

zq¹³

VOLUMEN 2 | 2015





1

2



Acerca de Zygote Quarterly

Editores

Marjan Eggermont

Norbert Hoeller

Tom McKeag

Editores de la versión en español

Raúl de Villafranca

Azucena Garza

Traducción

La ciencia del ver: Alerta temprana, Portafolio: E. A. Seguy, Personas: Entrevista con Jeffrey M. Karp, Hipernatural: La nueva relación de la arquitectura con la naturaleza Por Blaine Brownell y Marc Swackhamer: Azucena Garza; Editorial: Sayuri Yamanaka/Azucena Garza; Caso de estudio: Nuestro mundo material: una composición en

claves mayores y menores, Personas: Entrevista con Rick Dove, Ecología Urbana: Entrevista con Björn Cederquist para Hammarby Sjöstad: Ana Gabriela Robles; Infografía: Réquiem por una mariposa: Delfín Montañana; Opinión: Psicología, naturaleza e innovación: Laurel Treviño

Editores Colaboradores

Manuel Quirós

Kristen Hoeller

Raúl de Villafranca

Adelheid Fischer

Sayuri Yamanaka

Tanya Lynne Sakamoto

Delfín Montañana Palacios

Oficinas

Calgary

Ciudad de México

San Francisco

Phoenix

Toronto

Madrid

Contacto

info@zqjournal.org

Portada

Portada: *Insectes* Lámina 14 detalle: 1. *Entymus imperialis*. Brasil; 2. *Curculionide*. Caracas; 3. *Entymus splendidus*. Brasil; 4. *Curculionide*. Brasil; 5. *Entymus*. Brasil | Artista: E.A. Seguy, 1920-29 | Special Collections Research Center (Centro de Investigación de Colecciones Especiales) en las Bibliotecas de la North Carolina State University

pp. 2-3 & pp. 122 y 123: *Insectes* Lámina 9: 1. *Nemopistha imperatrix*. África Occidental.; 2. *Tomatres citrinus*. África Austral; 3. *Neurolasis chinesis*. Asia; 4. *Aeschna Cyanéa*. Europa; 5. *Mnais earns-hawi*. Indochina | Artista: E.A. Seguy, 1920-29 | Special Collections Research Center (Centro de Investigación de Colecciones Especiales) en las Bibliotecas de la North Carolina State University

Diseño

Marjan Eggermont

Colin McDonald

Creative Commons License



ISSN

1927-8314

Edición de la versión en Español

Zygote Quarterly

Universidad Iberoamericana Ciudad de México,
Departamento de Arquitectura



DEPARTAMENTO DE
ARQUITECTURA



Resistencia

Cuando Eugene Alain Seguy estaba produciendo la obra que aparece en nuestra portada, Europa todavía se estaba recuperando de la “Guerra para Terminar con Todas las Guerras”, la Gran Guerra, a la que, en apenas dos décadas, se le asignaría un número como el triste reconocimiento de que no sería nuestra última. El mundo era muy diferente en la década de los 20 a como lo es hoy día, y la técnica del pochoir que Seguy utilizó para producir sus imágenes en masa nos parece pintoresca en esta Era en la que incluso quienes poseemos pocos conocimientos técnicos podemos manipular con facilidad efectos visuales sofisticados. Lo que perdura es, sin embargo, la alusión al deleite del espíritu humano que estas obras producen. Parte de ese gozo, en nuestra opinión, se deriva de una biofilia innata, y en parte también de un amor por el oficio de otros seres humanos y de nuestra sociedad. Resulta interesante que una fotografía de un humilde insecto pueda detonar este tipo de reacción.

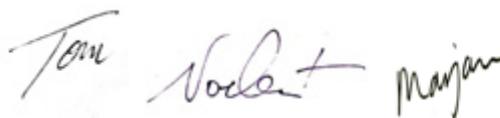
Es más que coincidencia que Erich Maria Remarque en su novela clásica *Sin novedad en el frente* (su título original es *Im Westen nichts Neues*) eligió a la mariposa como el ícono de un mundo de frescura que el soldado Paul Baumer perdió para siempre. Al tiempo que Paul rechaza a la Gran Guerra y a todos sus infernales efectos, el insecto lo lleva irónicamente a su ruina mortal. Mientras está sumido en un profundo ensimismamiento después de ver a esta vida revoloteando en el desértico y silencioso campo de batalla, un francotirador le dispara.

En los 85 años que han pasado desde que estos dos hombres produjeron sus obras, el mundo ha cambiado sin duda; pero seguimos anhelando al mundo natural mientras que al mismo tiempo disfrutamos de nuestras propias obras. Somos sin duda una especie muy ingeniosa y debemos confiar en nuestra sabiduría adquirida para

balancear nuestros impactos más atroces. En nuestra opinión, una relación más consciente con otras especies del mundo siempre será esencial para lograr el balance adecuado entre sabiduría e ingenio de nuestra propia naturaleza.

En este número Pete Foley explora algunos de los aspectos de nuestra psicología en su artículo de opinión acerca de la innovación inspirada en la naturaleza. Heidi Fischer nos cuenta sobre una maravillosa criatura del desierto que puede percibir la llegada de la siguiente inundación. Nuestro sujeto de caso de estudio, Markus Buehler, prueba los límites de las fallas estructurales para poder entender cómo está compuesto el micromundo. En nuestra sección de entrevistas, Jeff Karp, a quien presentamos en nuestro número anterior, y Rick Dove dan sus opiniones acerca la situación en la que se encuentra la profesión. Björn Cederquist explica algunos de los conceptos detrás del desarrollo urbano en Hammarby Sjöstad. Finalmente, cuatro reseñadores ofrecen sus diferentes perspectivas acerca de un nuevo libro sobre arquitectura bioinspirada, escrito por Blaine Brownell y Marc Swackhamer.

Esperamos que disfruten leyendo esta colección de artículos tanto como nosotros hemos disfrutando recopilarla para ustedes. ¡Feliz lectura! x



Tom McKeag, Norbert Hoeller y Marjan Eggermont



Caso de estudio: Nuestro mundo material: una composición en claves mayores y menores

Tom McKeag 8



La ciencia del ver: Alerta temprana

Adelheid Fischer 24



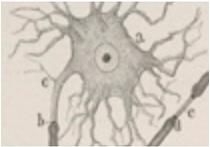
Opinión: Psicología, naturaleza e innovación

Pete Foley 34



Portafolio: E. A. Seguy

Insectos en pochoir 54



Personas: Entrevista con

Rick Dove 76



Personas: Entrevista con

Jeffrey M. Karp 90



Ecología Urbana: Entrevista con

Björn Cederquist para Hammarby Sjöstad 98



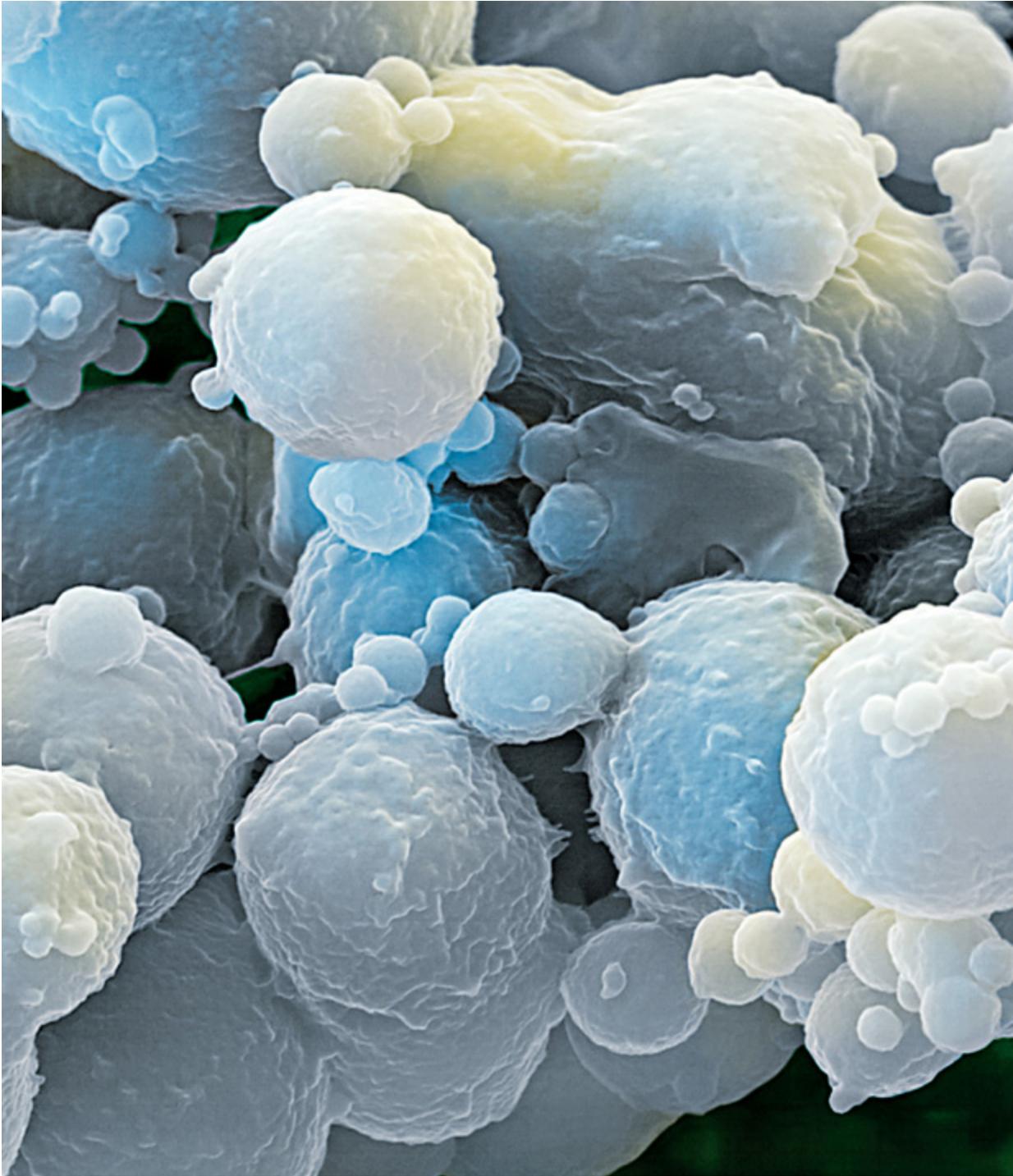
Infografía: Réquiem por una mariposa

Raúl de Villafranca y Colin McDonald 114



Libro: *Hipernatural* por Blaine Brownell y Marc Swackhamer

Reseña de R. Anway, A. Bennett, J. Dubon y C. Garvin 118



Microestructuras hechas de proteínas de diseño | Biomateriales hechos de proteínas de autoensamblaje naturales tales como las proteínas de la seda de araña o colágenos que tienen propiedades muy interesantes: por ejemplo, que poseen fuerza de alta resistencia y elasticidad y son al mismo tiempo biodegradables. El autoensamblaje de las proteínas de tipo R16, en la foto, son capaces de formar estructuras esféricas. Ampliación 5.000:1 (12 cm de ancho)

Foto: BASF Creamos química, 2010 | Flickr cc



Caso de Estudio
Nuestro mundo material: una composición en claves mayores y menores

Tom McKeag

Nuestro mundo material: una composición en claves mayores y menores

El mundo natural es un lugar complejo y, algunas veces, quienes desean emularlo tienen que ampliar sus juegos de herramientas analíticas. Ésta es una historia sobre un ingeniero que ha expandido el campo de visión en su profesión de investigación de materiales mediante un pensamiento innovador que no sólo une disciplinas de investigación que antes estaban separadas, sino que también relaciona las artes con la ciencia.

Mucho espacio en la parte de abajo

Cuando uno piensa en ingeniería civil, vienen a la mente imágenes de grandes estructuras como carreteras, puentes y presas. La construcción de la infraestructura de nuestro mundo tecnológico, de todas las cosas que nos protegen, de las que nos son útiles y de las que nos permiten desplazarnos requieren de un conocimiento de los materiales, así como de su ensamblaje. Típicamente, la mayoría de los ingenieros civiles se ocupan de la escala visible de cómo se ensamblan estas estructuras, así como las propiedades básicas de los materiales con que están hechas.

Por el contrario, Markus Buehler observa cómo las cosas pequeñas de la naturaleza están conectadas para formar los materiales que a menudo superan a nuestros mejores productos. En esa búsqueda, él y sus colegas se han dado cuenta de que lo que genera un desempeño superior

es la manera en que los componentes están conectados, más que la fuerza de estas unidades individuales.

El Dr. Buehler es profesor y Director del Departamento de Ingeniería Civil e Ingeniería Ambiental en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, por sus siglas en inglés), además de enseñar mecánica, simulación y elaboración de modelos e investigación computacional. Es también editor activo de varias revistas científicas, una de las cuales ayudó a fundar: *BioNanoscience*. En 2012 fue elegido miembro del Consejo Editorial de la revista de la Royal Society, *Interface*; en 2014 fue nombrado Editor de Sección de la publicación *Nanotechnology*; y, desde 2015, funge como miembro del Consejo Editorial de *Scientific Reports* de la revista científica *Nature*. Dirige también el Laboratorio de Mecánica Atómica y Molecular (LAMM, por sus siglas en inglés) en el MIT. (<http://web.mit.edu/mbuehler/www/>).

Sus investigadores en LAMM han observado como las formaciones naturales comprenden solamente unas cuantas partes, recombinadas de maneras multitudinarias bajo innumerables condiciones ambientales y atravesando muchas diferentes escalas lineales. Al reconocer estas complejas interacciones y su impacto en el desempeño de los materiales, los investigadores han desarrollado un modelo conceptual de lo



Araña Butt: Hileras de *Calisoga Longitarsus* | Foto: Ken-ichi, 2009 | Flickr cc

que consideran son los parámetros esenciales para lograr propiedades mecánicas superiores. Ellos llaman a este modelo “*materiomics*”.

Su enfoque de investigación combina los métodos y conceptos de la ingeniería estructural, la ciencia de materiales y la biología para investigar estructuras jerárquicas. Parten de la escala atomista, moviéndose hacia la escala macro para entender la geometría del desempeño de los materiales. Sus investigaciones se enfocan en las proteínas, específicamente de tres tipos: colágenos como los que se encuentran en los tendones, piel, huesos y dientes; las de lámina beta que se encuentran en la seda de gusano, tejido muscular y proteínas amiloides; y las de hélice alfa que se encuentran en pezuñas, pelo y lana. En particular el laboratorio ha publicado varios artículos sobre la mecánica de la seda. Estudian las fallas en el material en un contexto biológico analizando modelos computacionales. A partir de esto, los investigadores esperan identificar la estructura fundamental de los materiales y cómo este conocimiento se puede aplicar para un mejor desempeño en nuestro mundo construido.

El fracaso como vocación

¡Los investigadores en el LAMM también desbaratan muchas cosas! Las fallas estructurales en los materiales que prueban revelan los principios de diseño que yacen detrás de la manera en que las propiedades funcionales se hacen y se pierden en el mundo natural. El Director Buehler explica:

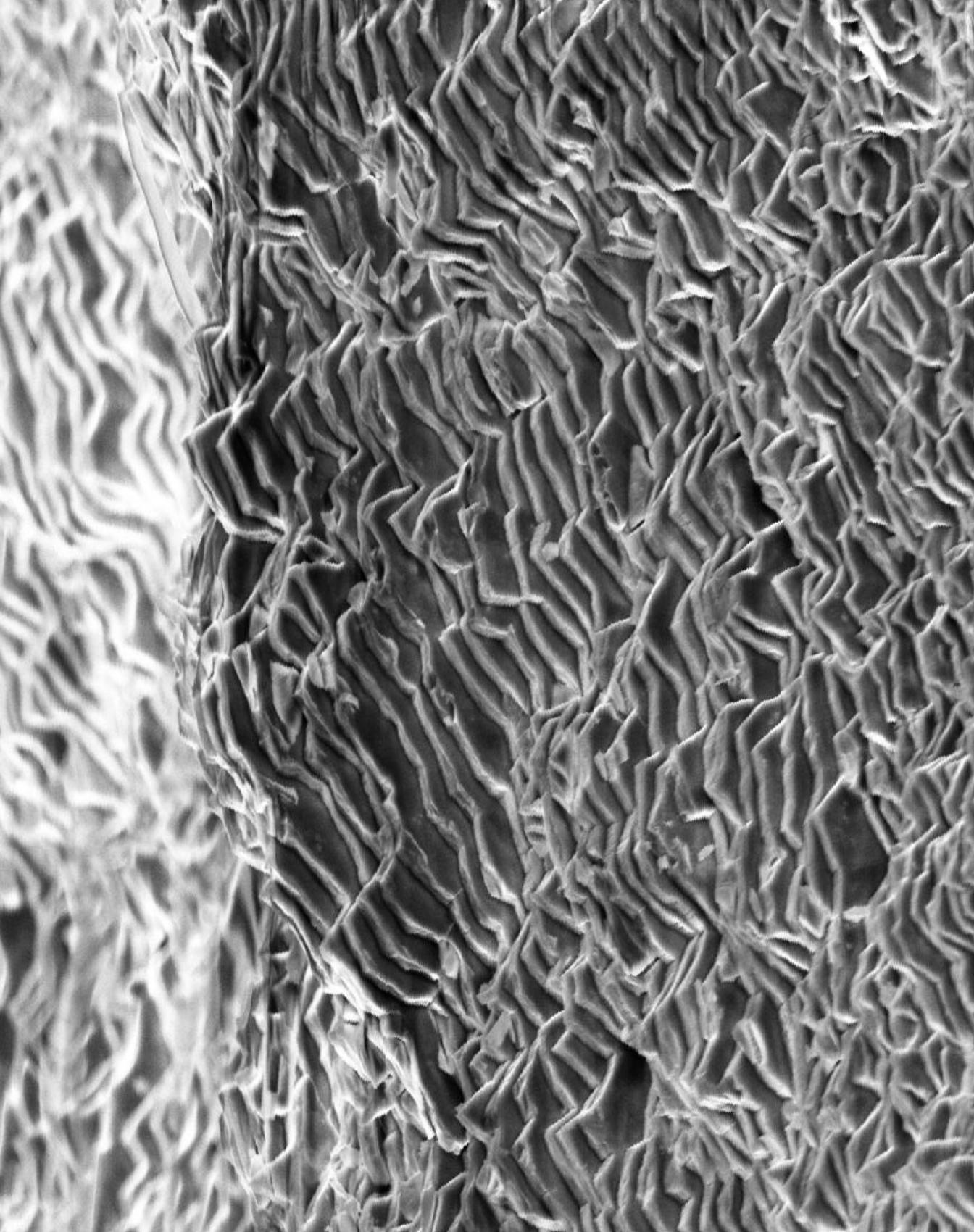
“Estudiamos las fallas para aprender y entender, y para hacer mejores materiales con ‘me-

nos’. Llevar un material o estructura al límite de lo que puede aguantar, o los límites en los que puede proveer propiedades funcionales, nos permite entender las fronteras de lo que define sus características. Las fallas en las telarañas, por ejemplo, nos han permitido entender cómo las propiedades de su material constructivo (la seda) interactúan con su estructura específica (por ejemplo, la telaraña de orbe). Al romper telarañas, tanto las naturales como las creadas en nuestros laboratorios, pudimos explorar sistemáticamente cuáles características en el material y en la geometría son fundamentales para la provisión de las propiedades.”

Los errores aleatorios en las estructuras construidas a menudo han dado lugar a mejoras en el diseño, pero Buehler y su equipo anhelan tener un modelo que explore los límites de los materiales con la intención de mejorar su rango de desempeño.

“Lo que hacemos es acelerar el proceso identificando la envoltura dentro de la que se garantiza la función, e identificando mecanismos mediante los cuales se pierden estas funciones. Entonces implementamos un proceso de ingeniería inversa y descubrimos nuevas maneras de expandir la envoltura funcional o de crear nuevos materiales.”

Los investigadores están particularmente interesados en la combinación de propiedades dispares en los materiales biológicos. Investigan las propiedades mecánicas de fuerza, robustez, deformabilidad, adaptabilidad, posibilidad de cambio y evolución, así como la mutabilidad. También tienen especial interés en conocer más sobre el fenómeno de las estructuras jerárquicas, sobre cómo se combinan materiales inhe-



Aragonita (carbonato de calcio) capas en el nácar de un mejillón (*Mytilus edulis*) | Foto: Glenn Elert, 2011 | Wikimedia Commons



Hilera de tela de araña australiana de jardín | Foto: Jason 7825, 2014 | Wikimedia Commons



rentemente débiles en formaciones a través de diferentes escalas para producir estructuras de alto desempeño. Un ejemplo bien conocido es el nácar de las conchas de los moluscos, en las que el suave material del gis (carbonato de calcio) se combina con proteínas en formaciones jerárquicas que producen un material más fuerte que la cerámica sintética.

La ruta de la seda

Un material que se ha estudiado en el laboratorio es la seda de arañas y gusanos, hecha típicamente de las proteínas de láminas beta mencionadas anteriormente. El grupo encontró una asombrosa característica de la seda que contribuye a su fuerza y durabilidad legendarias. Muchos materiales sacrifican la durabilidad por la dureza: entre más fuerte sea el material, tiende a ser más quebradizo. Sin embargo, la seda no tiene que hacer esta concesión, y supera la aparente contradicción entre fuerza y durabilidad capitalizando lo que podría parecer una falla estructural.

En la seda las láminas rígidas de la proteína se apilan unas sobre otras por medio de filamentos y vínculos de hidrógeno relativamente débiles. Las láminas están orientadas en diferentes direcciones, lo que les permite resistir de manera colectiva a las fuerzas externas. Los enlaces débiles se rompen fácilmente, sin embargo con igual facilidad se vuelven a formar, lo que significa que las fallas por estrés externo son graduales en vez de repentinas, como es característico de los materiales quebradizos. El equipo también encontró que entre más constreñidas estuvieran las láminas beta, más fuerte era el material. Estos conocimientos sobre la estruc-

tura mecánica y las propiedades de la seda se reportaron en *Nature Materials*, el 14 de marzo de 2015. <http://www.nature.com/nmat/journal/v9/n4/abs/nmat2704.html>

El LAMM no ha limitado su análisis sólo a los componentes moleculares del material de seda. En un estudio que apareció en la revista *Nature*, el equipo también investigó la geometría de la telaraña en su relación con la seda secretada por la araña. Lo que encontraron es que la estructura jerárquica del material así como la geometría de la misma tela trabajan juntas para hacer la telaraña menos propensa a fallas catastróficas, como las que ocurren en muchas de las estructuras hechas por los seres humanos. El equipo hizo un modelo computacional bastante preciso de la estructura del material de esta formación jerárquica, empezando con las proteínas que conforman los fibrilos que componen las fibras que constituyen la telaraña. Sometieron este modelo a diversas formas de estrés externo y encontraron que la telaraña falla en áreas muy localizadas, a manera de sacrificio. Los investigadores confirmaron cualitativamente las predicciones de su modelo haciendo pruebas con telarañas reales. <http://www.nature.com/nature/journal/v482/n7383/full/nature10739.html>

Al ser estirado, el material de la seda de araña en sí pasará por varios regímenes diferentes. Al inicio se extenderá mientras el jalón alarga y estira muchas de las retorcidas proteínas de lámina beta que se encuentran incrustadas en la matriz de la fibra. Conforme aumenta la fuerza del jalón, no obstante, el material cambia sus características: las proteínas de láminas beta enderezadas ahora forman nanocristales con láminas beta que endurecen todo el material.

Este proceso de reblandecerse y ceder en puntos específicos y después endurecerse cuando se somete a una gran presión es crucial para localizar la falla inducida por carga en la telaraña. Esto significa que la telaraña completa cederá ante cargas moderadas como el viento, pero ante una fuente de estrés más extremo fallará de manera selectiva en algunas partes para salvar la totalidad de su estructura. Esto evita a la araña el costoso trabajo de reconstruir la telaraña completa cuando fuerzas externas actúan para romperla.

Según Buehler, las lecciones aprendidas de observar más de cerca el material y la estructura de las telarañas desde lo más básico hacia arriba pueden producir innovaciones de ingeniería importantes, por ejemplo en cargas de impacto o en seguridad sísmica. Esto requeriría un análisis detallado de los materiales y estructura para diseñar una respuesta similar, no lineal y selectivamente sacrificial, pero podría generar una reducción importante en la carga a nivel sistémico y en el nivel de daño catastrófico. Buehler cree que existen otras áreas aparte de la ingeniería civil o estructural que se pueden beneficiar de estos conceptos.

“El mayor avance puede surgir en el área de los materiales médicos, para los cuales la seda es un candidato excepcional debido a su biocompatibilidad. En otras áreas, las propiedades de la seda tendrán que ponerse a otras escalas y transferirse a otros sistemas de materiales. Si logramos imitar los principios por los cuales la seda tiene ese increíble desempeño, por ejemplo en los sistemas que se basan en el azúcar o en minerales, entonces podríamos lograr un impacto a gran escala. Las alteraciones pueden surgir del hecho de que estos materiales se adaptan y son flexibles de maneras similar

a la seda (por ejemplo, pueden lograr diversas propiedades sin cambiar su estructura química fundamental) o del hecho de que podemos aprovechar diferentes flujos de recursos. Las materias primas para muchos materiales de alto volumen como el concreto o el acero aún dependen de procesos intensivos en el uso de energía y en emisiones de carbono, mientras que los materiales inspirados en la seda pueden ofrecer una forma de producción negativa en carbono y de bajo uso energético. La ventaja energética por sí misma puede ser una característica clave para impulsar el éxito económico, mediante la alteración de las cadenas de suministro y de los flujos de materiales tradicionales.”

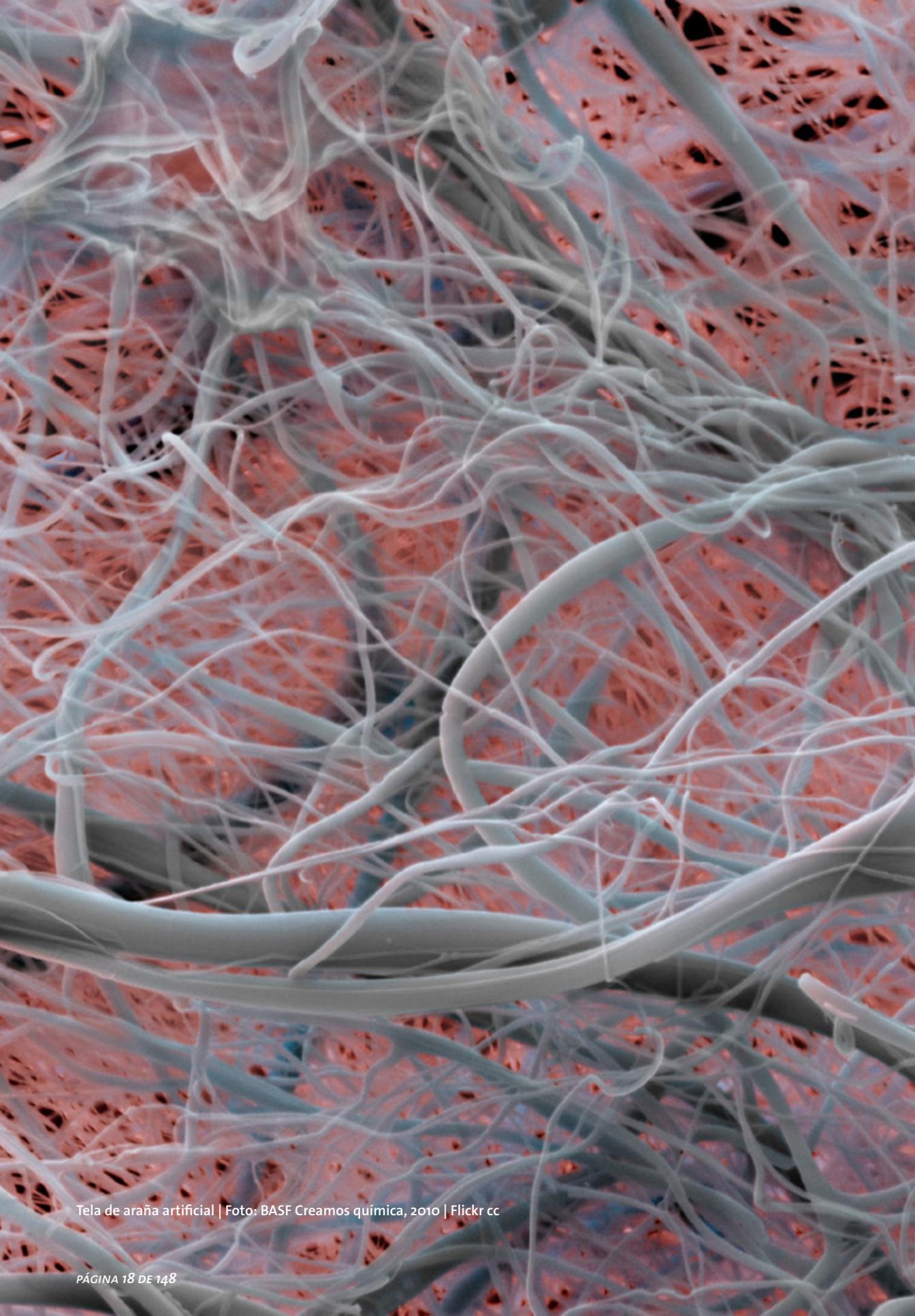
La gran perspectiva

La mayor recompensa para Buehler es la habilidad de crear los llamados “materiales de diseñador”, por lo que entender los principios fundamentales de un material es crítico para todos los avances en aplicaciones.

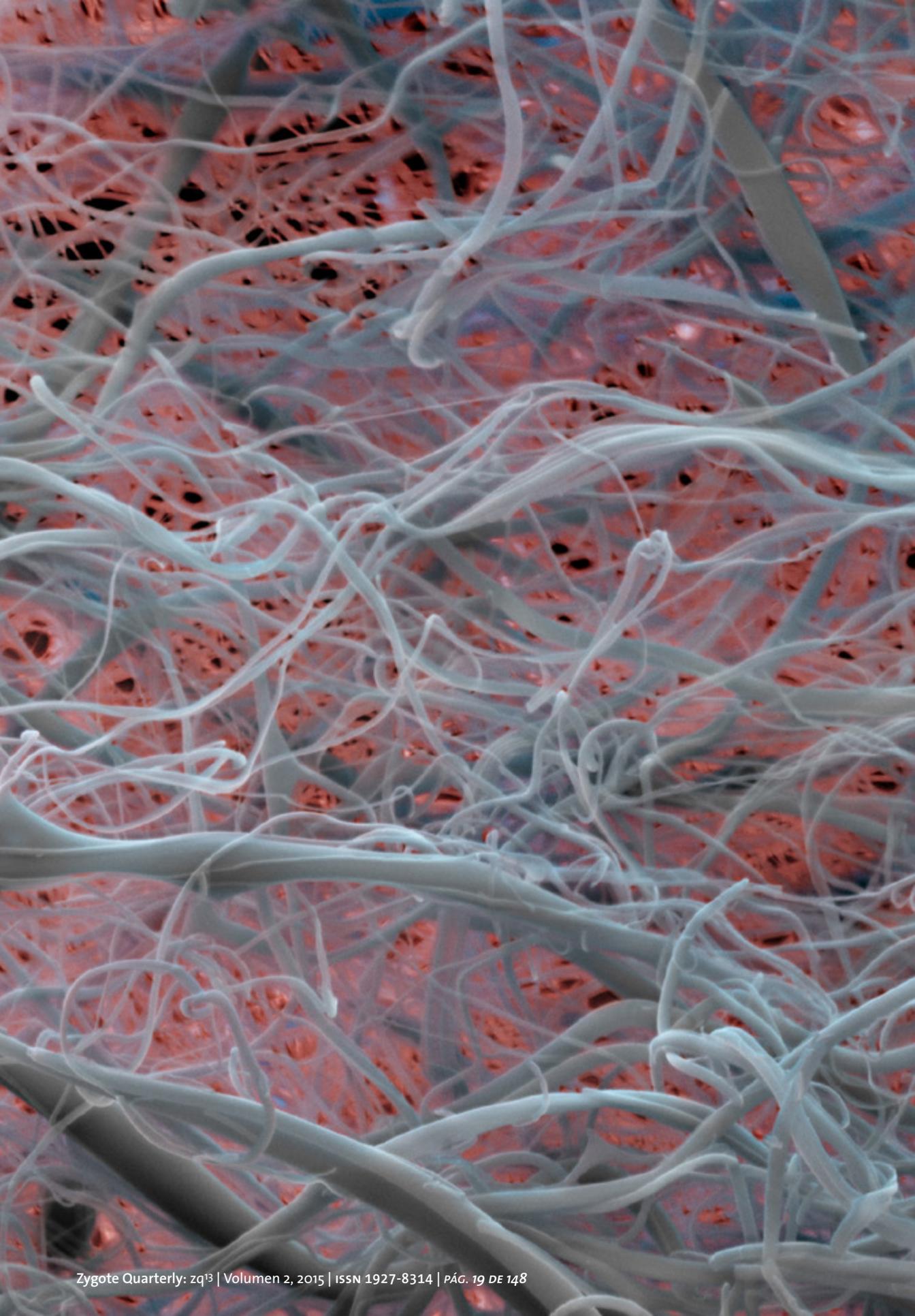
“El mayor impacto (que podemos tener) será en materiales a la medida, en otras palabras, construir materiales que tienen propiedades hechas a la medida. Finalmente, lo que esperamos lograr es poder integrar cualquier propiedad o combinaciones de propiedades de materiales, en un material a la medida.”

Más aún, Buehler cree que este acercamiento no sólo dará como resultado la generación de nuevos materiales, sino también revolucionará el proceso de diseño en sí.

“Esto cambiará fundamentalmente la manera en la que diseñamos estructuras y sistemas in-



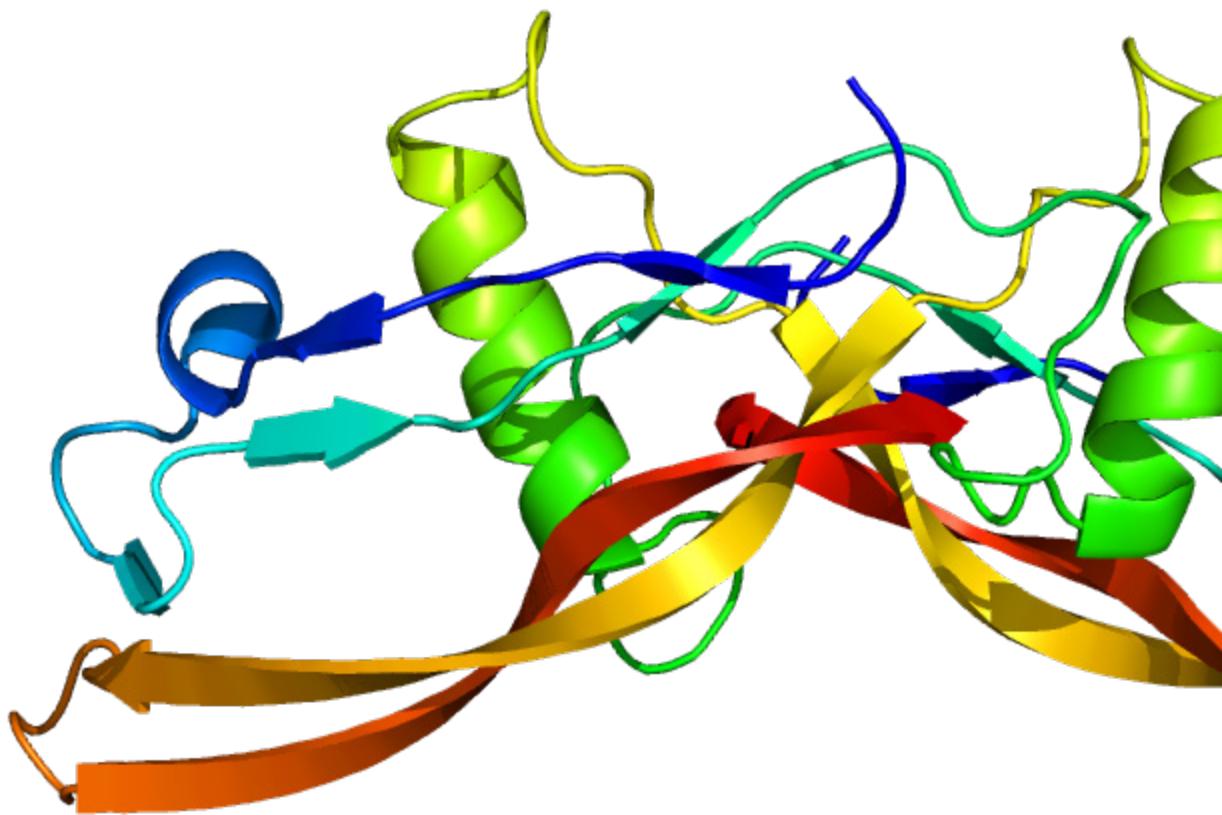
Tela de araña artificial | Foto: BASF Creamos química, 2010 | Flickr cc



tegrados, ya que podemos diseñar el material al tiempo que logramos ciertas características estructurales. El dinamismo que se logra a través de estos mecanismos puede tener consecuencias notables, como revolucionar el proceso de diseño para ver los materiales con que construimos, no como algo estático sino como parte de la ecuación del diseño (por ejemplo, piensa en un arquitecto o en un diseñador de producto). Esto implica retos intelectuales importantes tanto en el proceso de diseño de materiales

como en la expresión artística o atracción humana hacia una estructura o un producto, pero una vez que se encuentra el equilibrio, se abrirán nuevas avenidas que antes no se habían imaginado.”

Esta visión amplia de un mundo en el que los técnicos puedan programar productos a la medida desde el nivel de los materiales es el ímpetu del trabajo de Buehler en materiomics, un



Una proteína morfogenética 6: las proteínas morfogenéticas óseas son conocidas por su capacidad de inducción del crecimiento de hueso y cartílago. Las que se ven son proteínas alfa-hélice (verde) y láminas beta (rojo y amarillo).

Figura: pleiotrópicos, 2011 | Wikimedia Commons

concepto holístico de materialidad modelada de acuerdo a la manera en la que se ha estudiado el genoma humano.

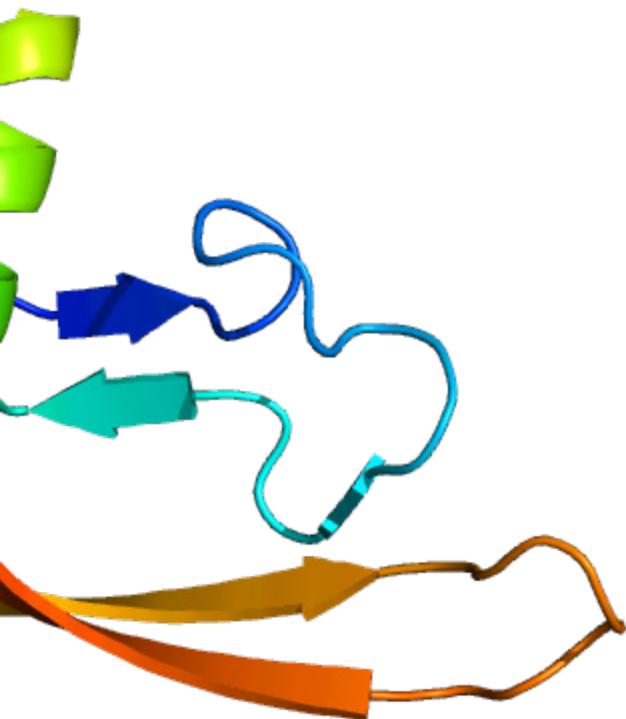
Materiomics

Buehler define Materiomics como “el estudio de las propiedades de los materiales naturales y sintéticos a través de la examinación de los vínculos fundamentales entre procesos, estructuras

y propiedades a diferentes escalas desde lo nano hasta lo macro, usando métodos sistémicos experimentales, teóricos o computacionales.” Al igual que en la disciplina de la genómica, todos los procesos, estructuras y propiedades relevantes se estudian para entender un material a través de todas sus escalas lineales. A la visión integrada de estas interacciones en todas las escalas se le llama materioma de un material. <http://www.springer.com/us/book/9789400716100>

Buehler describe la génesis del concepto:

“Esta idea surgió a partir de nuestra meta de ofrecer una descripción de las funciones de un material (y de su potencial de tener funciones) con base en el nivel fundamental de los elementos básicos que conforman un material. Nos dimos cuenta de que muchos materiales biológicos en particular derivan propiedades funcionales (por ejemplo fuerza, color, funciones biológicas, etc.) de un conjunto de componentes universales como las proteínas de hélice alfa, laminas beta o ciertas geometrías de las fibras, entre otras. La interacción de un conjunto relativamente pequeño de elementos básicos universales, ensamblados en formas complejas a través de múltiples escalas, es lo que define las propiedades. *Materiomics* es el marco de referencia para caracterizar estas relaciones. También hemos aplicado conceptos similares en estudios de trabajo artístico como la música o la literatura y hemos encontrado impactantes similitudes una vez que se desarrollan las categorías matemáticas de cada uno de estos sistemas. En otras palabras, un modelo matemático de la música o de un hueso es indistinguible en un nivel abstracto y lo que define su función son los mismos mecanismos de universalidad, estructura y jerarquía, entre otros.”



Buehler cree que el campo de la investigación de materiales se encuentra en un parteaguas importante por el incremento en la capacidad en dos áreas: los métodos experimentales y los estudios numéricos predictivos. En los primeros, los científicos tienen una habilidad sin precedentes para examinar con precisión y analizar los fenómenos a una escala molecular, y en los segundos, ahora es posible modelar, con estudios de simulación, todo desde la estructura del ADN hasta el continuo en la composición de los materiales en hueso o en tejido hecho de colágeno.

Si estos principios moleculares básicos se entienden, esto tiene interesantes implicaciones para el estudio de la estructura a una escala de tiempo y longitud más grande. Buehler reafirma que está en deuda con la exploración científica previa:

“El campo de la genómica (y los conceptos “ómicos” relacionados) nos ha inspirado a basarnos en una plataforma similar pero enfocada en la función de los materiales. Otros conocimientos clave derivaron del trabajo previo enfocado en destilar la compleja estructura y comportamientos de los sistemas en unos cuantos principios rectores e interacciones clave entre entidades esenciales. Esta forma de pensar se ha aplicado en la física, y en los enfoques reduccionistas que se promueven en la biología de sistemas. Reducir un sistema complejo a un nivel básico de bloques elementales y la manera en que derivan sus funciones es un impulso innato que muchos científicos han seguido, mientras que la nueva potencia computacional y las herramientas de análisis se abrieron recientemente.”

La búsqueda del marco teórico universal dentro del mundo de los materiales ha llevado a Buehler a considerar las metáforas y las matemáticas de otros campos. En particular ha contemplado el arte de la música al explorar el potencial de un modelo de un sistema modular.

Beethoven y el hueso

A través de su trabajo con la seda, los Investigadores en LAMM han explorado la estructura y el comportamiento de las formaciones jerárquicas, modelando estas formaciones desde abajo hacia arriba, empezando con la manera en que están construidas la proteínas individuales y poniendo particular atención a las conexiones a través del espacio molecular y metamolecular. ¿Había una manera de predecir y recrear fibras proteicas de alto desempeño sin pasar por las típicas rutinas de prueba y error?

Un lenguaje universal de materiales sería un paradigma poderoso y podría abrir nuevos campos de descubrimiento. Se basaría en las proteínas e, igualmente importante, en la manera en que éstas se unen y luego se utilizan para construir estructuras emergentes conforme uno avanza en la escala lineal. Buehler vio una analogía con la música.

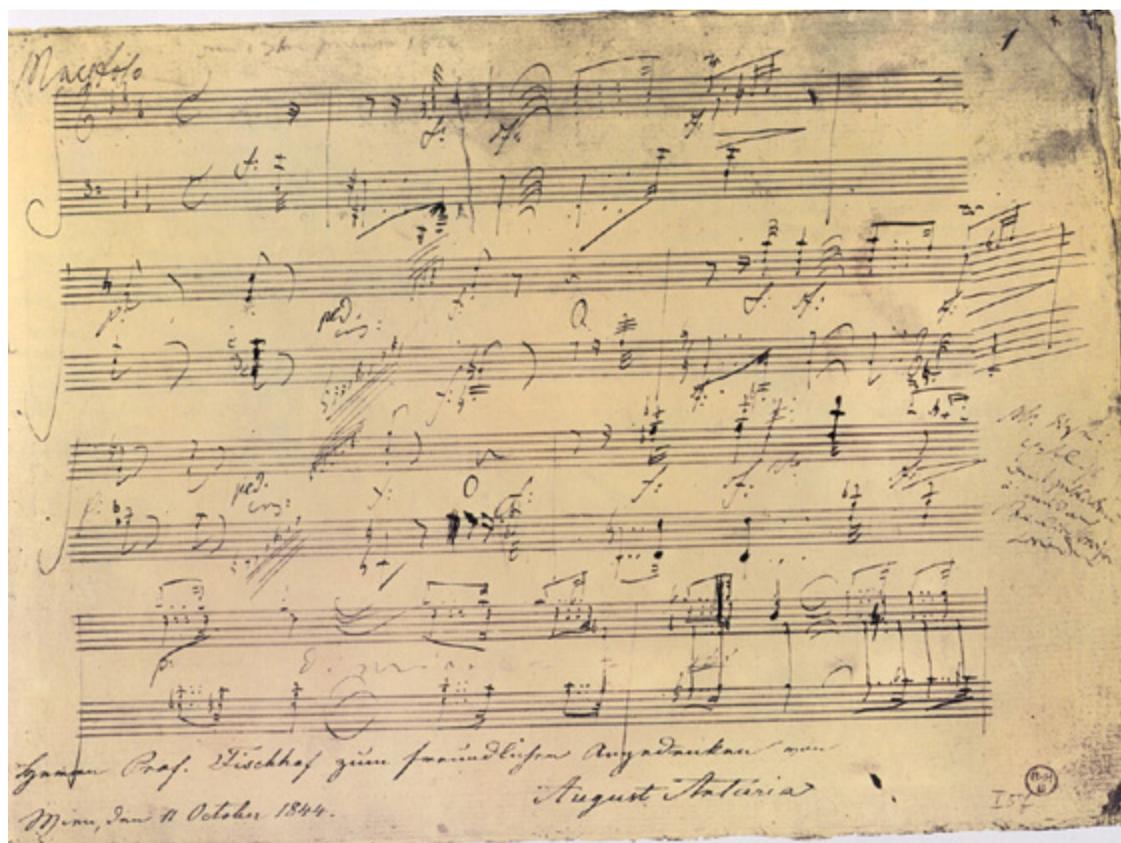
Así como 20 aminoácidos se combinan de forma variada en miles de tipos de proteínas que después se doblan o se pliegan y se conglomeran para hacer tejidos como el hueso, así las notas se unen en secuencias y se acomodan en composiciones jerárquicas que comprenden componentes tales como el tono, rango, dinámica y tempo. Ambas pueden ser abstraídas matemáticamente y los patrones se pueden observar y analizar.

Buehler piensa que esto podría ser una herramienta efectiva para hacer predicciones y podría acelerar el descubrimiento de materiales útiles.

Conformó un equipo interdisciplinario que incluía un compositor, un matemático, unos bioingenieros y un bailarín. Su intención era llevar los resultados experimentales de la investigación del laboratorio sobre la seda de la telaraña y abstraerlos a través de la teoría de las categorías a una serie de reglas para construir materiales. Esta serie de reglas sería traducida a música y

partituras creadas a partir de esta serie de reglas. Después, el equipo compararía diferentes partituras musicales para conocer la utilidad de este proceso como un nuevo paradigma.

Los resultados fueron fascinantes ya que el compositor, utilizando las reglas traducidas de las observaciones de la proteína de la seda, creó dos diferentes tipos de música. Los investigadores han observado dos tipos principales de proteínas; una que forma enlaces fuertes y otra en enlaces débiles. En los casos en que dominaban los



Piano Sonata No. 32, Opus 111 | PÁG. 1

Autor: Ludwig van Beethoven, 1822 | Wikimedia Commons

enlaces fuertes, la música era penetrante y un tanto discordante. Cuando dominaban los enlaces débiles, la música era más suave y melódica. En una fascinante extensión de este experimento, el compositor creará su propia partitura usando unas cuantas reglas sencillas de construcción. Después los bioingenieros traducirán la música al lenguaje de construcción de las proteínas y analizarán el desempeño del material resultante.

Publicaron sus hallazgos en un número reciente de *Nano Today*, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1748013212001041>. En el artículo los autores por vez primera expresan la estructura, mecanismos y propiedades de un material a través del lenguaje de la música. Esta integración de la ciencia y el arte mediante la categorización de las relaciones entre estructura y propiedades es única y distintivamente nueva.

Como si siguiera las señales de las mismas proteínas que él y sus colegas estudian, Markus Buehler está decidido a hacer conexiones a través de las fronteras con el fin de innovar. Mezclar disciplinas, dominios y técnicas le permite avanzar hacia mejores materiales con un desempeño sólido, pero hechos con materiales comunes y frágiles y usando poca energía. Esta sería una dulce melodía para un mundo que necesita de una infraestructura más verde. x

Extractos de las composiciones (por John McDonald) que corresponden a dos secuencias estudiadas en la seda.

Figura: Joyce Y. Wong, John McDonald, Micki Taylor-Pinney, David I. Spivak, David L. Kaplane, y Markus J. Buehler, *Nano Hoy* (2012), <http://dx.doi.org/10.1016/j.nantod.2012.09.001>

[Solo Flute Album 2012, Op. 495]

(a) *First Spinning Melody*
[Earlier Construct 1] - *Viva!*

(b) *Second Spinning Melody*
[Earlier Construct 2] - *Andante*

The image shows two handwritten musical scores, (a) and (b), for flute. Score (a) is titled 'First Spinning Melody' and 'Earlier Construct 1 - Viva!'. It is in 6/8 time and starts with a forte (f) dynamic. The melody is characterized by rapid sixteenth-note passages and dynamic markings such as 'f, leggiero', 'molto f', and 'mf'. Score (b) is titled 'Second Spinning Melody' and 'Earlier Construct 2 - Andante'. It is in 4/4 time and starts with a mezzo-forte (mp) dynamic. The melody is more melodic and slower, with dynamic markings including '(mp)', 'mf', 'mb', and '(mp)'. Both scores include various musical notations like slurs, accents, and dynamic hairpins.

Four Spinning Melodies
[Four Constructs That Start And End "Identically"] (1)

John D. McDonald
Op. 495, Nos. 27-30 (2012)

(ca. 112-116) (Op. 495, No. 27)

(ca. 108) (Op. 495, No. 28)

Tufts
March 8, 2012
(ca. 50')

Tufts
March 14-17,
2012
(ca. 1'20')



Insecto acuático gigante

Foto: wcdumonts, 2012 | Flickr cc



La ciencia del ver
Alerta temprana
Adelheid Fischer

Alerta temprana

Bienvenidos al noveno ensayo de la serie titulada “La ciencia del ver”.



En su libro de viajes *Blue Highways*, publicado en 1982, William Least Heat Moon habla sobre una visita a Cave Creek, un arroyo que fluye a través de un cañón en el extremo este de la sierra de Chiricahua. Para llegar a estas remotas montañas en la parte más suroriental de Arizona, el autor describe como cruzó la “plana y caliente escasez” del Desierto Chihuahuense, hasta que se topó con una empalizada de columnas de roca en las que no se apreciaba ningún pasadizo. Perplejo, Least Heat Moon siguió avanzando hasta que de pronto el camino parecía escurrirse a través de la fachada. El matorral desértico inundado de sol se disolvía en un bosque de galería de cedros, sicomoros y robles blancos. A través de la sombra de los árboles se hilvanaba un arroyo, algo que hasta los habitantes del desierto más experimentados podrían considerar casi improbable; rayando en lo milagroso. De vez en cuando el dosel se abría para revelar cumbres rojizas incrustadas de líquenes amarillos y verdes. Picados y cortados por los elementos a lo largo de las eras, estos elevadísimos afloramientos, dijo Least Heat Moon, “podrían haber surgido de la mente de Antonio Gaudí.”

¿Cómo es posible que exista este lugar? se preguntaba, encantado.

Esta pregunta me da vueltas en la cabeza mientras acompaño a unos estudiantes de posgrado de Oregon State University (OSU) al cañón Cave Creek, temprano una mañana de junio. Nuestra ruta vuelve sobre la primera parte del viaje de Least Heat Moon, saliendo del valle del desierto para pasar a través de los centinelas de piedra que montan guardia a la entrada del cañón. Conforme vamos subiendo hacia los bosques de pino apache y ponderosa, nos desviamos del camino principal para llegar a nuestro destino: un diminuto afluente conocido como Turkey Creek.

Estacionamos el automóvil en un pequeño arcén, tomamos unas cubetas de plástico y redes de mano, y seguimos un sendero a través de un bosque tan seco que cruje bajo nuestros pies. Aún falta un mes para que empiecen las lluvias del verano, cuando la humedad del océano Pacífico y del Golfo de México se acumula para alimentar a las poderosas tormentas que golpean a estas tierras con fuertes y violentas lluvias. Me sorprende, entonces, escuchar el chorro de agua corriente conforme nos vamos acercando al arroyo. A diferencia de Cave Creek, considerado un arroyo intermitente, Turkey Creek alberga un flujo perenne, aunque disminuya en volumen durante las épocas secas del año. Entonces se puede convertir en poco más que una serie de estanques escalonados conectados por un fino hilo de agua; como perlas enfiladas. Hoy, sin embargo, nos acomodamos alrededor de un es-



Flor colombina amarilla | Foto: wplynn, 2014 | Flickr cc



Área del Cave Creek, montañas de Chiricahua | Foto: insect safari, 2008 | Wikimedia Commons



tanque grande, del tamaño de un jacuzzi para 6 personas, que se alimenta por una suave cascada de agua clara y fresca. A la orilla del arroyo se balancean los delicados brotes de la flor colombina amarilla. En algún lugar un zorzal cola rufa lanza su llamada desde el bosque, un canto vacilante, discontinuo y un poco desafinado, como una partitura atonal para clarinete. A este canto le acompaña, navegando la brisa corriente abajo, el fresco olor del agua dulce. Inhalo profundamente.

Esta montaña está en el Desierto Chihuahuense. El *desierto*, me recuerdo a mí misma. *¿Cómo puede existir este lugar?*

Al parecer éste es sólo el inicio de las maravillas del día. Estamos aquí para recolectar al depredador superior de estos diminutos arroyos: el *Abedus herberti*, un enorme insecto de agua. Kate Boersma, una de las alumnas, está explorando cómo la presencia o ausencia de estos insectos puede dar estructura a la comunidad de organismos que vive en estos arroyos y, a su vez, regular algunas de las condiciones básicas tales como el crecimiento de algas. Pondremos a los insectos “prestados” a trabajar temporalmente en experimentos controlados en instalaciones de la Estación de Investigación Southwestern, ubicada a unos cuantos kilómetros del lugar.

Para simular los ambientes en los que vive *A. herberti*, Boersma llenó un serie de tinas de plástico con agua del arroyo y sembró en ellas una variedad de organismos que se encuentran típicamente en las aguas del Chiricahua. Los insectos acuáticos gigantes se liberan en sólo algunos de los estanques artificiales para poder entender mejor los cambios que sufre la cadena trófica cuando *A. herberti* es el depredador do-

minante y cuando, en ausencia de este insecto, los depredadores secundarios como las larvas de libélula y los escarabajos buceadores toman el control. Boersma utiliza un marcador de tinta permanente para marcar cuidadosamente cada insecto acuático con el fin de reintroducirlos a sus aguas natales al final del experimento.

Deb Finn, otra estudiante que también trabaja en el laboratorio en OSU con Boersma, se ha ofrecido como voluntaria para ayudarnos a recolectar insectos del arroyo. Experimentada pescadora de insectos, Finn camina dentro del arroyo hacia las partes más profundas. Desliza lentamente su mano a lo largo de la parte inferior de las piedras sumergidas. Ése es territorio privilegiado para *A. herberti*; adheridos a las piedras se puede encontrar a los adultos más grandes que llegan a crecer hasta casi 4 cms (1.5 pulgadas). Yo soy mucho más quisquillosa. Si se le provoca, este insecto puede enterrar su rostrum, un instrumento en forma de pico, en la piel humana. El rostrum funciona como una especie de jeringa para inyectar enzimas digestivas en los tejidos de sus presas, y luego se dobla como una pajita para sorber los restos licuados de las mismas. Los expertos aseguran que su mordisco es como el de una abeja, pero no me voy a arriesgar. ¡No en vano su apodo es “muerde dedos”! Así que me dirijo a las partes menos profundas y empiezo a voltear con mucho cuidado piedras más pequeñas, del tamaño de la palma de mi mano, y con una red para acuario atrapo a los insectos que intentan escapar.

Finn no se inmuta. En pocos minutos captura un insecto monumental y chapotea hacia la orilla del arroyo para colocarlo cuidadosamente en una de las cubetas. Me agacho para ver al bicho más de cerca y grito de la impresión. El insecto



Abedus herberti

Foto: Greg Hume, 2011 | Wikimedia Commons

está repleto de huevos en forma de garrote. Una hembra los ha puesto de extremo a extremo en hileras perfectamente ordenadas sobre el caparazón plano en la espalda del macho; una de una serie de puestas que posiblemente incubará ese año. Con la forma de una camioneta con el chasis elevado posada sobre zancos segmentados, el macho permanece cerca de la orilla del agua, haciendo flexiones lentas para mojar los huevos con agua rica en oxígeno. Aunque es un comportamiento común en los insectos acuáticos gigantes, este cuidado paternal de las crías es inusual entre el resto de los insectos.

A pesar de que este comportamiento le ha otorgado un lugar destacado al *A. herberti* en los anales de entomología, no es la única adaptación extraordinaria de este insecto. David Lytle, profesor asociado de zoología en OSU y profesor asesor de Boersma y Finn, recuerda uno de sus descubrimientos. De pie en las orillas del Turkey Creek repentinamente apareció una tormenta monzónica, Lytle observó cómo estos insectos acuáticos que no tienen alas evitaron ser arrastrados por la crecida del agua, a diferencia de otros organismos acuáticos que también viven en el arroyo. Mientras que él y su equipo de estudiantes buscaban la manera de salir del paso de la corriente y dirigirse a terrenos elevados, docenas de estos insectos acuáticos gigantes hacían exactamente lo mismo.

Con la sospecha de que el proceso físico de la caída de la lluvia es el detonante de este tipo de comportamiento de “huir hacia un lugar seguro” (y no cambios en la presión barométrica o en la concentración de iones en el arroyo), Lytle y sus alumnos investigadores regresaron al arroyo en un día soleado, esta vez cargados con una manguera de bomberos para echar agua en los

estanques donde habitan *A. herberti*. Sorprendentemente, las respuestas de los bichos al simulacro de lluvia variaron entre los diferentes cuerpos de agua. Los bichos que se encontraban en estanques que casi no se inundan respondieron lentamente a las señales artificiales. Algunos ni siquiera se movieron del cauce del estanque a pesar del flujo continuo de agua de la manguera. Por otra parte, los que se encontraban en estanques que a menudo se desbordan empezaron su retirada a escasos 20 minutos después de que comenzó la lluvia simulada. “Parece que a lo largo de cientos o miles de años, la evolución ha afinado a estas poblaciones aisladas de tal forma que sus comportamientos responden al régimen de inundaciones de los estanques individuales”, Lytle observa en su libro *Wading for Bugs: Exploring Streams with the Experts (Wadear para bichos: Explorando arroyos con los expertos)*, publicado en 2011.

¿Será posible emular los mecanismos de detección de inundaciones de estos insectos acuáticos gigantes para diseñar aparatos de alerta temprana para los seres humanos?. Entre los que se beneficiarían de un sistema así están las personas a quienes les gusta salir al campo, a parajes lejanos en donde ocurren crecidas de agua repentinas. En muchos cañones en el suroeste, por ejemplo, el cielo azul no ofrece a excursionistas desprevenidos ninguna pista de que se les aproxima una poderosa pared de agua, piedras y ramas, cortesía de una fuerte tormenta río arriba.

Los investigadores aún no determinan el mecanismo mediante el cual los insectos acuáticos gigantes perciben los cambios en su ambiente. Se sabe, por ejemplo, que las vibraciones causadas por las poderosas lluvias del monzón despiertan a las ranas y sapos del desierto de su letargo bajo

tierra. ¿Los insectos acuáticos responden de manera similar o es el sonido de las gotas de lluvia lo que provoca su comportamiento de fuga durante las inundaciones?. Más aún, el interés en potenciales aplicaciones para usos humanos no termina aquí. Otros aspectos de la historia de la vida de estos bichos también podrían ser útiles, incluyendo imitar los componentes químicos de los adhesivos que las hembras utilizan para pegar sus huevos en las espaldas de los machos bajo el agua.

Tristemente, no sabemos si los insectos acuáticos gigantes del Chiricahua sobrevivirán lo suficiente como para que equipos de biólogos e ingenieros realicen estas investigaciones. Estudios genéticos muestran que las poblaciones de *A. herberti* han permanecido en los arroyos perennes de la sierra de Chiricahua desde el final del Pleistoceno, aproximadamente hace 10.000 años. A pesar de esta larga residencia, las investigaciones de Boersma y los otros estudiantes de doctorado que trabajan con ella en el laboratorio de Lytle sugieren que los insectos acuáticos gigantes se enfrentan a perspectivas inciertas en su hábitat. Muchos investigadores del cambio climático predicen que el suroeste será más seco en el futuro. Las aguas perennes de las que dependen los insectos acuáticos gigantes podrían desaparecer del Chiricahua, tal como ya ha sucedido en las montañas Whetstone, ubicadas en las proximidades, donde Michael Bogan, también estudiante de posgrado, ha documentado extinciones localizadas de *A. herberti*.

A pesar de la clara amenaza, puede ser muy difícil despertar interés por estos organismos entre las agencias de recursos naturales, sin mencionar el público en general. Los bichos acuáticos, al igual que los otros organismos que viven en el

arroyo y de los cuales se alimentan, no se consideran plagas de la madera, ni de cultivos alimenticios, ni alimento para una lucrativa industria pesquera, ni vitales para mantener la calidad del agua potable para los seres humanos.

¿Será que la misma etimología de su nombre irónicamente predice su futuro? Lytle hace la observación de que la palabra ‘bicho’ (bug, en inglés) se deriva de la palabra en inglés medie-

val *bugge*, que significa ‘espíritu’ o ‘fantasma’, “y se asociaba originalmente con las chinches que desaparecen en la mañana después de morder a sus víctimas humanas durante la noche.” ¿Se convertirán estos extraordinarios organismos en los fantasmas de los arroyos del desierto, desapareciendo mucho antes de que descubramos los milagros de sus vidas ordinarias? x



Tordo ermitaño

Foto: K Schneider, 2011 | Flickr cc



Primer plano de *Onymacris unguicularis*

Foto: james.harris.anderson, 2008 | Flickr cc

A close-up photograph of an ant's legs and head on a textured, brownish surface. The ant is dark in color, and its legs are prominent, extending across the frame. The background is a soft, out-of-focus brown. A semi-transparent white box is overlaid on the right side of the image, containing the title and author's name.

Opinión
*Psicología,
naturaleza e
innovación*
Pete Foley

Psicología, naturaleza e innovación: ¿puede la psicología enseñarnos cómo innovar mejor a partir de la naturaleza?

Pete Foley es Consultor en Innovación, especialista en aplicar la psicología, la economía del comportamiento, y la ciencia de la percepción al ámbito de los negocios. Incorpora la experiencia que adquirió a lo largo de 25 años como innovador en serie en P&G, donde publicó más de 100 patentes, con 8 años de trabajo con expertos internacionales en las Ciencias del Comportamiento, aplicando su experiencia a las necesidades empresariales.

La selección natural, en mi opinión, probablemente ha resuelto casi cualquier problema que podamos imaginar.¹ Aunque tomar prestadas y adaptar estas soluciones existentes puede resultar más rápido e inteligente que innovar desde cero, hacerlo conlleva algunos desafíos únicos. Las diferencias entre la tecnología humana y la “ingeniería natural” puede dificultar la adecuación de soluciones de la naturaleza a nuestro mundo. Además, debido a la impresionante cantidad de innovación que hay en la naturaleza, buscar estas soluciones puede parecer como buscar una aguja diminuta en un enorme pajar. Finalmente, hay varios sesgos cognitivos que pueden interferir en la búsqueda de las similitudes subyacentes que posibilitan conexiones innovadoras entre los dos mundos.

Los últimos dos desafíos, en particular, surgen de nuestra forma de pensar. Fundamentalmente, la psicología pondera cómo se piensa. Por tanto, en este artículo exploraré cómo los conceptos de la psicología nos pueden ayudar a innovar emulando a la naturaleza.

El problema con la innovación enfocada en el problema

Aunque hay todo tipo de problemas a resolver, me orientaré principalmente a la innovación enfocada en el problema. Me apoyo en Ashok Goel, quien aclaró formalmente la diferencia entre *la innovación enfocada en el problema* y *la innovación enfocada en la solución*². La segunda describe el caso en que se nos ocurre una idea brillante, pero necesitamos una forma de llevarla a cabo y comercializarla. En cambio, *la innovación enfocada en el problema* ocurre cuando tenemos un problema específico a resolver, pero no sabemos dónde buscar las respuestas. Esto nos lleva a tres desafíos relacionados, pero distintos:

1. **Es un problema humano.** Aunque la naturaleza es en última instancia la fuente de la inspiración que buscamos, en la mayoría de los casos son los seres humanos quienes tienen las respuestas que queremos encontrar. Específi-



Onymacris unguicularis | Foto: james.harris.anderson, 2008 | Flickr cc



Escarabajo de Namibia | Foto: JochenB, 2009 | Flickr cc

camente, la inteligencia colectiva de los científicos naturalistas de todo el mundo. Mirar a la naturaleza a través de la lente de la biominerología ha influido enormemente en mi visión personal sobre la importancia de la biodiversidad. Sin embargo, por lo general termino por necesitar ayuda de los expertos para entender el mundo natural al nivel de detalle necesario para poder obtener conocimientos útiles de él. Por ejemplo, sin este tipo de ayuda de un experto, cuando estuve el año pasado en las majestuosas dunas del desierto del Namibia jamás hubiera encontrado al solitario escarabajo de Namibia, ni hubiera entendido su elegante diseño para la captación de agua.

Aunque sin duda recomendaría visitar aquel lugar de belleza impresionante, en realidad podría haber conseguido la información que necesitaba a través de una búsqueda en Internet o en una llamada por Skype. Esto no le resta importancia a la tarea de conservar nuestro medio ambiente y la biodiversidad que hay en él, pero la mayoría de los innovadores necesitamos hacer nuestras búsquedas en el ámbito del conocimiento humano sobre la naturaleza. Más que nada, entonces, ¡necesitamos ser buenos para comunicarnos con la gente!

2. **Es una aguja en un pajar.** Ya mencioné que la gran abundancia de innovaciones que hay en la naturaleza es tanto una bendición como una maldición. Este desafío se complica aún más por algunos de nuestros sesgos cognitivos. Hay una cantidad abrumadora de información que filtrar como resultado de casi cuatro mil millones de años de investigación y desarrollo, y cuando lo hacemos tenemos que resistir nuestra compulsión natural de buscar la satisfacción, es decir, aceptar la primera solución que

sea apenas lo suficientemente buena. Seguramente esta tendencia nos fue muy útil en nuestro pasado evolutivo. Si tu vida está en peligro, no vale la pena detenerse hasta encontrar la mejor solución posible, sino solamente una que sea lo suficientemente buena para poder sobrevivir en el momento. Sin embargo, optar por la primera solución medianamente decente que encontremos puede ser un impedimento para encontrar las mejores soluciones.

Otra tendencia relacionada es la "fijación funcional." Una vez que conectamos algo con un problema, es más difícil buscar otros usos. Por ejemplo, si en el pasado establecimos una fuerte conexión entre el escarabajo de Namibia y la recolección de agua, es menos probable que podamos ver su aplicación potencial a problemas análogos. Por ejemplo, imagina que necesitas mejorar la eficiencia en la destilación de etanol para la manufactura de energía alternativa. A nivel funcional, la manera en que las nano-protuberancias capturan agua por condensación del aire desértico es un proceso análogo, y por ende aplicable, a la condensación de etanol en el proceso de destilación. Sin embargo, cuando recordamos al "escarabajo de Namibia", el concepto del agua viene automáticamente, e inhibe nuestra capacidad de extender la analogía al etanol. Así es como funciona la memoria; necesita que suprimamos conexiones obvias antes de poder imaginar nuevas oportunidades.

3. **Los expertos ven por sus propios intereses, no por los tuyos.** Cuando encontramos una solución potencial a nuestro problema, generalmente primero tenemos que entenderlo a un nivel causal y profundo, antes de reducirlo a la práctica. Existe otra tendencia llamada la "ilusión de la comprensión" que significa que a me-

nudo asumimos que comprendemos las cosas más profundamente de lo que lo hacemos. Los problemas más complejos a la hora de hacer un prototipo se relacionan con los detalles más que con el concepto general, y con frecuencia la mejor manera de encontrar soluciones es a través de alianzas con expertos. Desafortunadamente, cabe la posibilidad de que dicho experto tenga poco interés en nuestro problema. Aunque existen quienes terminan por encontrar innovaciones enfocadas en la solución a un problema, a la mayoría de los expertos tiende a interesarles profundizar más en los conocimientos de su área de especialización que aplicarlos a lo que les puede parecer un problema de ingeniería o de negocios vagamente relevante.

Todos estos problemas son difíciles, pero los conocimientos de la psicología del comportamiento y de la psicología cognitiva nos puede ayudar a afrontarlos y mediar sus efectos. Para ello, necesitamos un entendimiento causal más profundo sobre el pensamiento innovador mismo.

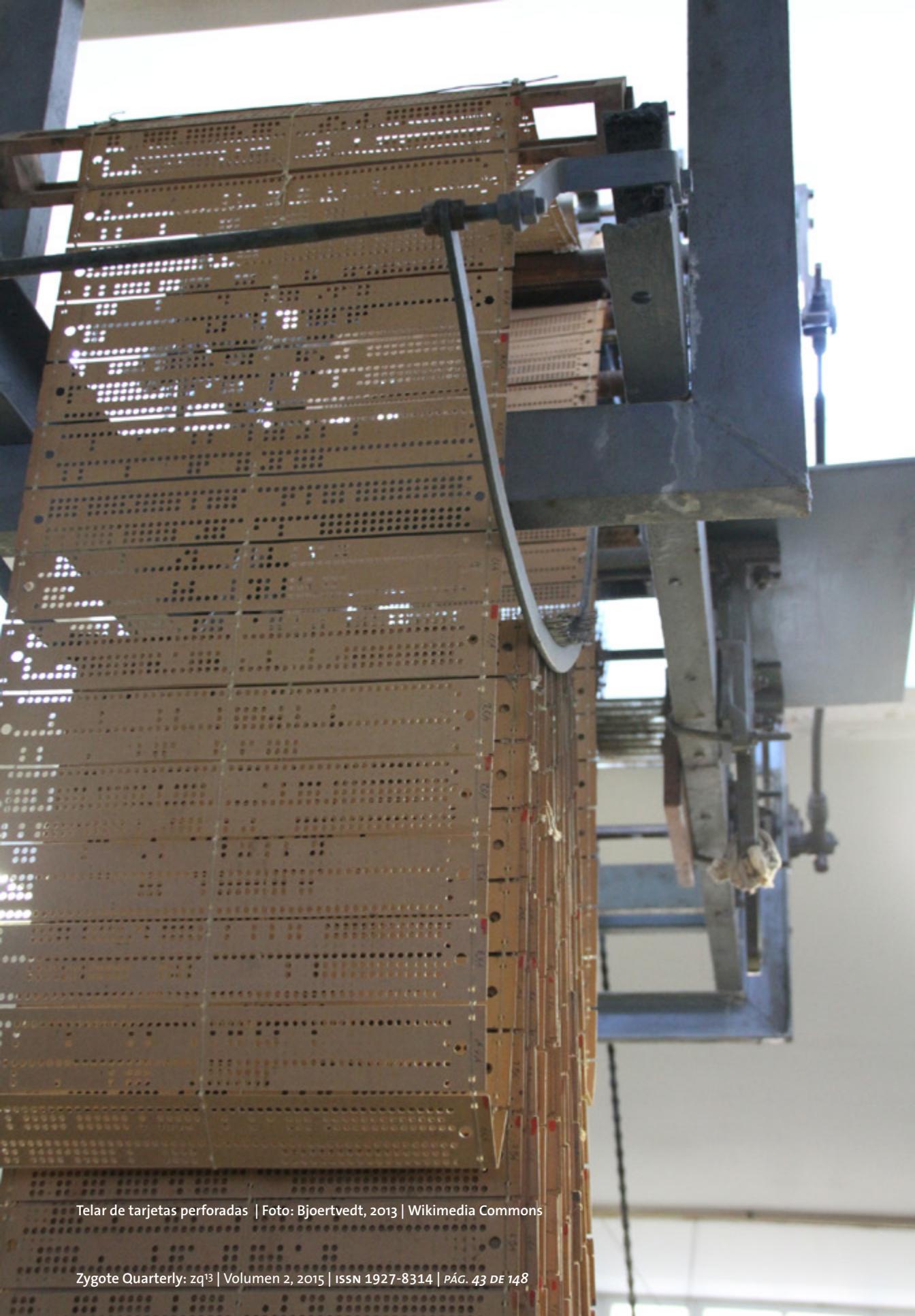
El pensamiento innovador

1. ¡Eureka! El instante 'Ajá' que a menudo acompaña a la innovación, típicamente nos llega como un destello de intuición. Sin embargo, aunque este destello pareciera salir de la nada, es casi siempre una ilusión cognitiva. En realidad, casi toda idea nueva depende de una forma de conocimiento previo. De hecho, las ideas innovadoras comúnmente surgen a partir de tomar la información que existe en un campo y aplicarla a un campo nuevo. Esto puede ocurrir de manera consciente y metódica, pero más

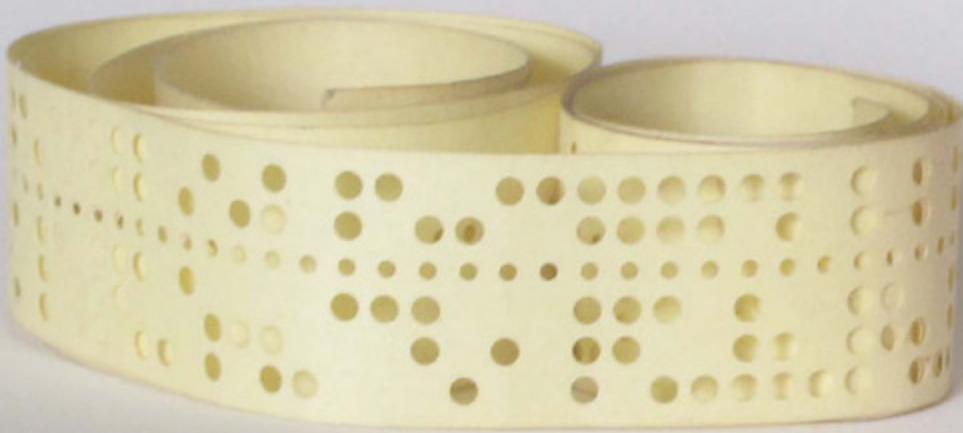
comúnmente ocurre en el subconsciente. Esto crea la ilusión de que la respuesta sale del vacío, porque nuestro subconsciente es el que elabora arduamente para juntar las piezas del rompecabezas. ¡Luego nuestra mente consciente se atribuye el mérito por un destello de genialidad que aparentemente salió de la nada!

2. **Eureka y analogía:** algunos conocimientos se originan al tomar prestadas ideas desde dentro del mismo campo o de uno muy cercano; por ejemplo, tomar prestados los atributos aerodinámicos de un automóvil, avión o lancha de motor para otro automóvil. Sin embargo, las ideas para los grandes avances generalmente surgen a partir de hacer conexiones menos obvias, o por lo menos, que solamente resultan obvias en retrospectiva. Es aquí donde tenemos que aventurarnos al ámbito de la analogía y las conexiones basadas en funciones similares en vez de las similitudes literales.

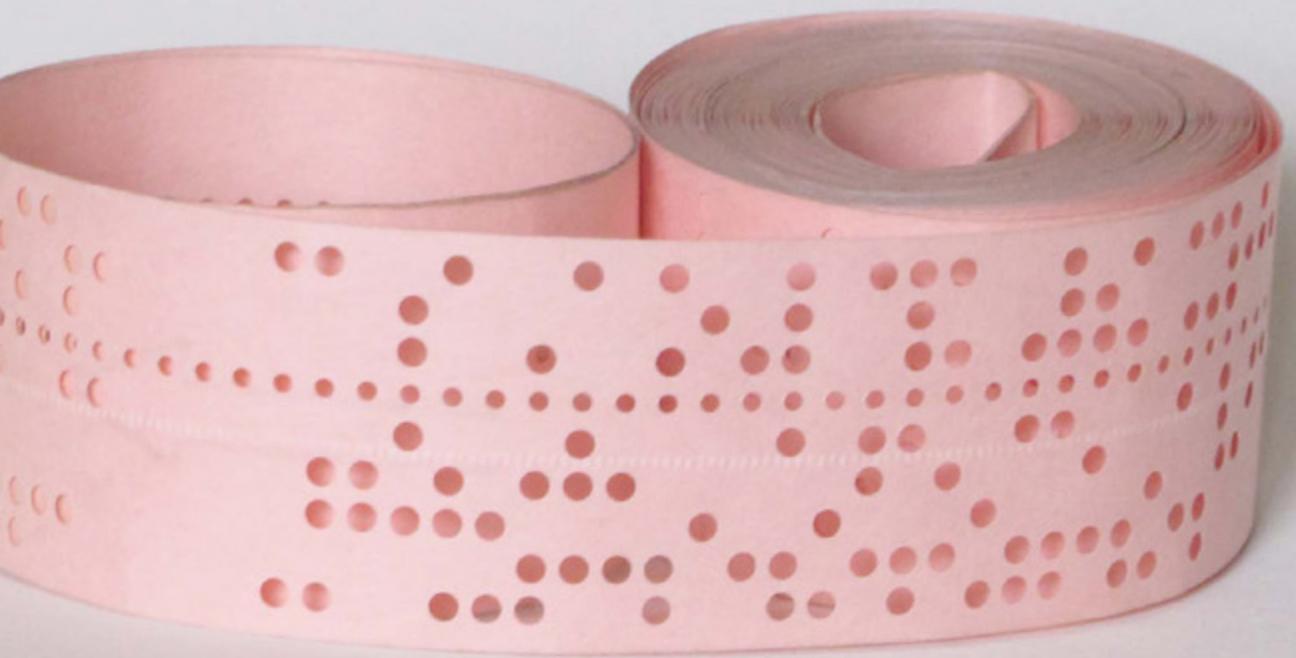
El mundo de la innovación está repleto de estos ejemplos. La programación de computación inicialmente se adaptó a partir de las tarjetas perforadas del telar de Jacquard.³ Alexis Carrel ganó el Premio Nobel por desarrollar las técnicas de suturas de la cirugía cardíaca, que adaptó a partir de las técnicas del tejido de encaje.⁴ ¡Hasta el marcapasos se derivó de un metrónomo musical!⁴ Uno de mis ejemplos favoritos es el de la aspiradora Dyson, que se basó en el concepto de separación sin filtro que se logra por fuerza centrífuga como en una sierra circular de aserradero. Claro que estos saltos analógicos son precisamente lo que tratamos de lograr con la biomimesis o el diseño bioinspirado: tomar



Telar de tarjetas perforadas | Foto: Bjoertvedt, 2013 | Wikimedia Commons



Cinta de papel de cinco y de ocho perforaciones que se utiliza en aplicaciones de telégrafo y en computación | Foto: Ted-Coles, 2010 | Wikimedia Commons



una innovación que ya existe en la naturaleza y aplicarla para resolver un problema en el mundo de los humanos.

La analogía es una forma humana natural e intuitiva de hacer conexiones innovadoras, pero es más difícil que el proceso de pensamiento común de establecer similitudes literales. Un pensamiento análogo mejorado puede reducir el impacto no deseado de sesgos cognitivos tales como la satisfacción y la fijación funcional. ¿Cómo podemos hacer el uso de la analogía más sistemática y consistente?

El contexto nos puede ayudar. No es coincidencia que muchas percepciones profundas ocurren en la ducha o en la cama. Las conexiones análogas suceden más fácilmente cuando no nos estamos esforzando demasiado y no estamos bajo mucha presión. Es como cuando tenemos una palabra en la punta de la lengua. Mientras más intentamos recordarla, más se nos dificulta acordarnos. Y en cuanto dejamos de pensar en ella, nos viene a la mente. ¡Nuestra mente consciente ya no está estorbando al subconsciente para que éste haga su tarea de recuperar información o hacer conexiones!

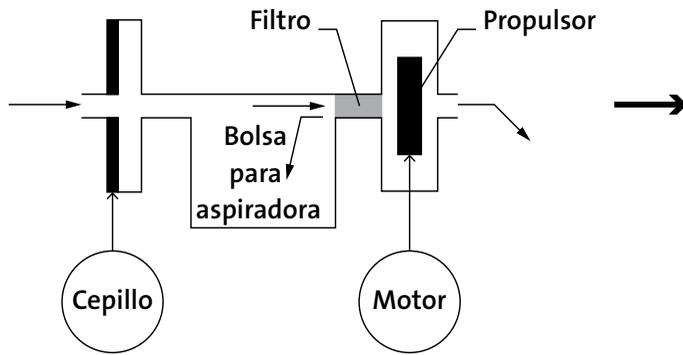
3. **Representación del conocimiento:** el contexto adecuado puede eliminar una barrera para el pensamiento analógico, pero si queremos sistematizarlo, necesitamos hacer más que relajarnos y esperar que nuestro subconsciente arme el rompecabezas. Una excelente opción es tomar ideas de la psicología cognitiva acerca de la representación del conocimiento y del mapeo estructural. Crear un mapa relacional nos obliga a incorporar un alto nivel de conocimiento causal a la definición de nuestro problema ^{5,6} y a

dividir nuestro problema y el sistema en el cual habita en componentes y relaciones clave. Esto logra varios objetivos:

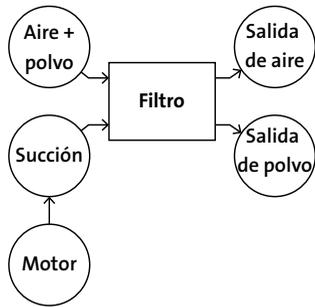
- a) Evita la ilusión de comprensión y, por el contrario, nos obliga a entender las relaciones causales tanto en el problema como en el sistema.
- b) Nos ayuda a ver de manera automática patrones relacionales y, por tanto, a establecer analogías con otros sistemas que compartan características relacionales similares.
- c) Desafía los supuestos en torno a los niveles de abstracción, superando la satisfacción y por tanto construye puentes analógicos más largos que llevan a mayores avances.

Tomemos el ejemplo de la aspiradora Dyson, basada en el funcionamiento de una sierra circular. Aunque su inventor no siguió un proceso formal de mapeo, el análisis de sus fases inventivas sigue un proceso similar de cinco pasos, esquematizado en la siguiente página:

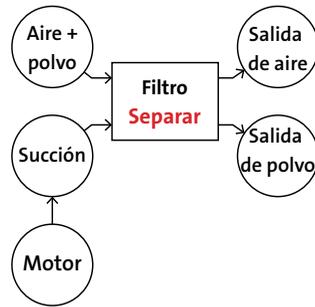
- a) Definir el sistema. Esto es más difícil de lo que parece, puesto que la ilusión de la comprensión es muy común aun en los sistemas que pensamos que conocemos bien. Si nos forzamos a mapear nuestro sistema, aseguramos que todos tengan un conocimiento causal sólido sobre su funcionamiento, y a menudo elimina presuposiciones falsas o huecos en nuestro entendimiento.
- b) Traducir esto a un mapa relacional. Esto coloca a nuestro problema, en este caso la filtración, al centro de un marco teórico de sistemas. Más importante aún, mapea relaciones y funciones en un contexto que no pertenece a un campo especializado.



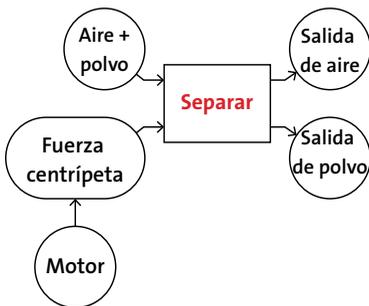
a) Definir el sistema



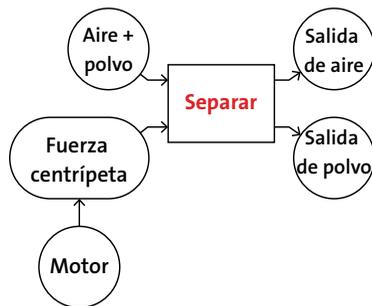
b) Mapa relacional



c) Abstracción aspiradora convencional



d) Analogía sierra circular



e) Solución aspiradora Dyson

c) Desafiar nuestros “supuestos” y suposiciones. Esto le permitió a Dyson replantear el problema de la filtración, que era en lo que todo mundo estaba trabajando, y transformarlo en un problema más abstracto de separación.

d) Hacer la analogía con la sierra circular de aserradero.

e) Crear la aspiradora sin bolsa, que reemplaza el engorroso filtro principal con un separador ciclónico.

Claro que las personas como James Dyson o George de Mestral ven las analogías sin necesidad de un proceso formal. Pero hacer explícito el proceso implícito que subyace su pensamiento inventivo, nos ayuda a imitarlos de manera repetible como parte de casi cualquier proceso de innovación.

4. Mapeo en capas múltiples: otra ventaja del mapeo es que nos permite ver analogías a varios niveles diferentes a la vez. En este ejemplo, el puente analógico era la función de separación. Pero también pudo haber revelado un sistema o problema genérico con analogías útiles. Por ejemplo, los sistemas comunes como las reacciones en cadena vinculan a la virología, los incendios forestales y la física nuclear. Los problemas genéricos también pueden conectar campos que son análogos aunque sean muy diferentes superficialmente. Por ejemplo, el daño colateral es común en las áreas de seguridad nacional, respuesta inmune, política y oncología. Hay muchos problemas y sistemas genéricos que tienen mapas distintivos, incluyendo la carrera armamentista, los momentos críticos o de inflexión, las burbujas, los círculos viciosos y virtuosos, las relaciones no lineares, los puntos de compensación, el desequilibrio y

el equilibrio puntuado o interrumpido. Éstos se vuelven más fáciles de encontrar conforme uno se acostumbra a construir mapas relacionales.

5. Analogías parciales y compuestas: otra ventaja de hacer mapas es que los podemos usar para encontrar analogías parciales o compuestas. Algunos mapas complejos pueden contener múltiples problemas; el mapeo visual ayuda a aislarlos e identificarlos. Esto permite dividir problemas grandes y complejos en asuntos más pequeños para después buscar diferentes analogías y resolver sus diferentes partes. Consideremos el proceso de la desalinización, en el que se necesita mejorar la eficiencia, el costo y el daño colateral asociado con el desecho de la sal y el impacto ambiental potencial que tienen las enormes válvulas de captación de agua de mar. Un mapa puede aislar estos componentes, y dividir para vencer usando diferentes analogías para resolver diferentes partes del problema.

La innovación dirigida al objetivo

Los 5,000 prototipos de Dyson ilustran ampliamente que aun cuando tenemos una analogía, readaptarla a nuestro campo original puede ser bastante laborioso. Aunque en el campo de la biomimesis los avances recientes en las impresoras de tres dimensiones, la nanotecnología, la ciencia de materiales y la tecnología en general, facilitan esto cada día más, las diferencias entre la naturaleza, los materiales humanos y la ingeniería siguen sin ser triviales. A menudo, la respuesta está en la comparación minuciosa de los dos sistemas y un proceso de analogía-diferencia. Esto, a su vez, requiere una comprensión detallada del sistema natural en cuestión. Hay

muchos grupos que están haciendo un excelente trabajo creando bases de datos que nos pueden ayudar a mapear las innovaciones de la naturaleza para nuestro sistema original. Los detalles inherentes a la realización de este mapeo inverso presentan desafíos que a menudo generan la necesidad de consultar a un experto.

Anteriormente dije que es posible que los expertos tengan un interés limitado en nuestro problema. Esto, a la larga, puede ayudarnos a resolver un problema que mencioné anteriormente. Aunque la mayoría de las personas involucradas en la biomimesis están abiertas a la sostenibilidad, innovar a partir de la naturaleza no garantiza la creación de una innovación sostenible. Un ejemplo es el caso del Velcro. Se necesita involucrar a los expertos que están comprometidos con la sostenibilidad, lo cual a menudo requiere un planteamiento más sostenible del problema. Esto, a su vez, impulsa el comportamiento de corto plazo y la consciencia de largo plazo. En el corto plazo, gracias al interés propio informa-

do es más factible que los equipos busquen una opción sostenible para resolver un problema, mientras que en el largo plazo, el simple hecho de exponer a los innovadores al valor de la biodiversidad puede robustecer el pensamiento pro sostenibilidad a lo largo del tiempo.

Procesos Sistémicos e innovando innovación

Al inicio del artículo referencí el manejo de la innovación del problema y de la solución. Creo hay un tercer tipo de manejo en la innovación, el híbrido, innovación híbrida, en donde la representación del conocimiento nos puede ayudar a solucionar. Ya hay algunos ejemplos terrificos de la innovación sistémica natural inspirada. Dos de mis favoritos son el uso de moldes de limo para mapear redes de transporte, y la inteligencia enjambre para optimizar las redes de electricidad, por REGEN Energy,.

Creo que adicionalmente ese mapeo nos puede dar inspirar para realmente grandes espacios, donde no podemos saber ni cual es el verdadero problema ni su solución. Terminaré compartiendo dos ejemplos. El primero es cómo innovar nuestra innovación y segundo como incorporamos sosteniblemente el crecimiento.

Creo que adicionalmente ese mapeo nos puede dar inspirar para realmente grandes espacios, donde no podemos saber ni cual es el verdadero problema ni su solución. Terminaré compartiendo dos ejemplos. El primero es cómo innovar nuestra innovación y segundo como incorporamos sosteniblemente el crecimiento.



Coccomyces Dentatus en uvas de Oregon

Foto: wanderflechten, 2009 | Flickr cc



Salmones saltando la cascada | Foto: Scott Ableman, 2010 | Flickr cc



Innovar como nosotros innovamos

La naturaleza se ha acercado de diferentes maneras a la innovación. Ha sido influenciado por limitantes como la velocidad y el costo del prototipado, y el nivel de complejidad e inestabilidad del ambiente. Por tanto, ¿Qué podremos aprender de estas limitantes?

1. **La Innovación es sexo:** Si mapeamos la innovación vemos tres grandes retos: la generación de la idea, la ejecución/prototipado, y la comunicación. Si vemos las equivalencias en la naturaleza, la reproducción sexual cubre los primeros dos, y por tanto, probablemente el proceso de innovación más viejo del planeta. El sexo crea una variedad de prototipos al semi-azar, y prueba su desempeño en ambientes cambiantes. La naturaleza ha evolucionado una variedad de estrategias reproductivas, de las que creo podemos aprender.

2. **¿Eres un elefante o un salmón?** Una manera de caracterizar las estrategias de reproducción comúnmente se refieren a “r” y “K”. Como el desove del salmón, la estrategia “r” arroja enormes cantidades de prototipos baratos en el “mercado”. Con decesos elevados, pero el costo de cada prototipo bajo, la selección se hace bajo condiciones reales de mercado. Para “K”, ejemplificado por el elefante, la selección ocurre tempranamente en el proceso, al momento de la fertilización, considerables recursos se van a la nutrición del “prototipo” resultante. Claro, hay muchos ejemplos intermedios, no hay un acercamiento correcto o equivocado. Sin embargo, mapear, hace obvio las muchas variables que son comunes a ambas estrategias de reproducción e innovación, que hacen una estrategia más efectiva que la otra, como son

el tamaño, la complejidad, el grado de especialización, y la estabilidad y competitividad del ambiente.

Podemos usar esta analogía para preguntar si lo que estamos innovando es más elefantesco-largo, de larga vida, complejo y de prototipado costoso, existiendo en un ambiente relativamente estable. O si, es más salmonesco-barato y fácil de prototipar, y viviendo en un sistema ambiental dinámico? Si vemos a través de estos lentes, se provee de un marco de trabajo conceptual para obtener la estrategia adecuada. Si podemos prototipar rápidamente y barato, estaremos llegando al mercado, fallando prontamente e innovando en tiempo real? O, si prototipamos costosamente, estaremos seleccionando suficientemente temprano en el proceso, liberando recursos suficientes para verdaderamente nutrir la innovación a través de una infancia dificultosa? O seremos dinosaurios-grandes, sofisticados, altamente optimizados, pero viviendo en un mercado rápidamente cambiante? Si así fuera, quisiéramos “irrupirnos a nosotros mismos” antes de enfrentar la extinción.

Profundizar en esta analogía nos ofrece más variaciones, detalladas y educativas, de las estrategias reproductivas. Por ejemplo, optimizar el momento de hacer la inversión en la innovación. ¿Debemos invertir mucho en la innovación cuando las condiciones externas son difíciles? Aun siendo un poco contradictoria, ésta es la estrategia de la hidra, una criatura simple que “innova” solo cuando escasea el alimento. Entonces, cambia su modo de reproducción asexual —la producción de brotes— al modo de reproducción sexual, incrementando así la variación dentro de los ‘prototipos’ de su próxima



Secuoyas | Foto: wolf4max, 2014 | Flickr cc

generación y por ende la posibilidad de que más de uno esté mejor adaptado a un mundo más competitivo. Esta estrategia tipo *r* es muy eficiente en un mundo cambiante e impredecible, y donde hacer prototipos es rápido y barato. Por el contrario, algunos animales más complejos, como las ratas y los humanos, siguen una estrategia diferente: la espera calculada. Invienten más lentamente en la reproducción durante épocas difíciles, volviéndose infértiles conforme el consumo de calorías cae por debajo de cierto nivel, para después empezar a reproducirse cuando las cosas mejoran.

Si uno se equivoca y asume una estrategia “*K*” en un mundo de “*r*,” se está arriesgando a ser rebasado por la competencia más ágil cuando ocurra el cambio. Hay muchas estrategias de sincronización del momento para la reproducción, así como muchas oportunidades para ver y desarrollar estrategias de innovación a través de esta lente. Por ejemplo, los borregos harán coincidir el nacimiento con los de una primavera rica de recursos, las aves se reubicarán donde los recursos son pobres pero en lugares seguros para cuidar de sus pequeños. Todas estas estrategias pueden tener sus analogías en la estrategia de la innovación.

Las secuoyas, Wall Street y el crecimiento sostenible

Las secuoyas son maestros del crecimiento sostenible. Viven más y alcanzan tamaños más grandes que cualquier otro organismo en el planeta. Es algo que muchas corporaciones quisieran emular. Entonces, ¿Qué nos pueden enseñar las secuoyas?

1. **Máquinas del tiempo:** lo increíble de los árboles es que cuando mueren, se convierten en máquinas del tiempo. Un corte transversal del tronco cuenta la historia de su vida. Cada anillo marca el paso de un año y su ancho corresponde a la cantidad de crecimiento en ese periodo. Esto varía dramáticamente; crece lentamente durante las sequías o bajo temperaturas subóptimas y crece rápidamente durante condiciones favorables.

Esto revela que aunque el crecimiento se maximiza en el largo plazo, rara vez es lineal o constante. Al contrario, es ágil y oportunista, cambiando en respuesta a las variaciones de las condiciones externas.

2. **La tiranía del crecimiento constante:** contrastemos esto con las corporaciones que se esfuerzan —y a menudo luchan— por lograr un crecimiento uniforme cada trimestre, a pesar de las condiciones externas cambiantes que quedan fuera de su control.

3. **Una ilusión de constancia:** Varias tendencias psicológicas se combinan para hacernos desear un crecimiento lineal. Extrapolamos linealmente observaciones de pequeña escala a escalas mayores, preferimos las ganancias a corto plazo que las de largo plazo, y nos sentimos más cómodos cuando percibimos las cosas parejas y lineales. Sin duda sería difícil persuadir a *Wall Street* o a las industrias que tienen gastos fijos de que vivan con más variación anual. Sin embargo, el crecimiento no lineal es la norma en la naturaleza y si pudiéramos adoptar esto de los maestros del crecimiento sostenible, posiblemente lograríamos producir una economía global más robusta.



Rama nudosa | Foto: ac4lt, 2004 | Flickr cc

En suma, las herramientas que tomamos prestadas directamente de la ciencia cognitiva, como la representación del conocimiento y el uso de analogías, nos pueden ayudar a emular más efectivamente y reaplicar las soluciones que ya se encuentran en la naturaleza para resolver problemas humanos difíciles. Esto se logra al hacer más fácilmente visibles esas conexiones, y al reducir el efecto de los sesgos cognitivos que obstaculizan el pensamiento innovador. También podemos usar estas herramientas para extender este proceso de innovación hacia el nivel sistémico. Esto nos abre una puerta para potencialmente resolver problemas realmente grandes tales como innovar más de manera más efectiva o facilitar un crecimiento empresarial sostenible. Al final toda innovación se basa en el pensamiento. Entender mejor nuestra manera de pensar, nos puede llevar a ser más efectivos en cómo innovamos y también nos puede ayudar a expandir el alcance de hacia dónde innovamos. ×

Bibliografía

1. Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation Inspired By Nature* (1st ed.). New York, NY: William Morrow.
2. Helms, M., Vattam, S., & Goel, A. (2008). Compound Analogical Design, Or How to Make a Surfboard Disappear. In *Proceedings of the 30th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, Washington DC: Cognitive Science Society. Descargado de <http://csjarchive.cogsci.rpi.edu/proceedings/2008/pdfs/p781.pdf>
3. Burke, J. (2007). *Connections* (Reprint edition). New York: Simon & Schuster
4. Root-Bernstein, R. (2011). The Art of Scientific and Technological Innovations – Art of Science Learning. Descargado el 4 de mayo de 2015, de http://scienceblogs.com/art_of_science_learning/2011/04/11/the-art-of-scientific-and-tech-1/
5. Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, 7(2), 155–170. [http://doi.org/10.1016/S0364-0213\(83\)80009-3](http://doi.org/10.1016/S0364-0213(83)80009-3)
6. Markman, A. (2014). *Smart Change: Five Tools to Create New and Sustainable Habits in Yourself and Others*. New York, New York: Perigee Books.



Detalle de la lámina de insectos 05: 1. *Scolia procer*. Asia tropical; 2. *Eulema dimidiata*. Brasil; 3. *Stilbum splendidum*. Cosmopolita; 4. *Bombus lapidarius incertus*. Arménia; 5. *Xylocopa tenuissima*. Asia tropical

Artista: E. A. Seguy, 1920-29 | Colecciones Especiales de las bibliotecas del Centro de Investigación de la NCSU



Portafolio
E.A. Seguy
Insectos en pochoir

Eugene Alain Séguy fue un artista de finales del siglo XIX que trabajó en París durante las primeras tres décadas del siglo XX. Produjo 11 álbumes de obras de arte, todas inspiradas en la observación del mundo natural. Aunque se enfocó en el diseño más que en las bellas artes o en la ciencia, su trabajo muestra una reproducción fiel y meticulosa de organismos, al igual que un estilo que abarcó la transición entre el Art Noveau y el Arte Moderno.

Durante ese breve periodo se hizo popular entre los artistas la técnica del pochoir, o estarcido, para reproducir obra gráfica de forma masiva. Se trata de un método iterativo de aplicación de líneas y de colores que utilizaba una serie de plantillas para aplicar diferentes pinturas y así construir una imagen multicolor final. Esto se hacía al estilo de línea de ensamble, pero todas las aplicaciones se hacían a mano de tal forma que cada obra terminada tenía una apariencia totalmente única. Un artista del calibre de Seguy podía expresar las pinceladas, transparencia, textura y gama de tonos y sombras. Los productos finales incluso podían tener un nivel de tridimensionalidad debido a la acumulación de las capas de pintura aplicada a mano. Hasta 100 plantillas se pueden usar en una sola obra, y éstas pueden estar hechas de metal, cartón aceitado o celuloide. Su requerimiento intensivo de mano de obra terminó por superar sus efectos artísticos, y la técnica perdió popularidad ante otros métodos como la litografía. x

Referencias:

<http://spec.lib.miamioh.edu/home/e-a-seguy-insects-and-the-art-of-pochoir/>

<http://www.georgeglazer.com/prints/nathist/butter/seguybutterinv/seguybutterinv.html>

<http://www.sflac.net/blog/2012/10/25/pochoir-technique-and-conservation/>

<http://www.sil.si.edu/ondisplay/pochoir/intro.htm>



Insectos

Artista: E. A. Seguy, 1920-29 | Centro de Investigación de Colecciones Especiales en las Bibliotecas de North Carolina State University

pp. 58 - 73: *Insectos* | Artista: E.A. Séguy, 1920-29 | Centro de Investigación de Colecciones Especiales (Special Collections Research Center) en las Bibliotecas de North Carolina State University.

Ilustraciones

Ilustración 1: 1. *Tacua speciosa*. Sudeste Asiático; 2. *Polyneura ducalis*. Sudeste Asiático; 3. *Cicada saccata*. Australia; 4. *Cicada fascialis*. Siam; 5. *Tozena melanoptera*. Sudeste Asiático

Ilustración 2: 1. *Goeana festiva*. Sudeste Asiático; 2. *Zammara tympanum*. Sudamérica; 3. *Goeana ochracea*. Sudeste Asiático; 4. *Phenax variegata*. Brasil; 5. *Hemisciera maculipennis*. Amazonas

Ilustración 3: 1. *Batocera Hector*. Isla de Java; 2. *Callichroma suturalis*. Guyana; 3. *Steirastoma lacerta*. Brasil; 4. *Rosalia alpina*. Europa; 5. *Batocera Wallacei*. Nueva Guinea

Ilustración 4: 1. *Sternotomis Imperialis*. Guinea; 2. *Sternotomis cornutus*. Madagascar; 3. *Callipogon Lemoinei*. Perú; 4. *Palimna annulata*. Cochinchina; 5. *Sternodonta pulchra*. Senegal

Ilustración 5: 1. *Scolia procer*. Asia Tropical; 2. *Eulema dimidiata*. Brasil; 3. *Stilbum splendidum*. Cosmpolita; 4. *Bombus lapidarius incertus*. Armenia; 5. *Xylocopa tenuiscapa*. Asia Tropica

Ilustración 6: 1. *Pepsis limbata*. Sudamérica; 2. *Chlorion lobatum*. Asia Tropical; 3. *Vespa crabro*. Europa; 4. *Monedula chilensis*. Chile; 5. *Pepsis errans*. Sudamérica

Ilustración 7: 1. *Pamphagus elephas*. Argelia; 2. *Tropidacris dux*. Sudamérica; 3. *Cyrtacantacris tartarica*. Asia; 4. *Aularches miliaris*. Asia; 5. *Phymateus saxosus*. Madagascar

Ilustración 8: 1. *Horaeocerus nigricornis*. Madagascar; 2. *Acrida miniata*. Argelia; 3. *Aularches miliaris*. Asia; 4. *Phymateus Brunneri*. África Tropical; 5. *Acanthodis imperialis*. Asia

Ilustración 9: 1. *Nemopistha imperatrix*. África Occidental; 2. *Tomatares citrinus*. África Austral; 3. *Neuroclasis chinesis*. Asia; 4. *Aeschna Cyanéa*. Europa; 5. *Mnais earnshawi*. Indochina

Ilustración 10: 1. *Calopterix*. Australia; 2. *Diphlebia nymphoides*. Australia; 3. *Palpares imperator*. Madagascar; 4. *Calopterix*. Asia; 5. *Nemoptera sinuata*. Región Mediterránea

Ilustración 11: 1. *Amaurodes Passerinii*. Mozambique; 2. *Inca clathratus*. Perú; 3. *Histrionica euchroea*. Madagascar; 4. *Cerathorhina derbyana*. Mozambique. 5. *Goliathus giganteus*. Camerún

Ilustración 12: 1. *Rhabdotis sobrinis*. Nubia; 2. *Gnathocera varians*. Senegal; 3. *Coelorrhina guttata*. Guinea; 4. *Euchrea celestis*. Madagascar; 5. *Gymnetis Touchardii*. Venezuela

Ilustración 13: 1. *Catoxantha gratiosa*. Indochina; 2. *Catoxantha opulenta*. Malaca; 3. *Lampropepla Rothschildii*. Madagascar; 4. *Polyphylla Petiti*. México; 5. *Lyoreus Alluaudi*. Madagascar

Ilustración 14: 1. *Entymus imperialis*. Brasil; 2. *Curculionide*. Caracas; 3. *Entymus splendidus*. Brasil; 4. *Curculionide*. Brasil; 5. *Entymus*. Brasil

Ilustración 15: 1. *Phanoeus conspicillatus*. Brasil; 2. *Phanoeus imperator*. Argentina; 3. *Cyclommatus tarandus*. Borneo; 4. *Pachilis gigas*. México; 5. *Phanoeus ensifer*. Guayana

Ilustración 16: 1. *Lycorna imperialis*. Syllhet; 2. *Hotinus maculatus*. Sudeste Asiático; 3. *Hotinus gemmatus*. Sudeste Asiático; 4. *Hotinus Delesserti*. Sudeste Asiático; 5. *Hotinus candellarius*. China



































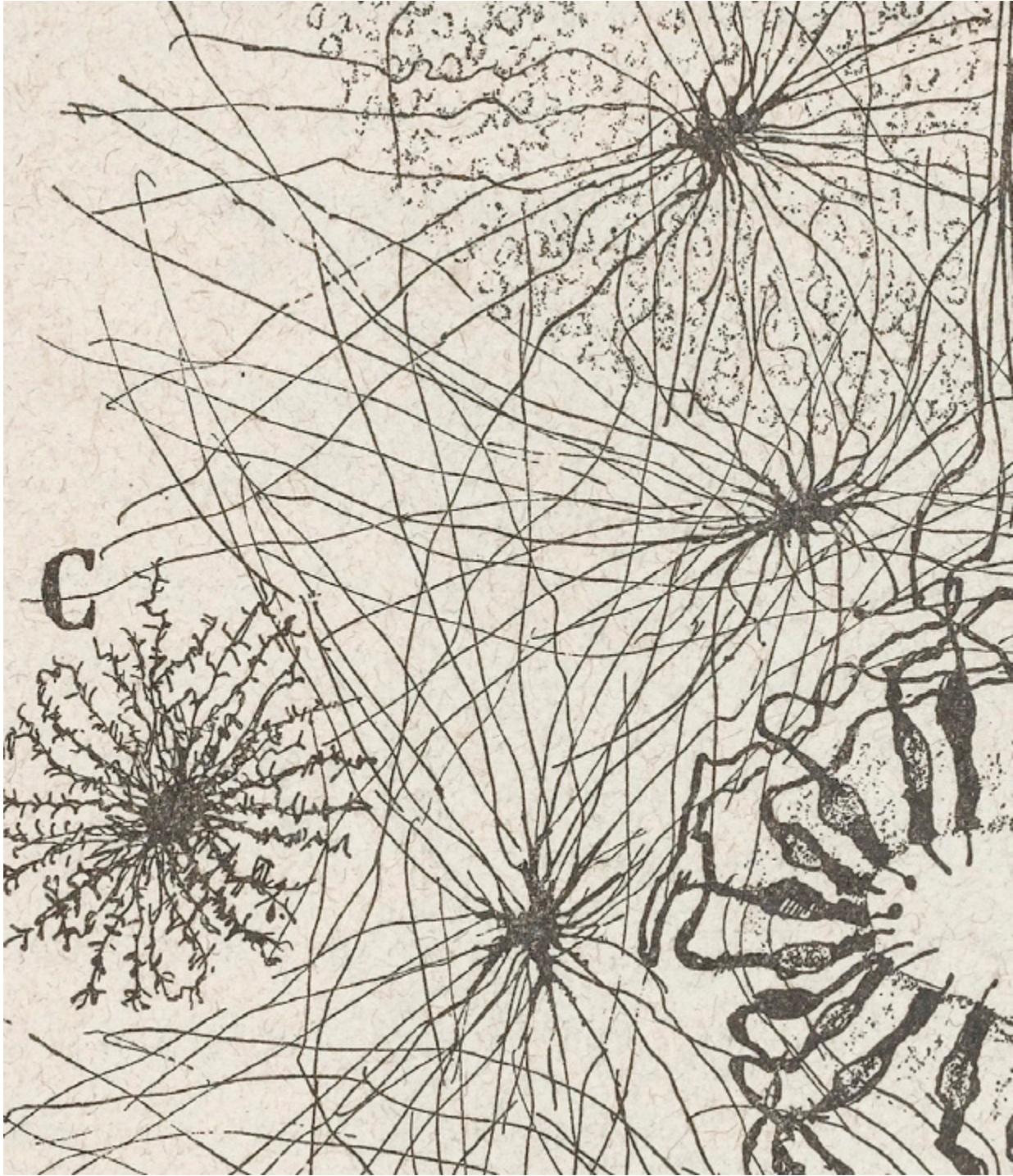
→ Cóndor real (*Sarcoramphus papa*) | Venezuela, Caracas
Foto: Paolo Costa Baldi, 2012 | Wikimedia Commons



Personas

Entrevista con

Rick Dove y Jeffrey M. Karp



Neuroglia (detalle) de la región y porciones centrales grises próximas de la sustancia blanca de la médula espinal de un niño de ocho días (método de Golgi)

Dibujo: Santiago Ramon y Cajal, 1899 | Wellcome Library, Londres | Wikimedia Commons

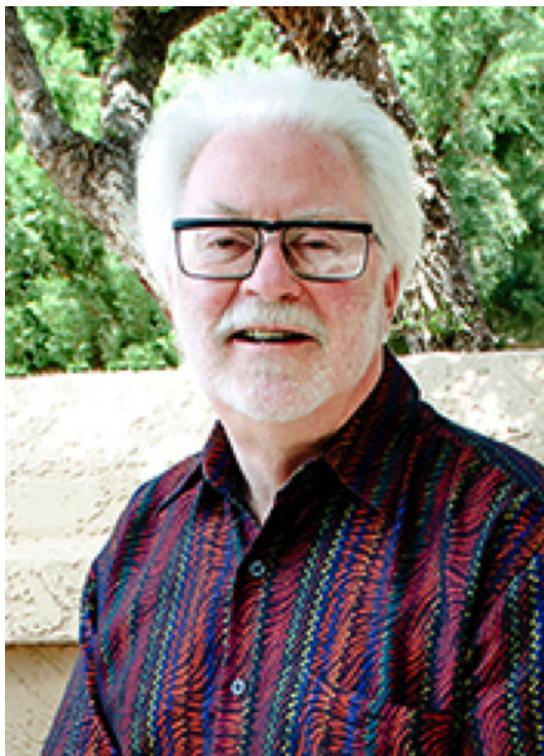


Entrevista con
Rick Dove

Rick Dove vive en el condado de Taos, Nuevo México, en poco más de tres hectáreas en las montañas a 2.500 msnm. Rick tiene experiencia en el emprendimiento como fundador y administrador en todos los puestos de nivel directivo, y ha realizado una variedad de funciones ejecutivas interinas de solución de problemas y administración de programas en organizaciones establecidas. Es coinventor de la primera máquina electrónica franquadora de sellos, y encabezó el proceso inicial de ingeniería y su subsecuente introducción en el mercado de lo que es hoy una tecnología presente en todo el mundo. Hacia el final de la década de los ochenta lideró el desarrollo de la primera agenda de investigación para el Centro Na-

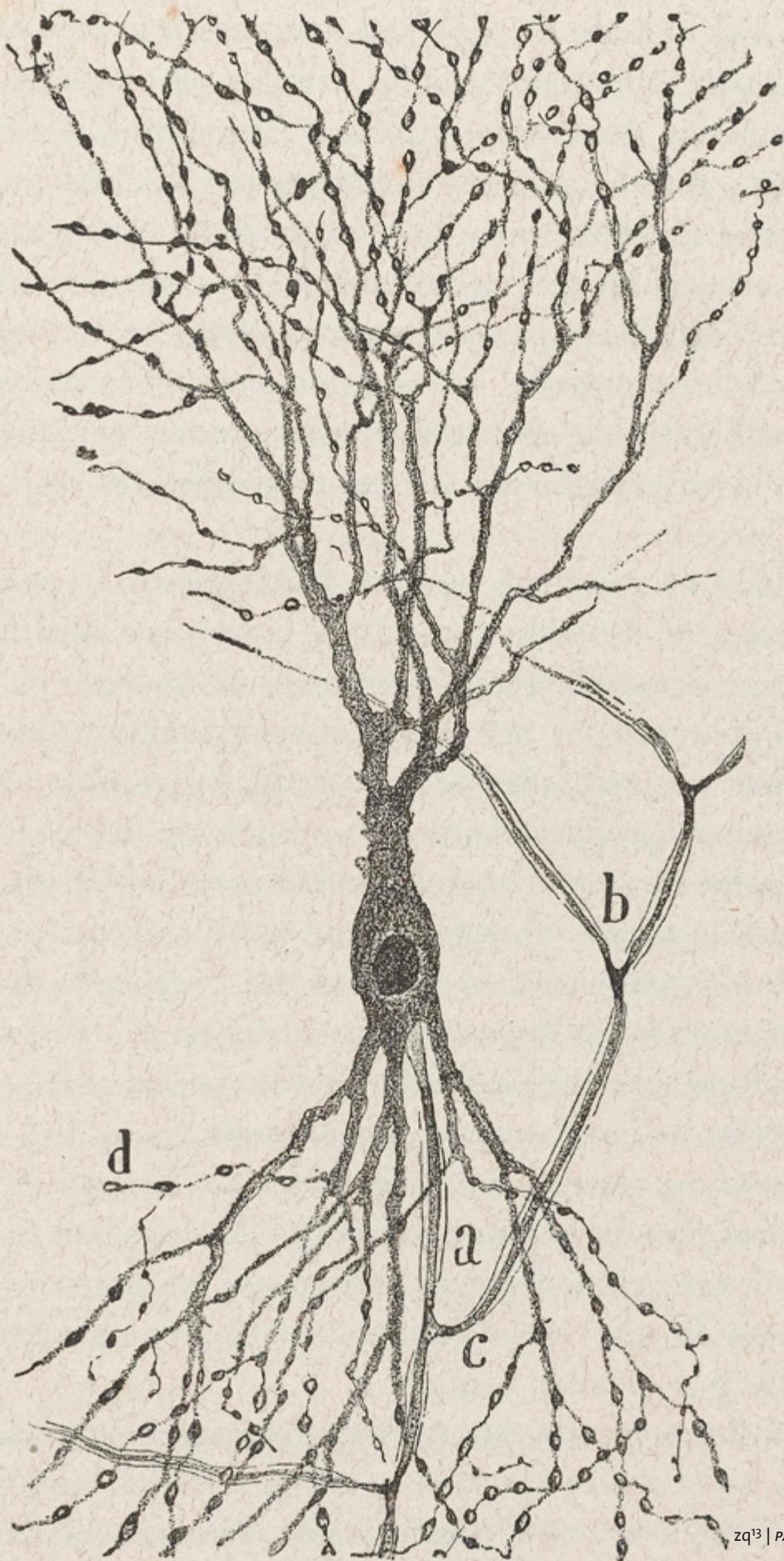
cional de Ciencias de la Fabricación (National Center for Manufacturing Sciences), y organizó los mecanismos de investigación de este consorcio colaborativo. En 1991 fue codirector de investigación para el estudio Lehigh, financiado por el Departamento de la Defensa de los Estados Unidos de Norteamérica, gracias al cual se introdujeron los conceptos de sistemas y empresas ágiles, y dirigió la investigación subsecuente, financiada por DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency - Agencia para proyectos de investigación avanzada en defensa), durante los años noventa; esta investigación estableció las reglas básicas de sistemas para los sistemas ágiles de todos los tipos. Hacia el final de la década de los noventa estuvo al frente de talleres colaborativos para la industria e introdujo los conceptos de agilidad en una variedad de industrias mediante un proceso llamado Realsearch, una manera de aprendizaje por acción colaborativa.

Es CEO/CTO de Paradigm Shift International, una empresa de investigación aplicada especializada en conceptos y educación en sistemas ágiles; además está al frente de la investigación y desarrollo de seguridad de sistemas ágiles autoorganizados para proyectos financiados por el Departamento de Seguridad Nacional (DHS, por sus siglas en inglés) y por la Oficina del Secretario de Defensa (OSD, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos. Es socio de Kennen Technologies, y fue director de investigación en los proyectos financiados por DHS que demostraron prueba de concepto; además construyó prototipos para aplicar la tecnología del procesador de patrones VLSI, patentada por Kennen, a aplicaciones bioinspiradas avanzadas para la solución de problemas. Esta tecnología de procesador de patrones estará en el mercado a partir de 2015. Rick es profesor adjunto en el Stevens Institute of Technology, donde desarrolla y enseña cursos



Célula gigante de la porción inferior del asta de ammon del conejo. Método de Ehrlich-Bethe. a. axón. c, colateral del asta ramificada en b, d varicosidades de las expansiones dendríticas

Dibujo: Santiago Ramon y Cajal, 1899 | Wellcome Library, Londres | Wikimedia Commons



de posgrado básicos y avanzados en sistemas ágiles e ingeniería de sistemas. Se graduó de la Universidad Carnegie Mellon como Ingeniero Electricista (BSEE).

Norbert: En una presentación que hiciste para el Grupo de trabajo de sistemas naturales (Natural Systems Working Group) por parte del Consejo Internacional de Ingeniería de Sistemas (INCOSE, por sus siglas en inglés), hablaste de un proyecto de descubrimiento de patrones que abstraer los patrones de seguridad en los sistemas naturales. ¿Qué te llevó por este camino?

Rick: La investigación aplicada es donde me gusta trabajar. En el área de seguridad de los sistemas naturales, tuve que hacer la investigación antes de poder aplicarla. La seguridad de sistemas está siendo incrementalmente asimétrica con ataques que cambian mucho más rápido que nuestra capacidad de respuesta. Se requiere un nuevo acercamiento con base en sistemas autoorganizados y arquitecturas de sistemas ágiles “que demuestren la habilidad de sobrevivir, incluso prosperar, en ambientes inciertos e impredecibles”. (Dove & LaBarge, 2014). Tradicionalmente los patrones se abstraen de un cuerpo maduro de trabajo que no existe en esta área, y entonces busqué patrones en los sistemas naturales. Lo que incitó a abrir este camino fue la jerarquía de necesidades de Maslow, el trabajo de Carl Woese sobre la transferencia horizontal de genes y el trabajo de Christopher Alexander con patrones arquitectónicos. El hecho de que la estrategia de seguridad en general está fallando nos dio el ímpetu para enfocarnos en esta área, y nos ofreció una propuesta de valor para financiar el trabajo para desarrollar la aplicación de patrones. Cada año gastamos más en seguridad y

cada año perdemos más en violaciones de seguridad. La evolución biológica funciona sólo porque la biología ha encontrado estrategias para mantenerse viva en un mundo incierto e impredecible.

Norbert: ¿Entonces la seguridad es tu campo de enfoque?

Rick: Es sólo una de unas cuantas áreas de enfoque específico, y todas caben en un área más general de enfoque en la ingeniería de sistemas adaptables. Hace veinticinco años fui codirector de investigación en un proyecto que identifiqué a las empresas ágiles y sistemas ágiles como una capacidad necesaria para hacer frente a la creciente incertidumbre e imprevisibilidad en el ambiente operativo de los sistemas. Ésta ha sido mi misión desde entonces. La llevo a cabo descubriendo y explorando lo que le permite a los sistemas ser altamente adaptables. Al principio estudiábamos los sistemas hechos por el ser humano y produjimos un libro en 2001 que expuso los principios fundamentales de los sistemas ágiles con ejemplos de aplicación y modelos de referencia. Estos sistemas son de un tipo que yo llamo *sistemas reconfigurables* que pueden adaptarse a requerimientos cambiantes, una materia que enseñé en el Stevens Institute of Technology en el departamento de posgrado de Ingeniería de Sistemas. En 2005 comencé a analizar los sistemas que yo clasifiqué como *sistemas reconfigurantes*, los que tienen capacidad sistémica de autoorganización. Mi trabajo en el área me llevó a los sistemas naturales como fuente de inspiración, y al desarrollo de un segundo curso de posgrado que explora una gran variedad de tipos de sistemas naturales buscando principios

y patrones comunes subyacentes. Es fácil encontrar paralelismos en el área de seguridad de los sistemas naturales. Los organismos resuelven primero el alimento y la seguridad para vivir un día más. De manera similar, el espacio de la seguridad está compitiendo contra una comunidad autoorganizada de agresores ágiles por lo que se encuentra en la imperiosa necesidad de estrategias de defensa que tengan al menos el mismo nivel de agilidad.

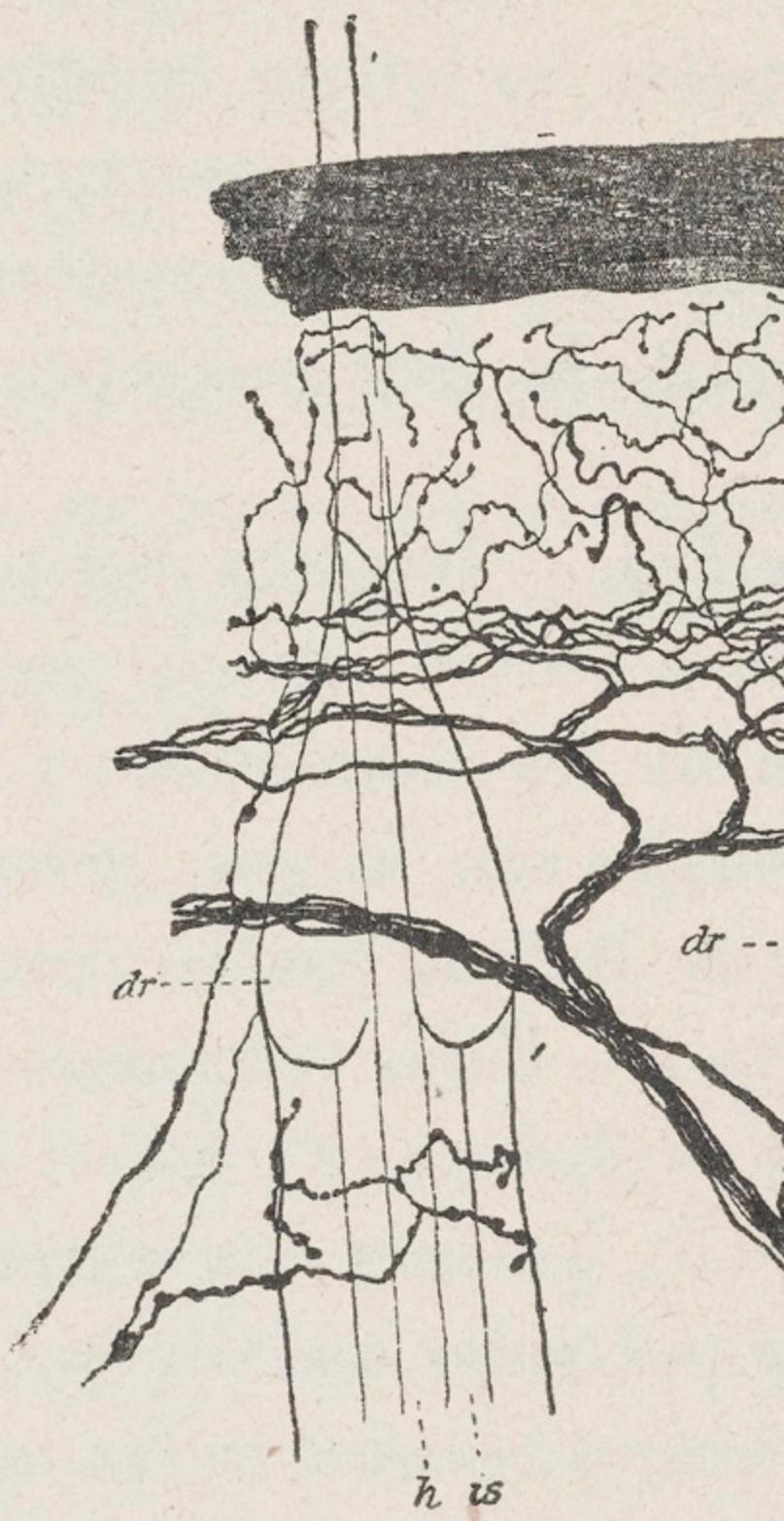
Norbert: Primero cuéntame más sobre estos fascinantes patrones de seguridad que fueron biomiméticamente inspirados.

Rick: Como viste en la presentación de INCOSE, hemos aprendido y aplicado un mecanismo muy útil modelado a partir del adaptable sistema inmunológico. El revolucionario trabajo inicial de Stephanie Forrest en la Universidad de New Mexico y el Santa Fe Institute fue pionero en usar modelos para la seguridad basados en el sistema inmunológico. Pero no era tan fácil traducir ese trabajo con alta fidelidad usando la tecnología y las técnicas actuales. El sistema inmunológico despliega cerca de 109 diferentes detectores de anticuerpos para cubrir en su totalidad el posible espacio de patrones de los invasores biológicos. Genera posibilidades aleatorias para los detectores en un ciclo continuo de dos meses. En el ámbito de la seguridad cibernética, el número de patrones posibles de invasores es mucho mayor, más allá de la capacidad de la tecnología computacional tradicional para detectar patrones de invasores nunca antes vistos. Con un nuevo enfoque lo suficientemente barato para proteger cada nodo individual en una red, demostramos cómo un espacio de 10¹⁵ patrones

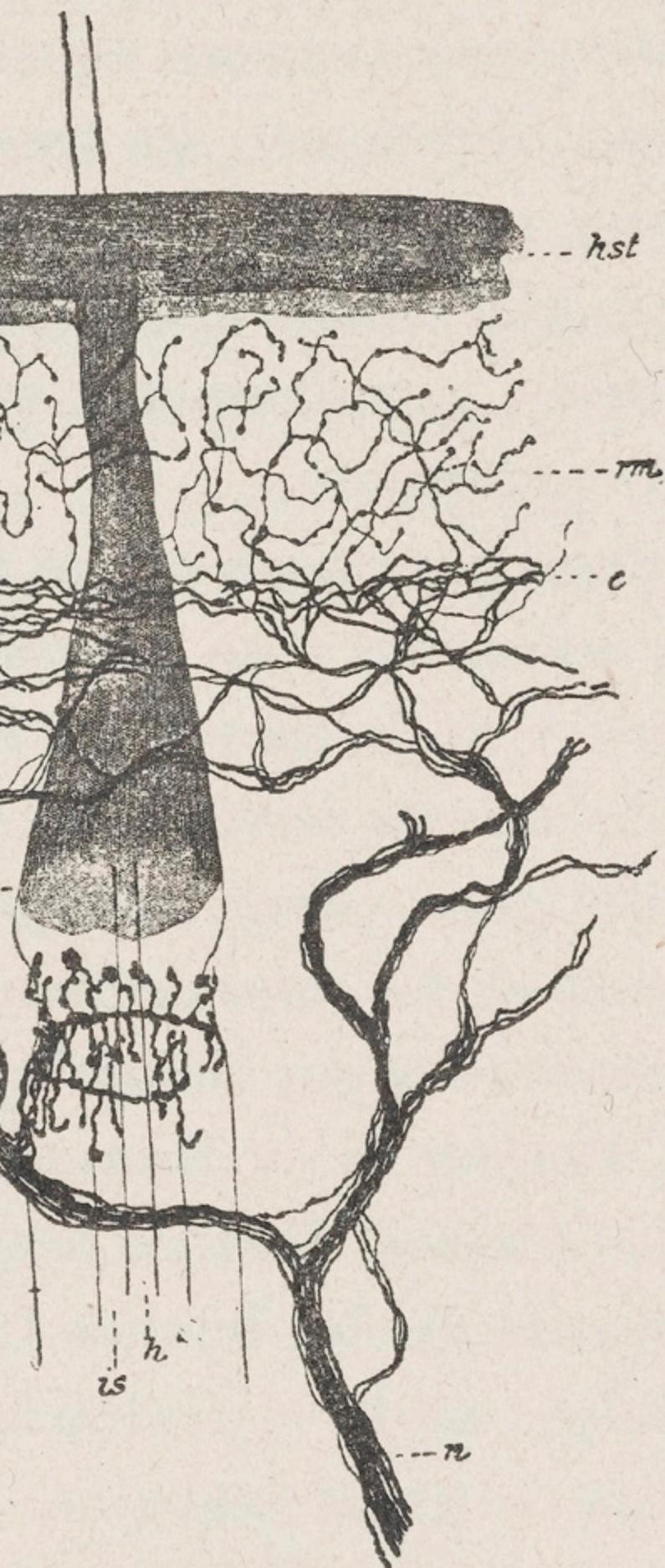
podía cubrirse de manera continua a una alta velocidad de transmisión de datos en un espacio de almacenaje de patrones muy pequeño. 10¹⁵ patrones no es el límite, sino solamente la cantidad que elegimos para un prototipo de prueba de concepto. Lo que hicimos fue imitar y mejorar un modelo de alta fidelidad de detección de invasores del sistema inmunológico.

Norbert: En tu presentación mostraste un mecanismo que modela el cerebro en cuanto a aprendizaje y creación de sentido.

Rick: Éste es mi favorito, ya que solamente usa la simple capacidad de reconocimiento de patrones para el aprendizaje, el reconocimiento y la creación de sentido. Además tiene aplicación en muchas áreas, no sólo en seguridad. Utilizo la corteza visual y la corteza auditiva para explicar el proceso, pero toda la corteza cerebral trabaja de la misma manera. La corteza tiene una arquitectura jerárquica de patrones que agrupa los patrones de un nivel en primitivos en el siguiente nivel. La corteza visual, por ejemplo, reconoce objetos en el cuarto nivel en alrededor de 100 milisegundos. Sabe que hay un rostro en el campo de visión. En el cuarto nivel no sabe a quién pertenece el rostro ni qué emociones se expresan; eso sucede en niveles más altos. El primer nivel tiene alrededor de 100 detectores de patrones, que buscan bordes representados esencialmente por múltiples píxeles que vienen de la retina. Los detectores de bordes reconocen los bordes que tienen diferentes largos, diferentes ángulos y blanco sobre negro o viceversa. Un detector de bordes que iguala la transmisión de píxeles la agrupa en un solo elemento primitivo para el nivel 2. El nivel 2 busca combinaciones



Terminaciones nerviosas de la rata | Dibujo: Santiago Ramon y Cajal, 1899 | Wellcome Library, Londres | Wikimedia Commons



de bordes en una proximidad espacial. Nuevamente parece que sólo se reconocen 100 combinaciones. El nivel 3 también hace lo mismo, pero buscando combinaciones de combinaciones. La literatura contiene algunos indicios de que, nuevamente, el número de detectores de patrones en este nivel es aproximadamente 100. En el nivel 4 ese mismo proceso de agrupamiento identifica objetos generales en lo que se conoce como “reconocimiento inmediato”. Sospecho que el límite de 100 detectores evolucionó de la optimización biológica de la propagación de la energía, la velocidad a la que viaja la señal, y el espacio físico de la conexión neuronal. Esta sencilla arquitectura conservadora de recursos indica que algo menos que una súper computadora podría ser capaz de lograr algo similar.

Para cambiar de metáfora, piensa cómo aprendiste tu lengua materna en la infancia escuchando los ruidos que hacía la gente. Conceptualmente, se usa la misma arquitectura cortical. El nivel 1 aprende sonidos repetitivos: fonemas. El nivel 2 aprende combinaciones repetitivas de fonemas como palabras. El nivel 3 aprende combinaciones repetitivas de palabras como frases gramaticales. El nivel 4 aprende combinaciones repetitivas de frases como gramática de la oración o enunciado.

Construimos un prototipo de factibilidad de software que permaneció frente a un servidor de red y escuchó la conversación de la transmisión de datos entrantes; con el tiempo, aprendió a distinguir entre la conversación normal del servidor y palabras, gramática y oraciones nunca antes escuchadas. Todo el tiempo está en modalidad de aprendizaje, pero no suena su alarma sino hasta que atraviesa un umbral de aprendizaje suficiente que le permite entender una con-

versación razonable y súbitamente escucha algo nuevo. En este momento pide la decisión de un ser humano para clasificar esta novedad como benigna, sospechosa o reconocida como maligna. Logramos cero falsos positivos y cero falsos negativos simultáneamente en un servidor SQL. Queríamos hacer esto usando dispositivos industriales de control de sistemas, en los que las conversaciones son más regulares y la amenaza a la seguridad en la infraestructura crítica nacional más urgente, pero como no teníamos acceso a esas transmisiones de datos, el servidor SQL satisfizo nuestra necesidad de probar este enfoque general.

Una meta primordial de este trabajo era lograr un aprendizaje que sucediera de manera parecida a como ocurre en una red neuronal natural, sin recurrir al uso intenso de matemática computacional que se observa típicamente en las redes neuronales artificiales. La propagación inversa, por ejemplo, es un algoritmo respetado de aprendizaje de redes neuronales artificiales para el descubrimiento convergente de los parámetros óptimos en un modelo matemático complejo de la red --un método de prueba y error que sabe cuál debe ser la salida de la red para una entrada determinada y retroalimenta la magnitud de los errores para ajustar todos los parámetros de la ecuación para el siguiente ciclo de prueba y error. Este algoritmo converge de manera efectiva con valores óptimos de los parámetros. No hay evidencia de que el cerebro haga esto, pero aun así el cerebro sigue siendo el punto de referencia para el reconocimiento de patrones.

Norbert: Resaltaste mucho la importancia de la transferencia horizontal de genes como fuente de inspiración.

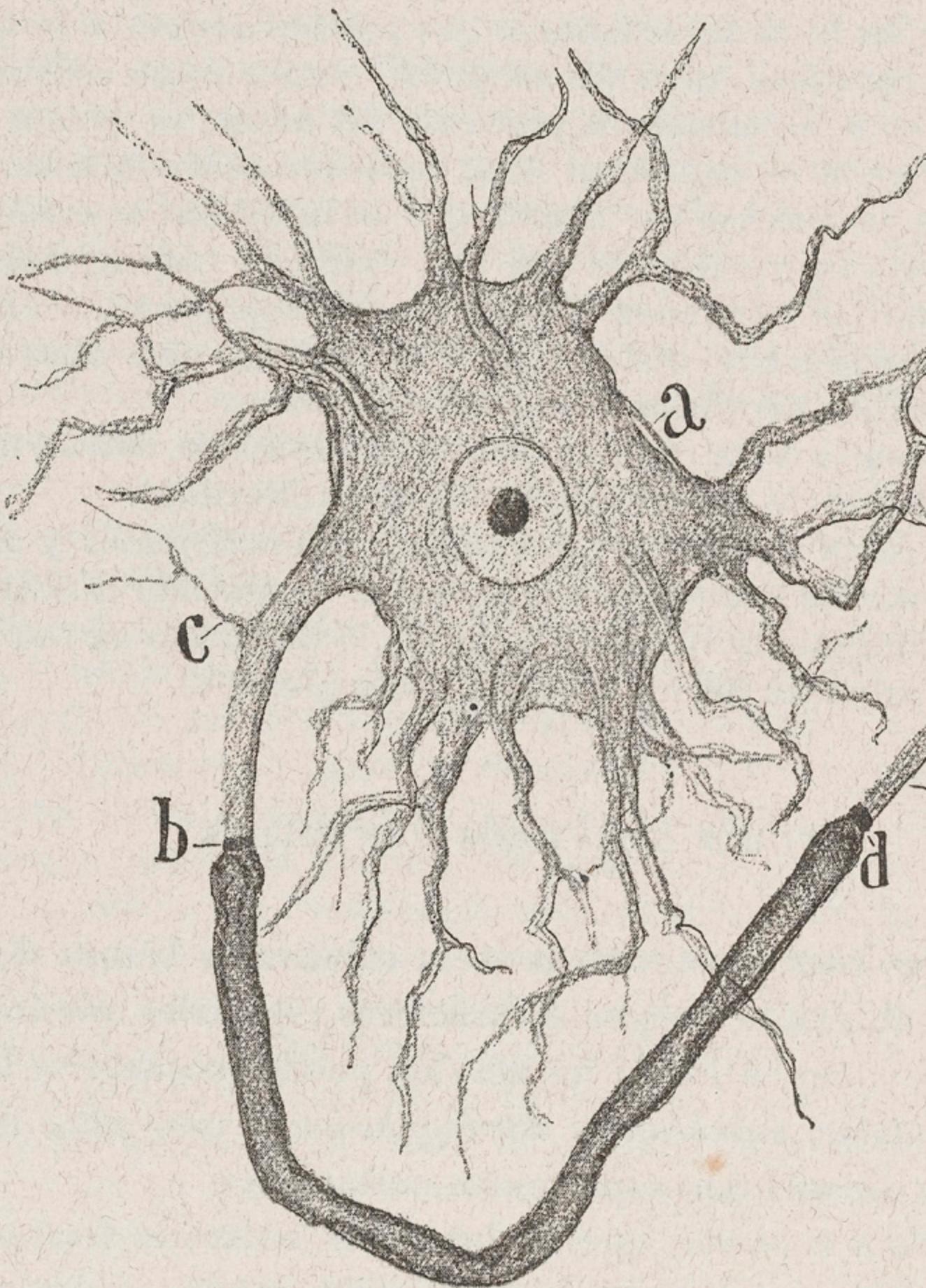
Rick: Éste es el trabajo seminal de Carl Woese, quien demostró que los genes se transfieren entre las especies e incluso entre plantas y animales. En un sentido real esto es lo que hacemos en biomimesis --tomamos patrones que vemos en la biología y los empleamos en otros ámbitos. Woese sugiere que la verdadera innovación que ha ocurrido en la evolución de las especies es principalmente debido a este mecanismo de evolución horizontal y no a la evolución vertical de Darwin que refina un tema existente. Afortunadamente, para nosotros, estos genes trans-especie raramente se expresan, aunque permanecen en estado latente en nuestro ADN. La expresión en general ocurre cuando un organismo se encuentra bajo un alto estrés para sobrevivir que aparentemente detona la experimentación con la expresión genética. Si lo pensamos un poco, vemos este proceso reflejado en el libro de Clayton Christiansen "*El dilema de los innovadores*", en el que una corporación funcional reprime las ideas radicales que se perciben como amenazas para el sistema organizacional existente. La mayor parte de la innovación real de la que somos testigos ocurre a partir de la combinación de ideas empleadas en otros ámbitos para resolver un problema en un ámbito específico de una nueva manera, un concepto que yo llamo transferencia horizontal de memes. También considero esto como la parte central de los valores de diversidad de un grupo colaborativo.

La diversidad del pensamiento y conocimiento colaborativos genera entendimientos nuevos y

relevantes que probablemente no emergerían de una sola mente especializada, cegada por lo que ya conoce.

Norbert: ¿En qué estás trabajando en este momento?

Rick: Estoy tratando de descubrir lo que hay detrás del arte del diseño de sistemas adoptables --un método y pensamiento de diseño fundamental que hacen que la aceptación y uso de un sistema sea adoptable más que ejecutable. ¿A qué se debe que unos cuantos diseñadores repetidamente sean reconocidos y adquieran adeptos por los sistemas que diseñan? Nos interesan quienes son reconocidos por diseñar, en repetidas ocasiones, obras que se adoptan ampliamente. Yo estudio principalmente a los artistas que abarcan muchos ámbitos ya que la efectividad de su trabajo requiere que éste sea adoptado, y que sus diversos usuarios proclamen el éxito de los artistas mediante el uso voluntario extensivo y reconocimiento aclamado. Nuevamente, estoy buscando, fuera de la comunidad de ingenieros, patrones de intereses, en el intento de encontrar temas comunes que generen una adoptable aceptación por parte de los usuarios, así como gozo en el uso. ¿Qué fue lo que hizo sobresalir el trabajo de Frank Lloyd Wright? ¿En qué pensó y aplicó en su enfoque de diseño? Los principios que deseamos encontrar serán universales, y sospecho que tendrán mucho que ver con la profunda empatía por parte del usuario, con un entendimiento con base en el pensamiento sistémico del medio ambiente de uso y con la sinergia entre todas las partes de



un sistema simple pero complejo. Este proyecto de descubrimiento se realizará en una serie de talleres colaborativos este otoño.

También estoy trabajando en los principios para lograr un trabajo en equipo significativo e innovador entre voluntarios. Dirijo el grupo de trabajo de INCOSE para Sistemas Ágiles y Sistemas de Ingeniería, así como también Ingeniería de Sistemas de Seguridad. Todos los miembros son voluntarios que tienen trabajos fijos demandantes y se encuentran por todo el mundo. Mantenerlos motivados, inspirados y apoyados para producir resultados efectivos del proyecto en los tiempos deseados ha sido un reto con los más de 60 grupos de trabajo de INCOSE. Para mí esto es una misión que se está probando en mis grupos de trabajo y ya está demostrando buenos resultados.

Estoy también apasionadamente involucrado con otra cantidad de proyectos, que para algunos parecería que no tienen ninguna relación entre sí. He encontrado la manera de entenderlos a todos como sinérgicos. Para mí la clave es el enfoque en los principios sistémicos subyacentes que deben ser aplicados en diversos ámbitos.

Norbert: ¿Cuál es tu trabajo interdisciplinario favorito?

Rick: Hay tres que considero favoritos. El filósofo Dan Dennett escribió un libro de 1000 páginas sobre la selección natural llamado “La idea peligrosa de Darwin”. No me podía imaginar cómo me iba a mantener interesado más allá de algunos pocos capítulos. Lo que es asombroso es lo extendido y poderoso que es este algoritmo para impulsar la evolución de todo: ideas, tecnología,

sociedad y, por supuesto, organismos. La selección natural es un algoritmo incesante sin ningún objetivo en absoluto, pero con implicaciones muy profundas. El ambiente mata lo que es menos efectivo bajo una continua experimentación.

El libro “Repensando lo innato” (*Rethinking Innateness*) (Elman, et al.) está escrito con maestría, es sorprendentemente legible y absolutamente fascinante. Trata sobre la arquitectura del cerebro, que nace virtualmente sin contenido, pero está organizado para un aprendizaje compulsivo de su ambiente. Creo que el único contenido presente durante el nacimiento se relaciona con las características generales que indican la presencia de un rostro en el campo de visión, y parece que el reconocimiento en las serpientes también es innato.

Carlson, Doyle y Csete han escrito un número de artículos sobre sistemas biológicos complejos, y muestran patrones fundamentales que se reflejan en tal cantidad de ámbitos diferentes que podrían ser leyes naturales universales de los sistemas. Argumentan que debajo de toda esa aparente complejidad de la biología celular existen patrones muy simples de sistemas que aparecen repetidamente en la mayoría de los sistemas complejos de cualquier tipo. Recomendando altamente echar un vistazo a lo que llaman el patrón de corbata de moño (bow tie pattern) por su sencilla elegancia y su amplia aplicación.

Norbert: ¿Qué trabajo has visto últimamente que te haya emocionado?

Rick: Acabo de pasar todo un día viendo los videos de una conferencia del Grupo de Productos y Tecnología Avanzada de Google (ATAP, por

Célula del lóbulo cerebral eléctrico del torpedo. Coloración por el líquido de boberi.

Dibujo: Santiago Ramon y Cajal, 1899 | Wellcome Library, Londres | Wikimedia Commons

sus siglas en inglés). Estoy impresionado con el diseño deliberado del sistema detrás de lo que ATAP, como una máquina de innovación, hace y cómo lo hace. Encaja con todo lo que he estado trabajando y con lo que hemos hablado aquí. Diseñaron un sistema complejo con fundamentos sencillos que apalanca recursos verdaderamente extraordinarios organizados en un patrón de corbata de moño. ATAP funciona como el nudo de la corbata de moño, diseñando y ofreciendo una infraestructura de desarrollo que permite a un gran número de desarrolladores dar servicio a un enorme número de oportunidades de aplicaciones tecnológicas en lo que yo considero ser un diseño clásico de sistema ágil.

Norbert: ¿A quién admiras?

Rick: A Carl Woese porque fue menospreciado durante muchos años, pero ha perseverado y triunfado al lograr nuevos grandes conocimientos que ahora ya son aceptados; a Frank Lloyd Wright por la manera en la que integra el diseño de sistemas con el ambiente y el humanismo de sus usuarios; a Christopher Alexander, porque busca la verdad eterna; y a Bill Gates y Warren Buffet por que aplican su tiempo y sus recursos a la solución de grandes problemas que pueden hacer una enorme diferencia en el mundo. Puedo nombrar a otros más, pero con ellos es suficiente.

Norbert: ¿Cuál es tu cita favorita?

Rick: Espero que nuestras citas favoritas sean enunciados concisos y muy personales que articulen lo que ya creemos. Nolan Bushnell, el fundador de Atari, fue citado hace algún tiempo en

el San Francisco Chronicle diciendo: “Las ideas son desecho, la implementación lo es todo. Cualquiera que esté en la ducha por más de 10 minutos, genera más ideas de las que se pueden implementar en una vida.” Con frecuencia encuentro razones para informar a la gente sobre esto. También William Gibson, por su repetidamente citada “El futuro ya está aquí, sólo que no está distribuido equitativamente.” Este pensamiento impulsa mi búsqueda de las oportunidades de transferencia horizontal de memes.

Norbert: ¿Cuál es tu idea de la felicidad perfecta?

Rick: Seguir una misión con pasión.

Norbert: ¿Sino fueras quien eres, quién o qué serías?

Rick: En tercer grado de primaria, cuando me preguntaban qué quería ser de mayor, respondía con toda honestidad: un hombre sabio. Eso me parecía mucho mejor que convertirme en policía o ingeniero de ferrocarriles.. Pero aún no he crecido del todo, con lo que creo que aún estoy a tiempo. Hace un tiempo comencé a escribir un libro llamado “A propósito”, intencionalmente escrito con doble sentido. Avancé lo suficiente para saber que no lo terminaría. Hay tantas otras cosas por hacer. x

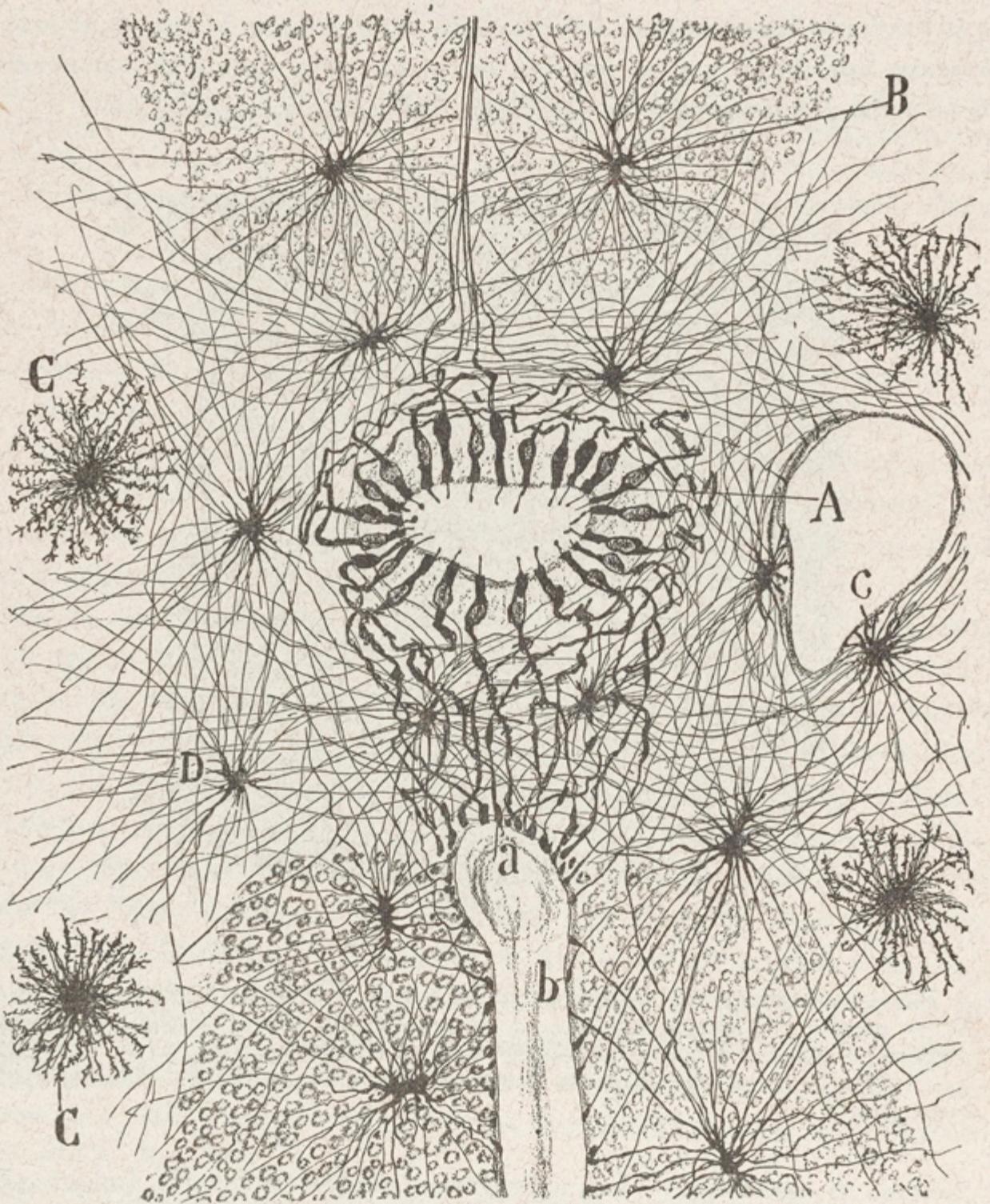
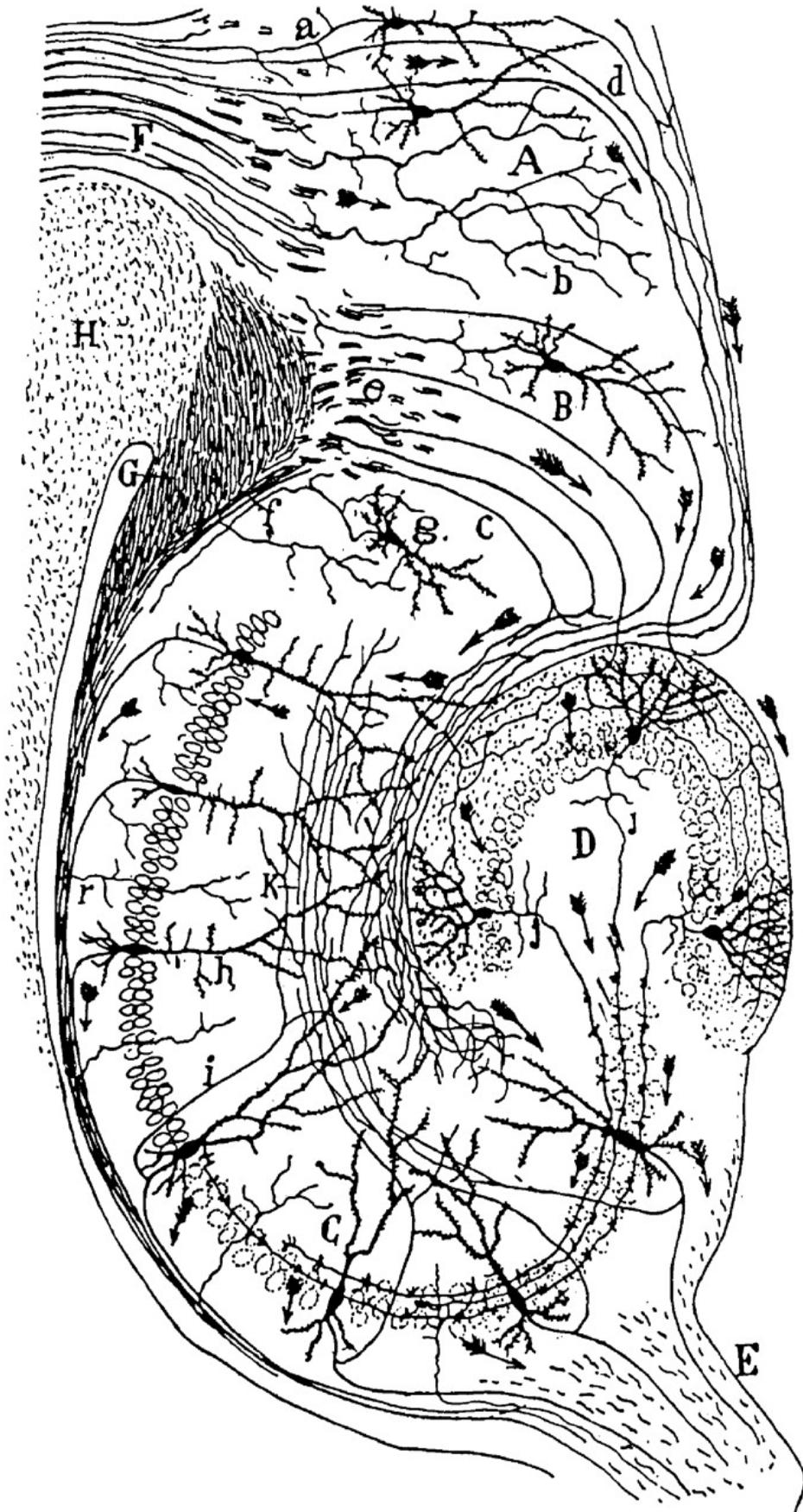


Fig. 77. — Neuroglia de la región central gris y porciones vecinas de la sustancia blanca de la médula espinal de un niño de ocho días (método de Golgi).—A, células del epéndimo; B, neuroglia de la sustancia blanca; C, neuroglia de cortas radiaciones; b, engrosamientos terminales de las hebras neuróglícas.



Referencias:

Carlson, J. M., & Doyle, J. (2002). Complexity and robustness. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(suppl 1), 2538–2545. Descargado de <http://gabriel.physics.ucsb.edu/~complex/pubs/robust.pdf>

Csete, M., & Doyle, J. (2004). Bow ties, metabolism and disease. *Trends in Biotechnology*, 22(9), 446–450. <http://doi.org/10.1016/j.tibtech.2004.07.007>. Descargado de: <http://arxiv.org/pdf/q-bio/0611013>

Dennett, D. C. (1996). *Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meanings of Life* (Reprint edition). New York: Simon & Schuster.

Dove, R., & Shirey, L. (2010). On discovery and display of agile security patterns. In *Conf Syst Eng Res, Stevens Institute of Technology, Hoboken, NJ*. Descargado de: http://www.researchgate.net/publication/228921356_On_discovery_and_display_of_agile_security_patterns

Dove, R., & LaBarge, R. (2014). Fundamentals of Agile Systems Engineering – Part 1 and Part 2. *INCOSE International Symposium*, 24(1). <http://doi.org/10.13140/2.1.5150.7847>

Dove, R. (2015). Natural-System Patterns for Systems Engineering of Agile Self Organizing Secu-

rity. Webinar presentado al Grupo de Trabajo en Sistemas Naturales, INCOSE 17 de abril. <http://www.parshift.com/s/Webinar-150417Natural-SystemSecurityPatterns.mp4>

Elman, J. L., Bates, E. A., Johnson, M. H., Karmiloff-Smith, A., Parisi, D., & Plunkett, K. (1997). *Rethinking Innateness: A Connectionist Perspective on Development* (Reprint edition). Cambridge, Mass.: A Bradford Book / The MIT Press.

Maslow, A. H. (1943). A theory of human motivation. *Psychological Review*, 50(4), 370. Descargado de <http://psychclassics.yorku.ca/Maslow/motivation.htm>

Woese, C. R. (2000). Interpreting the universal phylogenetic tree. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(15), 8392–8396. Descargado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC26958/pdf/pq008392.pdf>



Pegajoso

Foto: J. Paxon Reyes, 2012 | Flickr cc

Entrevista con
Jeffrey M. Karp

El Dr. Jeff Karp es Profesor Asociado en el Brigham and Women's Hospital, de la Escuela de Medicina de Harvard, miembro distinguido de la Facultad en el Harvard Stem Cell Institute, así como profesor afiliado en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) a través de la División de Ciencias y Tecnología de la Salud de Harvard-MIT. Sus investigaciones utilizan la ciencia de materiales y la biología de las células madre para solucionar problemas médicos, con un énfasis en los materiales a nano y micro escalas y en enfoques bioinspirados. Ha publicado más de 100 artículos y capítulos de libros y ha impartido más de 160 conferencias como invitado en el ámbito nacional e internacional, además de contar con 50 patentes registradas o en proceso. Varias de las tecnologías que el Dr. Karp ha desarrollado han servido de fundamento para múltiples productos que ya están en el mercado o que actualmente se encuentran en desarrollo, así como para

el lanzamiento de dos empresas, Gecko Biomedical y Skintifique. El trabajo del Dr. Karp ha sido reconocido por medios como la CNN, NPR Science Fridays, Boston Globe, ABC News, MSNBC, Fox News, CBC Quirks and Quarks, CanadaAM, BBC, LA Times, Forbes, National Geographic, Popular Science, the Washington Post, the New York Post, y Wired Magazine. En 2011 el Boston Business Journal reconoció al Dr. Karp como un Campeón de la Innovación del Cuidado de la Salud y en 2013 una de sus tecnologías fue premiada por el Instituto de Ingenieros Químicos (IChemE) como el Producto Más Innovador del Año. En 2008 la revista *Technology Review Magazine* (TR35), publicada por el MIT, también reconoció al Dr. Karp como uno de los principales innovadores en el mundo con menos de 35 años de edad (3 miembros de su laboratorio ya habían recibido este reconocimiento). Ha sido galardonado con el Premio Juvenil de Investigación (Young Investigator Award), otorgado por la Sociedad de Biomateriales, y su trabajo ha sido seleccionado como uno de "Los 20 principales nuevos logros en biotecnología que cambiarán al mundo de la medicina", por la revista *Mecánica Popular*. En 2013 el Dr. Karp fue aceptado en la Facultad de Colaboradores (College of Fellows) del American Institute for Medical and Biological Engineering y como Colaborador de la Fundación Kavli (Kavli Fellow). En 2014 dio una charla en TEDMED sobre innovaciones médicas bioinspiradas y en 2015 se hizo miembro del Consejo Asesor Editorial de TEDMED para ayudar a organizar los temas, conferencistas y artistas. El Dr. Karp también es un mentor reconocido. Fue seleccionado como el Profesor Mentor para Estudiantes Universitarios Más Destacado del MIT y recibió el premio de mentoría HST McMahon por ser el principal mentor entre todos los profesores para los alumnos de Harvard-MIT. Hasta la fecha, 17 alumnos que fueron guiados en su laboratorio han obtenido posiciones como docentes en instituciones en todo el mundo.



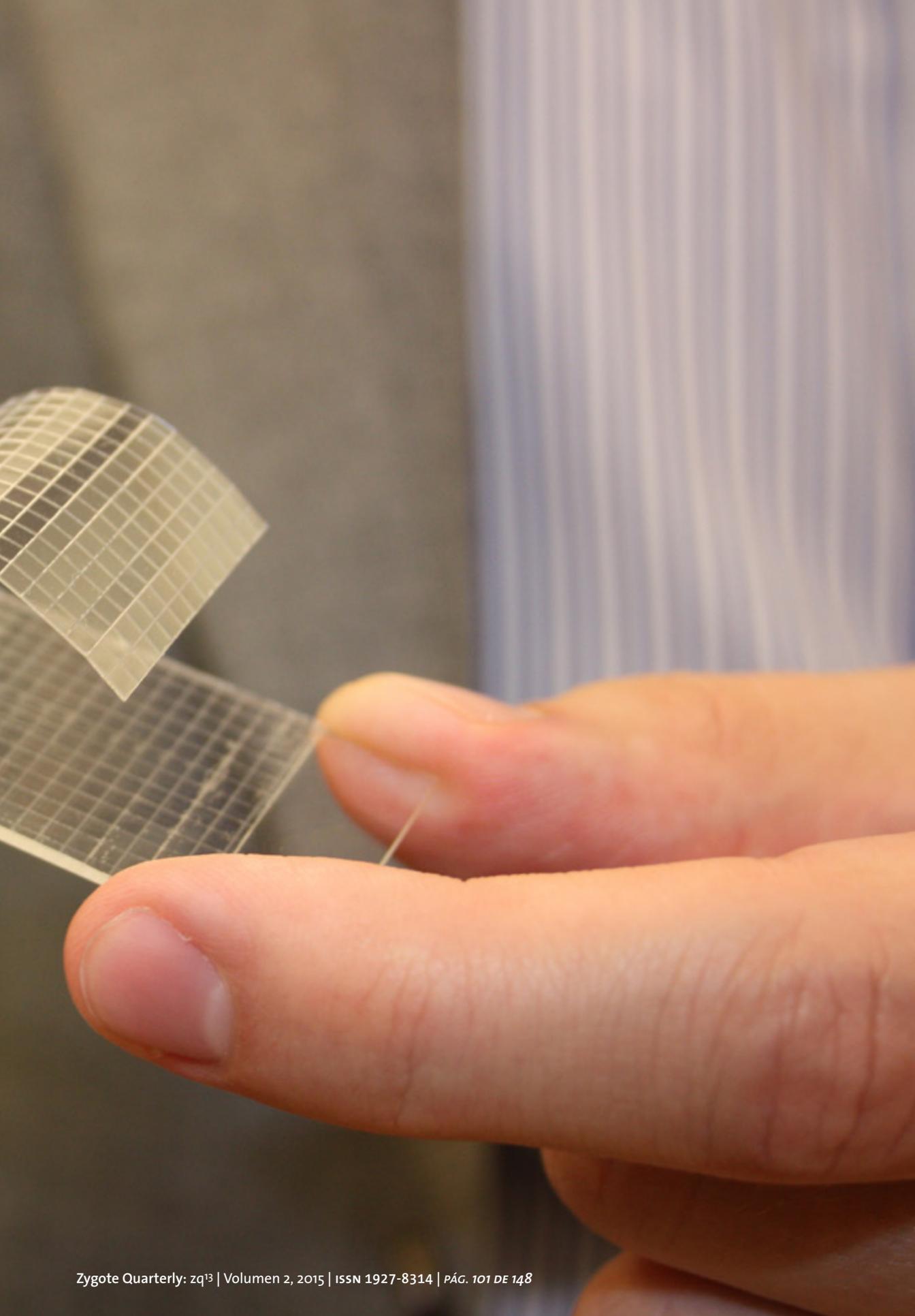
Jeffrey Karp



La parte trasera de un puerco espín | Foto: Mark Dumont, 2015 | Flickr cc



Cinta médica de despegue rápido | Foto cortesía de Jeffrey Karp



¿Cuáles son tus impresiones acerca del estado actual del diseño inspirado en la biomimesis o bioinspirado?

Hay muchos grupos que trabajan en el espacio, pero en mi opinión representan solamente la punta del iceberg de posibilidades.

¿Cuáles consideras que son los retos principales?

Como practicantes, estamos limitados por las herramientas con las que contamos para descubrir mecanismos en la naturaleza y por nuestra pasión por hacerlo.

¿En qué áreas nos deberíamos de estar enfocando para avanzar en este campo?

Hacer nuestro mejor esfuerzo para encontrar las mejores soluciones, una por una. También sería bueno tener una base de datos para que las personas que buscan resolver problemas puedan navegar con facilidad entre las soluciones de la naturaleza.

¿Cómo has desarrollado tu interés en la biomimesis / diseño bioinspirado?

Cuando estaba estudiando mi postdoctorado en MIT, leí un artículo que encontré sobre el laboratorio de un colega. Me intrigó este artículo que apareció en *Nature Nanomaterials* (Nanomateriales de la naturaleza) y que hablaba sobre el uso de adhesivos inspirados en el gecko. http://www.nature.com/nmat/journal/v2/n7/fig_tab/nmat917_F4.html

Hablo un poco más sobre esto en la charla que di para TEDMED en 2014. <https://www.youtube.com/watch?v=AshPR7OsZAO>

¿Cuál es tu mejor definición sobre lo que hacemos?

Es una buena pregunta. Tendré que pensar en ello.

¿Bajo cuál criterio deberíamos juzgar nuestro trabajo?

Creo que hay dos preguntas de primordial importancia que debemos plantearnos: “¿Estamos haciendo ciencia de manera rigurosa?” “¿Estamos ayudando a la gente?”

¿En qué estás trabajando en este momento?

Tenemos docenas de investigadores en nuestro laboratorio trabajando en muchas áreas, desde cómo llegar a las células mesenquimatosas, hasta un pegamento para reparar tejido, pasando por una “capa cuántica” para baterías de botón que las hace más seguras para los niños. (En el número 12 de ZQ aparece “Una situación resbalosa: En busca de un adhesivo quirúrgico óptimo”).

¿Qué trabajo/imagen has visto recientemente que realmente te haya emocionado?

Me han interesado muchas cosas de todo tipo. Algunas de mi cuenta de Twitter te darán una idea: <https://twitter.com/MrJeffKarp>. Por ese me-

dio comunico muchas noticias sobre biotecnología, negocios, biomimesis, y, por supuesto, ¡noticias importantes sobre Canadá!

Un ejemplo es el uso de bacterias como una herramienta de diagnóstico para la detección temprana de cáncer de colon y páncreas que hace metástasis en el hígado. Utilizando un probiótico administrado de manera oral, como el que se encuentra en el yogurt, y que ha sido modificado genéticamente para producir luminiscencia, los investigadores han desarrollado una señal reveladora que muestra la presencia de cáncer en el

hígado antes de que se extienda. El tejido del hígado se puede autorregenerar, por lo que es un mucho mejor lugar para eliminar el cáncer.

¿Cuál es tu obra favorita de biomimesis?

No creo tener una.

¿Cuál fue el libro que disfrutaste más recientemente?

No leo mucho.

¿A quién admiras? Por qué...

A las personas que son apasionadas.

¿Cuál es tu frase o cita favorita?

Parfraseando un pasaje de *Walden*, por Henry David Thoreau: "Sigue con confianza la dirección de tus sueños, vive la vida que has imaginado".

¿Cuál es tu idea de felicidad perfecta?

Amarse a uno mismo y luego hacer las cosas que le apasionan a uno... entonces uno se convierte en la chispa que inspira a otros a hacer lo mismo.

Si no hubieras sido científico/diseñador/educador, ¿quién/qué serías?

Agricultor.

×



Puerco espín

Foto: kookookachoo47, 2011 | Flickr cc



Miniatura de Hammarby Sjöstad

Foto: Joopey, 2006 | Wikimedia Commons



Ecología Urbana

Entrevista con

Björn Cederquist para Hammarby Sjöstad

Aunque las zonas urbanas son fuentes poco probables de bioinspiración, cada vez más los urbanistas utilizan un enfoque ecosistémico para la planificación de comunidades e infraestructuras. Estocolmo, Suecia, fue la primera ciudad denominada Capital Verde Europea por la Comisión de la Unión Europea (UE) en 2010. El desarrollo Hammarby Sjöstad es un proyecto de conversión de una extensa (área total de 1.6 km²) y deteriorada zona industrial de la ciudad en una comunidad urbana moderna y ambientalmente consciente. Esta dinámica comunidad es hogar de alrededor de 20,000 personas y se encuentra actualmente en sus fases posteriores de desarrollo. Un componente fundamental de este desarrollo urbano es la visión integral de cómo la energía, el agua y los residuos se movilizan en ciclos; un ecociclo simbiótico denominado Modelo Hammarby. (<https://hammarbysjostad20.se/background/?lang=en>).

La ciudad de Estocolmo estableció una meta ambiciosa para Hammarby Sjöstad: reducir su



Björn Cederquist es la cabeza de la comunicación para el proyecto Hammarby Sjöstad, y un arquitecto con la ciudad de Estocolmo

impacto ambiental a la mitad, en comparación con el resto de la ciudad. La comunidad produce el 50% de sus necesidades de calefacción y electricidad, principalmente a través del calor recuperado del agua residual tratada y de la energía de la combustión de sus residuos. Las tecnologías verdes innovadoras abundan en la comunidad, incluyendo techos verdes, instalaciones termo-solares y fotovoltaicas, un sistema centralizado de aspirado de residuos, y materiales de construcción sostenibles. Hammarby Sjöstad está diseñado para operar como un sistema, con espacios verdes conectados, extensas conexiones de transporte público, así como oportunidades para vivir, trabajar y jugar dentro de la misma comunidad. Las lecciones aprendidas de la experiencia Hammarby Sjöstad, incluyendo su enfoque integral de planificación y ecociclo, se están aplicando en otros proyectos urbanos en la ciudad.

¿Cuál es tu impresión del estado actual del campo de la biomimesis / diseño bioinspirado para los sistemas urbanos?

Para mí esto era un campo nuevo. Desde hace tiempo me ha interesado la ecología en el estilo de vida y el diseño/construcción, pero transformado a la escala de la planificación de ciudades me parece que cambia todo el esquema mental.



Hammarby Sjöstad: Plaza con elementos de agua | Foto: Design for Health, 2006 | Flickr cc



Hammarby Sjöstad | Foto: JohanFredriksson, 2014 | Wikimedia Commons





Vivienda sostenible, Hammarby | Foto: La Citta Vita, 2010 | Flickr cc



¿Cómo es que estás o estuviste involucrado en el proyecto?

He estado involucrado en la dirección del proyecto desde 1996. Mi trabajo se ha enfocado en la planificación social para la comunidad, incluyendo colegios, jardines de niños, atención a mayores, servicios de salud, tiendas, bibliotecas, iglesias y otros servicios. Es importante tener una comunidad dinámica, así que he estado trabajado para aumentar la diversidad de residentes, empresas y servicios.

¿Quién más está o ha estado involucrado en el proyecto y de qué manera?

Un proceso de planificación integral ha sido clave para el éxito del proyecto Hammarby Sjöstad, en el que se involucran a planificadores de vivienda y paisaje urbanos, expertos en ecología, desarrolladores inmobiliarios e ingenieros de la construcción. A principios del proceso se formó de manera espontánea una asociación de residentes, y desde entonces ésta ha crecido hasta convertirse en la base para fuertes iniciativas locales relacionadas con el ahorro en el uso de la energía, sostenibilidad social y manejo del tráfico.

¿Qué componentes clave de un ecosistema se incorporaron en el diseño del proyecto?

Agua, energía (calefacción y electricidad) residuos, transporte y planeación verde.

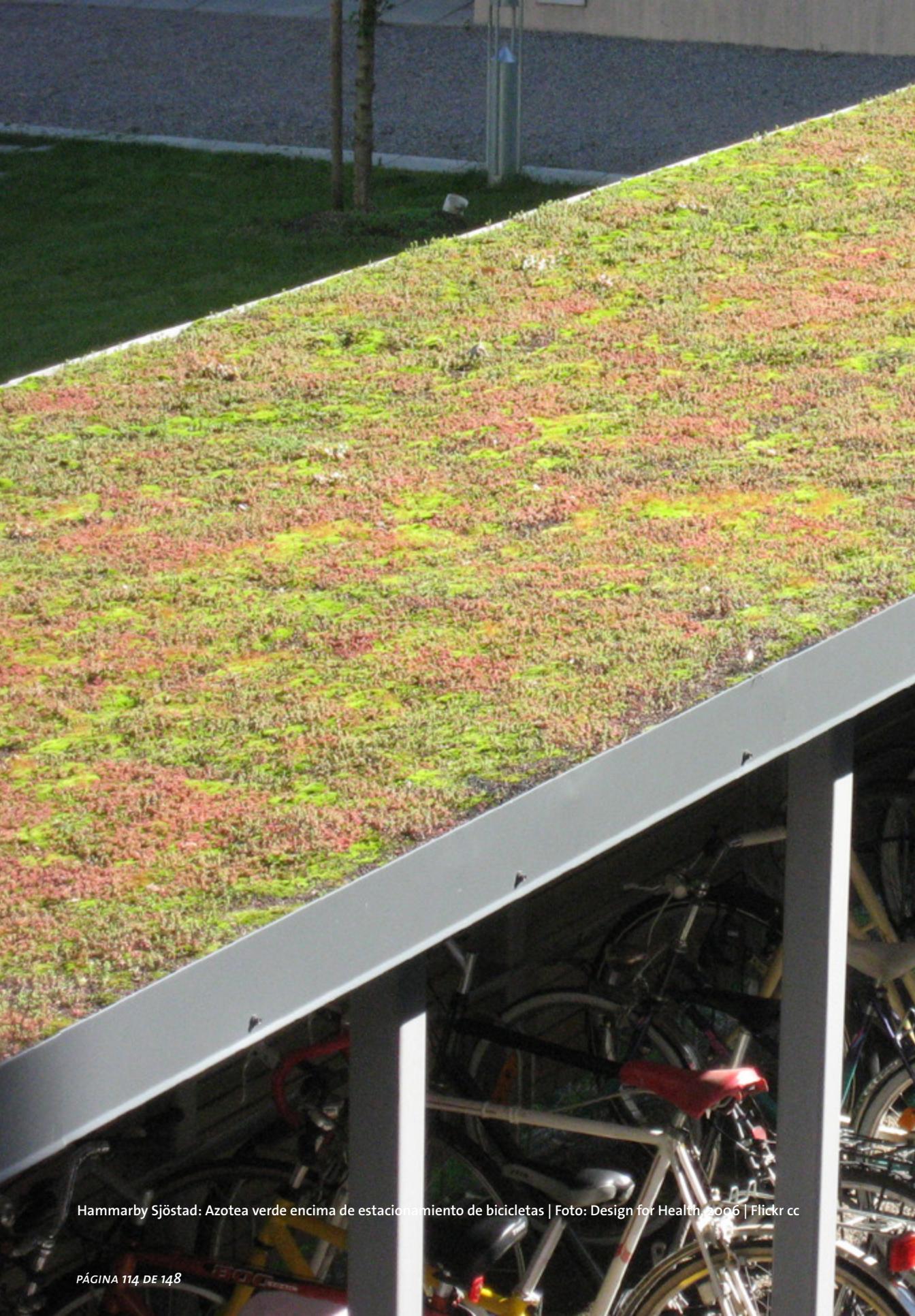
El ecociclo Hammarby fue parte de nuestro enfoque de planificación integrada para

considerar los flujos interconectados de materiales y energía de la comunidad, incluyendo agua, energía y residuos. Muchos de estos flujos son parte de un sistema más grande para todo Estocolmo, en el que el agua residual y los residuos sólidos producen biogás, calor y fertilizantes. El calor se produce en unas cuantas plantas combinadas de energía y calor y se distribuye a través de la calefacción del distrito, lo cual ha reducido radicalmente las emisiones en la ciudad. Localmente se trata el agua de lluvia y los residuos se recolectan automáticamente por medio de una aspiradora. La planificación del transporte también ha sido clave para reducir el impacto ambiental de los coches privados y para conectar a la comunidad con el resto de Estocolmo.

Las conexiones de transporte público y de ferry combinadas con un sistema para compartir el automóvil (carpool) y las rutas para bicicleta han reducido la necesidad de coches privados. Se han hecho intentos para iniciar un servicio Homezyou de entrega de diversos productos directo a los hogares. Esta iniciativa no tuvo éxito, pero la entrega de productos a domicilio se ha expandido de otras maneras. Durante la construcción se instaló una tienda local de entrega de materiales de construcción con el concepto “justo a tiempo”, que utilizaba camiones ambientalmente amigables.



Hammarby Sjöstad: Detalle de tejado verde | Foto: Design for Health, 2006 | Flickr cc



Hammarby Sjöstad: Azotea verde encima de estacionamiento de bicicletas | Foto: Design for Health, 2006 | Flickr cc







¿Se hicieron modificaciones al desarrollo sobre el plan original? ¿Evolucionó conforme fueron construyendo? ¿Ha cambiado desde entonces?

Ha sido necesario hacer muy pocos cambios, pero hemos tenido que lidiar con algunas cuestiones de infraestructura. Los edificios de oficinas tuvieron que ser reubicados para proteger a las zonas residenciales de la contaminación del aire generada por carreteras o fábricas. Hay un proyecto de construir un túnel largo para reducir el ruido del tráfico, que no se ha terminado por problemas de financiamiento. Esto podría dar como resultado que haya menos apartamentos en esa zona.

¿Qué sorpresas surgieron durante la realización del proyecto?

Limpiar el suelo fue extremadamente complicado. El desarrollo está situado en lo que solía ser una zona industrial y el suelo requirió de descontaminación y monitoreo extensivos antes de que pudiera iniciar la construcción. Fue un reto preparar la tierra y estabilizar las casas y otros edificios durante la construcción. En algunas partes del terreno se hicieron perforaciones en el suelo con pilares de hasta 25 metros para que alcanzaran la roca.

¿En qué estás trabajando ahora?

La construcción se encuentra en la fase de terminación de edificios residenciales identificados en el plan maestro de Hammarby Sjöstad y los grandes edificios comerciales. La infraestructura de transporte se está

mejorando con la construcción de una gran terminal para camiones urbanos y la conexión del tren ligero a través del distrito.

¿Cuál trabajo/imagen has visto recientemente que te haya emocionado?

Las casas de energía pasiva.

¿Cuál es el libro más reciente que has disfrutado?

Jadekatten, autobiografía de la autora danesa Susanne Brögger, y la poesía de Thomas Tranströmmer.

¿Cuál es tu lema o cita favorita?

Lo tiempos son un-cambiando.

Si pudieras escoger otra profesión o papel a desempeñar, ¿quién o qué serías?

Sería músico o pintor.

×

Referencias:

1. <http://international.stockholm.se/city-development/european-green-capital-2010/>
2. <http://bygg.stockholm.se/Alla-projekt/hammarby-sjostad/In-english/Facts-and-figures/>
3. <http://bygg.stockholm.se/Alla-projekt/hammarby-sjostad/In-english/General/>



Estación de Sickla Kaj / parada en Hammarby Sjöstad utilizada conjuntamente por autobuses y trenes ligeros

Foto: La Citta Vita, 2010 | Flickr cc



Mariposa del género *Morpho*

Foto: danielle paccaloni, 2010 | Flickr cc



Infografía

Réquiem por una mariposa

Raúl de Villafranca y
Colin McDonald

Mundo natural

Morpho común

(*Morpho peleides*)

Reino
Monera
Hongos
Protista
Vegetal
» Animal «

Fenómeno natural
Proceso
» Forma «
Sistema



5µm
Mundo natural

Escamas azules de un ala de mariposa Morpho

Eritrocito, célula roja sanguínea

Virus del
Papiloma
humano



Mundo diseñado

Pantalla Mirasol

(Micro pixel de color de la pantalla Mirasol)

Tornillo de Mo,6 de diámetro



Micro pixel de LCD moderno



Micro pixel de pantalla Mirasol

~50 μm
Mundo diseñado

Parámetros de diseño

» Estructura «
Información
Espacio
Substancia
Energía
Tiempo

Resultados

Equidad
Salud
Conservación
» Producto «
Sociedad

Morpho común *Morpho Peleides* | Foto: t_buchtele, 2007 | Flickr cc



Reconstrucción 3D de las neuronas

Foto: ZEISS Microscopy, 2014 | Flickr cc



Libro
Hipernatural por
Blaine Brownell y
Marc Swackhamer

Reseña de Randall Anway,
Allison Bennett, Jennifer
Dubon y Chris Garvin

Hipernatural: La nueva relación de la arquitectura con la naturaleza Por Blaine Brownell y Marc Swackhamer

Intención del autores

Hipernatural emprende la ambiciosa meta de articular la relación cambiante que existe entre la arquitectura y el mundo natural ayudada por la tecnología. Dirigido a una amplia audiencia compuesta por arquitectos, ingenieros, artistas y entusiastas del ambiente, Hipernatural busca establecer un “marco incluyente y coherente” (pg. 25) que permita que los movimientos relacionados con la naturaleza dentro del campo del diseño (tales como la bioinspirado biofilia y diseño sostenible) se puedan entender mejor. Brownell y Swackhamer desean especialmente que el libro demuestre la “capacidad positiva de la tecnología” (pg. 18) y el “potencial transformativo del diseño” (pg. 25) para posibilitar cambios benéficos para los seres humanos y para el planeta.

En general, los autores utilizan “hipernatural” como un término amplio para designar a la tecnología construida que se integra con el mundo natural, con un enfoque particular en la manera en que ésta impacta a la arquitectura. Los autores empiezan por discutir cómo la humanidad es parte del mundo natural, y no una entidad separada. Los autores enfatizan cómo está cambiando la perspectiva en los diversos campos, de ver a la naturaleza como un elemento separado de la cultura, a ver a la naturaleza coevolucio-

nando con la cultura. Como resultado de esta perspectiva, los autores animan a los diseñadores a que permitan que los procesos naturales influyan sobre la manera en que evolucionan sus propios proyectos. Hipernatural aspira a dejar a los lectores con nuevos conocimientos sobre la integración de la arquitectura y la tecnología con la naturaleza, así como inducirlos a explorar este punto de intersección en sus diseños futuros.

Estructura del libro

Los objetivos primarios del libro son “coherencia, contexto y aplicación” (pg. 25), lo cual se apoya en la estructura del libro que se repite a lo largo de varias “esferas” de referencia.

1. Cada capítulo empieza con una introducción detallada de un proyecto innovador que captura la esencia de la esfera en cuestión. El proyecto se presenta como un gran caso de estudio con dos páginas de dibujos conceptuales que incluyen una descripción de su proceso, funcionalidad y/o características únicas.
2. *Antecedentes* incluye una discusión sobre prácticas antiguas y ofrece una breve revisión histórica enfocada en la asignación de recursos y su relación con la arquitectura.
3. *Base y comportamiento de materiales* aborda tanto los procesos naturales como los avan-

Blaine Brownell
and Marc Swackhamer

Drawings by Blair Satterfield

Foreword by Michael Weinstock

Hyper- natural

Architecture's
New Relationship
with Nature



Echoviren | Smith/Allen Studio | Foto cortesía de Princeton Architectural Press



Libro:
Hipernatural Por Blaine Brownell y Marc Swackhamer

Reseña:
Randall Anway, Allison Bennett, Jennifer Dubon y Chris Garvin

ces científicos, de ingeniería y de arquitectura o las tecnologías derivadas de las características, propiedades y comportamientos de la esfera en particular, con muchos ejemplos reales.

4. *Aplicación* se refiere a las formas en las que la esfera en cuestión se ha aplicado en proyectos e instalaciones arquitectónicas recientes.

5. *Casos* al final de cada capítulo contiene una serie de cinco casos de estudio más pequeños sobre proyectos arquitectónicos o instalaciones de arte específicas a la esfera de influencia. Estas obras buscan “demostrar el potencial transformativo del diseño revelando su capacidad de involucrar principios, sistemas y fenómenos naturales de maneras innovadoras” (pg. 25).

El marco de referencia que inspiró la división de capítulos viene de las ciencias naturales y se basa en un “orden cronológico libre del desarrollo planetario”: geósfera, atmósfera, hidrósfera, microbial, botánica y zoológica (pg. 25). Los autores proponen el capítulo final sobre la noósfera, o el campo del pensamiento humano, como una “esfera natural legítima que vale la pena considerar” (pg. 25).

Capítulo 1: Geósfera

Una arquitectura en sintonía con esta esfera debe considerar el ciclo de las rocas, los procesos de mineralización y el tiempo geológico. Se enfoca en los marcos estructurales innovadores en los que el diseñador “dispone” los procesos para producir una forma. El producto arquitectónico es fruto de fuerzas naturales y estímulos que terminan por determinar el resultado final.

Los proyectos discutidos en este capítulo cuestionan las maneras restrictivas en las que la arquitectura tradicional aborda la construcción de edificios y el ciclo de vida de los mismos.

Capítulo 2: Atmósfera

Los diseños sintonizados con esta esfera deben considerar los niveles atmosféricos y la composición química de la atmósfera. Los autores presentan estudios de caso que refuerzan la idea del “espacio arquitectónico como un microcosmos o fragmento del firmamento” (pg. 54). Hoy día, los arquitectos y los ingenieros utilizan enfoques híbridos para el manejo del clima en interiores que buscan reducir el uso de energía y mantener niveles óptimos de control de climatización. Los temas ambientales se relacionan con el cambio climático en el pasado, uso y optimización de energía, e intentos de controlar el clima.

Capítulo 3: Hidrósfera

La hidrósfera invita a los diseñadores a integrar el ciclo del agua en sus diseños. En el pasado, el agua se ha considerado como un adversario de la arquitectura, pero los autores argumentan que usar agua como un material permite a los diseñadores beneficiarse de “una esfera natural muy dinámica, poderosa y adaptable” (pg. 68). Los proyectos presentados en este capítulo han aprovechado la composición química y características únicas del agua para producir nuevas formas de integración así como una nueva perspectiva sobre el cambiante papel del agua en la caja de herramientas arquitectónicas. Los temas ambientales se relacionan con la escasez del agua.



Tiempo congelado | Takuji Shimimura, Paris | Foto cortesía de Princeton Architectural Press

Capítulo 4: Esfera microbial

Los seres humanos interactúan con el mundo de los microbios de diversas maneras debido a tres factores: la naturaleza diversa de los microorganismos, la amplia presencia geográfica de los microorganismos, y nuestra incapacidad de ver microorganismos sin ayuda de aparatos ópticos especiales. En lugar de depender de las soluciones electromecánicas que han contribuido a muchos de nuestros problemas ambientales actuales, los autores sugieren nuevas maneras de colaborar con el mundo de los microbios. Esto se traduce en que los arquitectos y diseñadores que trabajan en esta esfera deben apegarse a los procesos biológicos de una manera armónica, tal como se ejemplifica en el proyecto Hogar de Microbios (pg. 88).

Capítulo 5: Esfera botánica

El papel del diseñador en esta esfera es similar al de la geósfera ya que los diseñadores deben marchar al son de los procesos ecológicos. Un arquitecto que esté en sintonía con esta esfera debe considerar la fotosíntesis. Los autores enfatizan la similitud entre las plantas y los edificios: las plantas, al igual que los edificios, tienen sistemas circulatorios, cimientos (raíces) y por lo general son inmóviles (pg. 113). Incorporar la fotosíntesis en los edificios puede reducir de manera importante las emisiones de gases de efecto invernadero.

Capítulo 6: Esfera zoológica

Esta esfera discute el crecimiento y la forma a través del estudio de la morfogénesis y la biolo-

gía evolutiva del desarrollo (conocida informalmente como evo-devo, del inglés evolutionary developmental biology). Los arquitectos involucrados en esta esfera desarrollan conocimiento sobre las propiedades de los animales con ayuda de disciplinas tales como la zoología. De acuerdo a los autores, los arquitectos cada vez se enfocan más en la función de las características y comportamiento de los animales; sin embargo, no queda claro cuál es el propósito de los diseños con base en estas propiedades, más allá de identificar materiales y procesos alternativos.

Capítulo 7: Noósfera

El último capítulo propone al lenguaje y al pensamiento como los fundamentos materiales de la arquitectura de la noósfera. Este tipo de arquitectura “navega en la interface entre la materialidad y la información” (pg. 149). Depende del intercambio de la transferencia de información en una variedad de formas, lo cual mejora las maneras en las que la arquitectura se puede comunicar. El capítulo aborda brevemente los conceptos de tecnósfera (tecnología humana) y antropósfera (medio ambiente modificado por el ser humano) a través de una discusión sobre los métodos de construcción de edificios y el uso de edificios como plataformas de comunicación.

Perspectiva de un estudiante de diseño ambiental

Los autores abordan una diversa gama de temas, apoyados en investigación histórica y referencias a procesos naturales, científicos y de ingeniería. A lo largo del libro se presentan intentos por conectar las innovaciones del pasado con las condiciones ambientales actuales,



La nube | Rasmus Taun | Foto cortesía de Princeton Architectural Press



Dune City | Ordinaria Ltd/Magnus Larsson & Alex Kaiser | Foto cortesía de Princeton Architectural Press



Libro:
Hipernatural Por Blaine Brownell y Marc Swackhamer

Reseña:
Randall Anway, Allison Bennett, Jennifer Dubon y Chris Garvin

aunque el libro no ofrece un análisis detallado ni una perspectiva crítica sobre temas importantes como la sostenibilidad o las consecuencias imprevistas. Por ejemplo, en el capítulo sobre la atmósfera, los autores reconocen que el desventurado futuro que enfrentamos ha sido forjado por la consecuencia inesperada de nuestra explotación del fuego, que terminó por dar pie a la industria moderna, pero no queda claro si los proyectos presentados van a atenuar daños posteriores o a empeorarlos. Uno de los avances científicos mencionados es la siembra de nubes. Aunque esta tecnología de geoingeniería sigue siendo controvertida, la modificación del clima se le presenta al lector como una “capacidad humana sin precedentes” (pg. 55) que nos permite diseñar la arquitectura de la atmósfera en sí. El enfoque de los autores en la capacidad positiva de la tecnología promueve las cualidades atractivas de muchos de los proyectos. Al mismo tiempo, estas cualidades atractivas pueden impedir que hagamos evaluaciones críticas.

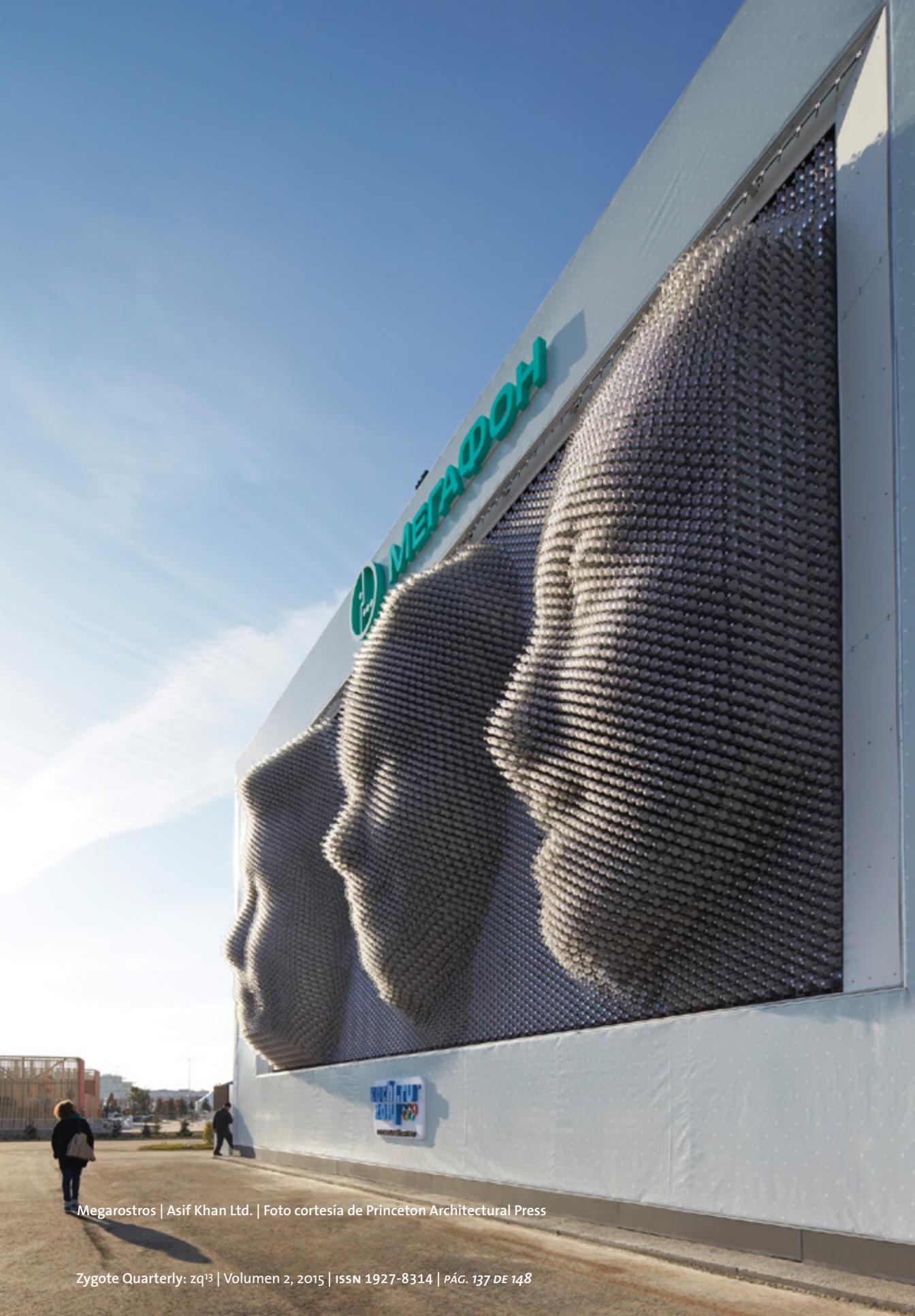
Ya para el último capítulo, el marco conceptual parece forzado. Presentada como una extensión de la biósfera, la noósfera establece un paralelismo entre las formas sofisticadas en las que interactúan en lenguaje y la arquitectura con un mundo cada vez más complejo. Para entrar en la arquitectura de la noósfera, los diseñadores deben utilizar diversas formas de transferencia de datos. Los autores admiten que esa esfera abarca muchas cosas: “hay más supuestos aquí que en los capítulos anteriores” (pg. 155), supuestos que requieren de la fe del lector en el máximo potencial del marco hipernatural. Este capítulo propone un marco que se basa en temas de arquitec-

tura y tecnología del pasado y del presente, pero que evita cualquier discusión seria acerca de lo que esto significa para el futuro.

Los autores aspiran a ofrecer a los lectores una comprensión más profunda sobre la nueva relación de la arquitectura con la naturaleza, así como a inspirar la innovación en diseños futuros. La articulación de este nuevo marco conceptual ciertamente inspira asombro, una emoción humana importante relacionada con la curiosidad y la motivación para la exploración intelectual. La idea de que el “enfoque hipernatural precipita la transformación, novedad y mutación” (pg. 20) es general. Los autores quieren que veamos que el objetivo final de la tecnología no es antinatural, sino ‘hipernatural’ cuando trabaja con las fuerzas naturales en lugar de operar contra ellas.

Este marco no permite a los autores ofrecer una evaluación crítica de las soluciones tecnológicas que a menudo crean más problemas de los que resuelven. Esto se hace más pronunciado porque los autores apoyan una definición más incluyente de hipernatural que “se extiende para incluir a todas las formas de vida” (pg. 21).

Hipernatural ofrece una perspectiva esperanzadora para el futuro de la innovación en arquitectura al presentar una amplia colección de proyectos que muestran nuevas maneras en las que el campo de la arquitectura puede trabajar de manera más cercana con el mundo natural y sus procesos. Quienes tengan una mente abierta verán posibilidades para relacionarse con el ambiente construido de maneras nuevas y más ambientalmente amigables. Depende del lector analizar de manera crítica la información presentada en este libro.



ΜΕΓΑΡΟΝ

MEGARON
ASIF KHAN LTD.

Megarostros | Asif Khan Ltd. | Foto cortesía de Princeton Architectural Press

Libro:
Hipernatural Por Blaine Brownell y Marc Swackhamer

Reseña:
Randall Anway, Allison Bennett, Jennifer Dubon y Chris Garvin

Perspectiva de un arquitecto

Los autores expresan un sincero propósito de abordar la crisis emergente entre las profesiones de diseño conforme las prácticas de diseño se tratan de adaptar a las condiciones cambiantes en las cuales operan los contextos físicos y culturales globales (pg. 25). Por ejemplo, “El principal problema al cual se enfrenta la zoósfera actualmente es la rápida pérdida de la biodiversidad, con un 25 por ciento o más de especies terrestres que se espera desaparezcan para el año 2050” (pg. 135).

La cada vez mayor conciencia de los impactos de las actividades humanas fomenta un nuevo paradigma que promueve a la humanidad como parte integral de los sistemas naturales y potencialmente capaz de respetar los principios naturales para impulsar y lograr un estado ecológico más favorable. En lugar de investigar dichos principios, los ejemplos que se presentan en el libro representan la confianza incondicional de los autores en el potencial positivo de la innovación tecnológica y su deseo expreso de que no haya obstáculos para la invención.

Defensa de la tecnología - ¿contra quién?

Este libro busca decididamente demostrar la capacidad positiva de la tecnología esencialmente invirtiendo todo lo que históricamente la arquitectura ha tratado de no ser y reemplazándolo con lo que hipernatural hoy abarca:

“Descomposición, cambio e imprevisibilidad: éstas son tres palabras ante las cuales los arquitectos por lo general han mostrado resistencia, pero en torno a las cuales los diseñadores

hipernaturales se reúnen con entusiasmo. ... los arquitectos hipernaturales reubican el control de manera deliberada, a menudo en la fase de prediseño de un proyecto, en la cual establecen las condiciones para que se desarrolle la obra, de manera orgánica e impredecible” (pg. 21).

A través de la construcción de sus argumentos e ilustraciones, los autores sugieren que la tecnología debe ser defendida de los impedimentos a la innovación como si la innovación tecnológica fuera evidentemente la solución para problemas de diseño graves. Esta creencia parece extraña ya que diariamente nos bombardean innovaciones humanas que nos han permitido alcanzar y en algunos casos sobrepasar los límites naturales de la capacidad de carga global. Parece difícil justificar la idea de que pudiera existir una escasez de ideas innovadoras, materiales, productos y arquitecturas. Aunque la biodiversidad puede estar en peligro, el mundo natural sigue siendo un increíble --y masivamente ignorado-- almacén de variaciones e información biológica.

¿Un nuevo discurso?

El libro “...también aspira a establecer un nuevo discurso sobre la relación de la arquitectura con el mundo natural, ejemplificada mediante enfoques innovadores que los arquitectos y diseñadores utilizan hoy día para integrar la naturaleza y la tecnología humana de maneras profundas” (pg. 18). Desde el inicio y a menudo a lo largo del libro, los autores presentan el argumento de que el objetivo de la tecnología es ‘hipernatural’ y este término construido puede aplicarse en muchos campos de la industria actualmente. Más aún, los autores afirman que a través de “una



Sede H2o Sede | Ronald Dapsis | Photo courtesy of Princeton Architectural Press

Libro:

Hipernatural Por Blaine Brownell y Marc Swackhamer

Reseña:

Randall Anway, Allison Bennett, Jennifer Dubon y Chris Garvin

lente natural más incluyente, la tecnología y el diseño se vuelven inseparables” (pg. 20) a través del contexto de las siete ‘esferas’ naturales. Sin embargo, la definición de ‘hipernatural’ cambia notoriamente a lo largo del libro. Hacia la parte final, pareciera que toda y cualquier cosa hecha por los seres humanos y muchas cosas en la naturaleza podrían empaparse con este significado supuestamente especial.

Los autores asumen que su “marco conceptual incluyente y coherente... permite que los movimientos relacionados con la naturaleza sean mejor entendidos” (pg. 25). En lugar de detallar explícitamente y comparar tales movimientos, o de abrir un espacio para una discusión informada al respecto, los autores presentan obras estrictamente seleccionadas y muy especulativas, libremente categorizadas en términos de un marco conceptual “que se encuentra en las ciencias naturales” (pg. 25). Los ejemplos tienden decididamente hacia lo experimental, lo artístico y lo espectacular, con un énfasis en particular en los materiales avanzados y diseños contemporáneos de punta del periodo entre 2008 y 2014. Parecen viñetas relacionadas con elementos de construcción prototípicos o conceptuales, ajenos a la experiencia del usuario o incluso del constructor, en lugar de obras desarrolladas mediante un disciplinado esfuerzo interdisciplinario o con relación a cuestiones y propósitos ecológicos reales.

Una exposición de hipernatural menos arbitraria y mejor fundamentada científicamente, podría promover y por tanto contribuir a la interacción entre campos aliados, al tiempo que ayuda a fortalecer el financiamiento para la investigación, desarrollo, comprensión e implementación de un diseño significativamente sostenible. Dichas

inversiones en metodologías de diseño y construcción ameritan consideración ya que dados los problemas actuales, la humanidad no puede darse el lujo de cometer errores costosos o hacer exploraciones inútiles. Poner a diversas mentes a trabajar en los problemas de nuestra era es un paso importante, y al evocar una curiosidad de más alto nivel, *Hipernatural* puede ir por el camino correcto para involucrarse en una discusión importante acerca del papel de la arquitectura con relación a todos los sistemas vivientes de la tierra.

Perspectiva de un consultor en biomimesis

Hipernatural ofrece un excelente mapa de proyectos contemporáneos inspirados en la naturaleza, acompañados por bellos gráficos que emocionarán a estudiantes y profesionales de la arquitectura por igual. Sin embargo, aunque celebramos la intención de los autores de resaltar diseños que unen la naturaleza y la tecnología, esperábamos un análisis más riguroso e interdisciplinario de los enfoques hipernaturales y su potencial para fomentar el diseño sostenible.

La introducción reconoce cómo los ingenieros, arquitectos y científicos que operan en campos relacionados con la naturaleza en su mayoría trabajan de manera aislada y no colaboran entre sí, una condición poco conducente al avance del diseño hipernatural. Sin embargo, los autores caen en la misma trampa. La mayor parte de las secciones de “Base y comportamiento de materiales” y “Tecnología” describen torpemente los conceptos científicos y a menudo los confunden. Varias secciones contienen imprecisiones científicas.

ficas, tales como decir que “las bacterias son el único ejemplo de procariontas” (pg. 92) - las archaea también son procariontas.

La falta de revisión arbitrada por parte de expertos científicos limita el atractivo del libro principalmente a arquitectos, una audiencia mucho más reducida de la que pretendían los autores. Incluso para los profesionales de la sostenibilidad, este libro rara vez conecta las discusiones o proyectos presentados con los movimientos contemporáneos de biomimesis, biofilia o diseño sostenible. La introducción enfatiza que los enfoques hipernaturales ofrecen soluciones a los problemas ambientales, pero este tema se desarrolla de manera muy pobre. Las discusiones de los capítulos son vagas y generales, y casi no establecen una conexión con el pensamiento actual en estos campos. Algunos de los proyectos presentados tienen la capacidad de influenciar el diseño sostenible, pero no se hace énfasis en esto en sus discusiones. En nuestra opinión, *Hipernatural* no demuestra adecuadamente “la capacidad positiva” de la tecnología, especialmente en términos de problemas ambientales.

Hipernatural compiló un conjunto de cautivos proyectos relacionados con la naturaleza dentro de un marco conceptual coherente y exhaustivo, algo muy necesario para alinear a los movimientos dispersos de la biofilia, la biomimesis y el diseño sostenible, entre otros. Sin embargo, esta tarea requiere de un análisis exhaustivo, riguroso e interdisciplinario de la metodología y de los proyectos más influyentes de cada movimiento, algo mucho más allá del alcance de una evaluación arquitectónica. Sentimos que el libro adolece de un alcance muy amplio, por lo que carece de una perspectiva crítica sobre el diseño hipernatural y la manera en que

éste se relaciona con los problemas ambientales y el discurso actual que sucede dentro de los movimientos relacionados con la naturaleza. *Hipernatural* es más adecuado como un trabajo inspirador para aquellos lectores neófitos en los conceptos del diseño inspirado en la naturaleza.

Resumen y oportunidades

Hipernatural ofrece un intrigante vistazo a la floreciente práctica de la arquitectura inspirada en la naturaleza y posibilitada por la tecnología. Sin duda ofrece temas de discusión para estudiantes y profesionales, así como teóricos de la arquitectura, el diseño y los estudios ambientales. El libro despierta el interés de los lectores al presentar un conjunto diverso de proyectos de diseño que demuestran de manera colectiva el potencial de innovación que ofrece el mundo natural. A través de esos proyectos, *Hipernatural* busca reformar la visión negativa que se tiene de la tecnología como destructora del ambiente al mostrar cómo la tecnología puede integrarse impecablemente con las fuerzas de la naturaleza para producir innovaciones hipernaturales, sostenibles y efectivas. Quizás el componente más ambicioso del libro son sus “siete esferas” de inspiración natural que Brownell y Swackhamer proponen como un nuevo marco conceptual cohesivo para todo el diseño y arquitectura relacionados con la naturaleza.

En general, los revisores sintieron que *Hipernatural* no cumplió su promesa de demostrar la “capacidad positiva de la tecnología” y la aplicabilidad de este “marco conceptual cohesivo” al diseño relacionado con la naturaleza. *Hipernatural* resalta uno de los principales problemas que enfrenta el campo emergente del diseño inspira-



La Trufa | Roland Halbe | Foto cortesía de Princeton Architectural Press



Libro:*Hipernatural* Por Blaine Brownell y Marc Swackhamer**Reseña:**

Randall Anway, Allison Bennett, Jennifer Dubon y Chris Garvin

do en la naturaleza: la necesidad de un discurso que lleve al establecimiento de métodos para su aplicación generalmente aceptados. Brownell y Swackhamer han presentado una oportunidad útil para seguir explorando y robustecer las posibilidades que tiene la tecnología inspirada en la naturaleza dentro del campo de la arquitectura. Su marco conceptual ofrece un punto de partida que funciona. Parte de las ciencias naturales, pero requiere un desarrollo más riguroso para demostrar cómo podría ser un marco útil para la colaboración efectiva entre diseñadores, ingenieros, artistas y científicos. Específicamente, ¿cómo podrán movimientos bien establecidos como la biomimesis y la biofilia integrarse mejor a este marco conceptual? ¿Cómo permitirá la comparación de diversos enfoques y aplicaciones? Más crucial quizás, ¿cómo podría agregar valor al discurso en evolución sobre el diseño inspirado en la naturaleza?

Los revisores también deseaban ver una exploración más profunda de la manera en que el diseño hipernatural puede impactar de manera positiva a la arquitectura sostenible. Muchos de los proyectos presentados en *Hipernatural* muestran el potencial de impulsar el diseño y construcción sostenibles. Por ejemplo, el proyecto Hydramax (pg. 80), una estructura biomorfa para cosechar neblina en el litoral de San Francisco, podría potencialmente ayudar a mantener los frágiles ecosistemas de humedales, aumentar la resiliencia de la infraestructura de litoral vulnerable al aumento en el nivel de mar, y llamar la atención del público hacia problemas ambientales como la escasez de agua dulce y la preservación del ambiente. Las implicaciones ambientales y sociales de Hydramax y otros proyectos presenta-

dos en el libro se deben abordar de manera más minuciosa en futuras ediciones del trabajo de los autores.

Hipernatural también busca presentar una visión interdisciplinaria de cada esfera de inspiración natural, pero carece de una verificación de datos rigurosa, y selecciona proyectos más con base en lo artístico y teórico, que en lo práctico. En un volumen futuro, los revisores agradecerían contar con una más amplia variedad de proyectos, un mayor enfoque en las implicaciones ambientales de dichos proyectos, así como aportaciones significativas por parte de expertos en campos distintos a la arquitectura. Ya que el diseño hipernatural combina la ciencia, la tecnología, el arte y la arquitectura, este campo no debe reducirse solamente a arquitectos, sino aprovechar todas las especializaciones para lograr resultados más sostenibles y cognitivamente exitosos.

En el prólogo, Michael Weinstock articula una meta ambiciosa: “Este libro presenta una cartografía de los cambios históricos y actuales en la relación entre el entendimiento que la sociedad tiene acerca del mundo natural, las prácticas y tecnologías materiales, y la producción de la arquitectura” (pg. 17). *Hipernatural* podría ser el inicio de una exploración más amplia de relaciones más robustas entre la tecnología inspirada en la naturaleza, el diseño y el ambiente construido. Tal investigación y desarrollo son muy necesarios para guiar a diseñadores entusiastas involucrados en dar forma a un futuro de soluciones sostenibles, innovadoras y prácticas que sean conducentes a la salud, la resiliencia y la prosperidad. Los revisores te invitan a considerar esta obra única, a despertar tu curiosidad y a definir el rumbo para el mañana. x

Detalles de la publicación:

Hypernatural: Architecture's New Relationship with Nature por Blaine Brownell y Marc Swackhamer

Princeton Architectural Press, New York

<http://www.papress.com/html/book.details.page.tpl?isbn=9781616892722>

ISBN: 9781616892722 | Publicado en abril 2015



Vista por satélite de la niebla sobre el Golden Gate

Foto: NASA Earth Observatory imagen de Jesse Allen y Robert Simmon, 2012 | Wikimedia Commons

Revisores:

Randall Anway, AIA, es un arquitecto con registro en Nueva York y Connecticut. Su buró no tradicional se enfoca en la integración de la arquitectura y la biología para unir la ciencia de los sistemas naturales con el arte del diseño. Su experiencia en diseño va desde obras nuevas hasta modernizaciones históricas para proyectos residenciales, comerciales e institucionales.

Allison Bernett es analista investigadora y coordinadora de relaciones públicas para Terrapin Bright Green. Los intereses de Allison se enfocan específicamente en la arquitectura, la sostenibilidad y el diseño bioinspirado. Allison tiene una licenciatura en arquitectura con una segunda especialización en biología, de Washington University en St. Louis.

Jennifer M. Dubon, licenciada con honores, es candidata a grado de Maestría en Diseño Ambiental, en la Facultad de Diseño Ambiental de la Universidad de Calgary. Actualmente está investigando las implicaciones de la nueva política de Alberta sobre humedales en la región de arenas bituminosas de Athabasca, en Canadá, utilizando análisis espacial.

Chris Gavin es un practicante consumado y voz activa de la comunidad de diseño sostenible con más de veinte años de experiencia en el desarrollo de productos innovadores e integración de sistemas de construcción en cuestiones de planeación de gran escala, así como en el desarrollo de códigos de construcción. Actualmente se desempeña como Socio Administrador de Terrapin Bright Green y Asociado Senior de COOKFOX Architects.





En nuestro último número agradecemos a todos nuestros colaboradores, a las personas sobre las que hemos publicado artículos y a todos los miembros del equipo ZQ por sus aportaciones a los tres años de publicación de *Zygote Quarterly*. Ofrecemos una sincera disculpa por haber omitido a Taryn Mead y Catalina Freixas, y reconocemos con gratitud sus contribuciones a nuestra revista.

