandadas o los peces que nadan en cardúmenes. En otros casos, la emergencia se vuelve permanente y desarrolla estrategias que se comparten entre los individuos y posibilitan al grupo adaptarse a condiciones cambiantes.

Dentro de las comunidades humanas (las organizaciones son consideradas como comunidades), identificar e incluir los tres niveles de organización es fundamental para hacer innovación biomimética. Cada uno de los niveles tiene sus necesidades precisas y sus soluciones precisas. Lo que se busca es comprender cómo crear condiciones que conducen a la vida.

Liderar procesos de innovación sistémica en organizaciones incluye: fortalecer la inteligencia colectiva; entender la diversidad humana; sostener el espacio de aprendizaje; hacer preguntas relevantes; permitir la auto-organización; comprender las funciones de la organización; permitir los flujos de información y de recursos, entre otras habilidades. En suma, adquirir la habilidad de responder apropiadamente a la situación actual es lo que debemos fomentar para

crear abundancia, regeneración y crear condiciones que conduzcan a toda vida.

Biomimesis en el Diseño: Más Allá de la Sostenibilidad en el Siglo XXI

Manuel Quirós
Biomimicry Iberia Association

Palabras clave: biomimesis, diseño bioinspirado, sistemas naturales, diseño regenerativo, funcionamiento sistemas vivos, sostenibilidad.

Key words: biomimesis, biomimicry, bioinspired design, natural systems, regenerative design, living systems operative principles, life principles, sustainability

La actualidad humana asolada por múltiples crisis (social, política, económica, ambiental...) exige la necesidad de explorar soluciones innovadoras a lo largo de este siglo que inicien un nuevo escenario de esperanza de cambio. La biomimesis es una emergente disciplina de una antigua práctica humana que irrumpe con fuerza y promete re-evolucionar todos los ámbitos, desde la ingeniería, la arquitectura, el transporte, la alimentación, etc..., hasta la educación, con aprendizajes dentro y fuera del aula para inculcar creatividad e innovación, tan necesarias hoy día, junto con valores pro-ambientalistas de conservación del capital natural del que dependemos. La biomimesis (del griego *bio* vida y *mimesis*, imitar) estudia las mejores estrategias de los sistemas vivos para transferirlas a la tecnología humana. No en vano, la Naturaleza lleva más de 3.850 millones de años evolucionando para encontrar las mejores soluciones a los problemas globales que la supervivencia plantea, ajustándose a las leyes de la Tierra, considerando lo que perdura y lo que funciona. La vida crea condiciones óptimas para perdurar regenerándose más allá de la sostenibilidad.

Más allá de la sostenibilidad

Aunque sigamos pensando en “aprender de la naturaleza”, hemos de darnos cuenta de que ese dualismo realmente no existe pues “somos naturaleza” y por tanto podemos diseñar como tal. Uno de los aspectos diferenciadores de la biomimesis con relación a otros acercamientos de diseño bioinspirado es el enfoque sostenible y regenerativo, pues es una de las lecciones de vida que nos proporcionan los propios ecosistemas. La vida lleva operando más de 3.850 millones de años y ha aprendido a ajustarse a los parámetros del sistema terrestre, a lo que funciona, lo que persiste y lo que no ocasiona perjuicio a otros organismos y su entorno, ahora y en el futuro. Esa es su medida del éxito. Pero entender la vida como un todo (holismo) no es tarea sencilla y requiere de un cambio en cómo vemos o entendemos las cosas. Ese cambio de perspectiva supone ver más allá de lo que puede representar un insecto, una medusa o un árbol; al igual que un edificio, una botella de plástico o un automóvil. Hemos de pensar en procesos, en formas o estructuras y por supuesto en sistemas. De esta manera, podremos entender la vida en términos de patrones que se repiten y que nos proporcionan información de estrategias para la

supervivencia. Estas estrategias que algunos denominan “*Patrones unificados de la naturaleza*” (Biomimicry Institute), o “*Principios de Vida*” (Biomimicry 3.8) o los “*Principios de Diseño Inspirado en la Naturaleza*” (Principles of Nature Inspired design, NID en inglés por la TU Delft), o los aspectos relacionados con *Cradle to Cradle*, funcionan en un porcentaje muy elevado de los ecosistemas y pueden ser aplicados en el diseño de las nuevas sociedades humanas. Tomando estas lecciones fundamentales en consideración, son un paso clave en la práctica de la biomimesis y puede además ayudarnos a distinguir el diseño biomimético en una categoría más amplia del diseño bioinspirado. Aquí van algunos de esos principios de cómo funciona la Vida y su conexión con el diseño humano:

1. Naturaleza sólo utiliza la energía que necesita basándose en la libre disponible.
2. La naturaleza construye de abajo a arriba.
3. La Naturaleza utiliza la química y los materiales que son seguros para la vida.
4. La naturaleza supra-recicla todos los materiales.
5. La Naturaleza premia la cooperación.
6. La Naturaleza funciona con información a tiempo real y retroalimentada.
7. La naturaleza es resistente a las perturbaciones.
8. La Naturaleza optimiza en lugar de maximizar.
9. La Naturaleza utiliza la forma para determinar la funcionalidad.
10. La Naturaleza integra desarrollo con crecimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, R. (2010). *Bulletproof Feathers: How Science Uses Nature's Secrets to Design Cutting-Edge Technology*. Chicago: University of Chicago.
- Baumeister, D. y col. (2012) *Biomimicry Resource Handbook. The Biomimicry Resource Handbook: A Seed Bank of Best Practices*. Biomimicry 3.8: Missoula.
- Benyus, J. (2012). *Biomimesis: Innovación inspirada en la naturaleza*. Barcelona: Tusquets.
<https://biomimicry.org/> [consultado el 03/04/2016]
<http://biomimicry.net/> [consultado el 03/04/2016]
- Blaze, P. & Wals, A.E.J. (2004) *Higher Education and the Challenge of Sustainability*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Brown, L. R. (2001) *Eco-economy: Building an economy for the Earth*. New York: Norton.
www.bullittcenter.org [consultado el 03/04/2016]
- blogs.funiber.org/tag/cuidado-del-medio-ambiente [consultado el 03/04/2016]
<http://gcstz.com/> [consultado el 03/04/2016]
- Hoagland, M., Dodson, B & Hauck, J. (2001). *Exploring the way life works*. Sudbury, MA: Jones & Bartlett Publ.
- Jenkin, P.M. (1957). *The filter-feeding and food of flamingoes (Phoenicopteri)*. Bristol: Bristol University.
- Lowman, P.D. (2002). *Exploring Space, Exploring Earth*. Cambridge: Cambridge University Press.
- MacArthur E. Foundation and McKinsey (2014). *Towards Circular Economy*. Ellen MacArthur Foundation Report.
- McDonough, W. & Braungart, M. (2002). *Cradle to cradle: remaking the way we make things*. New York: North Point Press.
- Meadows, D y col. (2010). *Los límites del crecimiento. 30 años después*. Barcelona: Galaxia Gutemberg.
natureinspireus.wordpress.com [consultado el 21/05/2016]
- Quirós M. y Millard T. ‘Biomimesis I y II’. *La ciudad sostenible*. 50-53 y 82-85. 2013
www.stockholmresilience.org/21/research/research-programmes/planetary-boundaries.html

[consultado el 03/04/2016]

Wahl, D.C. (2016). *Designing regenerative cultures*. Devon: Triarchy press.

Walker, S. (2006). *Sustainable by Design*. London: Routledge.

Tempelman, E, van der Grinten, B, Mul E-J & de Paw I. (2015). TU Delft Nature Inspired Design.

Actividad Floculante de *Brasiliopuntia brasiliensis* (Willd) Berg. (Shucu casha), método Natural para su Uso en la Potabilización de Aguas de Fuentes Hídricas de la Amazonía

Julio Arce Hidalgo & Henry Vladimir Delgado Wong
Facultad de Ingeniería Química. FIQ – UNAP. Iquitos
Facultad de Farmacia y Bioquímica. FFB – UNAP. Iquitos

Palabras Clave: Actividad Floculante, *Brasiliopuntia brasiliensis*.

Key Words: Flocculant activity, *Brasiliopuntia brasiliensis*.

La búsqueda de un método natural de potabilización de aguas para ser usado en los pueblos amazónicos que no disponen de instalaciones utilizando sistemas modernos (polielectrolitos sintéticos) y que, por el contrario, utilizan para su consumo doméstico aguas tomadas directamente de las fuentes naturales (ríos, lagos, quebradas), nos ha permitido estudiar varias especies vegetales con actividad floculante como sistema de purificación para paliar las necesidades de pueblos marginados que, tras beber agua sin tratamiento alguno, son víctimas de variadas enfermedades infecciosas e infectocontagiosas de la piel (sarna "*Sarcoptes scabiei*") y del aparato digestivo (*shigellosis*, salmonellosis, virosis, parasitosis intestinal, etc.). Como resultado de este trabajo, hemos encontrado respuesta positiva en el extracto acuoso mucilaginoso de las hojas suculentas de *Brasiliopuntia brasiliensis* (Willd) Berg. (*Shucu casha*).

Sobre una solución al 10% de SiO₂ de 0.5 µm de diámetro que genera turbiedad en el agua, se aplican gotas del extracto mucilaginoso produciendo floculación instantánea después de una leve agitación.

Mediante hidrólisis ácida de este extracto mucilaginoso, se ha encontrado fracciones de monosacáridos de xilosa, manosa, ramnosa, que demuestran ser los componentes de un polisacárido cuyo peso molecular promedio determinado por viscosímetro de Ostwald es de 20.000 Daltons. Este mismo experimento puede utilizarse para el tratamiento de aguas servidas libres de sustancias lipídicas.

Biomimesis y los Servicios de los Ecosistemas

Ibone Ametzaga Arregi; Gloria Rodríguez-Loinaz; Igone Palacios-Agundez; Lorena Peña; Be-
atriz de Manuel; Izaskun Casado-Arzuaga; Iosu Madariaga & Miren Onaindia
Cátedra UNESCO de Desarrollo Sostenible y Educación Ambiental
Garapen Iraunkorri eta Ingurumen Hezkuntzari UPV / EHuko UNESCO Katedra
Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV / EHU)

La actividad humana está alterando los procesos en la Tierra, de tal modo que está en peligro la supervivencia humana. Por ello, es necesario desarrollar una gobernanza multi-funcional para frenar la degradación medioambiental y sea posible, así, la restauración en dichas zonas. Un factor clave es la gestión del territorio a nivel local. Una buena gestión a este nivel puede llevar a un cambio significativo a nivel global. La metodología de los servicios de los ecosistemas es un ejemplo que ayuda a la desconexión actual del territorio y se presentan varios ejemplos en los que ha llevado a mejorar la gestión del territorio.

Introducción

La Evaluación del Milenio de Naciones Unidas presentada en 2005 exploró la relación entre el bienestar humano y el estado de los ecosistemas y su uso sostenible. Mostró cómo los cambios a nivel de los ecosistemas están afectando y afectarán nuestro bienestar, y demostró que algunos de los avances en la sociedad se han realizado a expensas de otros beneficios que son esenciales para nuestro bienestar como, por ejemplo, la regulación del ciclo del agua. Estos beneficios que obtenemos de las condiciones y procesos de los ecosistemas se llaman servicios de los ecosistemas (SE) y se dividen en cuatro tipos: i) provisión, que son los productos que obtenemos directamente de los ecosistemas como alimento o fibra, ii) regulación, que regulan los procesos de los ecosistemas como polinización o regulación del ciclo del agua, iii) culturales, beneficios no-materiales como conocimiento o recreo, y finalmente los de soporte, que son la base de los anteriores como, por ejemplo, la biodiversidad o el ciclo de nutrientes (MA, 2005).

En los últimos 50 años, el crecimiento exponencial de la población humana ha transformado los ecosistemas más intensamente que en ningún otro periodo de tiempo de la historia, en gran medida para resolver las demandas crecientes de alimentos, agua dulce, madera, minerales, fibra y combustible. Esta intensa transformación ha provocado una pérdida y degradación de los ecosistemas naturales y, por consiguiente, una importante pérdida de biodiversidad y de sus servicios. Además, la economía mundial y el comercio internacional permiten que las regiones tengan una mayor demanda de servicios de los ecosistemas que los servicios prestados por sus propios ecosistemas. Como consecuencia de ello, se produce una discordancia entre la oferta y la demanda de los servicios, principalmente de aprovisionamiento de los ecosistemas, lo que afecta al aprovisionamiento de otros servicios.

Por lo tanto, hay una gran necesidad de crear lugares de encuentro entre los diferentes agen-

tes que tienen un efecto directo sobre el territorio, es decir, sobre los ecosistemas, para facilitar el entendimiento entre todos. Es necesario favorecer escenarios para frenar esta desconexión de la humanidad con la naturaleza. De este modo, es más sencillo desarrollar planificaciones que favorezcan la multifuncionalidad del territorio.

En el presente trabajo se muestran diferentes metodologías utilizadas en el País Vasco (norte de la Península Ibérica) que han llevado a mejorar el entendimiento entre los agentes del territorio y, al mismo tiempo, están favoreciendo el entendimiento entre los diferentes agentes que influyen en el territorio. Además, se presentan varios casos en los que la utilización de esta metodología ha llevado a mejorar la gestión de determinadas zonas.

Metodología

Área de estudio

El estudio se realizó a diferentes escalas. Por un lado se trabajó a nivel del País Vasco (norte de la Península Ibérica, DATOS). Dentro del País Vasco a nivel de territorio histórico, Bizkaia (2213 km², 1.2 millón de habitantes, 43°46′_42°02′_N, 03°45′_02°40′_W), (Fig. 1) y, finalmente, la escala más pequeña dentro de Bizkaia: la Reserva de la Biosfera de Urdaibai (220 km², cuenca del río Oka de unos 45,000 habitantes, 43°19′ N, 2°40′ W).

El País Vasco se caracteriza por tener dos áreas geográficas muy diferenciadas divididas principalmente por el final de la cordillera Pirenaica. Así, la zona norte se caracteriza por una vegetación potencial: la Eurosiberiana. Sin embargo, en la sur la vegetación potencial es mediterránea. El territorio histórico de Bizkaia (vertiente norte) se caracteriza por su alta población, centrada en los estuarios de los ríos, a consecuencia de una gran industrialización que tiene su origen en el siglo XIX y principios del XX. La industrialización llevó al abandono de las zonas rurales causando un importante proceso de transformación en las zonas rurales. Actualmente, el territorio está dominado por los monocultivos de una especie exótica, *Pinus radiata*, habiéndose reducido el tradicional mosaico multifuncional vasco de la campiña Atlántica. Estas plantaciones están relacionadas con problemas ambientales, debido a su gestión, como la erosión del suelo o la pérdida de nutrientes (Amezaga y Onaindia, 1997; Merino et al., 2004; Santos et al., 2006; Leslie et al., 2012). En la Reserva de la Biosfera de Urdaibai la economía está basada en la metalurgia, y en lo que se refiere a la zona rural, predominan la agricultura, la ganadería y el sector forestal. Comprende 20 pueblos, incluyendo dos de unos 15.000 habitantes (Gernika y Bermeo). La actividad económica está basada en el sector de servicios (61%), industria (24%), construcción (10%) y sector primario (4%).

Metodología participativa

Proceso participativo

En el proceso participativo se combinaron métodos participativos diferentes (Pereira et al. 2005; Patel et al. 2007; Palomo et al. 2011): cuestionarios estructurados y talleres realizados después de un proceso de selección de los diferentes agentes (Palacios-Agundez et al. 2013, ver Palacios-Agundez 2014 para más detalles).

Talleres

El taller se realizó, durante cuatro días, en el Centro de Biodiversidad de Urdaibai (Busturia, Bizkaia), situada en la reserva de la Biosfera de Urdaibai. Los participantes que participaron

pertenecían al cuerpo de técnicos de administraciones públicas (Diputación Foral de Bizkaia, Gobierno Vasco, ayuntamientos y el consejero de medio ambiente del Gobierno Vasco), investigadores y expertos en diferentes disciplinas (arquitectos, economistas, ingenieros, abogados, geólogos y ecólogos), personas de diferentes asociaciones ambientalistas y ONGs, profesionales de la educación ambiental y representantes del sector agrícola y forestal (ver Onaindia et al. 2013 para más detalles).

Investigación: Mapas de los SE y escenarios de futuro

Por medio de la metodología basada en Sistemas de Información Geográfica (SIG) se estimó el valor de la biodiversidad y se analizaron dos SE: almacenamiento de carbono y regulación del ciclo del agua. El software utilizado para el geoproceto fue el ArcGIS 9.3 (ESRI, 2009), y las unidades espaciales en los mapas fueron celdas de 4 m² (ver Onaindia et al. 2013 para más detalles).

Los escenarios de futuro se utilizan, principalmente, en la planificación del territorio, en los análisis de cambio climático y conservación. Su utilización está aumentando en la evaluación de los SE (Swetnam et al., 2011), ya que, a través de los escenarios, se describen escenarios potenciales reales en el futuro que facilitan en la toma de decisiones (Peterson et al., 2003) (ver Rodríguez-Loinaz 2013 para más detalles).

Indicadores

Se ha trabajado con el Instituto Vasco de Estadística (EUSTAT) para evaluar los actuales indicadores, medidos como proxis, para la valoración de los SE y propuestas de nuevos indicadores posibles de obtener.

Se elaboró un indicador MESLI que sirve para valorar los SE a nivel municipal y que ayuda a valorar el territorio, sobre todo el rural, mostrando la importancia de éste tipo de territorio en los SE de regulación.

Resultados

1. El proceso participativo mostró la preferencia de los participantes por un territorio más multifuncional: la campiña atlántica. Con ello, se constata una evolución de los principios de conservación hacia un desarrollo sostenible rural. Por otro lado, se detectó la falta de conocimiento en torno a los posibles conflictos entre el paisaje actual basado en plantaciones de especies exóticas de crecimiento rápido y la propia conservación de la biodiversidad.
2. El mapeo mostró las zonas más importantes para la biodiversidad y secuestro de carbono, así como los bosques naturales (encinar cantábrico y el bosque mixto) en la Reserva de la Biosfera de Urdaibai, donde su presencia es muy baja (13% del área) en comparación con su distribución potencial en dicho territorio (80%).
3. La modelización a largo plazo de escenarios futuros destacó el incremento en el secuestro de carbono y la reducción de la erosión introduciendo la vegetación potencial de bosques de *Q. robur* y *F. sylvatica* en zonas no idóneas (pendientes >30%, áreas de riesgo de erosión), secuestrando más C en biomasa a la vez que mejoraba la conservación de la biodiversidad.
4. El trabajo realizado con el EUSTAT ayudó a introducir nuevos indicadores en la estadística a nivel del País Vasco que resultan importantes para mejorar la evaluación de los SE. Se han utilizado 60 indicadores para la evaluación de los SE y se han seleccionado 13 de ellos para poder incluirlos en la lista de indicadores del instituto.

5. La aplicación del Indicador MESLI sirvió para mostrar la importancia de las zonas rurales en el abastecimiento de SE y en el bienestar humano.

Conclusiones

El proceso participativo ayudó al entendimiento entre los diferentes agentes: se generó una dinámica de aprendizaje social, creación de relaciones y un aumento del entendimiento de los participantes gracias a la terminología de los SE. Además, favoreció el conocimiento de las demandas de las personas en general, por medio de los escenarios futuros deseados para Bizkaia, y la detección de falta de conocimiento en diversos campos. Tal circunstancia llevó a re-dirigir la investigación para resolver la falta de conocimiento en términos de mejora de la gobernanza en aspectos tales como la introducción de las zonas de bosque mixto no protegido en el Plan Rector de Uso y Gestión de la reserva de la Biosfera de Urdaibai.

La modelización ayudó a mostrar la importancia de la evaluación a largo plazo y a mostrar una solución futura posible respecto al sector forestal actual, en situación de crisis, a la vez que se posibilitaba la mejora en la conservación de la biodiversidad. Sin embargo, se detectaron problemas a la hora de realizar mapas que permitiesen una mejor evaluación de los almacenes de carbono en algunos tipos de ecosistemas como, por ejemplo, los estratos herbáceos, la materia muerta o, incluso, la valoración de la evaporación real de los ecosistemas.

Por otro lado, el trabajo con las instituciones utilizando esta terminología ha favorecido el entendimiento entre las partes y ha creado un ambiente idóneo de trabajo que ha favorecido el avance en materia de indicadores necesarios para mejorar la gestión.

En conclusión, la búsqueda de una gestión multifuncional del paisaje puede cubrir mejor la demanda de la sociedad y dirigir la gestión hacia una mejora del bienestar humano utilizando las metodologías propuestas.

BIBLIOGRAFÍA

- Onaindia, M., Ballesteros, F., Alonso, G., Monge-Ganuzas, M., & Peña, L. (2013). 'Participatory process to prioritize actions for a sustainable management in a biosphere reserve'. *Environmental science & Policy*, 33, 283-294.
- Palacios-Agundez, I., Casado-Arzuaga, I., Madariaga, I., & Onaindia, M. (2013). 'The relevance of local participatory scenario planning for ecosystem management policies in the BASque Country, northern Spain'. *Ecology & Society*, 18, 7.
- Palacios-Agundez, I., Fernández de Manuel, B., Rodríguez-Loinaz, G., Peña, L., Ametzaga-Arregi, I., Alday, J.G., Casado-Arzuaga, I., Madariaga, I., Arana, X., & Onaindia, M. (2014). 'Integrating stakeholders' demands and scientific knowledge on ecosystem services in landscape planning'. *Landscape Ecology*, 29, 1423-1433.
- Palomo, I., Martín-López, B., López-Santiago, C., & Montes, C. (2011). 'Participatory scenario planning for protected areas management under the ecosystem services framework: the Doñana social-ecological system in southwestern Spain'. *Ecology and Society* 16(1): 23.
- Patel, M., Kok, K., & Rothman, D.S. (2007). 'Participatory planning in land use analysis: an insight into the experiences and opportunities created by stakeholder involvement in scenario construction in the northern Mediterranean'. *Land Use Policy*, 24, 546-561.
- Pereira, E., Queiroz, C., Pereira, H., & Vicente, L. (2005) 'Ecosystem services and human well-being: a participatory study in a mountain community in Portugal'. *Ecology & Society*, 10, 14.
- Peterson, G.D., Cumming, G.S., Carpenter, S.R., 2003. 'Scenario planning: a tool for conservation in an uncertain world'. *Conservation Biology*, 17, 358-366.
- Rodríguez-Loinaz, G., Ametzaga, I., & Onaindia, M. (2013). 'Use of native species to improve

carbon sequestration and contribute towards solving the environmental problems of the timberlands in Biscay, northern Spain'. *Journal of Environmental Management*, 120, 18-26.

Naturaleza Local

Hugo Araujo
BIOMIMIKA
Biomimicry Belgium

Palabras Clave: Biomimika, biomímesis, educación ambiental
Key Words: Biomimika, biomimicry, environmental education

Biomimika

El estudio y el entendimiento de la naturaleza cobran sentido si la información es accesible y comprensible para todos aquellos que la necesitan y, sobre todo, para todas las comunidades locales. En los ecosistemas la integración de diferentes tipos de soluciones resulta de gran importancia para la resiliencia del ser vivo. Es por ello que compartiremos uno de nuestros intentos por crear nuevas propuestas en las que la naturaleza juega un rol principal y desde donde se puede apreciar en perspectiva el potencial de la biomímesis para generar cambios, soluciones y propuestas positivas.

El Cuyo, Yucatán (2011-2015) México

Durante 4 años trabajamos desde nuestra comunidad en El Cuyo, Yucatán. Vivir el espacio y entender este hábitat fue parte fundamental para tener acciones puntuales que permitieran el intercambio de conocimiento.

Con el Gobierno Federal hicimos una alianza para fortalecer sus programas de educación y enfocar nuestra energía en resolver algunos de sus principales retos, esto es, sobre-explotación pesquera, la falta de concientización sobre las especies amenazadas y la inexistencia de apoyo para el control de las especies invasivas.

Trabajamos de la mano con las escuelas locales para introducir contenido relevante sobre la naturaleza local adaptado a los programas oficiales. De este modo, ayudamos a crear material fotográfico y logramos, mediante un patrocinio con la marca Nikon, cerrar la brecha tecnológica de los más pequeños y convertirlos, por algunos momentos, en reporteros de la naturaleza. La información en manos de los profesores evolucionó en actividades ajustadas a cada grupo y a actividades colectivas con los padres, como fue el reciclaje y la reforestación del preescolar (dirigido a niños y niñas de entre 3 y 5 años).

Para los Amantes de la Naturaleza (Pioneros), ofrecimos un programa de formación en biomímesis y encontramos eco en los jóvenes a través de su trabajo en la conservación, observación de aves, como guardias del parque nacional y, asimismo, creamos alianzas con las Organizaciones Civiles presentes en el territorio para tener mayor profundidad en la información y mejores instalaciones de aprendizaje.

En cuanto al mercado, creamos una campaña creativa en torno a, aproximadamente, 9 organismos presentes en el bioma en la que se logró situar a la naturaleza local en primer plano. Al mismo tiempo y durante la época de turismo, logramos una alianza con los comercios locales para tener un espacio para los jóvenes, un espacio donde la identidad del pueblo estuviera en conjunción con los organismos que habitan ese entorno.

Aprendimos y compartimos en el proceso, por mencionar tan sólo un par de ejemplos que nos ofreció la naturaleza para conectar y crear cultura localmente, cómo se organizan las comunidades de Flamings, o cómo las Cigarras (Chicharras) se defienden de los depredadores mediante estrategias colectivas. De tal modo que, por primera vez, el pueblo tuvo mayor presencia de elementos naturales que de elementos comerciales en sus muros principales.

Por su parte, con las mujeres trabajamos el intercambio de semillas y conocimientos alrededor de las plantas medicinales. Aprendimos también sobre agro-homeopatía y diversas soluciones a muchas enfermedades que brinda la naturaleza. Con los adultos mayores escuchamos y aprendimos todo el acervo de conocimiento y experiencias adquiridas a lo largo de su vida. Rescatamos conocimiento y archivos fotográficos, re-activamos también algunas de las profesiones tradicionales de la región.

En el momento de mayor crisis económica llevamos a un grupo internacional con el que los grupos locales pudieron interactuar, a la vez que exponían y compartían su visión en torno a la biomímesis y la necesidad de vivirla, escucharla, entenderla y de compartirla.

Durante su actividad, el grupo visitante apoyó continuamente los comercios locales y generó un ingreso directo cada día. La experiencia demostró también que el trabajo entre las organizaciones civiles, los actores locales, las autoridades del medio ambiente, el gobierno local y las marcas globales tiene espacio en propuestas donde todos ganen. Alianzas aparentemente imposibles se volvieron tangibles.

Amazonas

La biomímesis tiene la característica de basarse en la naturaleza como fuente de conocimiento y/o de desarrollo tecnológico. Su emergencia en las conversaciones globales acerca de sustentabilidad e innovación puede entenderse como una oportunidad que se debe aprovechar para poner en valor la biodiversidad local. Desde este punto de vista, la ventaja la tendrá aquel que conozca más sobre su hábitat y también aquel que cuente con mayor biodiversidad. En este sentido, es preciso prestar atención en los grupos locales que logren una ventaja colectiva.

El Amazonas no solo es el pulmón del planeta, es uno de los puntos energéticos de nuestro planeta así como una de las últimas fronteras donde todavía los sistemas naturales funcionan sin distorsiones. En la selva Amazónica encontramos cosas tan increíbles como árboles que caminan, delfines rosados y toda una serie de estrategias de navegación por instrumentos magnéticos en el curso de un río que limita las capacidades visuales. Los pueblos amazónicos viven todavía en función de los ciclos y conocen mejor que nadie el valor del agua.

Más allá de revertir la ecuación norte-sur desde la que se vertebra la historia de la humanidad, la biomímesis nos otorga una perspectiva de evolución como especie en base a la obtención de un equilibrio entre el hombre y la naturaleza. Tal y como lo cuentan los sabedores, la Amazonía está amenazada si se contempla como un bien privado. La clave aquí es que el futuro del Amazonas sea considerado como patrimonio de todos y para todos, donde los habitantes que la han cuidado por miles de años y que están profundamente conectados con su fuerza natural sean los verdaderos y más capacitados guardianes. Y es que la cultura y el respeto a nuestro planeta mostrado por las comunidades indígenas son un gran ejemplo a imitar.

El reto estará, al fin y al cabo, en que podamos silenciar nuestra inteligencia para reconectar y aprender de la gente del agua, de la gente de los árboles, de las plantas, de los animales, de los

minerales y también de nosotros mismos.

Creación de Sociedades Amazónicas Biomiméticas

Hernando Bernal Zamudio

Cátedra Unesco de Desarrollo Sostenible y Educación Ambiental
Garapen Iraunkorri eta Ingurumen Hezkuntzari UPV / EHUKo UNESCO Katedra
Universidad del País vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV / EHU)
Presidente de la Asociación Amassunu

Palabras Clave: Biomimesis, ecosistema, energía renovable, economía circular, economía solar, sociedad del conocimiento

Key Words: Biomimicry, ecosystem, renewable energy, circular economy, solar economy, knowledge society

Resulta fundamental implementar en la Amazonia un modelo de desarrollo económico biomimético con el propósito de lograr una economía basada en el cierre del ciclo de materiales y en el predominio del uso de las energías renovables. La clave está en que el enfoque biomimético permite crear sociedades amazónicas que partan de la emulación de las leyes de los ecosistemas de la naturaleza y su posterior aplicación a las lógicas económicas imperantes. Este hecho supone, en última instancia, que la naturaleza amazónica se convierte en fuente de inspiración y que, por lo tanto, se abre la posibilidad de hacer un uso inteligente e inclusivo de los componentes bióticos y abióticos.

Claves de una economía biomimética

El modelo imperante de desarrollo económico implementado en la gran Amazonia continental suramericana ha generado y viene generando una serie de impactos medioambientales de diferente orden y magnitud, caracterizados por su alto grado de inconmensurabilidad. Tal circunstancia obedece al hecho de que el sistema extractivo, productivo, de transformación y de comercialización implementado en los estados nacionales amazónicos sigue pautas de explotación y explotación de los recursos naturales, incurriendo con ello en el desplazamiento de las sociedades bosquesinas y, más aún, en la extinción definitiva de algunas de ellas, como está ocurriendo con el pueblo indígena amazónico los Nukak Makuk en Colombia.

Este modelo concreto de desarrollo económico capitalista ha impulsado históricamente la conversión de la Amazonia en una región exportadora neta de materias primas y de energía, dando continuidad a una lógica de reforzamiento del statu quo imperante de un modelo de economía periférica, marginal, subordinada y dependiente de los centros del poder político existentes en cada uno de los estados nacionales amazónicos.

Por otra parte, no hay que olvidar la conexión de este modelo económico con el comercio internacional a través de la comercialización ilegal de los psicotrópicos, del tráfico de fauna, de la flora y, finalmente, de la minería. En la actualidad, además, este sistema económico está sien-

do afectado por los crecientes flujos migratorios y por factores medioambientales que traspasan las fronteras nacionales.

Estos factores de índole transnacional son el cambio climático, la destrucción de la capa de ozono troposférico, la lluvia acida, el fenómeno del niño y la niña, la alteración de los ciclos biogeoquímicos, etc. Igualmente, las migraciones de carácter legal e ilegal generan un extraordinario aumento de la población que, a su vez, presiona cada vez más la base natural de los ecosistemas amazónicos. Si bien el modelo económico imperante está generando lógicas de insostenibilidad a nivel mundial, existen ciertas particularidades en lo que concierne a su manifestación en el contexto amazónico, en la medida en que se centra casi en exclusividad en la explotación intensiva de los recursos naturales de la superficie, del subsuelo, se utiliza la tierra para la producción de monocultivos y para el desarrollo de una ganadería extensiva destinada a la exportación, o la propia producción de estupefacientes que agravan los problemas de ingobernabilidad territorial endémicos de la región. Este modelo económico, sin duda, es impulsado por los estados nacionales con el objetivo de crear polos de desarrollo rurales y urbanos, que son considerados estratégicos por razones geopolíticas, en los territorios de frontera. Y todo ello, claro está, con el respaldo y la participación del capital transnacional (Bernal, 2015).

Con este panorama tan desalentador generado por el paradigma de intervención, producción, transformación y comercialización de la economía que se impone en la Amazonia, es fundamental la urgente implementación de un modelo de desarrollo económico Biomimético y, por ende, la construcción de sociedades amazónicas biomiméticas. De este modo se lograría impulsar una revaloración de la base natural y sociocultural amazónica que es, a todas luces, fundamental en la conservación de la socio (bio) diversidad. Al mismo tiempo, este modelo garantizaría la continuidad co-evolutiva de los humanos en la biosfera amazónica, caracterizada por su incuestionable diversidad y complejidad.

El enfoque biomimético tiene que ver con la imperante necesidad de organizar nuestras sociedades amazónicas y, en general, la sociedad mundial y sus economías en base a los principios funcionales, ya sean bióticos o abióticos, de los ecosistemas. Los principios abióticos son: 1). Reciclado de los materiales y remisión nuevamente al ciclo de nutrientes; 2). Vivir esencialmente de la radiación solar; 3). Mantenimiento de las constantes vitales (efecto Gaia). Por otra parte, algunos de los principios bióticos son: 1). La evolución; 2). El dominio del mutualismo sobre la competencia; 3). Una alta biodiversidad; 4). La jerarquía de servicio; 5). La descentralización o auto-organización (Bermejo, 2014).

De acuerdo con Janine M. Benyus, la biomimesis se fundamenta en tres principios básicos: *“1. La naturaleza como modelo. La biomimesis es una nueva ciencia que estudia los modelos de la naturaleza para imitar o inspirarse en los diseños o procesos biológicos para resolver problemas humanos; 2. La naturaleza como medida. La biomimesis se vale de un estándar ecológico para juzgar la ‘corrección’ de nuestras innovaciones. Después de 3.800 millones de años de evolución, la naturaleza ha descubierto lo que funciona, lo que es apropiado y lo que perdura; 3. La naturaleza como mentor. La biomimesis es una nueva manera de contemplar y valorar la naturaleza. Inicia una era basada no en lo que podemos extraer del mundo natural, sino en lo que éste puede enseñarnos”* (Benyus, 2012:13)

La precondition esencial de llevar a la práctica la biomimesis en la Amazonia pasa indiscutiblemente por conocer su metabolismo. Sólo así se podrían generar políticas dirigidas a la consecución de un modelo convergente y de una economía basada en el cierre del ciclo de los materiales, el uso eficiente e inclusivo de las energías renovables (economía solar), y en la implementación de infraestructuras sustentables. Es necesario, por tanto, producir, transformar, transportar y consumir productos y servicios de forma sostenible, de tal manera que prime el eco-diseño. Y ello teniendo en cuenta el contexto amazónico, en el que predomina una tendencia general hacia la concentración de la mayor parte de la población en las grandes capitales de

sus unidades político-administrativas superiores (es decir, los estados federales, las capitales departamentales o provinciales, etc.). Hablamos de una población itinerante que puede alcanzar los cincuenta millones de personas que demandan servicios públicos y que consumen recursos naturales.

La construcción de sociedades amazónicas biomiméticas es una apuesta real para lograr que las futuras generaciones accedan a los recursos naturales de la Amazonia y garantizar la persistencia de las culturas tradicionales, sean estas indígenas o no indígenas. Con ello se lograría crear un escenario altamente propicio en el que los actores sociales hacen un uso inteligente e innovador de los componentes naturales amazónicos, sean estos bióticos y abióticos. Y todo ello, finalmente, desembocaría en una reversión de los procesos de insostenibilidad y de medioambiental en que se encuentra inmersa la actual civilización y que repercute en la vida misma, tal como la conocemos, a nivel de la biosfera terrestre.

BIBLIOGRAFÍA

- Benyus M. Janine (2012). *Cómo la ciencia innova inspirándose en la naturaleza*. Barcelona: Tusquets Editores.
- Bermejo, R (2014). *Material Flow Analysis and Accounting of Socioeconomical Systems*. Handbook for a sustainable economy. Heidelberg: Springer.
- Bernal Zamudio H (2015). *Aproximación a un enfoque biomimético para la creación de sociedades amazónicas del bienestar sustentable*. Leioa: Servicio editoria de la Universidad del País Vasco.

Biomimética de las Plantas o cómo nos inspira el Reino Vegetal

Gustavo Vargas
Grupo 'Materiales + Tecnologías'
Departamento de Ingeniería Mecánica
Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

Palabras clave: Biomimética de las plantas, Desarrollo tecnológico, Estructura / Morfología / Función
Key words: Plant biomimetics, Technological development, Structure - Morphology - Function

En este trabajo se presentan algunas de las principales soluciones tecnológicas desarrolladas a partir de un enfoque biomimético basado en las plantas y en los árboles, destacando cómo las especies del reino vegetal pueden servir como modelos biomiméticos en aplicaciones de ingeniería, arquitectura y diseño industrial. Se hará especial énfasis en la relación entre la estructura, la morfología y la función de algunos sistemas vegetales, para obtener materiales y soluciones tecnológicas dentro de una aplicación específica.

Introducción

Si consideramos las palabras de Bryce Nelson¹: “*La gente que no preserve los árboles pronto vivirá en un mundo que no preservará la gente*”, deberíamos prestarle más atención a los bosques. Las escalofriantes cifras de la FAO² afirman que 7,3 millones de hectáreas de bosque, aproximadamente el tamaño de Panamá, se pierden cada año, y que para 2010, casi la mitad de los bosques tropicales del mundo había sido deforestada. Esta situación es aún más crítica en la Amazonía, que se extiende a través de Brasil, Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia, Venezuela, Guyana, Surinam y la Guayana francesa, donde justamente se ha celebrado el Primer Simposio Internacional sobre Biomimesis. Según la WWF³, un tercio de los bosques tropicales del mundo se encuentra en la Amazonía. Su intrincada red de la vida es el hogar de una de cada diez especies en la Tierra y de cerca de 40.000 especies de plantas.

Más de 30 millones de personas viven en la región, y muchos de ellos dependen de sus bosques para su sustento. El Amazonas también juega un papel muy importante en el clima de la Tierra, no sólo como el principal acumulador de carbono del planeta.

Así, como dijo Marcel Proust⁴ haciendo referencia a cambios de paradigma, que en este caso es lo que requiere la humanidad para afrontar el tema de la sostenibilidad: “*El verdadero viaje de descubrimiento no consiste en buscar nuevos paisajes, sino en tener nuevos ojos*”.

1 C. Leavell (2001). *Forever green: the history and hope of the American forest*. Atlanta: Longstreet.

2 FAO. Main report: Global Forest Resources. Assessment 2010. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, 2010.

3 http://wwf.panda.org/what_we_do/footprint/agriculture/soy/soyreport/soy_and_deforestation (En abril de 2016).

4 <https://www.theguardian.com/books/2008/jun/11/marcelproust> (En abril de 2016).

Relaciones entre el mundo vegetal y el humano

Gracias a la evolución por selección natural, que es el concepto más revolucionario en la historia de la ciencia, las primeras plantas terrestres aparecieron en el planeta hace unos 542 millones de años; los primeros primates hicieron lo propio hace 65,5 millones. Es decir, nuestra relación con el mundo vegetal se ha forjado a lo largo de más de 477 millones de años⁵. Las plantas, al igual que las algas y las cianobacterias, son los únicos organismos fotosintéticos. La fotosíntesis, convertir energía solar en energía química, es el proceso bioquímico más importante para la existencia de vida en la Tierra. Gracias a ella, las plantas nos sirven de batería solar. En resumen, sin plantas no es posible la vida en el planeta. Así es que no nos queda otra; tenemos que relacionarnos con las plantas.

Pero además de permitirnos la vida, ¿para qué nos sirven las plantas?⁶ Nos las comemos, nos las bebemos, nos vestimos con ellas, nos curan y nos hacen más bellos y bellas; nos sirven para construir edificios, para fabricar bienes, para dar color, para conectarnos con la categoría de lo sagrado, para perfumar... Las plantas tienen sin duda un gran valor estético y cultural; de hecho, la primera acepción de la palabra cultura es: «1. f. cultivo»⁷.

Lecciones biomiméticas de las plantas y los árboles

Además de lo anterior, el reino vegetal nos ha dado lecciones tecnológicas, y algunas especies vegetales han servido como paradigmas para desarrollar aplicaciones tecnológicas. Ello se debe a la estrecha relación entre la estructura, la morfología y la función que hacen de las plantas unos sistemas caracterizados por una alta eficiencia estructural, metabólica y energética.

En tal sentido, podemos tener diferentes niveles de analogía en los que las plantas nos han dado claves tecnológicas: la copia directa, la inspiración y la abstracción. Como ejemplos clásicos de la copia directa está la invención del alambre de púas en 1868 por Michael Kelly, que copiaba las espinas del naranjo de Osage, y del Velcro (velvet + crochet) en 1948 por George de Mestral (que copiaba las semillas de la bardana). Si pasamos al nivel de inspiración, podemos encontrar el desarrollo de varios aparatos voladores en 1906 por Igo Etrich (basado en el vuelo de las semillas del magnolio javanés)⁸ y del pabellón de Venezuela en la Expo 2000 de Hannover, obra de Fruto Vivas y de Frei Otto⁹. Por último, en el nivel de abstracción cabe mencionar varios proyectos:

- Persianas verticales abatibles basadas en el plegamiento de la flor «Ave del paraíso»¹⁰.
- Tallos técnicos fabricados por tecnologías textiles (braiding) basadas en el tallo del bambú¹¹.
- Estudios sobre el modo de fractura en tallo verde, que relaciona ramas de árboles, huesos de mamíferos jóvenes y barras de plásticos reforzados con fibra de vidrio unidireccional¹².

5 P.A. Thomas (2014). *Trees: their natural history*. Cambridge: Cambridge University.

6 A.S. Erice (2015). *La invención del reino vegetal*. Barcelona: Ariel.

7 RAE. Diccionario de la lengua española. 23ª Ed. Real Academia Española: Madrid, 2014.

8 S. Vogel (2000). *Ancas y palancas: mecánica natural y mecánica humana*. Barcelona: Tusquets.

9 P. Gruber (2011). *Biomimetics in architecture: architecture of life and buildings*. Wien: Springer.

10 J. Knippers & T. Speck (2012). 'Design and construction principles in nature and architecture'. *Bioinspiration & Biomimetics*. 7 (015002).

11 M. Milwich, H. Planck, T. Speck, O. Speck (2007). The technical plant stem. *Melliand – Narrow Fabric and Braiding Industry*. 44:34-38.

12 G. Vargas, F. Mujika. 'Greenstick fractures or how plant branches, young mammal bones and composite pultruded rods break'. 16th European Conference on Composite Materials. Seville (Spain): 22-26 June, 2014.

- Superficies autolimpiables basadas en las superficies hidrofóbicas de las hojas (efecto loto)¹³.

Cierre

Esta comunicación se cierra con una reflexión sobre la importancia de las plantas y de los árboles en nuestro entorno vital, desde un punto de vista biomimético. Remontémonos al siglo XVIII; más concretamente, a 1767. Ese año, el francés Pierre Poivre, conocido por haberle quitado a los holandeses el monopolio del comercio de la nuez moscada en Île de France, hoy la isla Mauricio, se quejaba del expolio medioambiental que sufrió la isla con la llegada de los colonos. “*La mayor falta que se ha cometido en esta isla es haber destruido las florestas que la cubrían*”, dijo indignado. Pero ojo, Poivre tenía claro que lo más importante era el cultivo, no la conservación en sí misma. Aún y todo, este comerciante francés llevó a cabo uno de los primeros planes integrales de gestión de la vegetación, que resalta la importancia de los bosques y de su conservación: proteger los árboles que quedan y aumentar su cantidad.

La isla de la que hablaba Poivre es, en un contexto actual, «nuestra isla», que flota en la inmensidad del espacio negro y vacío. Para bien o para mal, esta isla seguirá siendo el escenario en el que se desarrolle la especie humana, y en el que se desarrollarán sus relaciones con el reino vegetal. Para bien o para mal, impactamos en el medio ambiente sólo por el hecho de existir; genéticamente estamos programados para sobrevivir y no tenemos límites (ni individuales ni colectivos): hasta nuestra llegada, la Naturaleza no había necesitado de especies que se autolimitaran. Entonces ¿qué podemos hacer? La paz, la sostenibilidad, la igualdad, el equilibrio... son conceptos que se consiguen colectivamente, poniéndonos de acuerdo como comunidad, considerando aspectos económicos, sociales y ecológicos. En tal sentido, tendremos que autolimitarnos, tendremos que decidir dónde poner los límites de la civilización y debemos decidir cómo utilizar los recursos, cómo nos vamos a relacionar con el entorno. Por eso, toda la humanidad tendrá que ponerse de acuerdo (y no somos pocos).

Para finalizar, quisiera recordar a Francisco José de Caldas, quizás el primer científico colombiano (y quizás el primer biomimético latinoamericano), en el bicentenario de su muerte, quien dijo en 1815 (un año antes de que lo fusilaran): “*Ninguno puede ser grande en una profesión sin amarla. Amad la vuestra y hacedla amar de vuestros conciudadanos por una conducta noble, dulce y virtuosa*”¹⁴.

13 B. Bhushan (2012). Biomimetics: bioinspired hierarchical-structured surfaces for green science and technology. Heidelberg: Springer.

14 F. J. De Caldas. Discurso para dar comienzo al curso militar del Cuerpo de Ingenieros de la República de Antioquia. Imprenta Nacional: Medellín, 1815.

Arquitectura Biomimética ¿Un Paradigma más Sostenible?

Enkarni Gómez Genua

Escuela Técnica Superior de Arquitectura
Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV-EHU)

Mujeres-ave, hombres-vampiro y hombres-serpiente revelan un universo de transmutaciones. Transformada en hombre-vampiro la persona observaba el mundo al revés; como mujer-ave, trascendía a otras dimensiones del cosmos.

(Museo del Oro, Bogotá)

Palabras clave: Arquitectura, sostenibilidad, orgánica, biónica, biomimética

Key words: Architecture, sustainability, organic, bionic, biomimetic

La Arquitectura biomimética es un paradigma aún en construcción. Sin embargo, encontramos en la arquitectura moderna algunos antecedentes que nos pueden ayudar a definir los criterios de una arquitectura comprometida tanto con la naturaleza como con el ser humano. En esta ponencia analizaremos esos antecedentes y plantearemos las preguntas que consideramos claves a la hora de establecer unos criterios de arquitectura transformadora.

Antecedentes de la arquitectura biomimética en la arquitectura moderna

En primer lugar, encontramos la “*arquitectura orgánica*”, que es aquella en la que el edificio imita en su construcción y en su disposición a los imperativos de eficacia con que crecen los organismos naturales. Como ellos, se adapta al lugar en el que se emplaza y, en consecuencia, busca la forma constructiva, la disposición espacial y los materiales más eficaces en relación con su entorno inmediato. Es una arquitectura que trata de aplicar la lógica de los seres vivos y evitar todos los “*a priori*” de la cultura tradicional arquitectónica. Como resultado, aparecen edificios con una distribución espacial bastante liberada de la tabiquería, con una relación interior-exterior sin obstáculos y una fisonomía relacionada con la plástica de su entorno. Uno de los ejemplos más populares de esta tendencia es la Casa de la Cascada de Frank Lloyd Wright. Sin embargo, en la arquitectura orgánica nunca hay una imitación literal de un ser vivo. No son réplicas de las conchas, los nidos o las crisálidas, por eficaces que éstas sean. Se construyen con la lógica estricta del pilar, la viga y el forjado, o con la del muro y la bóveda. Son artificiales por definición. Lo que quieren copiar de la naturaleza es la eficacia, la perfección con que sus organismos se forman y se adaptan.

Una segunda aproximación a la arquitectura biomimética, y tal vez la más obvia, es la que toma formas naturales de manera literal y las incorpora al edificio. Aquí sí cabe hacer una casa

idéntica a una concha marina, o unos pilares como tibias de animal. Pero en estos casos se trata de una estética, de una forma que al tener que ser construida por albañiles o carpinteros se convierte en algo tremendamente artificioso. La casa Nautilus de Javier Senosiain tiene del organismo que le da el nombre tan solo el aspecto exterior. Pero es a la naturaleza, lo que un decorado de teatro es a la realidad. Por grande que sea la semejanza, no deja de ser una bambalina.

La cuestión que se plantea al llegar a este punto es: ¿tiene sentido dar valor a una arquitectura biomimética si no es ni racional, ni sostenible? Porque, si el paradigma biomimético ha de ser realmente transformador y útil, debe de ser cuando menos sostenible, tanto a nivel energético, como social y cultural.

Más allá de la arquitectura orgánica encontramos la “*arquitectura biónica*” que es aquella que utiliza procedimientos aprendidos de la naturaleza para resolver problemas específicos de los edificios. Ejemplos de esta forma de proceder son la creación de cimentaciones flotantes imitando las raíces de los árboles, la búsqueda de materiales que aporten una mayor resistencia y flexibilidad estructurales estudiando las alas de los insectos, y las estrategias tomadas de la forma en que los árboles se protegen del fuego. Son soluciones tecnológicas creadas por el ser humano, pero inspiradas en mecanismos naturales. Arquitectos como Foster o Calatrava han utilizado procedimientos de este tipo en sus proyectos.

A pesar de que la arquitectura biónica se inspira en la naturaleza para dar soluciones técnicas al proceso constructivo y a las propias edificaciones, su sostenibilidad es también dudosa. La tendencia es que se desarrollen tecnologías muy caras, que además aún no han demostrado su efectividad como ahorro energético. A pesar de su sofisticación, estos procedimientos generan edificios encerrados en sí mismos, sin relación con el entorno. Quizá esta filosofía es ideal para construir una colonia en Marte o en la Luna. Como “pose” es perfectamente defendible. Pero como paradigma renovador, no tanto.

Finalmente encontramos una tercera forma de incorporar la naturaleza a la edificación que podríamos denominar “*Green Skyscraper*” o “*Rascacielos Verde*”. Se trata de una tendencia que introduce la naturaleza dentro del propio edificio, en forma de jardín. Su justificación está en el potencial purificador del aire que tiene el ajardinamiento. La aportación que hacen los Green Skyscrapers a la antiquísima y extraordinaria relación entre arquitectura y jardinería, está en el hecho de que se hacen grandes jardines con árboles dentro de rascacielos ultramodernos. De nuevo, no nos engañemos: ¿es “natural” o siquiera lógico poner árboles de cuatro metros de altura en el piso vigesimoquinto? ¿Qué servidumbres impone al proyecto, al edificio entero, este esquema de jardinería? Hay pocas imágenes tan sugestivas y seductoras como las de estos “rascacielos verdes”. Pero su eficacia y su sostenibilidad son muy dudosas a día de hoy.

Otras líneas de investigación

Existen, además, otras líneas de trabajo que tienen que ver con lo construido, excediendo lo meramente arquitectónico. Así encontramos baldosas o pavimentos que son capaces de hacer la fotosíntesis, purificando el aire de las ciudades. Revestimientos formados con materiales bimetálicos con distintos coeficientes de expansión que permiten el paso del aire en función de la temperatura externa, o retículas que se abren y cierran en función de la humedad en el ambiente. Existen ladrillos fabricados a partir de bacterias, vidrios capaces de generar energía a través de la absorción de la radiación solar, sistemas de iluminación que se activan con el movimiento.

A modo de conclusión

Finalmente, ¿no estaremos buscando soluciones tecnológicas a los problemas ambientales que el ser humano ha creado en una huida hacia adelante, sin preguntarnos si esas mismas solu-

ciones no van a seguir alimentando una mayor insostenibilidad material, energética y social?.

Si la arquitectura biomimética ha de constituir un nuevo paradigma, más sostenible, más humano y más ecológico es necesario que nos dotemos de herramientas que nos permitan hacer una valoración real de sus resultados. Son necesarios unos criterios clave que nos permitan separar el grano de la paja. Las certificaciones oficiales como los LEED Gold, Platinum, etc. se han convertido en las coartadas de compañías cuyos procesos industriales y de gestión están muy lejos de ser sostenibles. Tanto es así, que parecen más lavados de imagen que otra cosa. Intentos de separar a la gran corporación de las prácticas gracias a las cuales prospera. Pero es un argumento falaz, porque no es posible separar la acción de la responsabilidad. Tampoco se puede separar la ciencia de su uso, o la arquitectura de su contexto humano, teniendo en cuenta que estamos tratando de definir un nuevo paradigma.

En este sentido, el sistema económico mundial ejerce un control sobre aquellos parámetros que pudieran producir inestabilidad, de la misma manera que lo hacen los sistemas de control de retroalimentación negativa. Es decir, introduciendo elementos que compensan o absorben aquellos parámetros que crean inestabilidad o polos, para que el sistema vuelva a ser estable. Apoderándose de ideas transformadoras para alterarlas y nunca cambiar.

El paradigma biomimético debe incluir un cambio en la mirada, porque lo que puede realmente marcar las diferencias no es precisamente el componente tecnológico de la arquitectura sino el componente humano. Cambiar la mirada significa no situar el objeto (naturaleza) y el sujeto (ser humano) en dos planos diferentes. Para trascender el paradigma newtoniano y mecanicista y acceder a un paradigma cuántico que cambie el modo en el cual nos acercamos al conocimiento y el ser humano experimente la transmutación sujeto-objetual que le permita realmente ser parte de la naturaleza y no separado de ella; para que construyamos no “imitando” a, sino “con”, en sympoiesis e hibridación, en la sensación plena de habitar el espacio.

“La antítesis hombre-naturaleza fue inventada por el hombre. Nuestra tarea consiste en reinventar una relación que realice la unidad del género humano con la naturaleza”

(Ruth Lowe Hubbard, ‘La naturaleza de la mujer: racionalizaciones de la desigualdad’. En Donna Haraway. *Ciencia Cyborgs y mujeres, la reinención de la naturaleza*, p. 131)

Gestión de los Conflictos Socio-Ambientales. Estrategia de Sostenibilidad de los Recursos Naturales: Caso Numbala

Edgar Benítez González
Universidad Nacional de Loja (Ecuador)

Palabras Clave: Numbala, conflictos socio-ambientales, zona de amortiguamiento, parque nacional Podocarpus.

Key Words: Numbala, socio-environmental conflicts, buffer zone, Podocarpus national park.

En el Ecuador, la extracción de recursos de la naturaleza ha generado una serie de controversias hombre-naturaleza y hombre-naturaleza-sociedad, propiciando conflictos ambientales en torno al cambio de uso del suelo y conflictos socioambientales por el acceso y control de los recursos naturales (RRNN).

Es en esta problemática en la que se centra este artículo que aborda el escenario de conflicto de Numbala, zona de amortiguamiento (ZA) del Parque Nacional Podocarpus (PNP), ubicado en la región sur del Ecuador. En este sentido, se tuvo como propósito principal identificar el origen de los conflictos, su evolución y los mecanismos para su solución. Históricamente, debemos retrotraernos al año 1998, periodo en que se inicia la invasión al PNP por personas provenientes de varios cantones de la provincia de Loja. Ellos fueron los primeros colonizadores de la zona. Instalaron pequeñas fincas que luego las vendían a jimbillanos y saraguros, hombres con gran experiencia y trayectoria en la explotación forestal.

Así fue como se inició la agresiva extracción de madera de romerillo, actividad que se vio estimulada por los precios significativos del tablón de esta madera. El hecho era que, de cada árbol de romerillo se obtenía un promedio de 280 tablones, y esta particularidad determinó que en la zona trabajasen diariamente hasta 30 motosierristas y que se utilizasen de 120 a 130 mulas para transportar los tablones hasta Cerro Toledo, lugar que se convirtió en centro de acopio (Sarango, 2000).

Esta acción de los colonos en la ZA de Numbala ahondó en diversos problemas ya existentes: la extracción ilegal de madera, la tenencia ilegal de la tierra, los conflictos entre invasores, las condiciones precarias de vida, etc., lo que provocó, como hace tres siglos, la devastación de los recursos naturales. Dicha alusión a lo ocurrido en el S. SVII tiene que ver con el aprovechamiento de los recursos del bosque dentro y en los alrededores de lo que hoy es el PNP y a la explotación de la planta nativa conocida como la quinina *Cinchona officinalis*, descubierta desde tiempos inmemorables por los aborígenes de la zona y descrita en el año 1737 por científicos de la Misión Geodésica Francesa, quienes conocieron el valor de su afamada corteza como remedio para combatir la malaria. Esta planta se explotaba con fines de exportación en impresionantes cantidades, lo que tuvo como consecuencia la degradación de los bosques y la desaparición total de este recurso en ciertas zonas (Jaramillo y Carrera, 2008).

El objetivo de este trabajo consiste en generar una solución integral a los conflictos so-

cio-ambientales que tienen lugar en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Podocarpus para lograr el uso racional de los recursos naturales. Desde esta perspectiva general cabe inferir algunos objetivos específicos: a) investigar la realidad socioeconómica de Numbala; b) analizar los conflictos socioambientales de Numbala, sus causas, actores, la forma en que se ocupa y usa el territorio, su participación en los conflictos; c) establecer procedimientos de intervención para resolver los conflictos socioambientales de Numbala, entendido como mecanismo de gestión y conservación de los recursos naturales en la zona de amortiguamiento.

Esta propuesta integral consensuada y de co-manejo (esto es, manejo colaborativo) entre el Ministerio de Ambiente de Ecuador (MAE), en tanto que administrador del área protegida, los colonos asentados en la ZA del PNP y otros actores sociales e institucionales implicados en la conservación de la biodiversidad de este territorio dio como resultado, tras la elaboración de una estrategia factible para contribuir al Buen Vivir de la población de Numbala, la solución del conflicto entre los colonos y las instancias administradoras del PNP.

Área de estudio

La zona de estudio corresponde a Numbala, ubicada en la subcuenca del río Numbala, parte de la cuenca alta del río Mayo. Desde el punto de vista político-administrativo, se ubica en la república del Ecuador, provincia de Zamora Chinchipe, cantón Palanda. Limita al norte con las cabeceras de Numbala, lagunas de Numbala, en una cota de 3 500 msnm; al sur, con la divisoria de aguas que separa las microcuencas de la quebrada Los Helechos y quebrada Honda; al este, con la cordillera de Paredones; y, al oeste, con la cordillera oriental de los Andes. El área de Numbala abarca los barrios conocidos como La Esmeralda y Los Helechos, con una superficie de 6 387 hectáreas.

Su temperatura promedio es de 14°C, con variaciones que van de 8°C por la noche hasta 18°C al medio día. El porcentaje de humedad relativa varía de 92% a 98%, con una precipitación anual que fluctúa entre 2000 y 4000 milímetros, siendo los meses más secos noviembre y diciembre, y los de mayor precipitación, mayo, junio, julio y agosto. Debido a estas características climáticas y a su ubicación en la cordillera central de los Andes, es considerada como zona de transición entre el piso templado y el sub-tropical.

Su cobertura vegetal incluye principalmente: bosques, matorrales, sabanas, vegetación de agua dulce, terrenos con escasa vegetación y áreas agropecuarias en uso. Los sistemas naturales ubicados en el área de Numbala tienen una ecología única al contar con poblaciones muy extensas de romerillo. De tal manera que “toda la zona sur del PNP (Numbala, Quebrada Honda, Loyola, El Porvenir) es quizá una de las zonas más representativas por la presencia de árboles grandes de romerillo entre 30 y 35 metros de altura”. Se tiene constancia de que en Numbala el 80% de copas dominantes del bosque son de romerillo. De hecho, según Sarango (2000, p. 5-27), en esta zona existen fincas con bosques que son considerados los más ricos en romerillo de todo el Ecuador.

Numbala forma parte del PNP y su ZA. El PNP, a su vez, forma parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (SNAP). Conceptualmente, las áreas protegidas son definidas como lugares especiales de protección o reservas con el claro propósito de impedir su destrucción y promover el estudio y la conservación de especies de plantas y animales, paisajes naturales y ecosistemas. Es importante, pues, que exista una relación armónica entre los habitantes de Numbala y el área protegida, en términos de un manejo o gestión que garantice su aprovechamiento y una conservación sustentable.

Medio biofísico

Durante el proceso de contextualización del medio biofísico de Numbala, como ZA del PNP, se recolectó, analizó y procesó información secundaria y cartográfica digital, sobre la ubicación geográfica, tomando en cuenta sus límites, el clima, el suelo, la geología, el relieve, la altitud, la hidrografía, la cobertura vegetal y las áreas colindantes.

Realidad socioeconómica

Para conocer la realidad socioeconómica que se ha conformado en Numbala en base a los sistemas de producción introducidos por los colonos, se revisaron fuentes secundarias existentes en instituciones gubernamentales (informes técnicos, planes de desarrollo, estadísticas y bases de datos) como, por ejemplo, el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), las secretarías de estado, las prefecturas, los municipios y las organizaciones del tercer sector. Esta información secundaria fue de gran ayuda en el proceso de diseño y aplicación de una encuesta estructurada que se formuló a un grupo de personas pertenecientes a las diferentes familias que viven en el área de estudio.

Sistemas de Producción

El análisis de los sistemas de producción de Numbala se realizó sobre las 6 387 ha. que constituyen la ZA del PNP, donde existen 70 fincas establecidas. De ellas y para los fines específicos de este estudio, se consideró una muestra de 20 fincas (28%) en las que se llevan a cabo actividades agropecuarias. Las fincas fueron seleccionadas mediante la aplicación de un transecto de norte a sur, que abarca pisos altitudinales (desde los 1 800 hasta los 3 420 msnm). Esta actividad se cumplió con la participación directa de los finqueros de la ZA, utilizando sistemas de información geográfica (SIG) que posibilitaron el análisis integrado de la capacidad y los diferentes usos de la tierra, los límites del PNP, la zonificación y el aprovechamiento forestal.

Actores Sociales

La selección de actores sociales para la observación, el análisis y la explicación de los fenómenos socioambientales se realizó con la idea, como aconseja Pardo-Enríquez (2012), de estimular un proceso político dinámico rápido que persiguiese la armonía como alternativa a este tipo de conflictos. Además, en esta selección de actores sociales se consideró la sugerencia de Habermas (2010, p. 25-26) de que es en las pretensiones de validez donde las soluciones de problemas, las orientaciones racionales de acción, los niveles de aprendizaje, etc., tienen su piedra de tope, pues dichas pretensiones tienen que ser redefinidas en términos de aquella experiencia cotidiana que elimina, o al menos, dificulta los procesos de materialización de la racionalidad. Ésta se logra en largos y pacientes procesos que van desde los intentos de asimilación de las soluciones hasta su aceptación, adaptación, aprendizaje y cambio de conducta.

Desde este razonamiento y de acuerdo a lo propuesto por Entelman (2002) y Vidal (2008) en lo que respecta a la participación de los actores sociales se consideraron los siguientes colectivos: a) actores institucionales, integrados por el gobierno estatal, provincial, municipal y parroquial. b) actores semi-institucionales, que se basan en situaciones privilegiadas de legitimación; c) actores extra-institucionales, como las ONGs, asociaciones, actores informales (grupos no organizados formalmente).

Caracterización de los conflictos

Para la caracterización de los conflictos, se efectuó un total de 17 entrevistas semi-estruc-

turadas a los actores sociales involucrados en los conflictos socioambientales de Numbala que pertenecen a diferentes campos de la sociedad: económicos (4), políticos (7), sociales (1) y ecológicas (3). De este modo, se identificaron bajo este criterio a las asociaciones locales, las entidades altruistas y representantes del poder municipal.

La estructuración de las entrevistas se realizó según los planteamientos de Gaskell (2008, p. 64), quien considera que las entrevistas pueden ser, por un lado, de levantamiento fuertemente estructurado, con preguntas predeterminadas; y por otro, de conversación continuada, menos estructurada, o de observación participativa, que pone énfasis en asimilar la situación cultural local por un periodo de tiempo más largo.

La resolución de conflictos

Para el proceso de resolución de los conflictos tipificados en la zona de estudio se recurrió al método utilizado en la vía colaborativa, propuesta por Pollicardo y France (2003). Además de la propuesta holística del enfoque sistémico, se utilizó el método transcend, propuesto por Johan Galtung en su teoría de resolución de conflictos. De acuerdo a este planteamiento, los actores involucrados toman la decisión voluntaria de implementar instancias de diálogo para el establecimiento de acuerdos equitativos en materia de gestión social de los recursos naturales, ya que se trata de un elemento fundamental para el desarrollo sostenible del territorio, no sólo desde un punto de vista económico, sino también político, ambiental y social.

Enfoque Biomimético para la Generación y Uso de la Energía en Poblaciones Aislada. propuesta para la Triple Frontera Amazónica

Daniel Becerra Orcajo
Ingem Energia, S.L.

Palabras clave: biomimesis, ecosistema natural, ecosistema industrial, energía renovable, eficiencia energética, gestión de residuos.

Key words: biomimicry, natural ecosystem, industrial ecosystem, renewable energy, energy efficiency, waste management.

A diferencia de lo que había pasado hasta hace unos pocos siglos cuando el hombre para sobrevivir debía adaptarse al entorno, el hombre moderno ha sido capaz de adaptar la naturaleza a sus necesidades. La manera en el que el hombre moderno hace uso de los recursos está llevando al agotamiento de estos recursos y a dañar el ecosistema, quizá de una forma irreversible. A través de un enfoque biomimético se trata de acercar la forma de emplear esos recursos a la forma en lo que lo hace la naturaleza con el fin de volver a un ecosistema sostenible. Como ejemplo, se proponen medidas aplicables a las poblaciones de la triple frontera amazónica, que forman un perfecto ecosistema modelo por ser un ecosistema aislado y relativamente simple.

El ser humano, en toda su historia, ha ido migrando y ocupando nuevos territorios a los que ha necesitado adaptarse, una vez que el hombre aprendió a emplear herramientas para mejorar su adaptación al medio (vestido que le permitía protegerse del clima, armas que le permitían cazar nuevos animales, herramientas con las que podía modificar su entorno). Su expansión se aceleró y, posteriormente, esta aceleración se incrementó cuando el ser humano aprendió a adaptar el medio para cubrir sus necesidades básicas.

La era industrial y la organización de la economía en torno al consumo ha supuesto por ahora el último paso en el que el hombre modifica el medio, no solo para atender sus necesidades básicas, sino para atender cualquier deseo imaginable.

En este proceso el ser humano ha pasado de formar parte de un ecosistema, al que a partir de este momento llamaremos “natural”, en el que el hombre, como cualquier otro animal, debía adaptarse en base a recursos limitados. Y formar parte de un ecosistema que llamaremos “industrial” a partir del cual el hombre es capaz de obtener recursos, como si éstos fuesen ilimitados e inagotables.

Esta última forma de actuar está ocasionando el agotamiento de los recursos y la contaminación del planeta con la ingente cantidad de residuos generados debido al uso ineficiente de esos recursos. Como resultado de lo anterior, hemos pasado de un ecosistema natural estable y sostenible a un ecosistema industrial que se dirige al colapso.

Para resolver este problema se ha adoptado en este trabajo un enfoque biomimético: se ha buscado imitar el funcionamiento del ecosistema natural para encontrar soluciones al proceso

de colapso del ecosistema industrial.

La adopción de este enfoque nos lleva a que el ciclo industrial debe modificarse de forma que se aproxime al ciclo natural poniendo en práctica las siguientes medidas:

- Sustituir los combustibles fósiles por fuentes de energía renovables
- Promover la eficiencia energética en todas las etapas del ciclo.
- Reducir, recuperar y reciclar los residuos, considerándolos una fuente más de recursos.

De cara a aplicar estas medidas es ideal buscar un ecosistema que tenga las características de un ciclo industrial y unas dimensiones lo suficientemente pequeñas para que la aplicación de estas medidas sea factible y los resultados sean fácilmente observables. Atendiendo a lo anterior, las poblaciones aisladas pueden ser un campo de experimentación perfecto para ver como re-verte la insostenibilidad del sistema industrial al aplicar el enfoque biomimético.

Las poblaciones aisladas, y como ejemplo de ellas, las poblaciones amazónicas de la triple frontera (Leticia y Tabatinga), generan en la práctica un ecosistema casi cerrado en el que los recursos y la energía se producen, consumen y desechan en un entorno próximo, de tal forma que existe la posibilidad de llegar antes al agotamiento de los recursos.

Las localidades de la triple frontera se encuentran en el interior de la selva amazónica, están alejadas de los principales centros urbanos del país y sus comunicaciones se realizan únicamente por vía fluvial o aérea, por lo que el coste del transporte es alto en términos de tiempo o de dinero. Tampoco existe conexión con las redes de electricidad, gas o petróleo del país, por lo que el suministro energético es caro e inseguro.

De cara a buscar soluciones a la ineficiencia en el uso de los recursos es interesante tener en cuenta alguna de sus características:

Se trata de poblaciones situadas en una zona de gran insolación y temperaturas estables todo el año en las que apenas hay viento. Se sitúan junto al río Amazonas, en un área llana, por lo que la velocidad del agua es lenta pese a que el río tiene un gran caudal.

Teniendo en cuenta estos factores se pueden concretar las medidas mencionadas anteriormente proponiendo el uso de las siguientes tecnologías:

Sustitución de fuentes fósiles por fuentes de energía renovables

- Empleo de tecnología solar fotovoltaica con conexión a la red y acumuladores.
- Empleo de tecnología termosolar para el suministro de ACS y refrigeración mediante absorción.
- Sustitución de electrodomésticos por otros que funcionen mediante energía solar.
- Empleo de biomasa con una gestión sostenible del recurso.
- Empleo de generadores hidrocínicos en el curso del Amazonas.

Eficiencia energética

- Cambio de sistemas de generación, iluminación y refrigeración por otros más eficientes.
- Vuelta al uso de técnicas tradicionales eficientes, adaptadas al entorno y a los recursos locales
- Construcción bioclimática y adopción de técnicas con baja demanda de recursos.
- Modificación de hábitos. Educación y concienciación.
- Reducir, recuperar y reciclar los residuos
- Minimizar la generación de residuos. Evitar embalajes y primar el consumo de producto local.

- Aprovechamiento de los residuos orgánicos para fabricar, compost, fertilizantes y biogás.
- Separación, clasificación y valorización de residuos inorgánicos
- Identificación, separación y gestión adecuada de los residuos peligrosos
- Clasificación y reutilización de residuos de construcción y demolición como nuevo material de construcción.

Conclusión

Mediante un cambio de mentalidad y el uso de tecnologías existentes, sencillas, probadas y ya suficientemente asequibles, es posible solucionar parte de los problemas medioambientales que genera el sistema de vida del ser humano en la época industrial. La adopción de estas tecnologías, además, no supone renunciar a nuestro modo de vida, sino que lleva a una mejora en la calidad de ésta.

El enfoque biomimético nos lleva a comparar el ecosistema natural con el ecosistema industrial para detectar las ineficiencias que convierte al segundo en insostenible. Una vez detectadas las ineficiencias el enfoque biomimético, busca imitar a la naturaleza para proponer soluciones que reviertan la insostenibilidad de nuestro sistema de vida.

Biomimesis: El Imaginario Instrumental de la Naturaleza en la Tecno-Ciencia Contemporánea

Carlos Hugo Sierra
RI+3 BIOMIMICRY NETWORK

Palabras clave: tecnociencia, biomimesis, desarrollo sostenible, epistemología, naturaleza
Key Words: technoscience, biomimicry, sustainable development, epistemology, nature.

El propósito fundamental de esta ponencia es exponer de modo sinóptico algunas claves esenciales del enfoque biomimético, en la medida en que constituye un modo específico de concebir la naturaleza que está propiciando notables avances en numerosas disciplinas tecno-científicas de vanguardia. En este sentido, la biomimesis no sólo puede aportar claves prácticas para desarrollar modelos de una ecología optimizada y autosuficiente en los entornos humanos, sino que también abre una vía reflexiva respecto a la orientación operativa y a la potencialidad de la propia tecnociencia, entendida como una metodología de investigación característica de nuestras sociedades contemporáneas, para desarrollar un horizonte de sostenibilidad global en el futuro.

Bases epistemológicas en el enfoque biomimético

La firme difusión del enfoque biomimético (término popularizado en los últimos años por la bióloga estadounidense Janine M. Benyus y que procede, a su vez, del binomio griego βίος bios -vida- y, μίμησις mímesis -imitación-), ya desde la última década del siglo XX, en el campo de la tecnociencia aplicada de vanguardia, ha supuesto, en el fondo, dotar de nuevos matices y perspectivas a la mirada escrutadora del investigador o del ingeniero contemporáneo.

El interés depositado en la naturaleza como fondo de provisión de fórmulas prácticas y eficaces a muchos de los problemas humanos hasta entonces irresueltos, acarrea una novedosa modulación en los focos de interés para el “*ojo de la ciencia*” (conforme a la afortunada expresión de A. L. Peck). Aun cuando esta idea, en realidad, se pierde en la noche de los tiempos y atraviesa los milenios de antigüedad que acompañan a las civilizaciones humanas, sólo ahora la ciencia ha reparado y sopesado con interés las consecuencias prácticas de una postura intelectual que, dependiendo del enfoque interpretativo que se desee ejercer, alberga una enorme carga de indeterminación y ambivalencia.

Ahora bien, la puesta de relevancia del enfoque biomimético, en tanto que disciplina desde la que cabe auspiciar, al menos en apariencia, la valoración de los ecosistemas naturales, no ya como simples reservas extractivas y de suministro, sino, más bien, como modelos referenciales de actividad e interacción metabólica circular y auto-sostenible susceptibles de ser aplicados y transferidos a diferentes contextos sociales, trae como consecuencia lógica el repensamiento profundo del sistema internalista de producción y organización de la praxis tecno-científica

contemporánea (que, digamos de paso, apenas conserva puntos de conexión con el *modus operandi* de la ciencia clásica), así como el propio cuadro axiológico y teleológico a través de la cual orienta su actividad, sin olvidar tampoco la visión general de la realidad natural que de ella se desprende.

Es por ello que, a nuestro entender, los debates reflexivos en torno a la trascendencia y alcance de la acción biomimética (en su significación tradicional relacionada con la imitación de la naturaleza a la hora de reconstruir los sistemas productivos humanos, con el fin de hacerlos compatibles con la biosfera) no deben limitarse solamente al ámbito de la filosofía ecológica o de la filosofía económica crítica, sino que resulta imprescindible analizar los cambios retórico-ideológicos en el plano metadiscursivo (en términos de una lectura foucaultiana) y las consecuencias que acarrea todo ello en el ámbito de la epistemología.

Por lo tanto, uno de los problemas esenciales que se suscitan en torno al principio biomimético es que la inspiración y la búsqueda de la viabilidad funcional en el terreno de los procesos naturales no llegue a estimular, de modo paralelo, una reorientación de calado en los esquemas operacionales y finalistas de la praxis tecno-científica, sino que más bien, suponga ahondar en la consideración de la biodiversidad como un inmenso reservorio de propiedades, características y funciones sujeto a una lógica de intervención puramente instrumental.

Si se presta atención al paradigma biomimético que ha imperado, desde el inicio de la década de los noventa hasta nuestros días, en determinadas disciplinas y áreas del conocimiento vinculadas a la investigación aplicada que se han demostrado claves en la acelerada propagación de la tecnociencia contemporánea (por ejemplo, la ciencia de los biomateriales, la nanotecnología, la biotecnología, la farmacología, la óptica, la arquitectura, la robótica, la bioingeniería, etc.), cabe llegar a la conclusión de que, en realidad, no ha traído como consecuencia un cambio substancial en las concepciones de fondo, en las lógicas de transferencia de conocimiento o en los procedimientos operativos que caracterizan al desarrollo tecnológico moderno.

Y la razón de ello es que, en el fondo, ha imperado la tendencia a explorar los procesos de funcionalidad natural como fuente de inspiración en el diseño de invenciones que se revelan mucho más eficaces para la resolución de problemas prácticos en el contexto de las sociedades humanas, pero, eso sí, bajo unas coordenadas específicas de interacción gnoseológica entre los equipos de innovación y desarrollo tecnológico y el propio entorno natural (ya sea desde el diseño a la biología o viceversa) que se asemejan más a lo que se podría reconocer como una especie de “*ingeniería inversa*” (es decir, la mera obtención de información o un diseño útil a partir de los modelos biológicos de la naturaleza, con el fin de determinar de qué está hecho, qué lo hace funcionar y cómo se alcanzó tal o cual propiedad en el estadio evolutivo).

La naturaleza se convierte, de este modo, en un gigantesco y casi inagotable “*banco de ideas*” no sometido a las restricciones de las leyes internacionales de propiedad intelectual, cuya fértil potencialidad acaba siendo materializada en un sistema procedimental de diseño e innovación para ser introducida, posteriormente, dentro de la lógica competitiva del mercado.

Desde este punto de vista, el enfoque biomimético se encuentra en la importante tesitura de abordar con profundidad aspectos de naturaleza epistemológica que se encuentran subsumidos en un nivel de retoricidad altamente difusa y equívoca. Ciertamente, no me voy a extender en este asunto, ya que no disponemos de la extensión apropiada para ello, pero cabe identificarlos en términos generales:

1. Identificación de los supuestos cambios contenidos en el enfoque biomimético respecto al viejo modelo occidental de lo mimético centrado en la representación “especular” de la naturaleza.
2. Analizar las lógicas y contenidos del paradigma prototípico de lo natural construido por el enfoque biomimético.

3. Puesta en cuestionamiento del paradigma adaptacionista desde el enfoque biomimético en el marco de las controversias de la teoría evolutiva.
4. Estudio del alcance del enfoque biomimético en el desarrollo de un marco axiológico diferencial dentro de la praxis tecno-científica contemporánea.
5. Análisis del enfoque biomimético como manifestación estratégica del sistema de biopoder occidental contemporáneo.

A decir verdad, el impacto teórico de lo expresado por J. M. Benyus resulta ilustrativo para comprender que, hasta cierto punto, nos hallamos ante una encrucijada en lo que atañe a las tendencias futuras de la racionalidad tecno-científica. Quien analice con cierto detalle (y alejado de toda pretensión tecnofóbica) las implicaciones resultantes del empleo en el discurso científico de la noción de biomímesis reconocerá sin dificultad un disyuntiva de gran calado: o bien se recurre de modo particular a las resoluciones operativas concretas que se reconocen en el entorno natural con el claro propósito de paliar instrumentalmente las externalidades negativas (causadas por la gestión lineal e insostenible de los flujos de materia y energía) que acompañan a la economía capitalista industrial o, por el contrario, se favorece una perspectiva más incluyente y general, desde la que se posibilite reformar los sistemas organizativos que vertebran el espacio socioesférico y tecnosférico hasta lograr consolidar un patrón metabólico de intercambio material circular, absolutamente compatible y co-actuante con la biosfera.

Conclusión

A tenor de todo lo expuesto con anterioridad, cabe afirmar que la prospección del paradigma biomimético posee la virtualidad de resituarnos en el centro de la recurrente controversia acerca la supuesta neutralidad de valores -*Wertfreiheit*- en la estructura proposicional “objetiva” consensuada por la comunidad científica (puesta sobre la mesa de modo emblemático por M. Weber en 1919) y en las directrices finalistas del avance tecnocientífico, teniendo en cuenta sus impactos sobre el medio ambiente a escala mundial. La biomímesis puede servir, además, de referente universal normativo y compensatorio frente a la incuestionable ausencia de una “visión o sentido del mundo” que rijan la actividad de la tecno-ciencia contemporánea, considerada como un sistema de conocimiento organizado sobre la base de un alto nivel de especialización. Pero tampoco debe pasar inadvertido que el enfoque biomimético refuerza el giro descriptivo de la existencia como una realidad compleja e implicada (siguiendo a David Bohm). Detrás del principio biomimético de interdependencia co-evolutiva de toda interacción vital palpita una idea de organización compleja que viene a afectar, no sólo a los organismos biológicos, sino también a los sistemas sociales modernos, espacios autorreferenciales (“*autopoiéticos*” diría Niklas Luhmann, trasladando el neologismo propuesto por H. Maturana y F. Varela al medio social) que se regulan y acoplan estructuralmente mediante la permeabilidad selectiva de los influjos y relaciones con el medio ambiente. Se trata, en definitiva, de considerar la biomímesis como punta de lanza de un proyecto de desarrollo humano que se fundamente en la certidumbre elemental de que tanto el espacio social como el natural constituyen, a fin de cuentas, sistemas sinérgicos y cooperativos.

BIBLIOGRAFÍA

- Benyus, J. M. (2012). *Biomímesis. Cómo la ciencia innova inspirándose en la naturaleza*. Barcelona: Tusquets Editores.
- Benyus, J. M. & Lehn, J-M. (2012). *Bioinspiration and Biomimicry in Chemistry. Reverse-Engineering Nature*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., Publication.

- Dobson, A. (1997). *Pensamiento político verde: una nueva ideología para el siglo XXI*. Barcelona: Paidós.
- Dryzek, John S., David Schlosberg, & Richard B. Norgaard. (eds). (2011). *The Oxford Handbook of Climate Change and Society*. Oxford University Press. Oxford.
- Hargroves, K. D. & Smith, M. H. (2006). 'Innovation inspired by nature Biomimicry' *Ecos*, (129), 27-28.
- Jonas, H. (1995). *El principio de responsabilidad: ensayo de una ética para la civilización tecnológica*. Barcelona: Herder.
- Jonas, H. (1997). *Técnica, medicina y ética: sobre la práctica del principio de responsabilidad*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica.
- Lakhtakia, A. & Martin-Palma, R. J. (2013). *Engineered Biomimicry*. Amsterdam: Elsevier.
- Lee, D. & Thompson, M. (2011). *Biomimicry: Inventions Inspired by Nature*. New York: Kids Can Press.
- Norgaard, R. B. (1994). *Development Betrayed: The End of Progress and a Coevolutionary Revisioning of the Future*. London and New York. Routledge.
- Passino, K. M. (2004). *Biomimicry for Optimization, Control, and Automation*. New York: Springer-Verlag.
- Riechmann, J. (2006). *Biomímesis. Ensayos sobre imitación de la naturaleza, ecosocialismo y autocontención*. Madrid: Catarata.
- Riechmann, J. (2003). *Todos los animales somos hermanos*. Granada: Universidad de Granada.
- Riechmann, J. (2000). *Un mundo vulnerable*. Madrid: La Catarata.
- Riechmann, J. (2004). *Gente que no quiere viajar a Marte*. Madrid: La Catarata.
- Shuker, KPN. (2001). *The Hidden Powers of Animals: Uncovering the Secrets of Nature*. London: Marshall Editions Ltd.

Direccionando la Edificación en una Sociedad en Desarrollo hacia Condiciones de Confort Térmico y Calidad de Aire Interior con Criterios de Eficiencia Energética y Sustentabilidad

Carlos García-Gáfaró

Grupo de Investigación en Energética en la Edificación ENEDI
Departamento de Máquinas y Motores Térmicos
Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU

Palabras Clave: Confort Térmico, Calidad de Aire Interior, Eficiencia Energética en Edificios, fachadas activas, energías renovables.

Key words: Thermal Comfort, IAQ, Building Energy Efficiency, Active Facades, Renewable Energy.

Desde el origen de la humanidad, los habitantes buscaban o creaban refugios para protegerse de las inclemencias meteorológicas. Estos refugios evolucionaron utilizando los materiales y técnicas de cada zona, dando lugar a distintas expresiones culturales y arquitectónicas. Este desarrollo ha provocado el aumento de los niveles de confort interiores, en base a un mayor consumo de recursos y energía.

Actualmente el desarrollo tecnológico, las comunicaciones y la globalización han hecho que los estándares de edificación sean más universales. Además, el crecimiento de las sociedades de todo el planeta en torno a grandes centros urbanos está demandando ingentes cantidades de energía en su expansión y funcionamiento.

Igualmente, el fácil acceso a la tecnología se ha extendido también en los equipos domésticos de climatización. El resultado es que el consumo energético en los edificios ha alcanzado en muchos países hasta el 40% del consumo energético total.

En definitiva, es previsible que sociedades en desarrollo, que además cuentan con potenciales importantes de generación de riqueza en su entorno, como es el caso de las regiones amazónicas, vean crecer continuamente sus centros urbanos, las infraestructuras de suministro energético y comunicaciones, y la capacidad y el interés de sus habitantes de acceder a viviendas acondicionadas ante un clima cada vez más irregular y extremo, haciendo que el confort interior, considerado antaño un bien de lujo, sea un equipamiento básico como ocurre en tantos otros sectores de la vida actual.

El presente trabajo quiere concienciar sobre el reto y casi obligación que representa la generación de políticas de previsión de la demanda de espacios habitados acondicionados; recordando al público general y a los equipos de gobierno regionales, el impacto del nuevo crecimiento urbano y las reformas de la ciudad ya construida. Para ello se muestra el ciclo energético asociado a la construcción y operación de un edificio en condiciones de confort y calidad de aire interior; así como el efecto de la envolvente y de la ventilación en los niveles de consumo

energético, subrayando las posibilidades de generación energética renovable local.

Se muestran ejemplos de aprovechamiento de la radiación solar con fachadas activas, comprobando sus capacidades aislantes y refrigerantes, junto con posibilidades de generación fotovoltaica. Igualmente, se discute el beneficio de incorporar barreras radiantes, como capas que interfieren en los procesos de intercambio de calor, que pueden ser un recurso interesante en la adecuación de edificios ya construidos.

Finalmente, se propone la adaptación de los sistemas estudiados al entorno local, aprovechando materiales y soluciones arquitectónicas tradicionales que consiguen efectos similares.

La Agroecología, Cultura Cafetalera y Ética para la Vida

Armando Contreras
Instituto de Ecología, A. C., (México)

Palabras clave: biomímesis, agroecología, sustentabilidad, ética, ciencia
Keywords: biomimicry, agroecology, sustainability, ethics, science

Este trabajo tiene tres intenciones: 1) hacer las consideraciones históricas, filosóficas y epistemológicas para entender qué propone la biomímesis y cómo se relaciona con los estudios agroecológicos; 2) se presenta la producción del café en México, desde la perspectiva de Café In Red y la propuesta de intervención social; 3) se reflexiona la aportación de la agroecología en la construcción cultural a partir de la ética de la vida, que integra los conocimientos -empíricos y científicos- y sus avances para la comprensión de la naturaleza, la adaptación social, política y económica. El trabajo se aventura a trazar escenarios y líneas de investigación sobre Biomímesis e incrementar las capacidades y oportunidades del desarrollo humano sostenible en la región Amazónica mediante la colaboración en red.

Como se señala en el proyecto “Red internacional, interuniversitaria e interinstitucional de estudios sobre biomímesis (RI3BIOMIMICRY)”, la Amazonía es un ejemplo paradigmático porque sus culturas indígenas y sociedades de bosques tropicales incorporan procesos altamente sofisticados de ordenación y administración de la biodiversidad en términos de reproducción y representación mimética de los ciclos de transformación de la materia natural. Los conocimientos del modo de cultivo indígena “chagra” (sistema agrícola) o la bio-arquitectura son ejemplos de la experiencia amazónica asociada al conocimiento ancestral. Dicho enfoque aborda en su complejidad el problema contemporáneo en torno al desarrollo sostenible, al transformar el potencial operativo de la ciencia sobre los ecosistemas naturales y antrópicos, no sólo como simples reservas extractivas y de suministro, sino, como modelos referenciales de actividad e interacción metabólica circular y sostenible, susceptibles de aplicarse y transferirse a diferentes contextos sociales. La propuesta de “imitar la naturaleza” tiene implicaciones de diferentes órdenes -histórico, filosófico y epistemológico- que será una tarea colectiva definir. Usemos algunos ejemplos. ¿Qué tendrán que hacer las empresas transnacionales para pagar su deuda ecológica y social, en tanto que controlan el mercado y ponderan la ganancia como único criterio de valor? ¿Qué cambio experimentará la gran clase media consumista, que exige bienes y servicios, para se logre conocer el valor ambiental y el trabajo productivo? ¿Cómo restituir a los excluidos -del campo y de las metrópolis- su bienestar social? Desde este punto de vista, es evidente que la biomímesis se entiende como una noción del conocimiento. Ahora bien, la tecno-ciencia contemporánea -que desdeñó los saberes de los grupos originarios- ¿está preparada para cambiar el rumbo de sus investigaciones, por ejemplo, de la ciencia de los biomateriales, la nanotecnología, la biotecnología, la farmacología, la óptica, la arquitectura, la robótica, la bioingeniería? Se podría imaginar que los saberes tradicionales y las ciencias occidentales ¿son dos puntas de un mismo hilo?

Para hacer una lectura de las propuestas de la Biomimesis en occidente me parece indispensable señalar su reciente nacimiento, la necesidad de ubicar en qué contexto surge y su viabilidad en el marco de la crisis ambiental. El caso que nos ocupa, es decir, la Agroecología, comparte varios elementos de gran importancia. Se estudia la historia de dos contextos diferenciados: por un lado, las viejas economías coloniales, ahora globalizadas en el capitalismo, y, por otro lado, las economías paralelas de los grupos originarios con producción campesina que expresan la pluriculturalidad de los pueblos latinoamericanos y que, desde el descubrimiento de América, se mantienen en resistencia construyendo sus mundos en base a sistemas etno-científicos. En este sentido, se busca construir una visión con los aportes de diversas experiencias culturales (para occidente, disciplinas) con el propósito de que pueda ser integrada en los distintos ámbitos de la sociedad.

En la postmodernidad se reconoce que el crecimiento económico desmedido supone un verdadero fracaso socio-ambiental, y que la problemática mundial no puede abordarse con pequeñas acciones aisladas. En otras palabras, es preciso abordar esta problemática en toda su complejidad y con cambios profundos. Nuestro deseo es articular el propósito de la biomimesis en fomentar la sustentabilidad, un concepto que requiere la crítica para conocer desde dónde, para quién y cómo se lleva a cabo teniendo en cuenta estas dos rutas culturales, en la medida en que representan esfuerzos diferenciados. Se propone, así, que el análisis debe enmarcarse en los límites que marca la ecología y la interdependencia humana a nivel planetario. De igual manera, resulta fundamental identificar los límites sociales y la urgencia de construir una ciudadanía planetaria que borre los privilegios de las sociedades opulentas y que valore las formas de vida de los grupos originarios y sus territorios, considerado como un camino alternativo para revertir la crisis ambiental del siglo XXI.

En lo que respecta a la producción de café bajo la perspectiva agroecológica, cabe constatar condicionantes históricos, sociales y económicos que, sin duda alguna, han tenido una gran incidencia en la transformación de los paisajes tropicales de América. El café es una mercancía que fue impuesta para cubrir la demanda del imperio colonial y ahora satisface el gusto de la población urbana en buena parte del planeta. El arte de los indígenas y campesinos del trópico fue adaptar el grano a sus diversos sistemas de producción y ajustar sus modos de vida para dar cabida al trabajo de un producto que no consumían, de tal modo que, en la actualidad, es posible contabilizar alrededor de un millón de productores.

En cada región los productores eligen las estrategias para recibir una mínima parte de ganancias por su trabajo. Frente a la crisis alimentaria, los productos agrarios comerciales son una alternativa para complementar el autoconsumo. En México los trabajadores del café suman tres millones. El grano se cultiva en doce estados del país y México aporta el 4% de la producción mundial. Son un gremio que, además, exige su participación en los acuerdos sociales. En el presente, los cafetales cultivados bajo la copa de los árboles son estratégicos para la conservación de la naturaleza. La experiencia de Café In Red demuestra la validez del trabajo de una red nacional que cuenta con un diseño colectivo, tiene un sistema de inteligencia que permite tomar decisiones informadas, que cuenta con líneas de investigación en el campo de la cultura cafetalera, que atiende a los problemas emergentes, genera procesos de participación social y lleva a cabo recomendaciones en el ámbito de la política pública.

A principios del siglo XX, se hizo un llamamiento urgente en torno a la necesidad de un cambio de paradigma centrado en la sustentabilidad. Es por ello que se hace necesario recuperar la ética de la vida, desde la que se integre la ciencia, el arte y las religiones. Pero, al mismo tiempo, se impulse una comprensión profunda de la naturaleza y de la adaptación social.

Hidrógeno Renovable Vía Fisión del Agua. Eficiencia Lineal Versus Eficiencia Sistémica

Álvaro Pedroza Ochoa
(P.D.I. UPV/EHU - HEGOA - CONACYT)

Palabras clave: hidrógeno renovable, eficiencia lineal, eficiencia sistémica
Key words: renewable hydrogen, lineal efficiency, systemic efficiency

Desde una perspectiva económica hemos aprendido que los ecosistemas funcionan moviendo ciclos cerrados de materia mediante la energía del sol. Atendiendo a esta característica constituyen, sin duda, los sistemas energéticos y materiales más eficientes del universo conocido, y para quienes queremos contribuir con propuestas que conduzcan a nuestras sociedades a verdaderos escenarios de sostenibilidad, insuperables fuentes de inspiración política y modelos económicos a imitar. Jorge Riechmann (2014) nos recuerda que *“podemos tomar el principio de biomímesis en un sentido más amplio: (...) comprender los principios de funcionamiento de la vida en sus diferentes niveles (y en particular en el nivel ecosistémico) con el objetivo de reconstruir los sistemas humanos de manera que encajen armoniosamente en los sistemas naturales. El metabolismo urbano, industrial, agrario debe parecerse cada vez más al funcionamiento de los ecosistemas naturales”*.

El sol irradia la superficie de la Tierra aproximadamente con 1.2×10^5 TW en 1 hora, rebasando con ello la cantidad de energía consumida en un año de actividad económica global. La energía del Sol activa las fuerzas terrestres que nos proveen de otras fuentes de energía renovable como son los vientos y las corrientes oceánicas, los ciclos del agua generados mediante evaporación y condensación y, por supuesto, los ciclos biológicos, desde la fotosíntesis hasta la vida en su más completa y evolucionada expresión.

La potencia solar es de tal magnitud que si cubrimos el 0.16% de la superficie terrestre con sistemas solares del 10% de eficiencia en la conversión energética podríamos abastecernos con 20TW de potencia, que es casi el doble del consumo global de energía fósil, y el equivalente de la energía derivada de 20,000 plantas de fisión nuclear de 1 GW.

Las tecnologías modernas que nos abastecen de electricidad derivada del aprovechamiento de fuentes renovables de energía son altamente eficientes y, con indiscutibles ventajas, compiten con la electricidad derivada de fuentes fósiles. La permanencia de subsidios indirectos y, en muchos casos directos, de combustibles fósiles así lo confirma. Pero en los esfuerzos de transición energética hacia escenarios de sostenibilidad queda pendiente el estratégico sector del transporte.

Hasta la fecha, los combustibles dominantes en el transporte son, indudablemente, los derivados del petróleo -y otros recursos fósiles si consideramos los derivados del gas natural y el carbón-. Para darnos una idea del reto que significa adecuar el metabolismo del sector transporte al

aprovechamiento de energías derivadas del trabajo solar, la Agencia Internacional de Energía (2015) señaló que el consumo mundial energético final creció de 4,667 Mtoe en 1973 a 9,301 Mtoe en 2013 y, si bien la participación del petróleo en la matriz energética global se redujo de un 48.3% en 1973 a un 39.9% en 2013, su consumo neto en ese mismo periodo creció un 65% aproximadamente pasando de 2,254.16 Mtoe a 3,711.09 Mtoe.

Tal circunstancia, junto con la saturación atmosférica por gases de efecto invernadero -y sus nocivas consecuencias tanto en los sistemas naturales como en los sistemas humanos-, hace que la transición del sector transporte sea urgente e inaplazable.

Una de las apuestas más importantes desde finales del siglo XX fue la del desarrollo del sector de los agrocombustibles, que ha jugado un papel importante en este esfuerzo por transitar hacia combustibles sustitutos de los fósiles. La tecnología en este sector ha sido muy innovadora, de tal modo que en la segunda generación de agrocombustibles se está experimentando actualmente con varios métodos como el de la deconstrucción biológica de biomasa rica en lignocelulosa vía actividad microbiana, que facilitaría el aprovechamiento de recursos forestales y se convertiría en alternativa a los tradicionales etanol y agrodiesel derivados de plantas ricas en azúcares, almidones y aceites. En cualquier caso, la bajísima participación que estos combustibles no fósiles representan en las mezclas generales de combustibles para el transporte tiende a fortalecer y prolongar la vida útil de la infraestructura dominante de transporte, además de que la competencia con los cultivos alimenticios expande las fronteras agrícolas en detrimento de los ecosistemas.

En este escenario, el hidrógeno (H₂) renovable se posiciona cada vez con mayor fuerza como el único combustible con la suficiente abundancia, disponibilidad y contenido energético capaz de abanderar la transición energética del transporte. El trabajo que un kg de H₂ es capaz de proveer es de 118 MJ, muy superior al de los combustibles fósiles de mayor exergía como la gasolina, 47.5 MJ/Kg y el Gas Licuado del Petróleo 54.9 MJ/Kg.

Si bien es cierto que contamos con el sustituto ideal para energizar nuestros sistemas de transporte evitando emisiones de CO₂ en su activación, también es cierto que la construcción de una economía del hidrógeno renovable para el transporte afronta muchos obstáculos. Entre otros, el que destaco en la presente ponencia es el derivado de la convencional perspectiva de la eficiencia energética en los distintos métodos de obtención de hidrogeno renovable.

El espectro tecnológico con que contamos para obtener hidrógeno renovable -desde la fisión del agua en sus elementos componentes (H₂ y O₂)- es muy diverso, por lo que lo resumo diferenciando tres procesos de obtención generales que me permiten comparar sendos desarrollos tecnológicos desde la perspectiva de los esfuerzos en I&D para incrementar sus respectivos niveles de eficiencia. Así distingo los siguientes sistemas: 1.- electrolíticos, 2 foto-electroquímicos y 3 fotobiológicos.

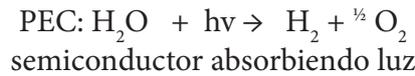
Imitando el rayo: sistemas electrolíticos



Estado del arte en eficiencia lineal de electrolizadores: Alcalinos, 60 – 80% en 0.2 - .05 cm² a 2V a 80°C; PEM, 80% en 1 cm² a 1.8 V a 90°C; óxido sólido, 100% en 3.6 cm² a 1.48 V a 950°C.

Imitando la fotosíntesis: sistemas foto-electroquímicos

Fotosíntesis artificial (reto I&D): construir un artefacto capaz de convertir energía solar en energía útil imitando la conversión fotosintética natural de la luz del sol.



Estado del arte en eficiencia lineal: Nocera et al (2008): 4.7%; Reece et al (2011): 4.9%; Han et al (2014): 5.2%; Xinjian, Shi et al (2015), Advanced Institute of Nanotechnology (U. de Sungkyunkwan, Korea): 5.7%

Imitando de un (proto) ecosistema: sistemas fotobiológicos



Estado del arte en eficiencia lineal de los sistemas de Chlamydomonas Reinharti: Dasgupta et al (2010), Indian Institute of Technology: 2.1%; Takanori et al (2013), University of Arizona: 5.22% - 6.58%

Vías de fisión de H ₂ O para obtener H ₂ renovable			
Sistemas	Electrolíticos	Foto-electroquímicos	Fotobiológico
Mímesis	Rayo	Fotosíntesis	(proto)ecosistema
Eficiencia lineal Estado del arte en I&D	(2013) Alcalinos: 60 – 80% PEM: 80% Óxido sólido:100%	(2015) PEC: 5.7%	(2015) 5.22% - 6.58%
Eficiencia sistémica	2 conversiones energéticas Solar → renovable→ electricidad Infraestructura muy compleja = alta huella ecológica	1 conversión energética Solar → electroquími- ca Infraestructura menos compleja = menor huella ecológi- ca	1 conversión energética Solar → bioquímica Infraestructura menos compleja = mínima huella ecológica

Tabla 1.- Resumen

Conclusiones

Puede apreciarse que, a medida en que nos desplazamos en el espectro tecnológico para la obtención de H₂ vía fisión del H₂O, esto es, de los sistemas más complejos (como los electrolíticos) hacia sistemas menos complejos en términos de infraestructura (como los fotobiológicos), observamos que la eficiencia lineal en la productividad tiende a disminuir drásticamente, pero a la vez la eficiencia sistémica tiende a aumentar, reduciendo así considerablemente la huella ecológica de las respectivas cadenas de valor. De este modo, mientras los sistemas electrolíticos pueden alcanzar hasta el 100% de eficiencia en I&D, se caracterizan a la vez por una eficiencia

sistémica baja, pues el proceso productivo requiere de al menos de tres conversiones energética para obtener H_2 renovable. Además, los altos requerimientos de infraestructura implican altos niveles de inversión, así como altos niveles de extracción de recursos naturales para proveer las infraestructuras necesarias, lo que implica una alta huella ecológica. Los sistemas foto-electro-químicos y los fotobiológicos reducen considerablemente sus respectivas tasas de productividad, pero aumentan su eficiencia sistémica reduciendo en la misma magnitud las respectivas huellas ecológicas.

La lección es clara: en el proceso de imitación de la naturaleza, aquellos procesos que se acercan más a los procesos biológicos tienden a reducir sus respectivas tasas de productividad, justamente porque la reproducción de la vida requiere de mínimas cantidades de materia y energía, característica que hace de los ecosistemas los sistemas más sostenibles del universo conocido.

Propiedades de los Sistemas Naturales en la Arquitectura

Alex Mitxelena Etxeberria

Departamento de Arquitectura. Universidad del País Vasco (UPV/EHU)

Palabras Clave: Biomímesis, adaptación, acumulación, multifuncionalidad, resiliencia.

Key words: Biomimicry, adaptation, accumulation, multifunctionality, resilience.

Los ingredientes influyentes en el proceso creativo son cada vez más numerosos. Las demandas y exigencias, además de la sensibilidad colectiva, hacen que las respuestas arquitectónicas sean cada vez más complejas. Así pues, la gestión de la información y la discriminación, jerarquización y ponderación de los factores a tener en cuenta constituyen una cuestión crucial en el diseño.

La naturaleza establece unas leyes generales que se adaptan a situaciones diferentes creando resultados diversos. Así, ideas compartidas pueden ofrecer arquitecturas variadas dependiendo del lugar, sus habitantes, sus costumbres, cultura y clima. En lugar de proponer resultados, definiré unas líneas de trabajo que deberán ser adaptadas a cada situación. Enumeraré unas características comunes y generadoras que, en el caso de la naturaleza, Benyus (1997) denomina “*Principios de los Sistemas Naturales*”.

Los sistemas naturales aprenden de su contexto y adecúan su forma y función al entorno. La adaptación es una propiedad de los sistemas naturales que, en ocasiones, no ha sido entendida como necesaria para la arquitectura. Sin embargo, las ideas únicas y universales se han visto superadas por la complejidad y la riqueza de las diferentes culturas y las variadas realidades que forman en la actualidad el panorama de la arquitectura. La arquitectura vernácula es ejemplo de adaptación. Una arquitectura creada por la población del lugar, construida por el conocimiento de la cultura en la que se encuentra, constituye el ejemplo de una arquitectura eficaz y sostenible. La variedad de materiales, tipologías y formas de la arquitectura vernácula conforman un extenso depósito en el que descubrir materia prima de diseño que reconocen algunas sensibilidades de nuestro tiempo.

Nuestra tradición concibe las estructuras arquitectónicas como el apilamiento de material inerte cuyo éxito consiste en mantenerse de pie. Incluso, en ocasiones, la virtud de la arquitectura se mide según la capacidad de permanecer inalterada en el tiempo. El ser humano emplea grandes esfuerzos y recursos en mantener intactas sus inmóviles creaciones. Sin embargo, en la naturaleza todo fluye. El movimiento es un recurso con el que conseguir la adaptación y la mejora. Se han empleado partes móviles en las construcciones, elementos que permiten protegernos de la radiación directa del sol así como partes que hacen posible la ventilación de los espacios interiores. Podemos, incluso, emplear software capaz de simular estructuras optimizadas capaces de adaptarse y moverse pero todavía nos resistimos a construir permitiendo el movimiento de nuestras construcciones.

Aunque, por supuesto, existen excepciones. Los grandes rascacielos son posibles gracias a su

capacidad de moverse por efecto del viento y evitar, así, su colapso. La arquitectura construida en madera debe admitir también los cambios que sus elementos sufren con los cambios de temperatura y humedad. Por ejemplo, algunas construcciones en madera o bambú aceptan estas transformaciones y admiten la formación de ranuras de ventilación creadas por la contracción del propio material. La tradición japonesa constituye también un ejemplo de excepción ya que concibe los templos de madera como estructuras que deben cambiar para poder perdurar. Así, el Gran Santuario de Ise (dedicado a la diosa del Sol y la diosa de la agricultura) se reconstruye completamente cada veinte años, perpetuando así la construcción de más de 2.000 años. Además, el período entre cada reconstrucción se organiza con diferentes eventos que se repiten cíclicamente y marcan el calendario de la cultura local.

Los cambios que describo pueden no ser evidentes al ojo humano. Los cambios lentos y sutiles que pueden sufrir determinadas estructuras de madera en su adaptación no son apreciables por nosotros si no tenemos una relación prolongada con las construcciones. Los cambios cíclicos como el día y la noche o las estaciones del año son cambios perceptibles con los que convivimos. Riechmann (2006) describe la organización de la naturaleza adaptada a estos ciclos, según una economía cíclica, renovable y autorreproductiva, sin residuos y cuya fuente de energía es la solar. Benyus (1997) afirma que los sistemas naturales necesitan la energía solar de forma indispensable para “funcionar”.

El arquitecto romano Vitruvio aseveró que el sol afecta a la vida en los edificios dependiendo de su orientación. Y también afecta a nuestro estado de ánimo y nuestro humor. En la “*Casa en Ashitaka*”, el arquitecto nipón Kazuo Shinohara proyecta un espacio con huecos y muros del mismo ancho, alternados, marcando un ritmo y recordando a los monolitos del megalito Stonehenge, el célebre observatorio cósmico. Shinohara construye un artefacto que establece unos “*motivos cambiantes de la luz del sol*” (Shinohara, 1978) de forma que la casa entera funciona como un reloj de sol. Así, habitar en una casa solar nos permite una vida en sintonía con los ciclos solares, consiguiendo un espacio psicológicamente más saludable.

La forma general de la segunda casa Herbert Jacobs que el arquitecto Frank Lloyd Wright diseñó en 1951 es la de un arco alrededor de un espacio exterior circular. La casa, orientada al sur, se organiza acompañando el recorrido del sol, por lo que funciona en sí misma, al igual que la casa Shinohara, como un reloj de sol. El nombre popular que recibe esta residencia es, precisamente, el de “*Hemiciclo Solar*”. De esta forma los habitantes de la casa solar están acompañados por el movimiento del sol, y son conscientes de los ciclos de la naturaleza.

Otra propiedad de los sistemas naturales es la de acumular diversidad (Benyus, 1997). Esto es, la naturaleza se enriquece por acumulación. También nuestras ciudades han sido construidas a lo largo del tiempo y como resultado de la acumulación. Por ello, el espacio público es ejemplo de acumulación y de diversidad, partiendo de la arquitectura que lo conforma, hasta las acciones y funciones que en ella se realizan, así como de los habitantes que nos movemos en él. Nuestras necesidades cambian con el tiempo. A lo largo de nuestras vidas sufrimos cambios que la arquitectura puede facilitar o dificultar. La forma en la que nos agrupamos cambia y nuestra relación con el espacio doméstico se adapta también a nuestros sueños y anhelos. Además, podemos encontrar necesidades cambiantes a partir de nuestra capacidad para movernos y nuestro desarrollo sensorial. Por lo tanto, necesitamos una arquitectura que se adapta a las necesidades de quién la utiliza. Para permitir que la arquitectura se construya en el tiempo y por los propios usuarios debemos pensar en la arquitectura como un proceso en lugar de pensarla como un producto acabado. Un proceso que conforme un sistema capaz de adaptarse y que acepte el cambio y su desarrollo en el tiempo.

Esta capacidad de resiliencia de la arquitectura es clave en las viviendas de emergencia y las viviendas sociales. La idea consiste en comenzar construyendo una pequeña casa semilla que se amplíe o complete según se vayan asentando las personas que habitan en ella.

Si en la naturaleza el monocultivo tiene efectos nocivos para los ecosistemas, en los espacios que construimos, la monofuncionalidad también tiene efectos parecidos. Se pierde diversidad de usos y se pierde la riqueza que solo la mezcla puede crear. El urbanismo se presenta en demasiadas ocasiones como una disciplina separadora de funciones, lo que no favorece la interacción social. La monofuncionalidad empobrece la vida, la diversidad cultural y el paisaje urbano.

La arquitectura biomimética debe permitir el intercambio y la interacción de los habitantes. Los sistemas naturales cuidan de las generaciones futuras y recompensan la cooperación (Benyus, 1997), así que la arquitectura biomimética deberá ser facilitadora, conciliadora y recompensar la ayuda mutua. Los espacios de relación se diseñan pensando en el encuentro, el intercambio y la interacción de las personas que los habitan. Al igual que la naturaleza, necesitamos espacios en los que cuidar a la comunidad y que priman el bienestar de las personas. Así, crearemos una arquitectura pensada desde nuestra forma de vida, pero sin olvidar el contexto del que formamos parte. De esta forma será una arquitectura sostenible, desde el punto de vista energético y social, y también sostenible en el tiempo, gestionable adecuadamente.

Por lo tanto, según estas ideas, crearemos una arquitectura diferente en cada lugar y contexto, su gente, cultura e idiosincrasia, con capacidad de adaptación y cambio. Necesitamos construir una arquitectura que nos haga ser conscientes de los cambios y los ciclos vitales, en lugar de hacernos olvidar nuestra propia naturaleza. Una arquitectura acorde a la condición cambiante de la naturaleza y de las personas que en ella habitamos para que así favorezca la cooperación y el cuidado de quienes en ella habitamos.

BIBLIOGRAFÍA

- Janine M. Benyus (1997). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. Nueva York: William Morrow.
- Jorge Riechmann (2006). *Biomímesis. Ensayos sobre imitación de la naturaleza, ecosocialismo y autocontención*. Madrid: Catarata.
- Kazuo Shinohara (2011). *Más allá de estilos, más allá de la domesticidad*. Barcelona: Gustavo Gili, S.L.

Biomimesis en el Diseño de Ingeniería

Mariappan Jawaharlal
Professor, Mechanical Engineering
California State Polytechnic University, Pomona

Key words: Diseño de ingeniería, gráfico morfológico, biomimesis

Alguna vez se preguntó qué significa “sostenibilidad” realmente o mira a su alrededor y pregunta “¿qué haría la naturaleza?”. El diseño tradicional en el campo de la ingeniería es un enfoque centrado fundamentalmente en el cliente, que hace hincapié en la maximización del rendimiento y en la minimización del costo a partir de la restricción de recursos. Este enfoque puede ser eficaz para satisfacer las necesidades de un cliente en particular, pero, al mismo tiempo, puede ser perjudicial para un grupo más grande de personas. En tal sentido, un diseño más inclusivo y centrado en el ser humano trataría de abordar una base más amplia de clientes que trascienden las fronteras geográficas. No obstante, la insuficiencia de este enfoque es también evidente ya que en él sólo los seres humanos son el centro de este paradigma de diseño. Esta presentación, por el contrario, muestra que, aplicando la perspectiva biomimética en el diseño de ingeniería, es posible llegar a un enfoque de Diseño Centrado en la Vida / Life Centered Design (LCD) que es diferente de la metodología de diseño tradicional, en la medida en que es capaz de englobar todas las formas de vida mediante la creación de una relación simbiótica beneficiosa y sostenible entre los seres humanos y otros seres vivos.

En esta presentación, el Dr. Jawa hablará sobre el proceso actual del diseño de ingeniería y cómo podemos reingenierizar el proceso de diseño para crear diseños biomiméticos. De modo más específico, se presentarán las bases para el diseño de ingeniería mediante el uso de diagramas morfológicos. El enfoque del mapa morfológico puede ser utilizado sistemáticamente por los ingenieros en las primeras etapas del proceso de diseño de ingeniería.

El proceso tradicional de Diseño de Ingeniería

La idea principal del proceso de diseño es producir a nivel mundial productos competitivos con un diseño de productos de alta calidad. El costo del proceso de diseño representa aproximadamente menos del cinco por ciento del costo total. Los otros costos incluyen materiales, capital y mano de obra. A pesar de que los cambios realizados en el proceso de diseño cuestan muy poco en comparación con el costo total, estos cambios generan un gran impacto en el costo final del producto. Y esto es así porque, una vez que la fabricación ha tenido lugar, el costo para cambiar un detalle en el diseño es muy grande. El proceso del diseño se debe hacer con la menor cantidad de costo y con la mayor calidad en el menor tiempo posible. Un proceso típico de diseño de ingeniería tiene tres fases distintas: diseño de concepto, diseño de configuración y diseño de detalle. El diseño conceptual comienza creando un gran número de soluciones para

un problema declarado. Una vez que se han generado estas soluciones, se determina la mejor y la más lógica de ellas. El diseño de la configuración se enfoca en la realización física, en las dimensiones, en la selección de materiales, etc. La fase final se centra más en el diseño y en el análisis de los detalles. El problema de este proceso de diseño consiste en que no hay otro requisito de entrada que el que se encuentra contenido en la instrucción del problema. El impacto ambiental, incluyendo el efecto en la sociedad en su conjunto, o en otros organismos se encuentra ausente. Nuestro objetivo en este caso es proporcionar una herramienta que ayude a los ingenieros en la identificación de soluciones desde una perspectiva potencial biomimética en la etapa concreta de concepto. Dado que los ingenieros son muy prudentes a la hora de entrar en asuntos relativos a la biología, hemos desarrollado un gráfico que correlaciona varias funciones de la ingeniería que pueden ser llevadas a cabo por organismos. En la actualidad, los ingenieros de diseño no poseen apenas información sobre cómo correlacionar las funciones de la naturaleza y las funciones de ingeniería. Incluso aquellos que se encuentran interesados en el LCD muestran una gran falta de seguridad sobre de por dónde empezar.

Metodología Morfológica

La morfología es el estudio de la forma y la forma. La creación de nuevas formas lleva consigo el análisis morfológico. En el diseño de ingeniería, el análisis morfológico es una manera de explorar todas las relaciones en un sistema. Muchos ingenieros tienen problemas con la determinación de conceptos a partir de un conjunto dado de soluciones. La razón de ello es que existen muchos conjuntos diferentes de soluciones para un producto específico. Mediante el uso de métodos morfológicos, los diseñadores pueden determinar un conjunto de soluciones de una manera conveniente y organizada. Un cuadro morfológico (figura 1) es una tabla basada en el análisis de una función. Con el fin de crear con éxito esta tabla, los diseñadores deben poseer un amplio conocimiento acerca de una gran variedad de funciones de ingeniería y el modo en que éstas se utilizan. Este gráfico muestra que cada función específica tiene al menos unos pocos, si no muchos, mecanismos para ser realizada.

Engineering Functions	Solution 1	Solution 2	Solution 3	Solution 4
Function 1				
Function 2				
Function 3				
.				
.				

Figura 1: Ejemplo de gráfico morfológico

El último paso del gráfico morfológico es la generación del concepto. Una vez resueltos los sub-problemas, los conceptos pueden ser generados mediante la síntesis de muchas combinaciones de soluciones para cada función. Un concepto puede ser, por tanto, la primera columna completa contigua a las funciones. Así, para comenzar el diagrama morfológico desde la perspectiva biomimética, es preciso generar una lista de funciones de ingeniería. Para ello, hemos

logrado identificar y catalogar cientos de funciones de ingeniería.

Funciones de Ingeniería y la Naturaleza

Cuando se trata de diseño, es posible identificar miles de funciones asociadas a la ingeniería. Debido a la brevedad exigida, sólo se hará mención a algunas pocas funciones para demostrar el concepto. La naturaleza realiza la mayoría de las funciones que la ingeniería desarrolla. Por ejemplo, ¿existe la perforación, una importante función de ingeniería, en la naturaleza? Si es así, ¿qué organismos realizan la perforación? Ciertamente, existen algunos organismos que perforan la madera como los teredos, los escarabajos o aserradores arlequín, los gorgojos de bellota, las avispas parasitarias y muchos más.

El teredo usa su cabeza para perforar la madera a través del movimiento rotacional de sus conchas. El escarabajo arlequín utiliza sus fuertes mandíbulas para masticar la madera. El hocico del gorgojo de la bellota perfora la madera con dientes y movimientos coordinados de la cabeza como si fuera una sierra, y las avispas parásitas tienen un ovipositor que perfora la madera por un movimiento alternante. Mediante el uso de una gráfica morfológica, podemos organizar y remitirnos a toda la información encontrada sobre los organismos perforadores. Tal y como se muestra a continuación en la Fig. 2, en una fila del gráfico morfológico es posible identificar una función de ingeniería y sus organismos correlacionados:

Drilling	Shipworm uses its head to bore into wood with raspy, rotating shells	Harlequin Beetle chews through wood with strong mandibles	Acorn Weevil - Snout works as drill with saw-like teeth and coordinated head movements	Parasitic Wasps Ovipositor drills through wood with reciprocating motion
				
	Photo: treehugger.com	Photo: WhatsThatBug.com	Photo: NationalGeographic.com	Photo: Pawel Strykowski

Figure 2: Tabla morfológica de la función perforadora

Con el fin de desarrollar un gráfico morfológico con la suficiente información de utilidad para los diseñadores, es preciso llevar a cabo una investigación muy extensa y profunda. A través del empleo de múltiples recursos, es compilada y organizada la información en un mapa morfológico. Para entender completamente cuánta información es preciso compilar en el mapa morfológico, se deben analizar y rellenar cerca de mil celdas. Esta herramienta, por tanto, puede utilizarse para encontrar muchas soluciones diferentes a varios problemas de ingeniería. Es cierto que todas las soluciones pueden no ser factibles, pero impulsa a los diseñadores a tener una visión más panorámica y a tener en cuenta la sostenibilidad en sus diseños.

El gráfico morfológico que se encuentra contenido en este documento se utilizado para mostrar visualmente las opciones y variantes a partir de las cuales los organismos naturalmente pueden resolver problemas cotidianos de ingeniería. El mapa morfológico desarrollado alberga pues varias funciones de ingeniería y ciertos organismos que las pueden realizar. Para utilizar este gráfico de la manera más eficaz, se suele diseñar un gráfico más pequeño en el que se identifiquen las sub-funciones necesarias para un proyecto específico. De hecho, al desarrollar un nuevo producto, es poco probable que se necesiten más de un centenar de funciones de ingeniería.

En conclusión, el gráfico morfológico es un método adecuado para correlacionar las funciones de ingeniería y el modo en que la naturaleza las lleva a cabo. Mediante el uso de la carta

R+3 BIOMIMICRY NETWORK

morfológica como herramienta esencial de apoyo en el diseño, los ingenieros pueden elegir entre cientos de posibilidades y variaciones. El carácter sistemático del gráfico morfológico posibilita también una selección de conceptos automatizada desde la base de datos.

Biomimesis Política y Desarrollo Sostenible

Josep A. Garí

Doctor en Ecología Política, Universidad de Oxford.
Consejero político para el desarrollo sostenible, Naciones Unidas / Ginebra

En el contexto de la incipiente disciplina de la biomimesis, este breve ensayo propone el concepto de biomimesis política y argumenta su relevancia en el movimiento internacional por el desarrollo sostenible. La biomimesis política consiste en la integración de los principios de la ecología en las políticas socio-económicas, desde los sistemas de producción de alimentos a los planes de gestión del territorio. Tras una reflexión histórico-teórica, el ensayo sugiere una praxis política y programática de la biomimesis a través de proyectos ilustrativos: la economía ecológica, la promoción e integración del conocimiento tradicional, la agroecología, las energías renovables, la restauración de ecosistemas y la eco-arquitectura. Más allá de las innovaciones técnicas que ocupan los trabajos actuales de biomimesis, cabe desplegar la biomimesis política como un enfoque pragmático y ético para el desarrollo sostenible. Este breve ensayo es la adaptación escrita de la video-conferencia del autor para la sesión inaugural del Simposio Internacional sobre Biomimesis: Inspiración creativa en la naturaleza y escenarios potenciales de sostenibilidad (Leticia, Colombia, 27-29 de abril de 2016).

Génesis y Teoría

La biomimesis –ciencia que estudia la Naturaleza como fuente inspiradora de soluciones para los desafíos y problemas humanos– propone un enfoque interdisciplinar y algo heterodoxo para la innovación y acción humanas. La biomimesis renueva y enriquece la racionalidad e imaginación humanas. Además, la biomimesis, al combinar la innovación ecológica con la creatividad humana, resulta muy pertinente para nuestra época de construcción urgente de la “sostenibilidad”.

A pesar de que la biomimesis es conocida por sus aplicaciones técnicas y tecnológicas, también interpela a otros ámbitos de la innovación humana, desde la creación artística a la praxis política. En este sentido, la biomimesis ofrece un enfoque práctico para acometer uno de los principales retos políticos de la Humanidad en nuestra época: el desarrollo sostenible. Sólo lograremos la sostenibilidad de nuestras sociedades y economías si logramos inspirar en ellas los principios y dinámicas de la ecología. Esta labor de transformación de las políticas y los programas de desarrollo compete tanto al Norte como al Sur, así como al desarrollo en toda su amplitud sectorial, desde la producción de alimentos hasta el modelo energético.

La crisis ecológica actual es el resultado de una amnesia biomimética: la desatención, la explotación y la degradación de la Naturaleza, de la que resultan graves problemas planetarios para las sociedades humanas, tales como la pérdida de biodiversidad, la deforestación masiva, la contaminación del aire y la alteración de los ciclos del agua. A lo que cabe añadir el cambio

climático, un proceso antropogénico de tales proporciones que nos hace hablar del probable inicio de una nueva época geológica: el Antropoceno. Incluso la crisis social que sufrimos está significativamente ligada a este ultraje ecológico, ya que el acceso desigual a los recursos naturales y la marginalización de las epistemologías ecologistas de muchos pueblos indígenas han empobrecido y fragilizado miles de comunidades rurales a través del planeta.

Sin embargo, la realidad no fue siempre así. La Naturaleza inspiró a la Humanidad ya en sus orígenes. Recordemos el arte prehistórico, en el que las comunidades de cazadores-recolectores representaban animales y plantas sobre rocas para conectarse con ellos, para conjurar a los “dioses” y, así, lograr una buena provisión de alimentos. El diseño de lanzas de caza y redes de pesca fue posiblemente inspirado en las garras de carnívoros y en las telas de arácnidos. Incluso el manejo del fuego – una práctica crucial en la evolución humana – se originó a través de la observación de la Naturaleza; la domesticación de fuego no sólo sirvió para la cocción de alimentos y para calentarse, sino que generó una dinámica social y comunitaria de la que somos herederos. En esencia, la Naturaleza probablemente inspiró la primera ola de creatividad artística y tecnológica de la Humanidad.

La biomímesis recupera su vigor en el otro extremo de la historia humana. En la actualidad, reconciliarse con la Naturaleza es un desafío prioritario de las sociedades humanas. De hecho, los conceptos de “economía” y “ecología”, que son clave en el desarrollo y el porvenir de nuestras sociedades, y que no parecen haber dialogado mucho desde sus orígenes, tienen curiosamente la misma raíz etimológica: *oikos*. Este término griego significa “hogar”. Aunque típicamente *oikos* define el hogar doméstico, también se refiere a la gran casa humana: nuestro planeta, la Naturaleza. Esta mimesis etimológica, algo curiosa, es bien significativa y pedagógica: el desarrollo sostenible se logrará cuando ambos conceptos – economía y ecología – dialoguen, cuando logremos fusionar estos dos hogares, estos dos *oikos*, que en realidad son uno mismo. Es decir, cabe una economía que no sólo atiende el hogar social, sino que también se cuida de la gran casa planetaria (la ecología). Esta mimesis etimológica anuncia y reivindica la biomímesis política.

Praxis

La biomímesis, una disciplina con vocación práctica, requiere una agenda de trabajo. A continuación se proponen varias líneas de trabajo que, bajo un enfoque de biomímesis política, promoverán el desarrollo sostenible. No son corrientes nuevas ni excéntricas, aunque no han logrado convertirse en tareas prioritarias. Se trata de la economía ecológica, la promoción e integración del conocimiento tradicional, la agroecología, las energías renovables, la regeneración de ecosistemas y la eco-arquitectura. Representan parte de una agenda práctica de biomímesis política. A continuación las repasamos sucintamente.

Economía ecológica. Una gran tarea biomimética en el presente es lograr inspirar e integrar los principios de la ecología en la economía: es decir, la fusión de los *oikos* mencionados. Se trata, quizás, del mayor desafío de la biomímesis en el siglo XXI. Uno de los problemas centrales de la crisis ecológica que sufrimos reside en que la economía prevalente funciona con un paradigma lineal, basado en la explotación ilimitada de los recursos naturales, la producción incesante de todo tipo de bienes de consumo (sin distinción sobre su necesidad o futilidad), la acumulación material compulsiva, la transformación de territorios y ecosistemas, la generación de importantes externalidades y un creciente déficit socio-ecológico a través del planeta, entre otros. Los conceptos económicos dominantes en el capitalismo son también lineales: crecimiento, acumulación, interés, producción, et cetera. Sin embargo, la Naturaleza – la ecología – es esencialmente cíclica, donde procesos como el equilibrio de poblaciones, las redes tróficas, la simbiosis y la auto-regulación prevalecen. Cabe, pues, inyectar los principios de ciclo de la ecología en una economía que se ha ido construyendo con una mentalidad lineal, a pesar de

ser un subsistema de la ecología (el *oikos* humano es parte del *oikos* planetario). El economista Nicholas Georgescu-Roegen, uno de los padres de la economía ecológica, ya expuso a mediados del siglo XX que la economía dominante funciona según principios físicos lineales – las leyes de la entropía – en vez de adaptarse a los principios de la biología, que son los que sostienen la vida y la Humanidad en nuestro planeta. La economía entrópica no es sostenible y, por ello, cabe construir una economía ecológica, que incorpore dinámicas biológicas, donde principios y procesos como el equilibrio, la diversidad y la simbiosis predominan, y donde una atención mayor a cuestiones de materia y energía se impone. En consecuencia, la biomímesis tiene un gran reto a nivel de políticas económicas, incorporando los conceptos de ciclo y equilibrio que fundamentan la ecología en el pensamiento y la praxis económicas.

Conocimiento tradicional. Muchas comunidades indígenas y campesinas poseen un rico corpus de conocimientos empíricos sobre ecología, que les ha permitido adaptar sus sistemas productivos y de gestión de los recursos para hacerlos más resistentes y sostenibles. Por ello, el conocimiento ecológico tradicional no es valioso únicamente por ser una alternativa al conocimiento científico occidental, o por añadir diversidad cultural a la sabiduría humana, sino porque lleva incorporado la comprensión de muchos principios y procesos ecológicos. Frecuentemente la epistemología indígena contiene principios de biomímesis. Por tanto, cabe promover el conocimiento tradicional como un factor de progreso científico y de innovación global. La cooperación entre el conocimiento tradicional y la epistemología científica promete ser fuente de innovaciones productivas y sociales hacia la sostenibilidad de territorios y comunidades. Se trata de un proyecto de biomímesis porque el conocimiento ecológico tradicional tiene un fuerte carácter biomimético.

Agroecología. La agroecología es otro gran proyecto biomimético, ya que trata de diseñar los sistemas agrícolas y de producción de alimentos teniendo en cuenta la lógica ecológica donde se ejercen. De hecho, los orígenes de la agricultura y la ganadería son fruto de una lectura y labor biomimética de las sociedades prehistóricas, que analizaron los diversos tipos de ecosistemas, su composición (fauna, flora) y su funcionamiento (ciclos de pluviometría, temperatura, estaciones) para crear sistemas productivos. Crearon así zonas de pastos, extensiones cerealeras, sistemas rizícolas, asociación de cultivos, sistemas de barbecho y huertos en zonas próximas al agua. Sin embargo, con el progreso tecnológico moderno – que no ha sido precisamente biomimético – esta conexión entre la agricultura y la ecología se fractura, pues entra una lógica capitalista, de producción lineal, que altera la gestión de ecosistemas: de ahí se causan muchos problemas como la deforestación, la transformación y degradación de ecosistemas, el empobrecimiento de suelos o la alteración de los ciclos del agua. Por ello, la agroecología es un gran proyecto biomimético, pues propone diseñar y practicar la agricultura en función de los principios de la ecología y del funcionamiento de los ecosistemas. La ecología explica muy bien qué es un sistema forestal, qué es una sábana, qué son los ciclos ecológicos y cuál es el rol del fuego, entre otros. Se trata de los principios subyacentes a la productividad y al equilibrio de los ecosistemas; son, por ello, indispensables para una agricultura sostenible.

Energías renovables. La producción de energía para las necesidades y usos humanos representa el principal factor del cambio climático actual, ya que el uso masivo de combustibles fósiles para la industria y el transporte (particularmente carbón, petróleo y gas natural) ha alterado los ciclos y reservas de gases atmosféricos. La transición a las energías renovables es un proyecto biomimético, pues se requieren sistemas energéticos que sean compatibles con el equilibrio atmosférico y que no agraven más el cambio climático. Producir energía a partir de fuentes que no alteren los equilibrios de materia y energía en el conjunto del planeta es uno de los mayores desafíos políticos y tecnológicos de la humanidad. Las energías solar, eólica, hídrica y marítima

deben desplegarse con premura. Los combustibles fósiles deben abandonarse urgentemente por su antítesis biomimética: alteran el equilibrio planetario caprichosamente, hasta el extremo de provocar cambios climáticos y geológicos. La eficiencia energética es también una prioridad, con otra lección biomimética sublimar: los sistemas biológicos, tanto a nivel molecular como fisiológico y ecosistémico, son infinitamente más eficientes que los sistemas energéticos de nuestras sociedades, a pesar de las innovaciones tecnológicas e inversiones financieras de las últimas décadas.

Restauración de ecosistemas. La regeneración de ecosistemas es un gran proyecto territorial de notable espíritu biomimético. La ciencia y la praxis de la restauración de ecosistemas es una disciplina más bien reciente que se basa esencialmente en procesos ecológicos como la regeneración natural, la sucesión y los ciclos de nutrientes. Es la biomímesis al servicio de la terapia ecosistémica. Hay abundantes ejemplos de la factibilidad y el valor social de la restauración de ecosistemas. Por ejemplo, los ecosistemas de manglar viables a restaurar, en relativamente poco tiempo, si los suelos no fueron excesivamente contaminados o degradados, ofreciendo así una herramienta crucial para la adaptación y protección de las comunidades costeras al cambio climático. La restauración de ecosistemas puede combinarse con la agricultura, pues ambas son tareas biomiméticas, generando así agro-ecosistemas más sostenibles, ecológicos, resistentes y biodiversos.

Eco-arquitectura. Finalmente, y en vista del crecimiento de la población y la expansión urbanística, cabe avanzar en una arquitectura sostenible o, mejor, una eco-arquitectura. El objetivo es adaptar los diseños, los materiales y los métodos de construcción a la lógica ecológica. Ello incluye considerar el clima local (y su posible evolución), incorporar elementos de la arquitectura local y tradicional (que con frecuencia proponen soluciones simbióticas con el entorno ambiental), considerar los flujos de materia y energía en toda su amplitud (como el uso de energías renovables, las opciones de ventilación, el reciclaje del agua y el aprovechamiento de la circulación natural de aire y calor). En esencia, cabe fomentar el diálogo y la sinergia entre el oikos planetario y el oikos doméstico. La eco-arquitectura es otra gran tarea biomimética.

Conclusión

La biomímesis, además de una gran cantidad de aplicaciones técnicas, es de urgente necesidad en el ámbito político. La biomímesis fundamenta o inspira una gran diversidad de proyectos que son actualmente indispensables para el desarrollo sostenible, incluyendo la lucha contra el cambio climático. En ello, la biomímesis apela a una ética ecológica: cabe inspirar las políticas de desarrollo en los principios, funcionamiento y límites de la Naturaleza. Cabe, pues, transformar la lógica lineal de la economía – y de la filosofía del desarrollo – predominantes en una lógica cíclica, auto-regulada y sostenible: la ecología nos ofrece abundantes ejemplos del “por qué” y del “cómo” hacerlo.

En conclusión, la biomímesis ofrece un enfoque metodológico para interrogar las políticas y los programas de desarrollo, con el objeto de hacerlos más sostenibles, resistentes e integrados en la lógica planetaria. Ello beneficiará al bienestar y la equidad de las sociedades humanas, presentes y futuras. La biomímesis ofrece, pues, un enfoque ético y metodológico para interrogar e inspirar el proceso de desarrollo, local y globalmente.

Aplicando las Lecciones de la Naturaleza para Construir Resiliencia ante el Cambio Climático. Un Estudio de Caso de las Comunidades Indígenas en Guyana

Paulette Bynoe
School of Earth & Environmental Sciences
University of Guyana

Palabras Clave: Cambio climático, comunidades indígenas, resiliencia, adaptación local
Key Words: Climate change, indigenous peoples, resilience, local adaptation

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), establecido por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) en 1988, señala que los principales cambios observados y proyectados en los patrones climáticos son los siguientes:

- Cambios graduales a nivel climático tales como el derretimiento de nieve y hielo, la descongelación de tierras heladas y la reducción del hielo marino;
- Aumento del nivel del mar y temperaturas más elevadas en el agua;
- Mayor frecuencia de olas de calor;
- Aumento de la intensidad de los impactos repentinos a nivel terrestre en forma de desastres meteorológicos tales como ciclones tropicales, huracanes e inundaciones;
- Aumento de las precipitaciones intensas y de las sequías.

Teniendo en cuenta todas las transformaciones mencionadas anteriormente, es necesario prestar mayor atención a las dimensiones sociales del cambio climático (ONU-ACNUDH 2009), porque se trata de una dimensión muy importante cuyo impacto no ha sido debidamente considerado en lo que tiene que ver con los pueblos indígenas. Como ejemplo de lo que estamos diciendo, tenemos que ser conscientes de que:

- Muchos indígenas (dependientes de los recursos naturales) no pueden comprender completamente las ciencias que estudian el fenómeno del cambio climático.
- No se benefician de los años de investigación relacionados con la ciencia y la tecnología modernas para ayudarles a hacer frente a los impactos; Sin embargo son capaces de:

-Detectar sus impactos a través de la observación de los cambios que afectan a su modo de vida y a sus medios de subsistencia.

-Adaptarse (ajuste a corto plazo) a los cambios y a la variabilidad utilizando los métodos y ejemplos más simples extraídos de la observación de su entorno.

En este sentido y con el fin de explicar la manifestación del cambio climático en Guyana, vale la pena señalar algunas características generales de este país:

- Guyana es uno de los 8 países amazónicos.
- Ocupa una superficie total de 214.969 kilómetros cuadrados (83.000 millas cuadradas).
- La economía se basa tradicionalmente en la producción y exportación de productos primarios, específicamente azúcar, arroz, bauxita, madera y oro.
- Guyana es un país de alta cobertura forestal y baja deforestación.
- Los bosques de Guyana representan el 76% de su superficie terrestre.
- Salick y Byg (2007) señalaron una alta concurrencia de modelos que predicen una disminución total del 20 por ciento o más de la precipitación en el Amazonas.
- Los escenarios climáticos sugieren que Guyana podría experimentar una disminución media de la precipitación anual y los que patrones de precipitación experimentarían un cambio temporal y espacial considerable.
- Guyana puede sufrir déficit hídrico en octubre y noviembre, según lo proyectado para el período 2040-2069.
- Los amerindios representan aproximadamente el 12.5% por ciento de la población de Guyana de aproximadamente 799.613 habitantes (estimación de 2013).
- Los amerindios viven principalmente en la zona rural de Guyana, donde la tasa de pobreza extrema alcanza al menos el 50 por ciento según la Encuesta de Presupuesto de Hogares.

Más allá de las fechas estadísticas y de la información científica, las experiencias locales de cambio climático de los amerindios en el norte de Rupununi muestran que:

- La temperatura está aumentando.
- Las lluvias disminuyen cada año: aumento de las sequías.
- Las precipitaciones anuales son insuficientes para nuestro cultivo.
- El cambio climático ha llevado a una reducción de nuestros sistemas de producción locales.
- El cambio climático ha provocado un cambio en las actividades y estrategias de subsistencia.
- La salud de los amerindios se ha visto afectada.

Desde este punto de vista, los principales efectos de la lluvia intensas en el régimen de vida de los amerindios son los siguientes:

- Seguridad alimentaria: inundación de granjas, pudrición del casabe de yuca (alimento básico para los pueblos indígenas), destrucción de otros cultivos y escasez de alimentos localizados.
- Riesgo para la salud: Diarrea, vómitos, infestación de mosquitos y mayor riesgo de malaria y erupciones cutáneas, así como contaminación de pozos poco profundos.
- Riqueza de los hogares: Disminución de los ingresos de los trabajadores autónomos.

Además de esto, existen seis obstáculos principales para la adaptación local (a nivel de la aldea comunitaria):

1. Alternativas limitadas de subsistencia y falta de financiación;
2. Incapacidad para predecir los patrones climáticos;
3. Falta de información clara y sencilla;
4. Invasión de plagas;
5. Disponibilidad limitada de cultivos resistentes a la intemperie; y
6. Conocimiento limitado de tecnología nueva y apropiada.

Frente a este contexto, construir resiliencia mediante la imitación del mundo natural se convierte en una estrategia decisiva, en la medida en que los pueblos indígenas no son meras víctimas del cambio climático, ya que interpretan y responden a sus impactos de manera creativa, aprovechando los conocimientos tradicionales (Nakashima et al., 2012).

Por lo tanto, es posible inferir algunas conclusiones y recomendaciones:

- Las estrategias de adaptación a corto plazo frente a las amenazas planteadas por el ENSO no pueden garantizar la resiliencia frente a la amenaza que representa el cambio climático a largo plazo.
- Las estrategias locales de afrontamiento se implementan mejor como adaptación inmediata y reactiva a corto plazo: PRIMERA RESPUESTA.
- La propiedad intelectual a menudo se ve privada de información climática básica, así como por los recursos financieros y técnicos que son críticos para lograr un ajuste más apropiado y a largo plazo respecto al cambio climático.
- Los conocimientos y las prácticas tradicionales deberían integrarse en las políticas nacionales de adaptación al cambio climático.
- La investigación biomimética en comunidades indígenas puede brindar oportunidades para incrementar o mejorar la capacidad de adaptación local.
- Se necesita urgentemente la creación de capacidades locales.

Biomimesis en la Era de la Biología Sintética

Martha L. Orozco-Cárdenas
University of California Riverside (UCR-USA)

Palabras Clave: biomimesis, biología sintética, DNA, Biobricks, CRISPR / Cas9

Key words: biomimicry, synthetic biology, DNA, Biobricks, CRISPR/Cas9

La biomimesis, biomimética o biomimetismo es la ciencia que estudia la naturaleza como fuente de inspiración. Ésta utiliza nuevas tecnologías innovadoras en forma de principios biológicos, biomateriales o de cualquier otra índole para imitar modelos procedentes de la naturaleza con el fin de resolver problemas humanos. La biomimesis tiene tres niveles de aproximación: la abstracción formal de la naturaleza, el análisis y funcionamiento de un ser vivo, y el estudio a nivel celular del funcionamiento de las partes que integran un ser vivo (Vincent et al., 2006). Dentro de este tercer nivel de aproximación está clasificada la biología sintética. De esa manera, se considera una extensión de la biomimesis porque se define como la aplicación de la biología y de la ingeniería para facilitar y acelerar el diseño, la fabricación y/o la modificación de material genético en organismos vivos (Andrianantoandro et al., 2006; Baker et al., 2006).

Cabe resaltar que el descubrimiento de la estructura de la doble hélice, la cual contiene información genética de los organismos vivos, es considerado uno de los avances científicos más importantes para la biología porque ha permitido entender los diferentes procesos genéticos y fisiológicos de la vida. La biología sintética es considerada la ciencia del ADN recombinante y, de forma similar a la ingeniería, se basa en el uso de modelos matemáticos aplicados a procesos biológicos. Además, permite la simulación y la predicción de rutas metabólicas como si fueran redes que forman parte de un computador, las cuales se pueden configurar con base a una necesidad (Nandagopal et al., 2011). Esta ciencia está orientada a la creación de organismos con características nuevas o mejoradas. Con el apoyo de ciertas técnicas moleculares se puede sintetizar, mapear, editar, rediseñar, encender, apagar genes y hasta sintetizar un genoma completo en el laboratorio, facilitando así la modificación o la creación de nuevos organismos más eficientes (Gibson et al., 2010). Por ejemplo, la síntesis de fragmentos de ADN asociados a ciertas funciones conocidos como “Biobricks” fueron una de las primeras contribuciones de la biología sintética (Knight T. 2003)

La secuenciación de genomas de diferentes especies, entre ellos la descripción completa del genoma humano, ha contribuido a la identificación de muchos genes y a entender sus funciones (Venter et al., 2001). Sin embargo, 16 años después de este descubrimiento, tenemos mucho por investigar acerca de la función que cumplen los 25.000 genes que forman el genoma humano, aspecto que es importante para el diagnóstico y la cura de muchas enfermedades. Existen regiones de ADN cuya función aún se desconoce. Se presume que podrían estar involucradas en la regulación de la expresión y de la interacción genética pero es algo que se debe estudiar más a fondo. El descubrimiento de las enzimas ha sido un gran aporte para el avance de la ciencia porque se

puede tomar material genético de una especie e insertarlo en otra, superando la barrera de las especies (Meselson et al., 1968; Goodman et al., 1987; Reardon, S., 2016; Doudna et al., 2014). La tecnología de la edición de genes utiliza dos mecanismos celulares: el de las enzimas conocidas como endonucleasas que cortan el ADN de una manera precisa y específica, y el mecanismo natural de la reparación del ADN en la célula. CRISPR/Cas9 es una tecnología para la edición de genes descubierta en bacterias y que ha sido considerada como el avance tecnológico más usado en estos momentos por su versatilidad, efectividad y facilidad de síntesis. Estos avances han contribuido al diseño de cepas de microorganismos con capacidades singulares como, por ejemplo, la autorregulación de genes, i.e., la capacidad de ajustar sus propios tiempos de expresión y de mantener la síntesis de una proteína o metabolito de interés indefinidamente a través de su memoria genética (Schwille, P. 2011).

Por otra parte, los avances científicos han sido de gran impacto para el desarrollo de las áreas agrícolas, médicas, industriales, energéticas y ambientales (Gibson et al., 2010; Luo et al., 2000).

Los microorganismos, los animales y las plantas se han adecuando genéticamente para la producción de nuevos biocombustibles, biorremediación y biomateriales para potenciar la ingeniería de tejidos y la medicina regenerativa, así como para desarrollar sistemas de producción de fármacos para combatir enfermedades como cáncer, tuberculosis, malaria e infecciones como VIH (Ruder et al. 2011). Un ejemplo del impacto de la biología sintética es el diseño de versiones modificadas de bacterias resistentes que, al manipular ciertos tipos de genes, las vuelven susceptibles a los antibióticos. Estos diseños plantean la posibilidad de generar nuevos biofármacos más precisos contra toda clase de padecimientos sin importar el grado de complejidad (Erickson et al., 2011).

En este momento, la biología sintética esta siendo utilizada para la conservación y evitar la extinción de las especies. Un caso a resaltar fue el del árbol "American Chestnut", un árbol sagrado para algunas culturas indígenas norteamericanas. Esta especie prácticamente desapareció por el ataque de un hongo y quedaron muy pocos individuos vivos. A pesar de todo, se encontraron individuos resistentes al hongo y se crearon híbridos por mejoramiento genético convencional. No obstante, estos individuos seguían siendo susceptibles ya que era muy difícil transferir los genes que conferían la resistencia a través del mejoramiento clásico convencional. Por consiguiente, se procedió a secuenciar el genoma y se lograron identificar los genes de resistencia. Por medio del uso de ingeniería genética se obtuvo un árbol transgénico resistente al patógeno. A pesar de la mala percepción pública acerca de esta tecnología, hasta la fecha hay más de 500 árboles sembrados en el área de New York. Este resultado fue importante porque ayudó a recuperar la especie y ayudó a cambiar la percepción de la comunidad sobre la tecnología de una manera positiva (Carraway et al., 1994)

Asimismo, los nuevos perfiles de investigación en la agricultura están incorporando aceleradamente la biología sintética a fin de desarrollar cultivos para la mitigación y adaptación al cambio climático, incluyendo enfoques de alta tecnología para potencializar procesos fisiológicos más eficientes como la fotosíntesis, la fijación del nitrógeno y la tolerancia al estrés ambiental (Tucker et al., 2006; Savage, et al., 2008).

En otras palabras, la biología sintética esta permitiendo potenciar genéticamente los microorganismos y las plantas a través de estrategias fundamentales para resolver los desafíos que afronta la humanidad como son la crisis climática, la falta de alimentos, la falta de biocombustibles, el reciclaje de los materiales no biodegradables, la descontaminación del medio ambiente; e inclusive generar microclimas en pro de la vida en el planeta y el desarrollo industrial sustentable. La convergencia de la biología sintética con otras áreas de la ciencia como la biomimesis abre una ruta de posibilidades que han de revolucionar la industria y la humanidad. La influencia de la biomimesis en la biología sintética se da mediante la integración dialéctica entre teoría

y práctica con el propósito de describir, entender y modelar los sistemas biológicos sin alterar el equilibrio ecológico.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrianantoandro, E, Basu, S., Karig, DK., and Weiss, R. (2006). 'Synthetic biology: new engineering rules for an emerging discipline'. *Molecular systems biology*, 2(1).
- Baker, D., Church, G., Collins, J., Endy, D., Jacobson, J., Keasling, J. and Weiss, R. (2006). 'Engineering life: building a fab for biology'. *Scientific American*, 294(6), 44-51.
- Carraway, CT., H. Dayton W., and Scott A.M. (1994). 'Somatic embryogenesis and gene transfer in American chestnut'. Editor's Notes.
- Doudna, JF., and Charpentier, E. (2014). 'The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9'. *Science*: 346(6213):1077.
- Erickson, B., Singh, R., Winters, P. (2011). 'Synthetic biology: Regulating industry uses of new biotechnologies'. *Science*: 333, 1254-1256.
- Gibson, DG., Glass, J., Lartigue, C., Noskov, VN., Chuang, RY., Algire, MA., Benders, GA., Montague, MG., Ma, L., Moodie, MM. and Merryman, C. (2010). 'Creation of a bacterial cell controlled by a chemically synthesized genome'. *Science*, 329 (5987), pp 52-56.
- Goodman, RM., Hauptli, H., Crossway, A., and Knauf, VC. (1987). 'Gene transfer in crop improvement'. *Science*, 236 (4797), 48-54.
- Knight, T. (2003). *Idempotent vector design for standard assembly of biobricks*. Massachusetts Inst of Tech Cambridge artificial intelligence lab.
- Luo, D., and Saltzman, WM. (2000). 'Synthetic DNA delivery systems'. *Nature biotechnology*, 18(1), 33-37.
- Meselson, M., and Yuan, R. (1968). 'DNA restriction enzyme from E. coli'. *Nature*, 217(5134), 1110.
- Nandagopal, N., and Elowitz, M. (2011) 'Synthetic biology: Integrated gene circuits'. *Science*: 333, 1244-1247.
- Reardon, S. (2016). 'The CRISPR zoo. Birds and bees are just the beginning for a burgeoning technology'. *Nature*: 531, 160-163.
- Ruder, CW., Lu, T., Collins, J. J. (2011). 'Synthetic biology moving into the clinic'. *Science*: 333, 1248-1251.
- Savage, DF, Way, J., and Silver, PA. (2008). 'Defossilizing fuel: how synthetic biology can transform biofuel production'. *ACS Chemical Biology*, 3(1), 13-16.
- Schwille, P. (2011). 'Bottom-Up synthetic biology: engineering in a tinkerer's world'. *Science*: 333, 1252-1254.
- Tucker, Jonathan B., and Raymond A. Zilinskas. (2006). 'The promise and perils of synthetic biology', *The New Atlantis* 12:25-45.
- Venter, JC, Mark D. Adams, EW. Myers, PW., Li, RJ., Mural, GG. Sutton, HO. Smith et al. (2001) 'The sequence of the human genome'. *Science* 291, (5507), pp 1304-1351.
- Vincent, JF, Bogatyreva, OA., Bogatyrev, NR., Bowyer, A., and Pahl, AK. (2006). 'Biomimetics: its practice and theory'. *Journal of the Royal Society Interface*, 3(9), 471-482.
- Watson, JD., and Crick, FHC (1953). 'Molecular structure of nucleic acids'. *Nature* 171. 4356 737-738.



Universidad Nacional
Abierta y a Distancia

