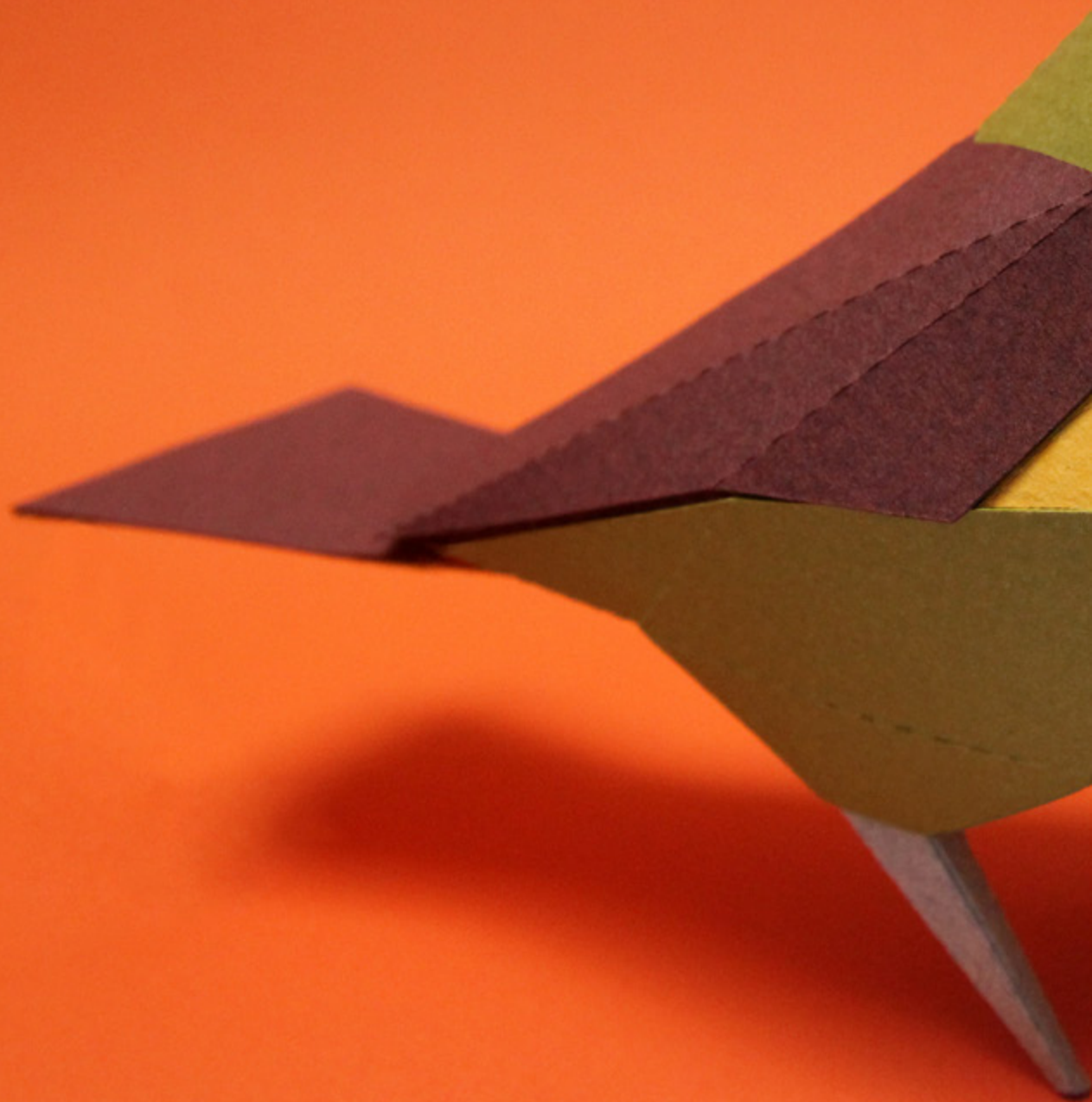


zq¹⁴

VOLUMEN 3 | 2015







Acerca de Zygote Quarterly

Editores

Marjan Eggermont
Tom McKeag

Norbert Hoeller

Editores de la versión en español

Raúl de Villafranca

Azucena Garza

Traducción

La ciencia del ver: Pensar como un agave, Portafolio: Felice Frankel, Editorial: Azucena Garza; Caso de estudio: ¡Ay tan plástico!, Entrevista con Russell Kerschmann: Ana Gabriela Robles; Dise-

ño de producto: Estudio Guardabosques : Sayuri Yamanaka; Entrevista con Pete Foley: Ana Lucía Guasque

Editores Colaboradores

Manuel Quirós
Raúl de Villafranca
Kristen Hoeller

Adelheid Fischer
Tanya Lynne Sakamoto

Colaboradores

Sayuri Yamanaka

Delfín Montañana

Oficinas

Calgary
San Francisco
Toronto
Ciudad de México
Phoenix
Madrid

Portada

Portada: Tejedor de Rüppell en vuelo (*Ploceus Galbula*) | Diseño: Estudio Guardabosques

pp. 2 -3 y pp. 130-131: Cardenal amarillo (*Gubernatrix cristata*) | Diseño: Estudio Guardabosques

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

Contacto

info@zqjournal.org



Lo que dejaron atrás

En este número Heidi Fischer escribe acerca de una antigua comunidad en el sureste americano cuya relación con una planta única, el icónico agave, dejó un legado botánico que ha sobrevivido por mucho a sus habitantes humanos. Es una herencia viviente de aproximadamente 1.000 años de edad, perpetuada por las exquisitas adaptaciones de estas plantas al terreno que es su hogar, y requirió de científicos astutos que lo notaran en medio de la rica complejidad del paisaje desértico. Su ensayo revela tanto de nosotros mismos como de estos cultivos prehistóricos.

Nuestro caso de estudio muestra otro legado más moderno, el de los plásticos. Sin duda, este será parte del legado material que los humanos de este siglo dejarán al mundo. A diferencia de la persistencia del agave, el plástico es y seguirá siendo dañino para los humanos y otros organismos mucho después de que muchas generaciones se hayan reunido con sus antepasados. Presentamos una crónica de los esfuerzos del Instituto Wyss para cambiar este paradigma centrado en los petroquímicos.

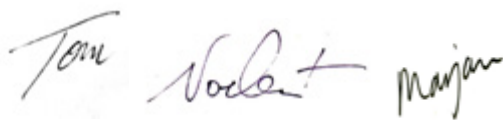
Ninguno de estos escenarios culturales debe ser el destino de nuestra civilización: ni subsistir con uñas y dientes para luego disiparnos, ni sofocarnos en la arrogancia del exceso material. Hay otras maneras de llegar al futuro, y una de las más útiles es la emulación de las verdades universales de la naturaleza. Incluso el sendero que recorreremos en busca de respuestas para nosotros mismos y para nuestra sociedad puede producir resultados inesperados.

De quienes siguen ese sendero es de quien estamos deseando contarles, ya sea de un

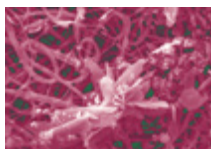
científico como Russell Kerschmann, una observadora y cronista del trabajo científico como Felice Frankel, o una joven asociación argentina que se deleita en abstraer la forma esencial de los animales. Legados de conocimiento, sabiduría y deleite son quizás lo que debemos dejar para los que vienen, en vez de montañas de peligros y problemas. Apoyamos a quienes actúan para crear lo primero y evitar lo último.

¡Disfruten su lectura!

×



Tom McKeag, Norbert Hoeller y Marjan Eggermont



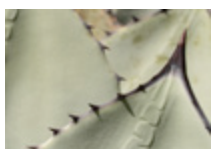
Caso de estudio: ¡Ay, tan plástico!

Tom McKeag 8



Portafolio:

Felice Frankel 26



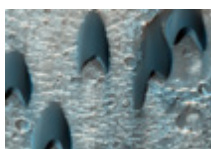
La ciencia del ver: Pensar como un agave

Adelheid Fischer 46



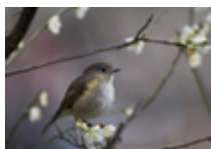
Diseño de producto:

Estudio Guardabosques 64



Personas: Entrevista con

Russell Kerschmann 86



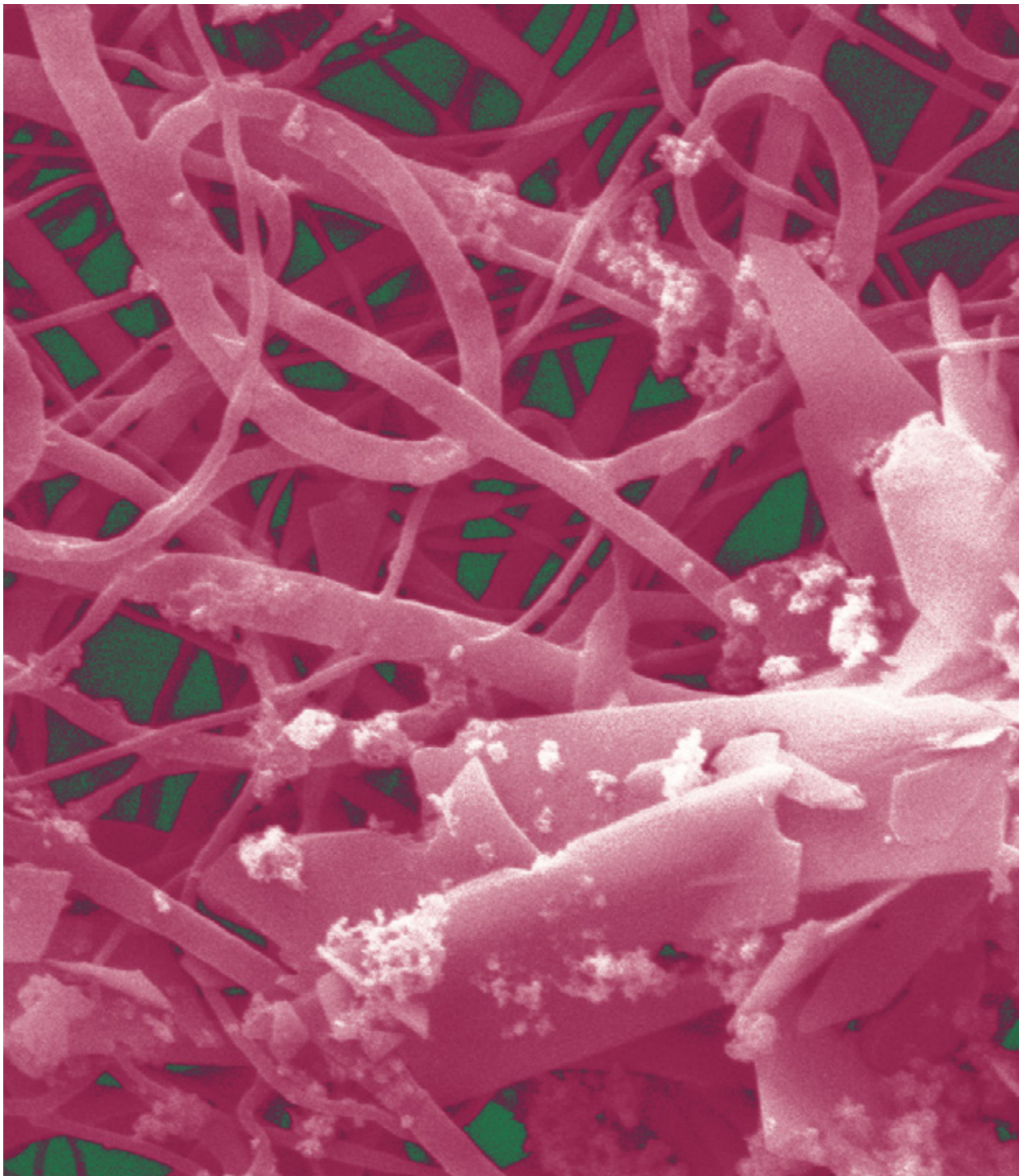
Personas: Entrevista con

Pete Foley 100



Personas: Entrevista con

Shannon Royden-Turner 116



→ Eflorescencias minerales sobre fibras hechas por electrohilado

Foto: Jenna Shapiro, Ingeniería en Cambridge, 2013 | Flickr cc



Caso de estudio *¡Ay, tan plástico!*

Tom McKeag

¡Ay, tan plástico!

Los avances en el campo biomédico conforman la base de inspiración para un sustituto natural e innovador de los plásticos hechos con petroquímicos.

El problema

Vivimos en la Era del Plástico. Aunque menos larga que las Eras de Piedra, Bronce o Hierro, la Era del Plástico ha causado un impacto en el mundo natural mucho mayor que las otras tres eras juntas. A pesar de que ofrece un material increíblemente útil y en ocasiones maravilloso, el plástico hecho a partir de hidrocarburos viene con un costo: en uso de energía, problemas de salud humana y degradación del medio ambiente natural.

Cuando Leo Baekeland combinó por primera vez fenol, formaldehído y harina de madera para hacer baquelita en 1907, probablemente no se dio cuenta de todo el impacto que tendría el material que estaba introduciendo. Aunque él dijera que el primer plástico termoestabilizado tendría miles de usos, no podía haberse imaginado lo corto que se quedó con esa estimación.

En poco más de 100 años, los polímeros sintéticos hechos con base en el petróleo se han colado en todos los aspectos de nuestras vidas, desde los anillos de dentición o mordederas para bebé, hasta los féretros con recubrimiento plástico. Su alcance va más allá de la tumba. A pesar de que nuestra carne mortal se descompondrá, algunos de sus componentes plásticos,

acumulados a lo largo de toda una vida, tardarán mucho más tiempo en hacerlo. Lo mismo sucede con nuestros océanos y tierra.

El mundo produjo aproximadamente 299 millones de toneladas métricas de plástico en 2013, mucho del cual se movió de oriente a occidente. China es el mayor productor con el 24.8 por ciento, seguido por Europa con el 20 por ciento, y América del Norte con el 19 por ciento.

Las estimaciones del consumo global en 2015 promediaron 45 kilogramos por cada hombre, mujer y niño en el planeta. Aunque es una cifra impactante, es aproximadamente tres veces menos de lo que podría ser. El consumo promedio en Europa y América del Norte es más de 135 kilos per cápita; solo la falta de desarrollo ha evitado que el resto del mundo llegue a ese nivel. No obstante, muchos aspiran a cambiar eso. La industria india del plástico, por ejemplo, proyecta que el consumo doméstico total de 2013 se duplicará en los siguientes cinco años.

El plástico es ligero, fuerte, a prueba de agua, resistente a la pudrición o descomposición, con altas propiedades de aislamiento térmico y eléctrico. Puede producirse virtualmente de cualquier color, o lo suficientemente claro para ver a través de él. Puede hacerse en láminas, varillas o prácticamente de cualquier forma.

También es barato – al menos cuando uno omite los costos ambientales y de salud, externalidades problemáticas que típicamente



Teléfono de baquelita en Bletchley Park | Foto: wwarby, 2015 | Flickr cc

no aparecen en los libros contables. Más aún, hacer algo de plástico, en vez de vidrio o metal, a menudo ahorra mucha energía, materiales y la subsecuente generación de gases de efecto invernadero.

La palabra “plástico” fue acuñada por Baekeland y describe la maleabilidad del material. Típicamente los plásticos se pueden definir con mayor precisión como polímeros orgánicos o moléculas en cadena, usualmente sintéticos y con base en estructuras de carbono derivadas de los petroquímicos con una casi interminable variedad de cadenas laterales que confieren diferentes propiedades al material. Las cadenas de carbono pueden combinarse con azufre, oxígeno o nitrógeno y en la mayoría de los productos el polímero se mezcla con aditivos: rellenos, colorantes, y plastificadores. La plasticidad ([https://en.wikipedia.org/wiki/Plasticity_\(physics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Plasticity_(physics))) es la propiedad general de todos los materiales que son capaces de deformarse de manera irreversible sin romperse y esto se ha asociado con esta clase de polímero.

Aunque nadie sabe en realidad cuáles son los costos totales para el ambiente y la salud derivados del uso de plásticos, sí se conocen algunas cosas sencillas. La mayoría de los plásticos dura sin descomponerse por un largo tiempo y el 90 por ciento o más nunca se recicla. Muchos contienen componentes que son tóxicos para los animales y que pueden lixiviarse cuando el material finalmente se degrada.

Los polímeros que forman las bases del plástico tienen un alto peso molecular, son insolubles en agua, y relativamente inertes cuando se forman. Por esta razón, tienen niveles relativamente bajos de toxicidad. Los aditivos

con los que se mezclan, sin embargo, son de mayor preocupación. Por ejemplo, a menudo se añaden plastificantes a plásticos quebradizos como el cloruro de polivinilo (pvc) para aumentar su flexibilidad y maleabilidad. Ras- tros de estos componentes, como los adipatos y ftalatos, pueden lixiviarse del producto y son tóxicos.

Algunos plásticos, incluyendo las botellas de policarbonato y el revestimiento de resina utilizado en las latas, contienen posibles disruptores endócrinos como el Bisfenol A (BPA) y el ftalato que se absorben al comer y beber. Alrededor del 93 por ciento de las personas en los Estados Unidos de Norte América tiene niveles detectables de BPA en orina, según información del Centro de Control y Prevención de Enfermedades de ese país. Casi todos los adultos, así como ocho de cada diez bebés, también presentan niveles medibles de ftalatos en sus cuerpos.

Una tercera parte de los plásticos que se producen se utilizan en empaques desechables, muchos de los cuales se descartan al año, o menos, de su fabricación. Aunque se utilizan una sola vez, estos compuestos tóxicos persistentes pueden permanecer intactos durante décadas. El costo energético, más allá de la degradación de nuestra salud y del ambiente, es alto. Alrededor del ocho por ciento de la producción petrolera se utiliza para hacer estos plásticos; la mitad para materia prima y la mitad para suministrar energía al proceso.

La alta maleabilidad de los plásticos ha permitido el surgimiento de un gran número de técnicas de manufactura que producen una amplia variedad de productos. Además de conocer



Lego Spritzguss (detalle de moldeo por inyección de Lego) | Foto: Arne Hückelheim, 2009 | Wikimedia Commons



Nutria gigante salvaje juega con una botella de plástico en el Pantanal
Foto: Paul Williams (www.IronAmmonitePhotography.com), 2011 | Flickr cc



la fórmula química, saber cómo se produce un objeto de plástico puede ofrecer ideas para encontrar materiales alternativos. Aquí están las maneras más comunes en la que se hacen los artículos de plástico:

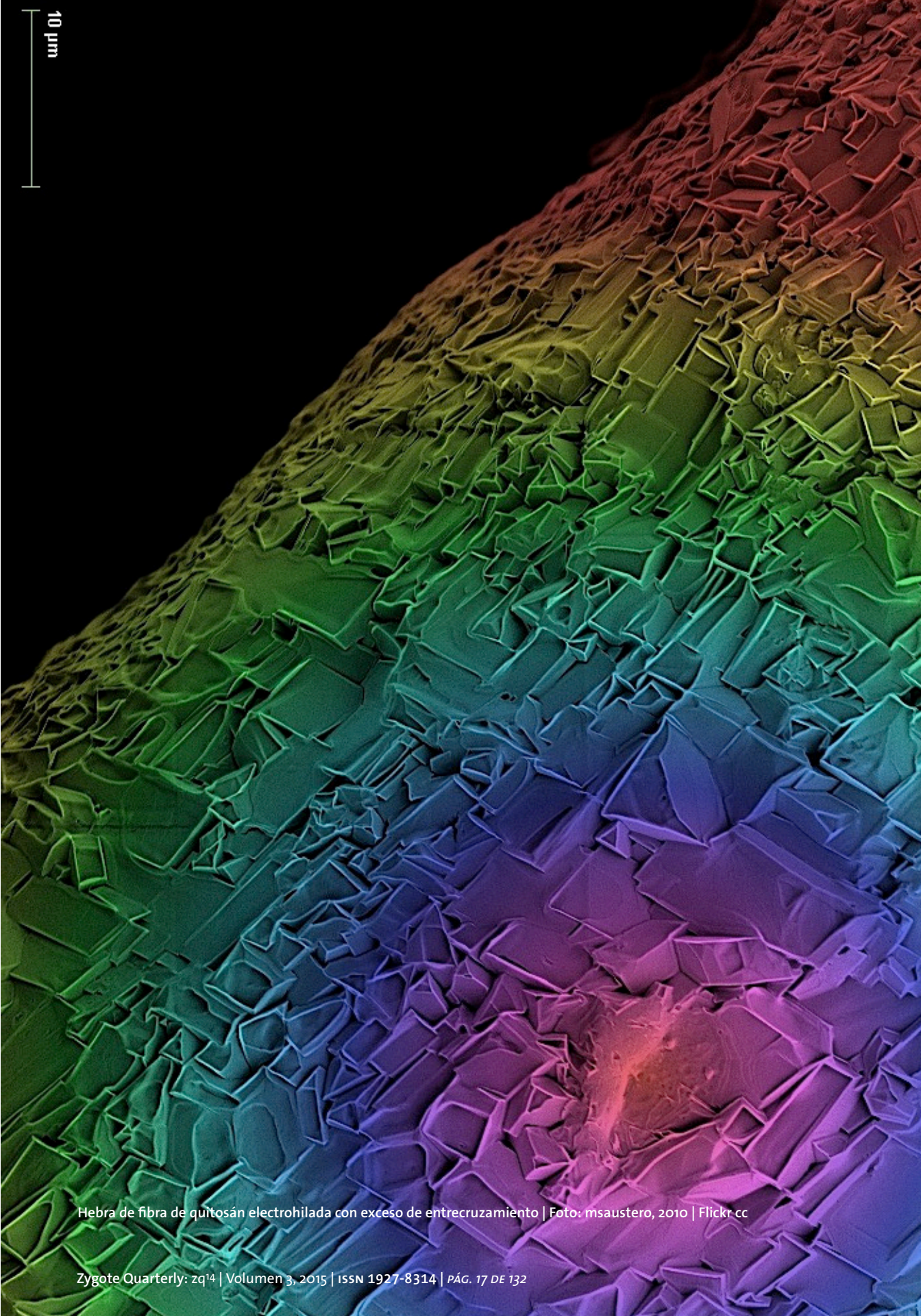
- **Moldeo por inyección:** Una de las técnicas más comunes para una amplia gama de productos, este proceso introduce pellets de resina en un molde metálico y los mezcla y calienta uniformemente para producir un objeto de plástico sólido.
- **Moldeo por extrusión:** similar al de inyección en que también se calienta la resina para alcanzar un estado plástico, en esta técnica la sustancia maleable se mete a presión a través de un troquel para crear una forma particular. Este proceso se presta para productos alargados como tuberías o sellos de puertas y utiliza plásticos termoplásticos, que se ablandan y endurecen múltiples veces, o plásticos termoestables, que solo son blandos la primera vez que se calientan.
- **Moldeo por soplado:** un tubo de plástico caliente llamado precursor se introduce dentro de un molde para después soplarse contra las paredes del molde mediante presión de aire, creando así un objeto hueco como una botella.
- **Moldeo por rotación:** se pone polvo de plástico seco en un molde y se calienta mientras el molde gira para recubrir su interior con una capa delgada, produciendo también un objeto hueco. Piezas de automóviles, juguetes y muebles son algunos de los productos que típicamente se fabrican de esta manera.
- **Manufactura aditiva:** se fijan capas de resina (químicamente polimerizada) utilizando

varios activadores como el calor o la luz UV y se construye un objeto que alcanza su forma tridimensional añadiendo de modo preciso una por una estas capas controladas por computadora. Dos ejemplos de este tipo de proceso son el modelado por deposición fundida (FDM, por sus siglas en inglés) en el que una resina caliente se fija al entrar en contacto con el aire, y la estéreolitografía (SLA, por sus siglas en inglés) en la que la luz fija una resina líquida en una sólida.

Eliminar los aspectos más peligrosos de los polímeros sintéticos probablemente requiera de la creación de tres cosas: nuevas fórmulas que permitan tanto un suministro sostenible como el reciclaje; materiales que se degraden de una manera benigna; y sistemas más sofisticados de recolección, desecho y reuso.

Aunque se han hecho bioplásticos desde hace muchos años, generalmente se consideran solo una solución parcial. Comprenden dos tipos básicos de material: aquellos que son biodegradables y aquellos que son biobasados pero no biodegradables. Ejemplos de los segundos son los biopolíuretanos hechos con base en polioles de aceites vegetales. El correcto manejo de residuos de estas sustancias incluiría regímenes de conversión de residuos en energía o el reciclaje. La inextricable combinación de ingredientes (como rellenos, colorantes y plastificantes) en muchas de estas fórmulas ha frustrado los intentos de reciclarlos de una manera económica.

Las sustancias no degradables representan la mayor parte de la producción actual de bioplásticos con un 62.4 por ciento, y el material biodegradable comprende el 37.6 por ciento



Hebra de fibra de quitosán electrohilada con exceso de entrecruzamiento | Foto: msaustero, 2010 | Flickr cc

restante. Aunque las 1,6 millones de toneladas de producción mundial para 2013 es un volumen relativamente bajo con relación a los plásticos derivados de los hidrocarburos, sí alcanza una escala industrial y se espera se cuadruplique en los siguientes cinco años.

Aunque muchos de estos plásticos utilizan materiales naturales, como la celulosa, deben ser categorizados como ejemplos de bioutilización, no de biomimetismo. No obstante, se están desarrollando materiales que buscan imitar la forma y el proceso de la naturaleza para integrar funcionalidad y empleo de materiales naturales.

El Modelo

Una de las fuentes de estos materiales recientemente desarrollados es la quitina. La quitina es el segundo material orgánico más común en el mundo después de la celulosa. Es un polisacárido, o azúcar, que se encuentra en las conchas de crustáceos, en las cutículas de insectos, en las paredes de hongos, en los picos de cefalópodos como el calamar, y en la rádula y nácar de moluscos. Típicamente se combina en la naturaleza con otros materiales para hacer compuestos resistentes. El nácar de la concha de abulón es un ejemplo. El andamiaje de quitina retiene el gel de proteína que se mineraliza para hacer un compuesto más fuerte que cualquier cerámica.

Otro ejemplo son las conchas o cutículas de los artrópodos. Son nanocompuestos con quitina y tejido de proteína que contienen cristales de carbonato de calcio en una concha microfibrrosa dura. Las partes de dicha concha, la

exocutícula y la endocutícula, están diseñadas para resistir cargas mecánicas, pues están dispuestas en una estructura trenzada como de contrachapado. Este tejido ilustra varias estrategias estructurales de la naturaleza: compuestos, construcción en jerarquías de escalas lineales, y uso de la geometría de estructura o formación, en vez de material, para resistir el estrés.

La quitina es un derivado de la glucosa, y comprende largas cadenas de unidades de N-acetilglucosamina. Es bastante parecida a su pariente más común, el polisacárido celulosa, pero con un grupo amino acetil en cada monómero en vez de uno de los grupos hidroxilo. Esto permite un vínculo de hidrógeno más fuerte entre polímeros adyacentes, dando así mayor fuerza a la matriz quitina-polímero. Aunque en cuanto a la estructura la quitina es casi como la celulosa, el componente estructural en las paredes celulares de las plantas, en lo que respecta a la función, la quitina sirve más como la proteína queratina, con la que se forma el cabello, las uñas y las pezuñas de los animales.

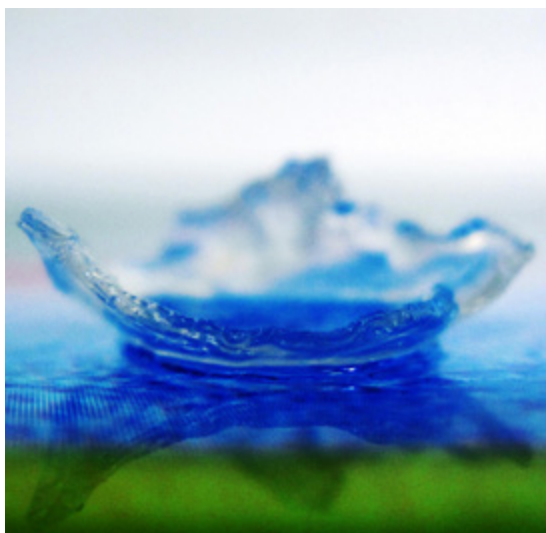
La quitina, al igual que la celulosa, se utiliza en una amplia gama de aplicaciones industriales: fertilizantes, biopesticidas, aglutinantes para pigmentos y adhesivos, membranas y filtros, hilo quirúrgico y andamiaje de tejido, aditivos en el procesamiento de alimentos y en farmacéuticos.

La quitina se modifica típicamente en quitosán a través de una desacetilación del 75 – 90 %. Un método común utiliza hidróxido de sodio en exceso como catalizador y agua como disolvente. No necesita aditivos para gelificarse, responde al calor, y es soluble en condiciones

ácidas, pero no de otra manera. Se vincula con metales y proteínas, y es el único polisacárido con carga positiva.

El quitosán se ha investigado extensamente desde la década de 1980 por su versatilidad y promesa. En particular, los investigadores la han considerado como una fuente natural de hidrogeles. Los hidrogeles son cadenas poliméricas largas, tridimensionales e hidrofílicas que pueden absorber hasta mil veces su peso seco en agua y pueden producirse a partir de una variedad de materiales.

La típica estructura de hidrogel tiene vínculos entrecruzados formados por las reacciones de los monómeros en su espina base o por vínculos de hidrógeno. El material se comportará un poco como un sólido y no se disolverá con el agua debido al entrecruzamiento tridimensional dentro de su cadena polimérica.



Córnea artificial en una tabla de cortar

Foto: Khaow Tonsomboon, Ingeniería en Cambridge, 2012
Flickr cc

Algunos ejemplos de hidrogeles en la naturaleza son el cartílago, el humor vítreo del ojo, los tendones, la mucosa y los coágulos de sangre. Típicamente están hechos de proteínas como el colágeno. Otros materiales para hacer hidrogeles naturales que se están investigando para la ingeniería de tejidos incluyen la agarosa, la metilcelulosa y el hialurón.

Los hidrogeles presentan algunas propiedades útiles por su estructura química tridimensional: su absorción puede ser controlada y activada por condiciones ambientales como cambios en el pH, temperatura, fuerzas iónicas, composición de disolventes, presión y potencial eléctrico. Pueden ser biodegradables, bioerosionables, y bioabsorbibles y en muchas situaciones estos procesos pueden sintonizarse. Por tanto, se utilizan en aplicaciones biomédicas tales como el suministro de medicamentos transdérmicos y recubrimientos de implantes, lentes de contacto blandos, pastillas y cápsulas, bioadhesivos, sanación de heridas, ingeniería de tejidos, cultivo celular y electroforesis, así como empaque cromatográfico.

Los polímeros naturales como el quitosán son atractivos para los investigadores biomédicos porque generalmente son altamente biocompatibles, interactúan intrínsecamente con las células, son biodegradables, y generan subproductos de baja toxicidad. Los investigadores han mitigado algunas de sus desventajas, como la baja fuerza mecánica y la relativa inconsistencia de lotes comparados con las fórmulas sintéticas. Con frecuencia han combinado productos naturales relativamente benignos con los sintéticos menos ofensivos, como mezclar el quitosán con metacrilatos.



Grandes objetos tridimensionales hechos de quitosán | Foto: Jgfermart, 2014 | Wikimedia Commons



La traducción

Los avances en el campo de la biomedicina han inspirado a otros a explorar aplicaciones más generales. Una de estas es el Shrilk, una combinación de las palabras “camarón” (shrimp) y “seda” (silk) en inglés, las dos fuentes de material para el plástico. Del camarón viene la quitina, el azúcar a partir de la cual se hace el quitosán, un producto más útil que la quitina, y de la seda de insectos viene la fibroína, una proteína. Estas dos sustancias se unen en un compuesto que aprovecha las propiedades de cada una para hacer un producto que es fuerte y duradero a la vez.

Javier Fernández, investigador principal postdoctoral, y Donald Ingber, director del Wyss Institute for Biologically Inspired Engineering de la Universidad de Harvard, concibieron y desarrollaron el Shrilk hace dos años y publicaron su trabajo en la revista *Advanced Materials*. El Dr. Fernández ahora es profesor asistente de la Universidad de Tecnología y Diseño en Singapur.

En aquel momento, la revista *Scientific American* aclamó al Shrilk como “uno de los materiales que cambiarán el futuro de la manufactura”, la revista *National Geographic* como un “supermaterial” y el periódico *The Guardian* lo eligió (junto con el grafeno) como uno de los “cinco materiales que podrían cambiar al mundo”.

Fernández e Ingber habían observado la estructura entrecruzada de las conchas de los abulones y de los artrópodos y la imitaron, como si fuera triplay (madera terciada), a una escala micro. Se trata de una estructura helicoidal, en la que montones de microfibrilos de quitina en una matriz de proteína forman una

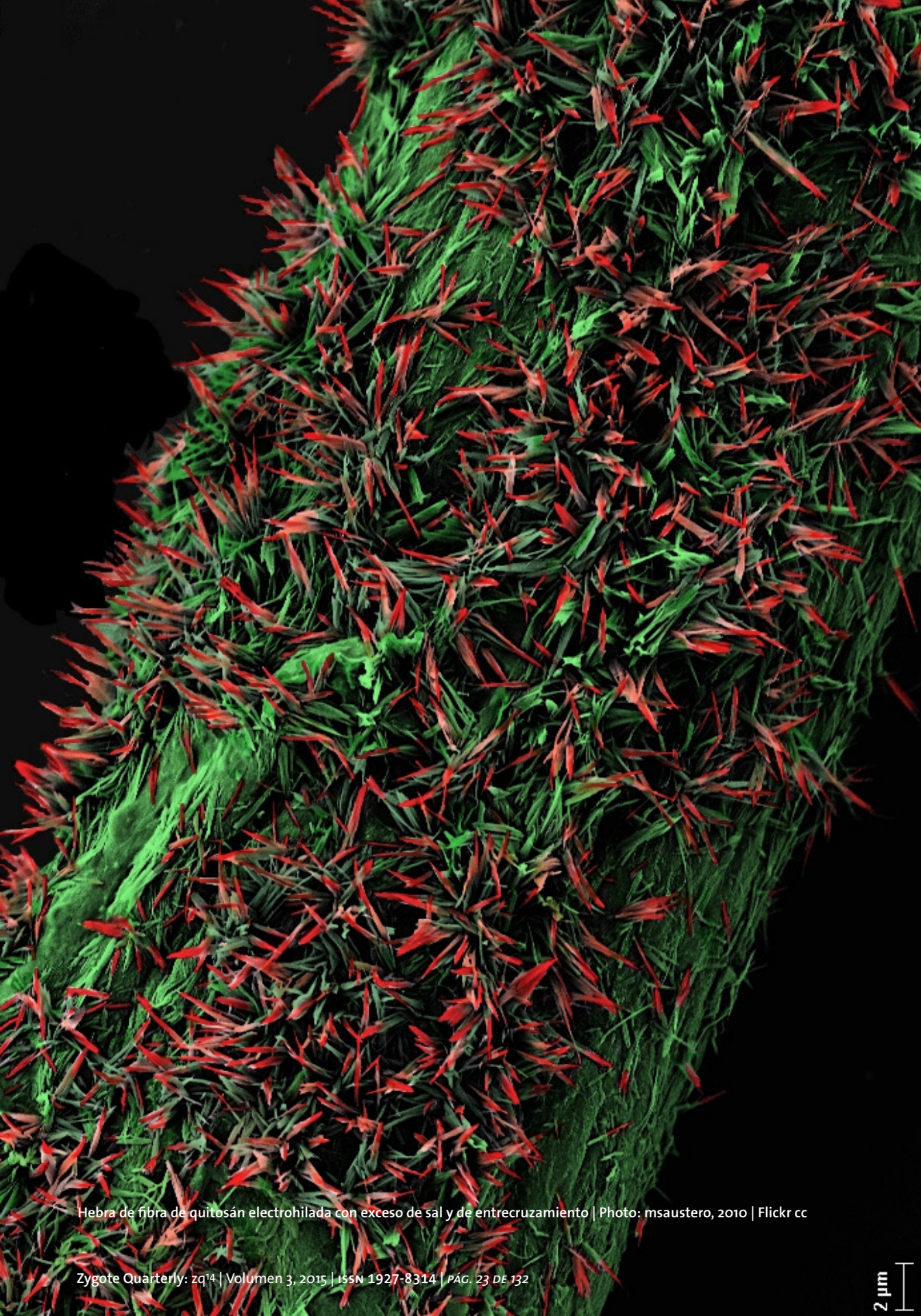
hoja o lámina. Cada hoja se gira con respecto a la que se encuentra debajo, similar a la manera en que se construye el triplay. Como troncos en una balsa, los microfibrilos se acomodan transversalmente entre las capas de abajo y de arriba, haciendo una estructura muy fuerte que puede resistir el estrés desde cualquier ángulo.

El material resultante no solo es biobasado, sino también biodegradable y biocompatible. La Administración de Medicamentos y Alimentos de los Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés) había ya aprobado el quitosán y la fibroína, haciéndolas aptas para aplicaciones biomédicas.

En un informe en el número de marzo de 2014 de la revista *Macromolecular Materials and Engineering*, el par de investigadores reveló más resultados. Trabajando exclusivamente con el quitosán, pudieron demostrar un proceso de producción escalable para un plástico hecho con base en quitosán que podría ser moldeado por inyección o por colado como cualquier otro plástico.

Al presentar su trabajo los autores escribieron: “Este método de fabricación de quitosán ofrece un nuevo camino para la producción a gran escala de componentes de ingeniería totalmente compostables con formas complejas y establece al quitosán como un bioplástico viable que podría potencialmente utilizarse para la manufactura comercial en lugar de los plásticos no biodegradables que existen actualmente”.

La clave de su innovación fue un proceso finalmente perfeccionado que retuvo las propiedades mecánicas tridimensionales del quitosán. A pesar de la notable fuerza de estructuras como la cutícula de los insectos o el nácar de



Hebra de fibra de quitosán electrohilada con exceso de sal y de entrecruzamiento | Photo: msaustero, 2010 | Flickr cc

los moluscos, la mayoría de las aplicaciones del material destruían uno de sus mejores atributos. Hasta entonces se habían usado los caparazones molidos de los camarones en fertilizantes, cosméticos y aditivos para alimentos, pero el proceso crudo eliminaba la estructura de la quitina. Casi todos los procesos actuales en aquel momento no habían logrado producir materiales tridimensionales con la organización, integración ecológica o propiedades estructurales de los sistemas quitinosos naturales. Algunos de los pocos usos del material que conservaban su estructura íntegra se encon-

traban en el campo biomédico, como películas delgadas o andamiajes en dispositivos microfluidos y en vendajes quirúrgicos.

En vez de liofilizar, cambiar químicamente el polímero o mezclarlo con polímeros termoplásticos, los investigadores concentraron una dilución en ácido acético para formar un cristal líquido maleable.

“Una solución inicial al 3% de quitosán se concentra hasta que alcanza la viscosidad necesaria para ser moldeada. Para vaciar la solución, se entibia para disminuir la viscosidad y se vierte sobre el molde. El aumento en la viscosidad a temperatura ambiente ayuda a mantener el polímero en las paredes del molde; la forma final cristalizada del quitosán se separa del molde después de que el solvente remanente se evapora. En el caso de moldeado por inyección, el polímero (solo o mezclado con un relleno) se concentra a un estado plástico y se calienta a 80 grados Celsius antes de inyectarse en el molde. Justo después de la inyección, el molde se abre y se retiran los objetos fabricados”.

Los investigadores pudieron demostrar la utilidad de la quitina como insumo para el moldeado por inyección y vaciado, manteniendo su organización cristalina natural a microescala. El quitosán reconstituido utiliza la estructura que se encuentra en la sustancia original, en vez de usar más material, para crear fuerza, un principio básico de la naturaleza.

Los costos de producción actualmente se encuentran por encima de los de los plásticos basados en petróleo, pero si se agrega harina de madera a la fórmula de quitosán disminuye el costo a un nivel comparable. Los investigadores



Hongo

Foto: racatumba, 2008 | Flickr cc

creen que mediante una economía de escala se reducirán aún más los costos unitarios. La quitina, obtenida moliendo conchas del camarón o cultivando hongos, no afecta la producción de alimentos en la tierra.

El material también destaca por su reciclabilidad y biodegradabilidad. Por una parte, los pigmentos utilizados en el polímero son recuperables, por lo que no se tiene que separar el plástico para ser reciclado. El quitosán puede capturar y retener moléculas pequeñas, una propiedad que había sido utilizada en el campo biomédico para desarrollar innovadores sistemas de entrega molecular de liberación controlada. Los pigmentos solubles en agua capturados en el quitosán se podrían liberar bajo un régimen más ácido y se podría reciclar el quitosán incoloro. Además, el material no solo se degradará en cuestión de semanas, sino que también agregará nitrógeno a cualquier suelo en el que se encuentre, promoviendo así el crecimiento de las plantas.

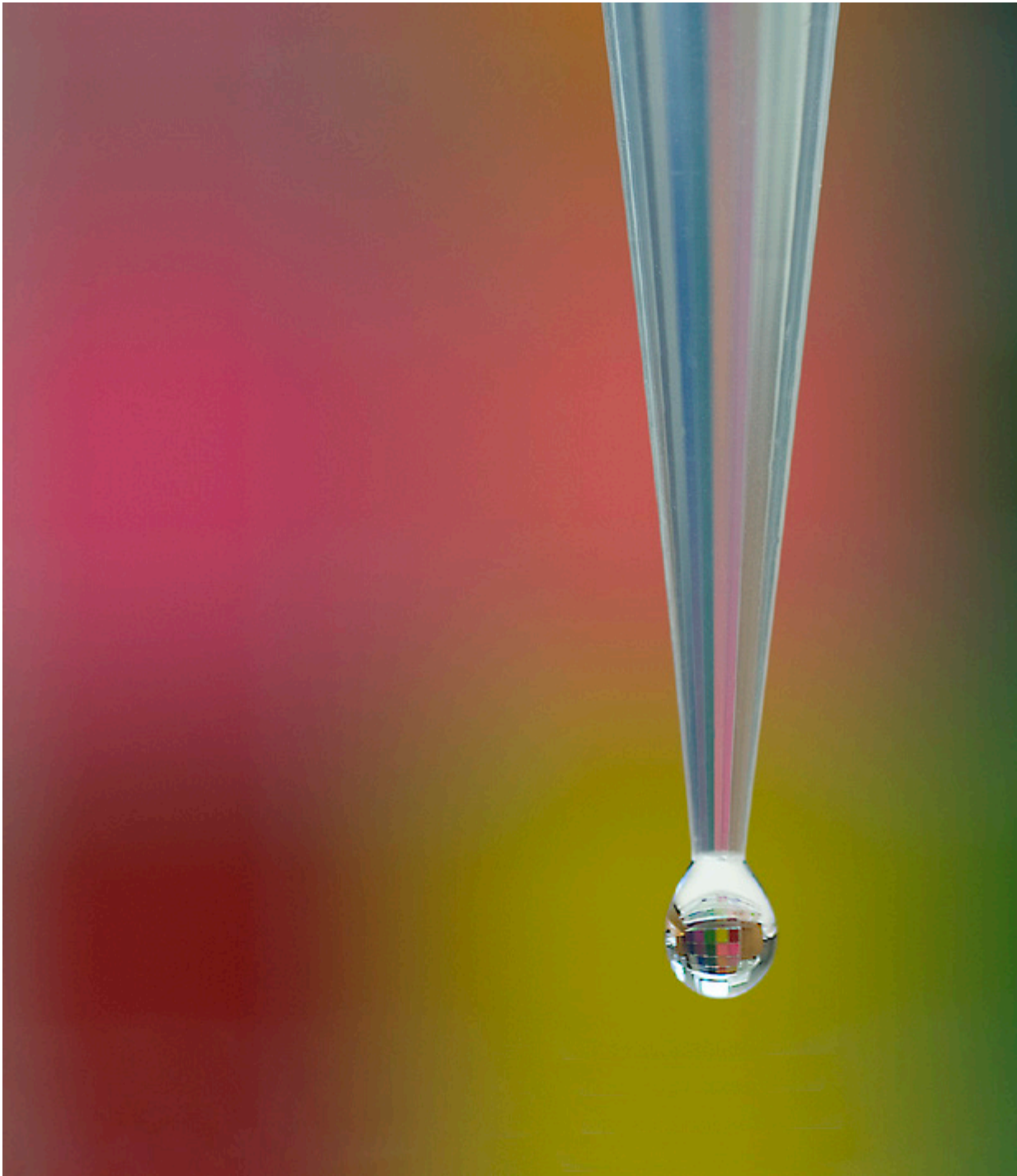
Este desarrollo no solo se distingue por basarse en una buena observación de la naturaleza. Propio del Instituto Wyss, los investigadores fueron muy conscientes de los criterios de aplicación en los cuales su experimento se debía concentrar: escalabilidad, utilidad para el sector manufacturero, y el mejoramiento de la ecuación de sostenibilidad. El proceso debe ser simple, apto para llevarse a cabo a gran escala, eficiente en costos y representar una mejora genuina con respecto a los materiales tóxicos derivados del petróleo.

Parecía que lo habían logrado y aunque su objetivo fue demostrar la plausible escalabilidad de una resina biobasada para el proceso de

moldeo por inyección y vaciado, existen muchas razones para creer que este material puede ser utilizado en otros procesos. Un equipo del Media Lab del MIT, por ejemplo, ha demostrado el uso del hidrogel de quitosán en una impresora multicámara de extrusión. Es fascinante pensar en una versión nueva y mejorada de esta materia prima alternativa cuyo uso crece, particularmente en el expansivo mundo de la manufactura aditiva.

Referencias:

1. Fernandez JG, Ingber DE. Manufacturing of Large-Scale Functional Objects Using Biodegradable Chitosan Bioplastic. *Macromolecular Materials and Engineering*. 2014;299(8):932–938.
2. Fernandez JG, Ingber DE. Bioinspired Chitinous Material Solutions for Environmental Sustainability and Medicine. *Advanced Functional Materials*. 2013;23:4454-4466.
3. Personal communication, Don Ingber, Wyss Institute, Cambridge, MA, March 22, 2015
4. <https://www.media.mit.edu/publications/water-based-robotic-fabrication/>



Gota de agua

Foto: Felice Frankel

Portafolio

Felice Frankel

Háblanos sobre tus antecedentes y sobre cómo te iniciaste en el campo de la fotografía científica.

Empecé con la ciencia, justo después de graduarme en Brooklyn College, trabajando en un laboratorio de investigación sobre el cáncer. Entonces, a través de una serie de eventos fortuitos, me convertí en fotógrafa de arquitectura de paisaje y más tarde regresé a la ciencia --esta vez con mi experiencia fotográfica.

¿Qué tipo de técnicas utilizas en tu trabajo?

Principalmente imágenes de macrofotografía y microscopía. A veces utilizo un equipo más sofisticado --como un microscopio electrónico de barrido, pero cuando lo hago trabajo con un técnico. Técnicamente saben más que yo, y yo básicamente dirijo la parte artística.

¿Cómo ha cambiado tu arte/ estilo desde que iniciaste?

Es una pregunta interesante. Probablemente me he hecho más creativa, principalmente porque ahora me siento más segura de mi misma. Ya no creo que hago imágenes interesantes por accidente. Debo saber lo que estoy haciendo. ¡Al fin me lo creo! Ahora tomo más riesgos con mis montajes. Sin embargo, el rigor y las reglas para hacer imágenes científicas me mantienen a raya. No soy una artista. Mi intención NO es crear arte. Mi tarea es comunicar información por lo que hay varios parámetros con los que tengo que trabajar.

¿Cómo influye la fotografía en la manera como ves al mundo? ¿Sientes que ves las cosas a tu alrededor de una manera diferente?

Sin duda, continuamente me hago más y más preguntas acerca de la naturaleza, por ejemplo, ¿por qué las cosas son como son? Mi trabajo es comunicar la ciencia, visualmente. Por ello necesito entender lo que estoy fotografiando... ¡una manera fascinante de ver el mundo!

¿Qué o quién te inspira creativamente? ¿Qué es lo que más te alimenta?

Tengo el privilegio de trabajar con algunos de los mejores investigadores del mundo. ELLOS y lo que ellos logran con su trabajo son mi inspiración.

¿En qué estás trabajando en este momento? ¿Hay algún proyecto interesante del que nos quieras platicar?

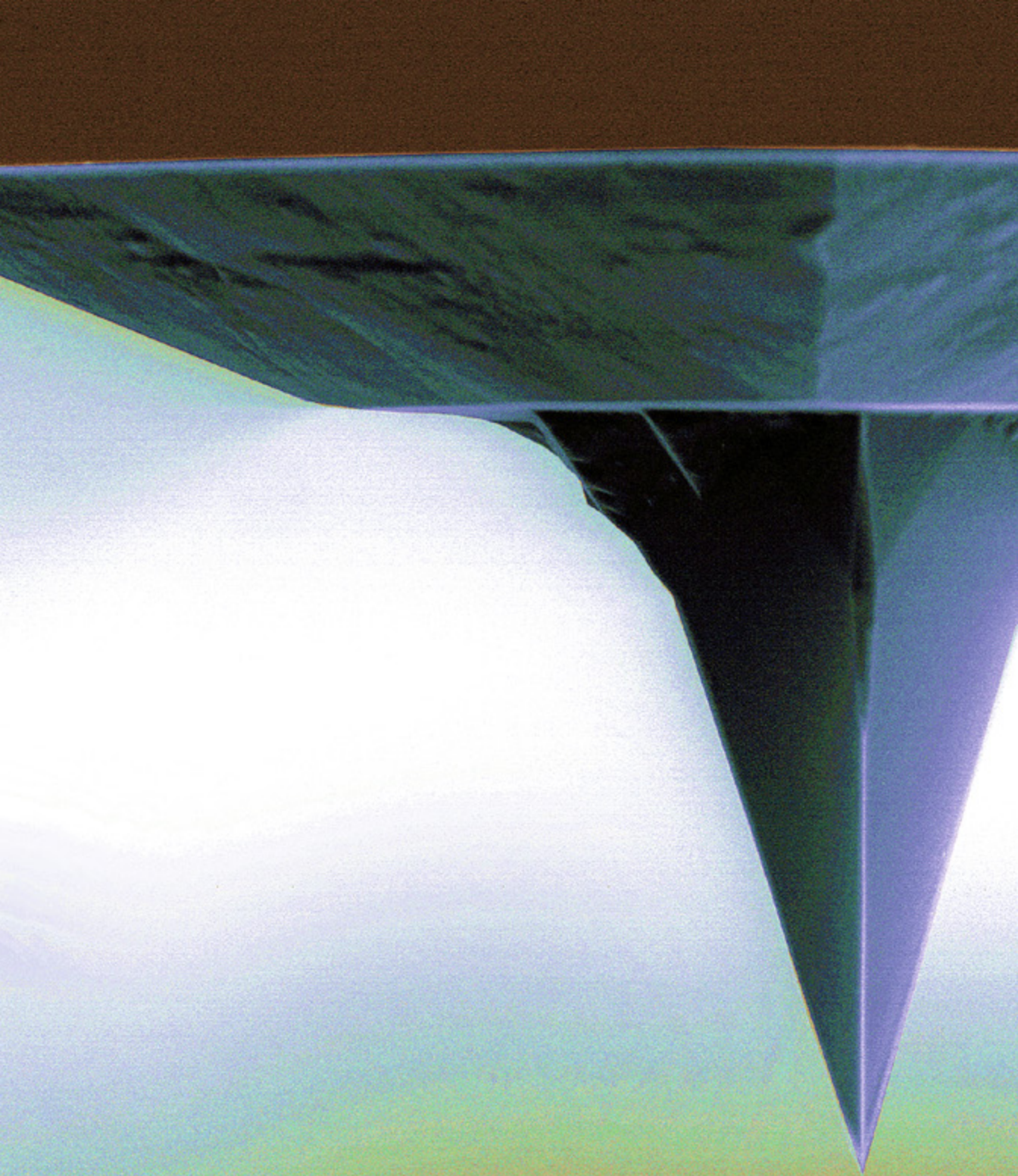
Acabo de terminar de impartir un curso en línea: Cómo tomar fotos científicas e ingenieriles. Nos tomó dos años crear 31 tutoriales. Trabajé con un equipo maravilloso, enseñando a alumnos de todo el mundo cómo lograr fotografías de ciencia e ingeniería más cautivadoras y comunicativas. Los videos están disponibles aquí:

Cómo Hacer Fotografías Científicas e Ingenieriles, Una Guía Práctica para Presentar tu Trabajo.

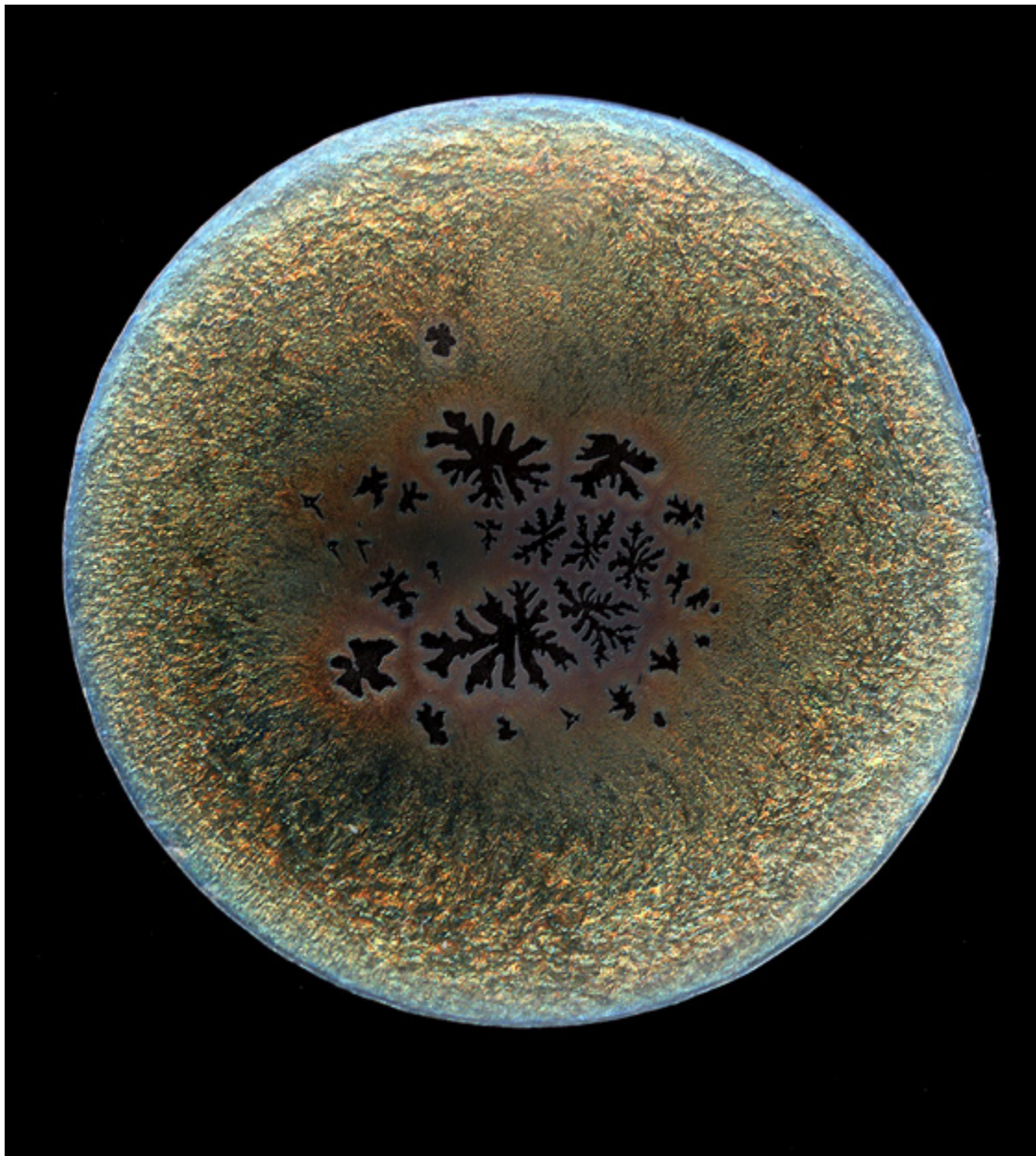
¿Cuál fue el último libro que disfrutaste?

Me es difícil decirlo. Creo que *La firma de todas las cosas* de Elizabeth Gilbert es uno de los primeros en mi lista.

x



Punta del Microscopio de Fuerza Atómica (AFM) (detalle) | Foto: Felice Frankel



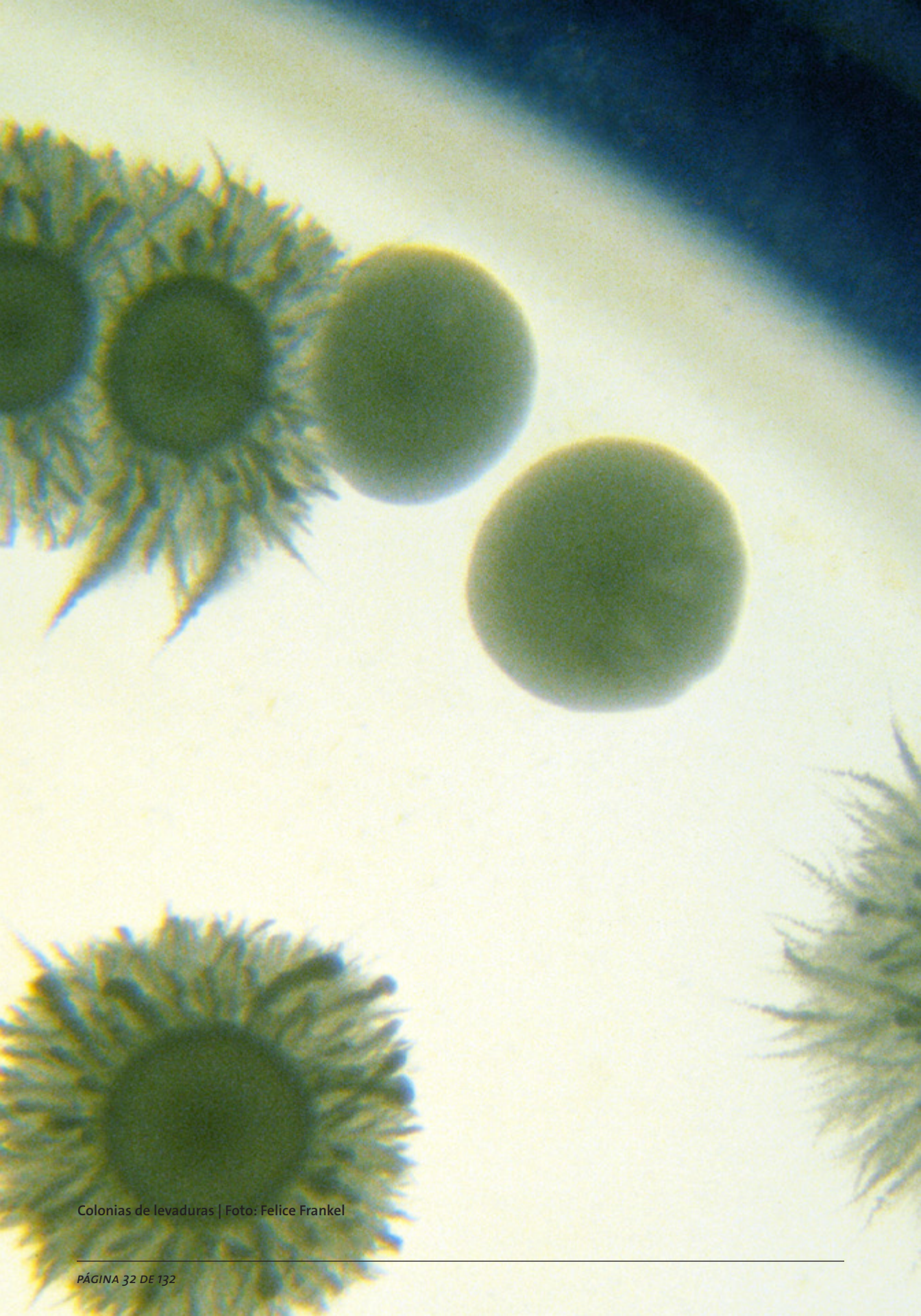
Bloques de copolímeros

Foto: Felice Frankel

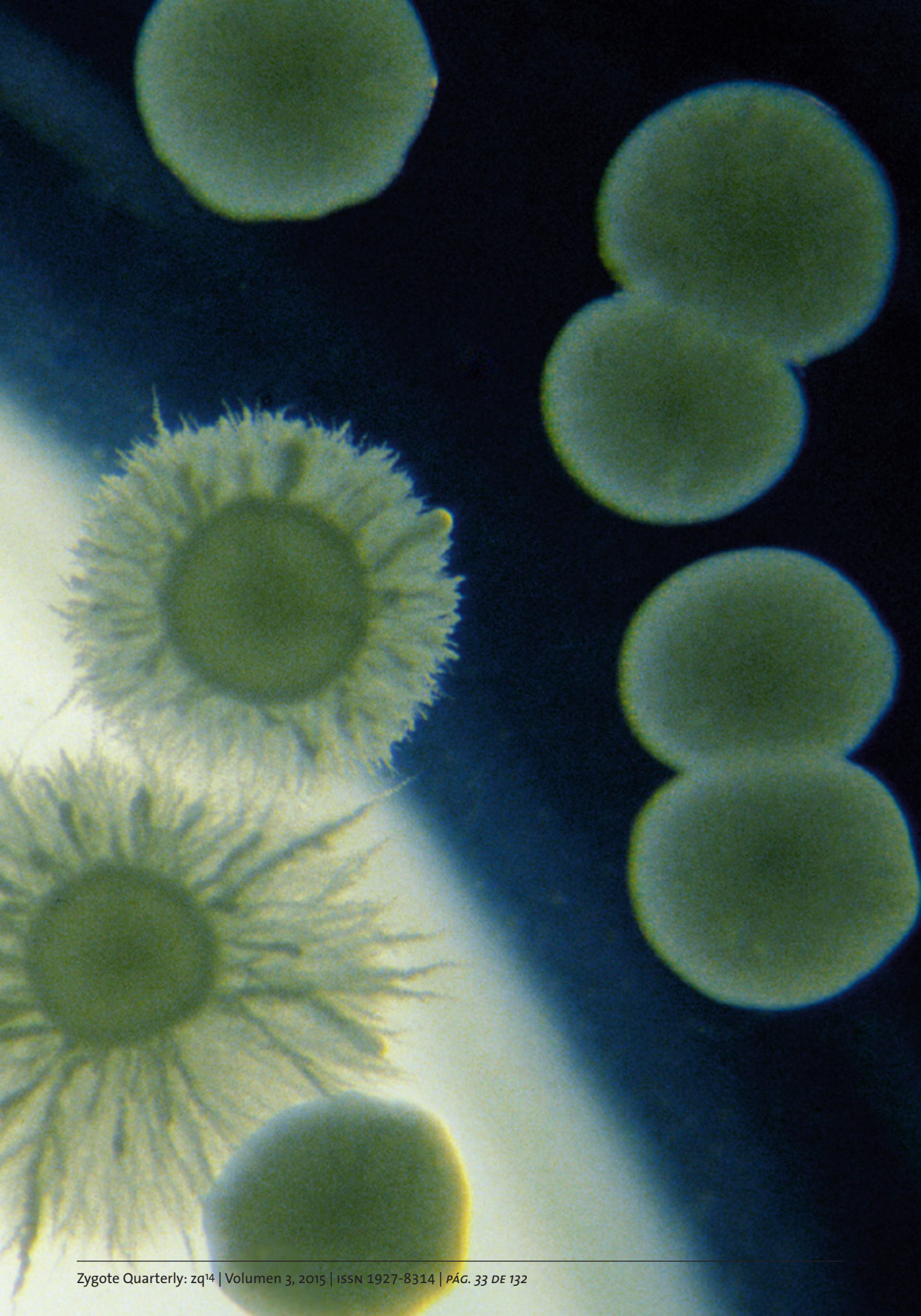


Colonia de levadura

Foto: Felice Frankel



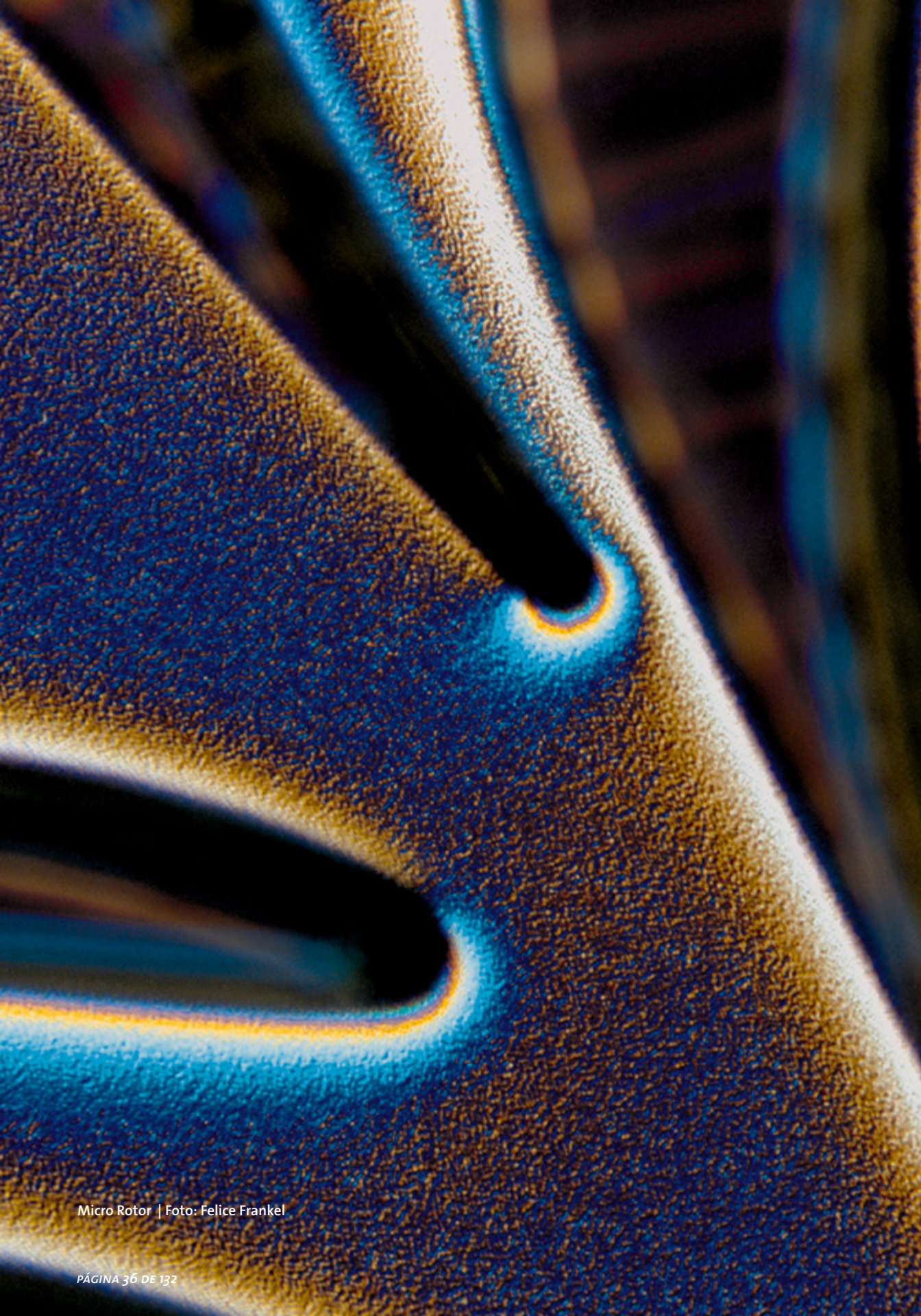
Colonias de levaduras | Foto: Felice Frankel





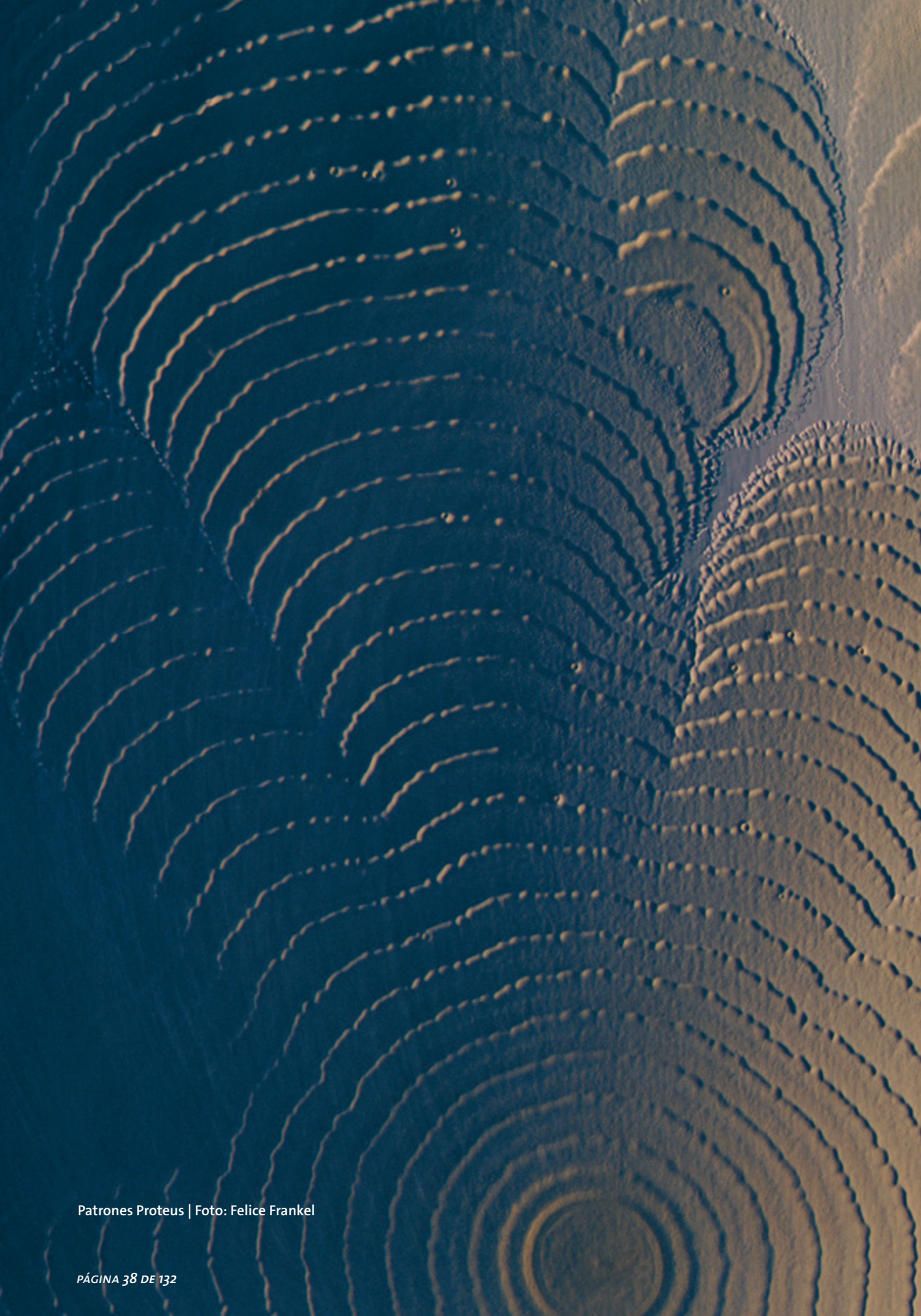
Ferrofluido | Foto: Felice Frankel





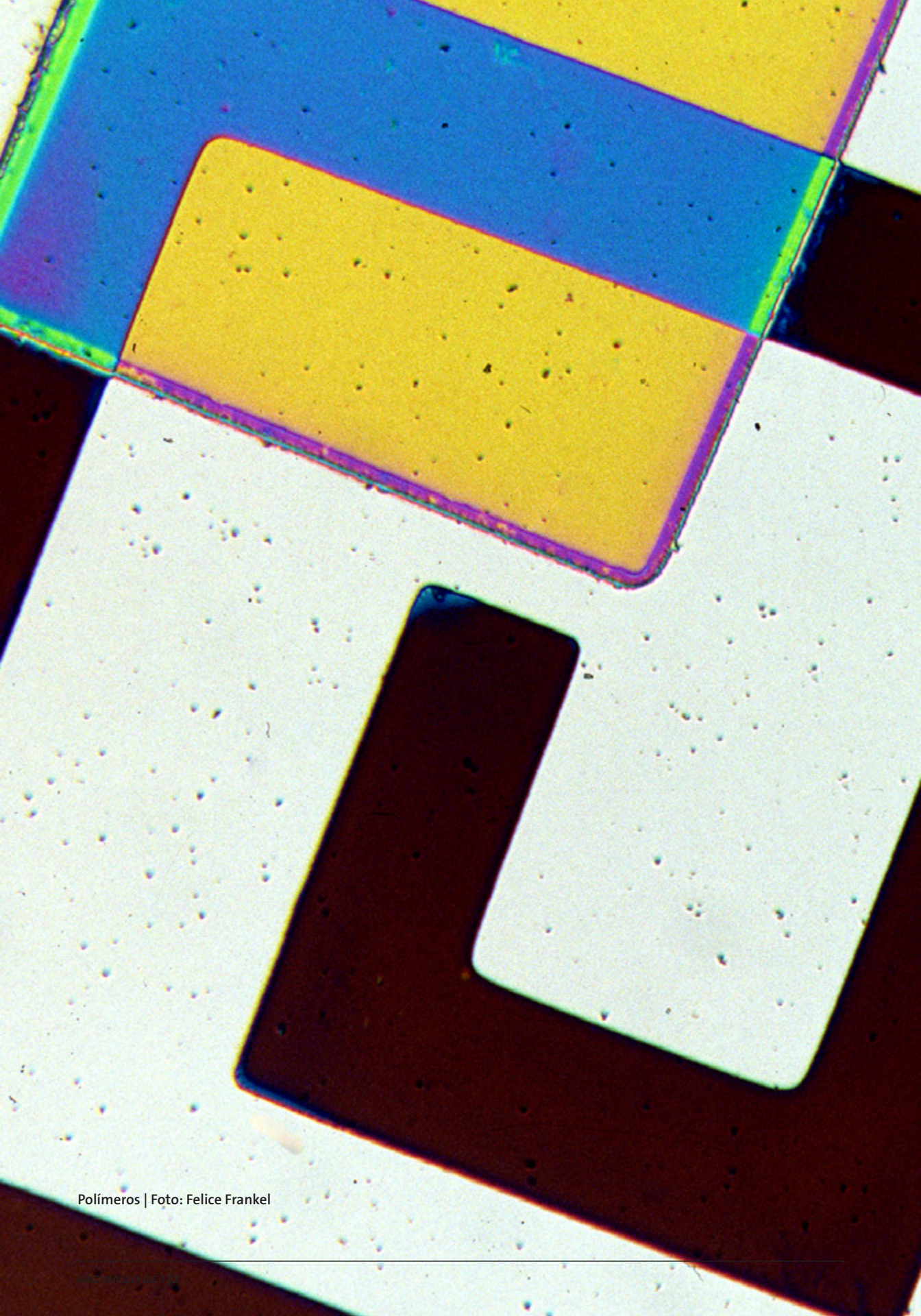
Micro Rotor | Foto: Felice Frankel



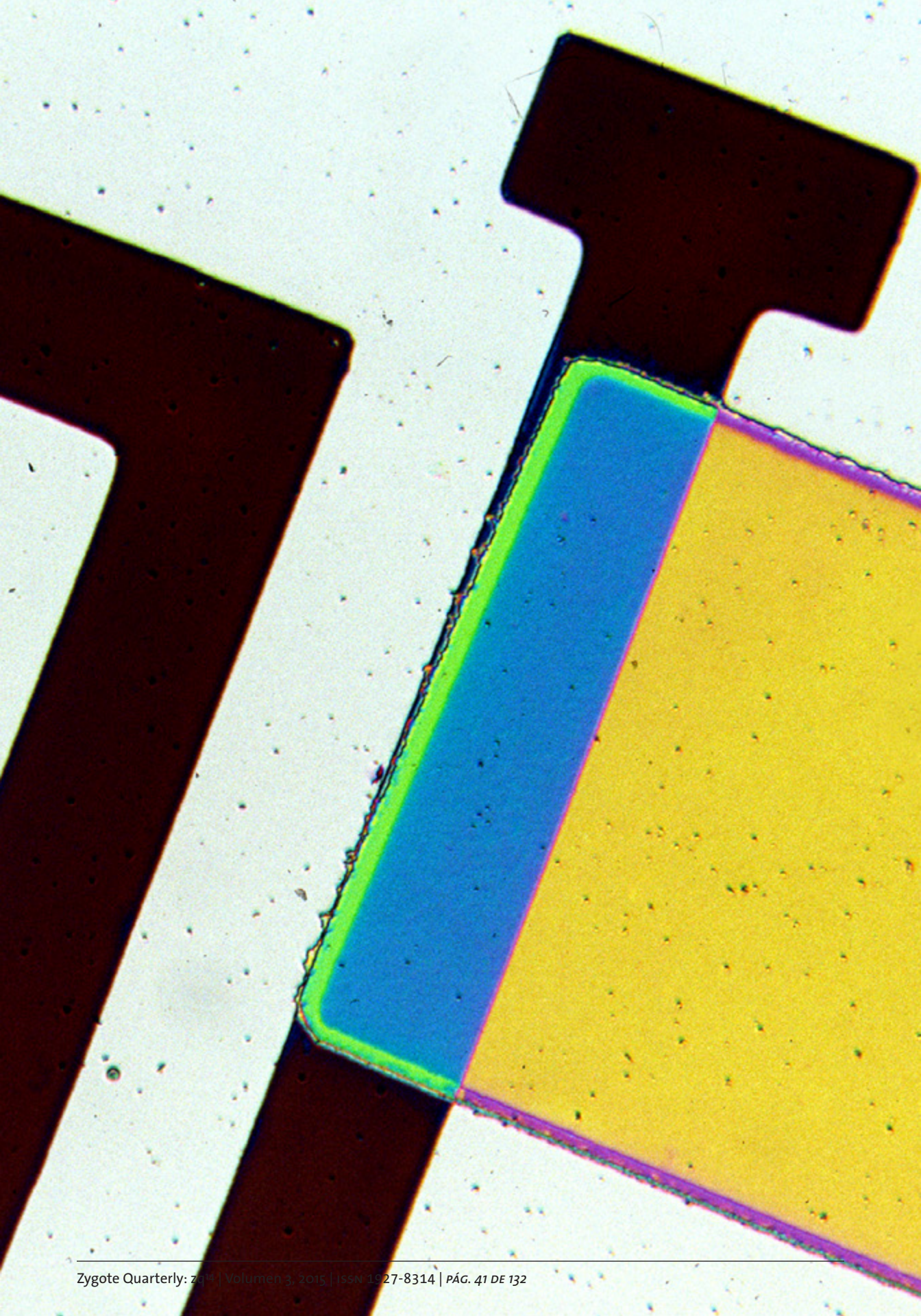


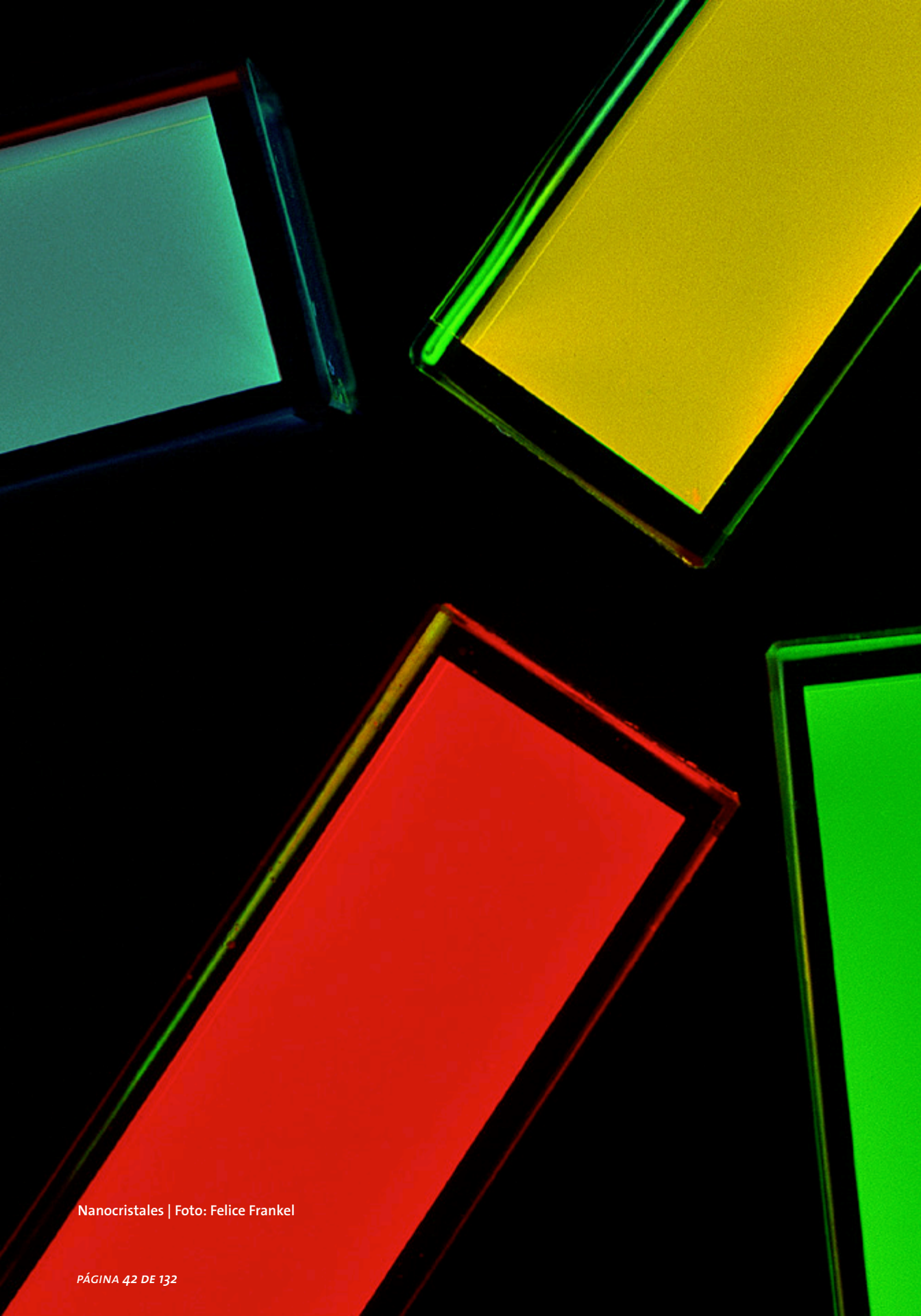
Patrones Proteus | Foto: Felice Frankel



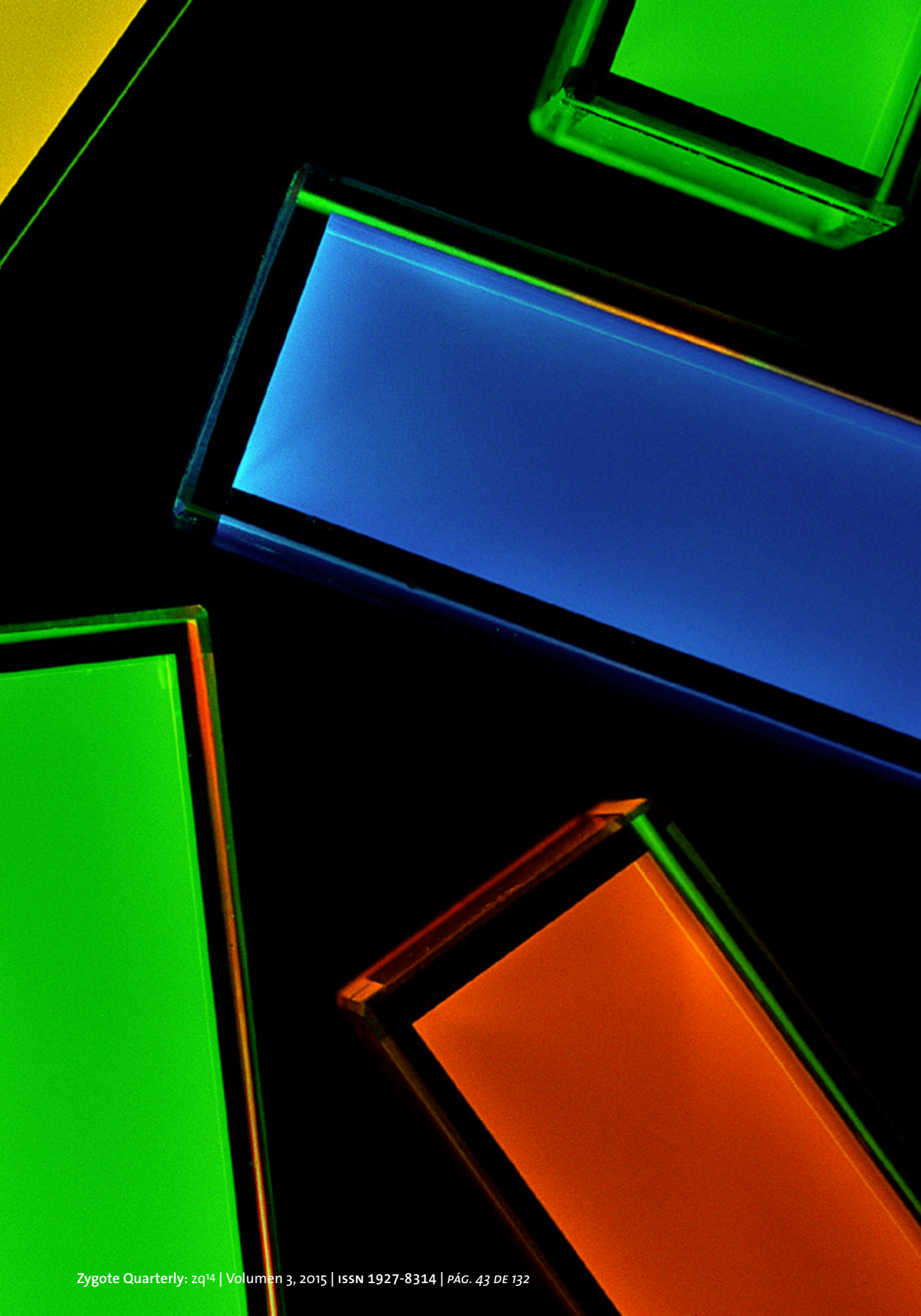


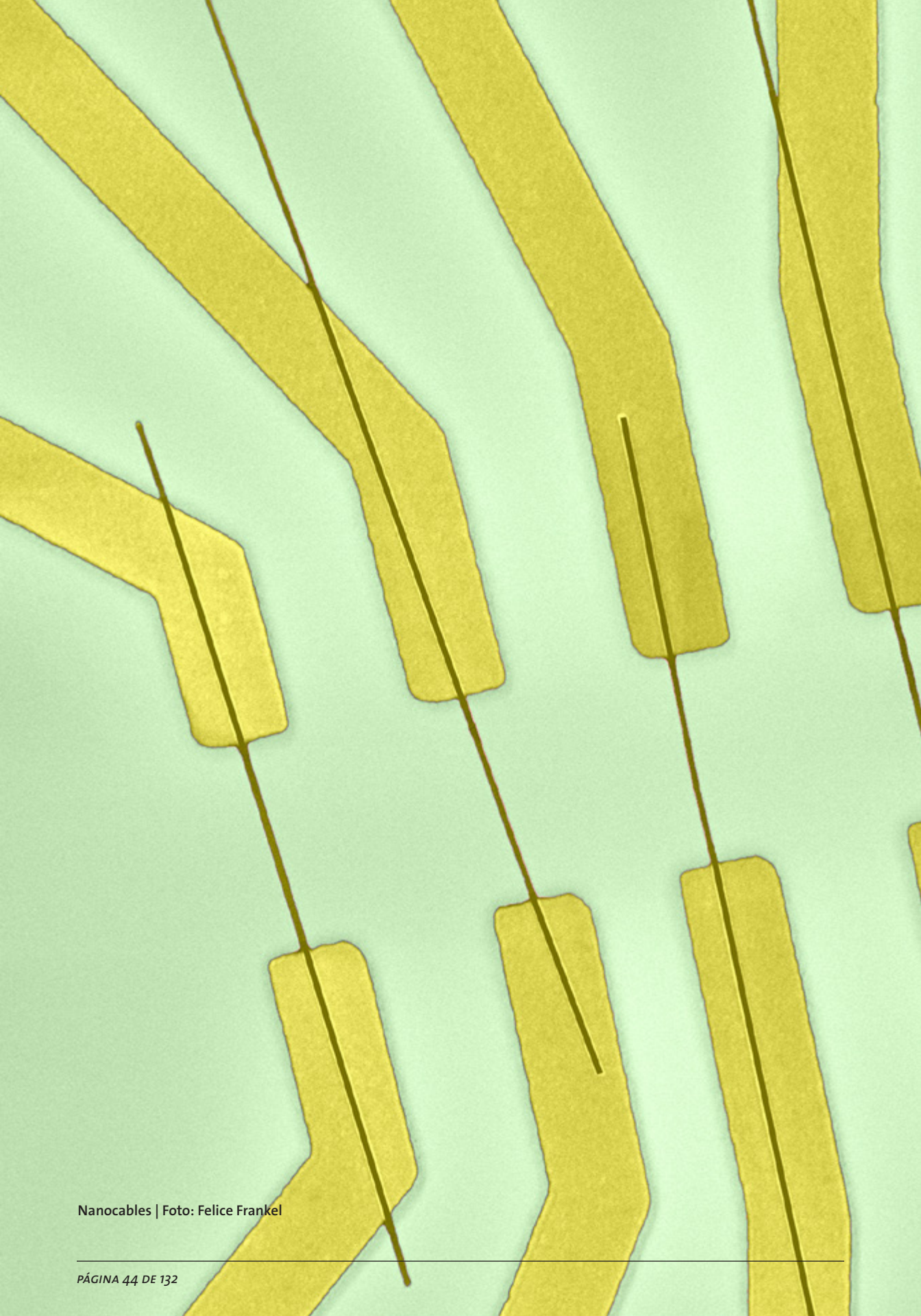
Polímeros | Foto: Felice Frankel



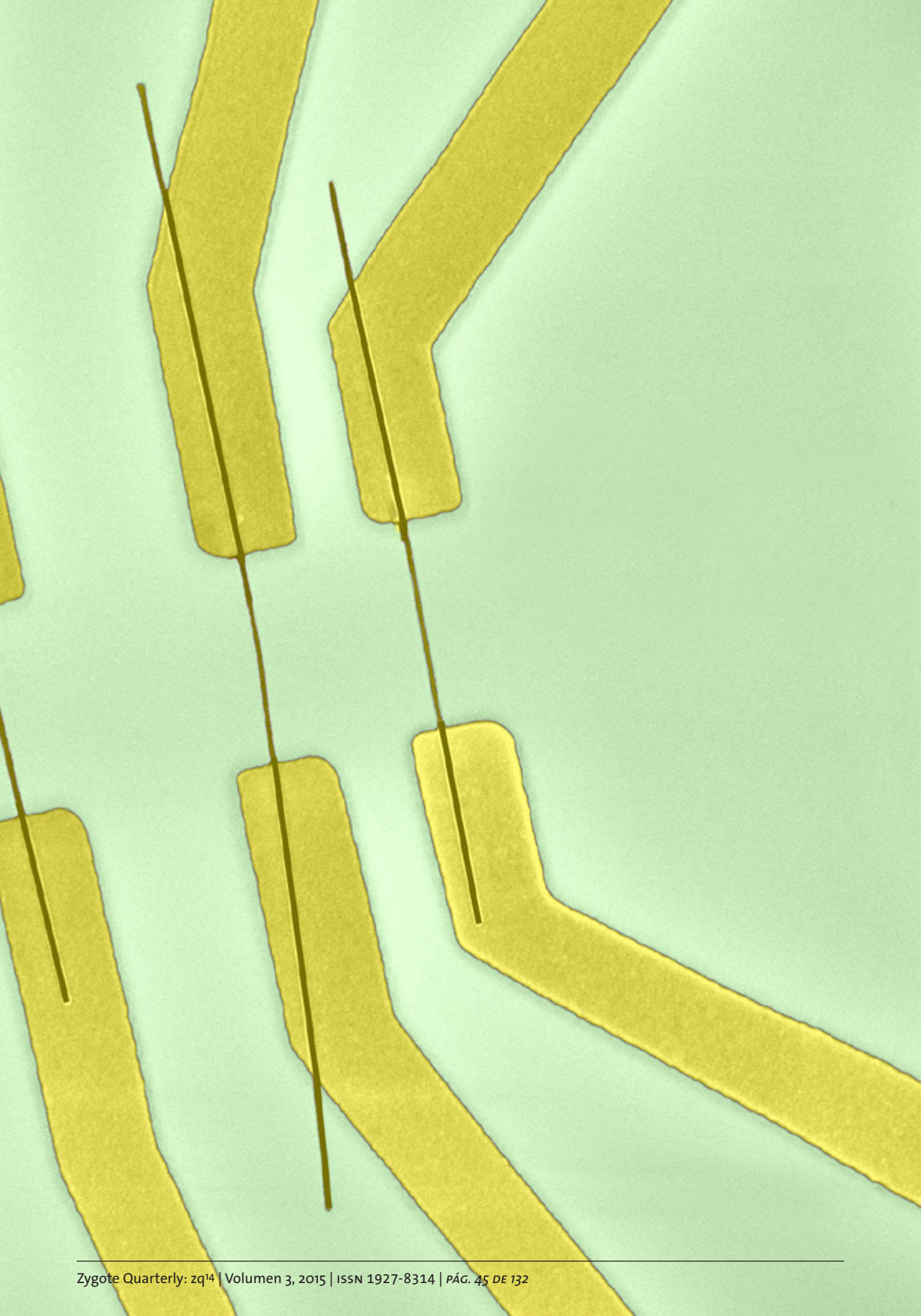


Nanocristales | Foto: Felice Frankel





Nanocables | Foto: Felice Frankel





→ *Agave parryi*

Photo: mcgrayjr, 2008 | Flickr cc

A close-up photograph of a cactus spine, showing several sharp, dark spines. The spine itself is green and has a bumpy texture. The background is a soft, out-of-focus green.

La ciencia del ver

Pensar como un agave

Adelheid Fischer

Pensar como un agave

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



5:40 am. Alcanzo a escuchar el final del pronóstico del tiempo en la radio. La temperatura ya está alcanzando los 32 grados centígrados (90°F). Me da un vuelco el corazón. Fiel a su reputación, junio está resultando el mes más caliente del año. Durante la última semana Arizona ha padecido una ola de calor; casi todos los días el termómetro marca más de 46°C (115°F) en la ciudad de Phoenix donde vivo. Parece que hoy se registrará una nueva temperatura récord.

Pongo una botella extra de agua en mi mochila mientras me preparo para salir al campo con botánicos del Desert Botanical Garden (Jardín Botánico del Desierto, DBG por sus siglas en inglés). Aunque nuestro destino es Sedona, dos horas al norte y varios miles de metros más arriba en altitud, va a hacer calor. Por si fuera poco, vamos a caminar a pleno sol, abriendo camino entre la maleza para subir hacia partes despejadas, atravesando matorrales espinosos con plantas que llevan nombres como daga de espinilla (traducción literal del nombre común del agave schottii en inglés), mancacaballo y corona de Cristo. Busco entre los pantalones doblados en una repisa de mi armario y elijo unos de color rojo bombero hechos de un tejido cerrado de algodón grueso, lo más cercano que tengo a la lona que se usa

en los uniformes militares. Me los pongo, me veo en el espejo, y me río. Total, puede que termine el día en estado de coma por el calor y el esfuerzo, pero mis pantalones carmesí al menos van a servir para que el helicóptero de rescate encuentre mis restos inmóviles entre los matorrales del desierto.

En la casa de Wendy Hodgson me encuentro con el resto de las personas que vienen en este viaje. Se me quita la pesadumbre en cuanto veo a Wendy, con una sonrisa de oreja a oreja, caminando hacia mí desde la entrada de su casa. Me saluda con su característico “¿Cómo te va?” mientras me da un fuerte abrazo. Pequeña pero musculosa, Wendy sigue siendo tan atlética como cuando estaba en la universidad becada para jugar al golf. Luego terminaría una maestría en botánica en Arizona State University en los años 70. Mantener su fuerza física y vigor ha sido fundamental para su vida profesional ya que ha pasado la mayor parte de sus más de 40 años como investigadora del DBG en el desierto de Arizona.

Ha tenido aventuras que me dejan con el ojo cuadrado y pasmada de envidia: rapelear por una de las paredes del Gran Cañón para cortar una planta del risco de la piedra arenisca de Conino o bajar por los rápidos del río Colorado para coleccionar plantas de un cañón lateral remoto. También cuando acampó con algunos colegas suyos en los desiertos de conos de ceniza en la parte sudoeste del estado. Mientras instalaban sus tiendas de campaña, un hombre se apareció



Carpintero Gila sobre la floración del Agave | Foto: desertdutchman, 2008 | Flickr cc



Agave | Foto cortesía de Wendy Hodgson



de pronto y pasó la noche al pie de su fogata. Su invitado resultó ser el famoso escritor del desierto Edward Abbey.

Sin embargo, si le preguntas a Wendy cuál ha sido la mejor de sus aventuras, lo más probable es que te mencione la relación amorosa que desde hace tanto tiempo tiene con los agaves de Arizona. Fantásticos reguiletes de hojas carnosas con forma de lanza, los agaves se distribuyen ampliamente por todo el estado, creciendo igual en el suelo del desierto a la sombra de los sagueros que a casi 2.500 metros (8.000 pies) de altitud en bosques dominados por pinos ponderosa. A fecha de hoy, los investigadores han registrado 23 taxones de agaves nativos, más de la mitad de ellos endémicos; es decir, que se encuentran solo en Arizona.

El cálculo final, sin embargo, dista mucho de estar completo. En la década de los años treinta, cuando los botánicos empezaron a hacer mediciones formales de campo en Arizona, los investigadores señalaron algunos agaves extraños y registraron los avistamientos de estas curiosas anomalías en cartas o como impresiones en listados de plantas. Desafortunadamente, la documentación no era muy consistente. El registro oficial de especímenes en los herbarios, como el que se encuentra en el DBG, requiere que se incluyan con las muestras de hojas, partes de las plantas como las flores. Debido a que muchos agaves florecen durante el tórrido mes de junio, cuando es una tortura, a la par que un peligro, andar en zonas descubiertas, los primeros botánicos a menudo se encontraban a estos individuos atípicos solo durante la temporada más fresca.

En los años setenta, los investigadores empezaron a sospechar que una colección de agaves anómalos que se encontraba cerca de unas ruinas arqueológicas ubicadas a lo largo del Borde Mogollón en la parte norte central de Arizona podría ser un remanente de los jardines cultivados pertenecientes al pueblo precolombino. El interés creció y se descubrieron más plantas. Hacia finales de los 80, ya se habían nombrado a dos nuevas especies de antiguos agaves cultivados.

Por aquella época, Wendy también contrajo la fiebre del agave. Luego en 1992 se sacó la lotería. Mientras revisaba una lista de plantas para el Gran Cañón, notó que el *Agave parryi*, una especie nativa, estaba en la lista. Wendy sabía que la planta estaba mal identificada porque *A. parryi* no se encuentra en el Gran Cañón. Consultó al botánico Art Phillips, colega suyo del Museo del Norte de Arizona (MNA), en Flagstaff. Art recordó la planta y pudo dirigir a Wendy hacia su ubicación exacta. Por supuesto, cuando Wendy bajó hacia el cañón, no encontró *A. parryi*, sino un agave que no se parecía a ningún otro que ella hubiera visto antes.

Conforme uno avanza hacia el norte en latitud, los agaves típicamente crecen más pequeños y compactos para protegerse de las temperaturas más frías. Este espécimen, sin embargo, desafiaba la regla. El agave del Gran Cañón era grande y sus hojas estaban dispuestas en formaciones amplias. Cerca había unas ruinas arqueológicas. Su corazón empezó a latir con fuerza. “Esa era mi pista delatora”, dice Wendy. “Supe que [la planta] no había evolucionado en el Gran Cañón con esa forma, con rosetas más grandes y menos compactas. La gente la trajo aquí.”



Ruinas arqueológicas, Sedona | Foto cortesía de Heidi Fischer



Tallos de flor de Agave | Foto cortesía de Wendy Hodgson

Después de horas de un cuidadoso análisis comparativo con otros agaves en el herbario del DBG, Wendy declaró que la planta era una nueva especie y la bautizó oficialmente como *A. phillipsiana* en honor de su colega del MNA. Pruebas genéticas posteriores realizadas por el botánico del DBG Andrew Salywon confirmaron la designación de Wendy.

Debido principalmente a la investigación de campo de Wendy y a la investigación molecular de Andrew, sigue creciendo el registro de agaves precolombinos domesticados. A fecha de hoy, cinco especies se han agregado a la lista. Actualmente se está trabajando en el bautizo botánico oficial de más agaves.

Cuando al fin nuestra camioneta se detiene ruidosamente en un largo camino de tierra en la remota zona de piedra roja de Sedona, Wendy se baja de un salto y observa sus alrededores. Cada salida es una oportunidad de encontrar una nueva pista en el paisaje que puede ayudar a armar una fotografía de un pasado misterioso y fascinante. Toparse con una nueva especie, especialmente una ligada a la vida de la gente del pasado, “es emocionante”, dice Wendy. “¡Es un SI!”

Levanta los brazos y empieza a gritar en medio del calor feroz del día. “Me encanta como se ve, como se siente, como huele. En mi siguiente vida”, declara, “quiero regresar como botánica de campo.”

Sedona es famosa por sus mesetas del color de la paprika fresca que se elevan desde el chaparral repleto de juníperos y pinos piñoneros en la parte norte central del estado. Estoy parada sobre una de estas mesetas, mirando hacia una serie de riscos que forman lo que parecen puntadas hilvanadas a lo largo del terreno. A mis pies

hay filas de piedras caídas, las ruinas lineares de una casa de campo prehistórica. Hace ochocientos, quizás mil años, alguien se resguardó aquí del sol o del viento o de la lluvia para montar guardia sobre una colina sembrada de agaves. El guardia probablemente tenía una pila de piedras del tamaño de su mano o una honda para espantar a tuzas y ratas en busca de plantas tier-

nas. Wendy y Andrew están eufóricos. Los dos botánicos han examinado de cerca tantos agaves que incluso con un vistazo a estos especímenes saben que pueden ser nuevas especies. Muchos de los agaves están floreciendo, lo que les permitirá a los investigadores recolectar juegos completos de hojas y flores para analizarlos en el DBG. Toman fotografías y anotan las coordenadas de GPS de cada planta. Con unas tijeras para podar de mango largo, cortan también una flor de las prominentes espigas. Armado con un cuchillo afilado, Andrew cautelosamente hunde sus manos en la roseta para cortar una de sus gruesas hojas, cuidando de no tocar los dientes serrados de la orilla de la hoja y la afilada espina terminal de la punta. Pictografías antiguas de México muestran como los mayas les encajaban estas espinas en la piel a los niños como una forma de disciplina. Wendy sacude la cabeza por la crueldad del acto. En una salida de campo hacía algunas semanas, una de estas espinas terminales se le enterró en un nudillo en la mano. Con casi un centímetro de longitud, la espina le causó inflamación y dolor severos y tuvo que someterse a cirugía para que se la extrajeran.

Mientras Wendy y Andrew se ocupan de su régimen de recolección de plantas, yo me siento a examinar estas plantas de cerca. Para la gente de antaño, los agaves eran una de esas plantas

multiusos que ofrecía una abundancia de productos. En su libro *Food Plants of the Sonoran Desert* (Plantas alimenticias del desierto de Sonora), Wendy lista los siguientes beneficios de los agaves: “alimento, bebidas alcohólicas y no alcohólicas, jarabe, fibra, cuerdas, ropa, sandalias, redes, cobijas, lanzas, fogones, instrumentos musicales, setos vivos (incluyendo demarcaciones de límites territoriales), jabones, medicina y propósitos ceremoniales.”

En esta lista de servicios humanos, uno de los más importantes es el alimento. Durante una etapa tardía de su desarrollo, los agaves encienden un interruptor metabólico y empiezan a desviar enormes cantidades de energía hacia la espiga central de sus rosetas. Las plantas construyen este tejido rico en carbohidratos para alimentar el crecimiento de su enorme espiga de flores. La gente de la prehistoria detenía este proceso cortando la roseta de hojas tan pronto como se formaba la espiga de la flor y empezaba a drenar la preciada reserva de nutrientes. Del tamaño de una pelota de baloncesto, el corazón se podía entonces asar en fogones bajo tierra durante varios días hasta que se suavizaba lo suficiente para poderse comer.

Para los agricultores de la prehistoria, los agaves debieron parecer una especie de comida milagrosa. Sembraban cultivos que requerían mayor mano de obra como el maíz, frijoles y calabazas en campos bajos con mejor acceso a irrigación. Los agaves, por otra parte, crecían en la tierra fina y rocosa de las laderas en los alrededores de sus campos. Aparte de la necesidad de mantener alejadas a las tuzas, las plantas eran bastante autosuficientes. Aunque los agaves tienen reproducción sexual (de ahí la producción de flores ricas en néctar que atraen a murciélagos, abejas,

escarabajos y aves), su modo primario de propagación es a través de la clonación. Las plantas producen copias genéticas de sí mismas a través de rizomas subterráneos. De hecho, hacia el final de sus vidas las plantas adultas por lo general se ven rodeadas de clones jóvenes, conocidos como “hijuelos”. Debido a que estas jóvenes plantas son notablemente resistentes y pueden sobrevivir un viaje terrestre dentro de una mochila, en tiempos prehistóricos la gente las comerciaba a grandes distancias. De hecho, Wendy sospecha que los progenitores de muchas de las especies de agave domesticadas en Arizona vinieron de México. Estas especies olvidadas o se han extinguido o aún no han sido descubiertas allí.

Darme cuenta de que las plantas que tengo ante mí son copias de los mismísimos agaves que la gente de la prehistoria cuidó durante casi un milenio me llena de asombro y admiración. ¿Cómo es que estos clones han podido persistir aquí?

Por un lado, su forma se adapta bien a las condiciones desérticas: amplias oscilaciones de temperatura, que pueden ir desde más de 40 grados centígrados hasta por debajo de los cero grados, y precipitaciones escasas e impredecibles. Los agaves son recipientes cuyas hojas en forma de canaletas capturan la humedad y la llevan hacia sus superficiales raíces. Esponjadas por la lluvia, las hojas también sirven como tanques de almacenamiento. Al mismo tiempo, el patrón en forma de roseta protege a la planta contra la pérdida de agua mediante la superposición parcial de las hojas que generan una sombra parcial unas sobre otras y se protegen así del sol y del viento utilizando una estrategia conocida como filotaxia, en la que cada hoja se dispone en espiral desde el centro en un ángulo tal que puede equilibrar la necesidad tanto de luz solar como



Agave con Wendy Hodgson

Foto cortesía de Wendy Hodgson

de sombra. Como medida adicional, una cutícula cerosa cubre la superficie de la hoja, reteniendo así la humedad tan arduamente ganada.

La planta también utiliza una serie de trucos invisibles para los ojos. Sus estomas, o poros “que respiran”, se encuentran ocultos, más que al ras de la superficie de la hoja. Esto amortigua el contacto con el aire seco que puede aumentar la evaporación de agua durante la fotosíntesis, cuando los estomas están abiertos para el intercambio de absorción de dióxido de carbono y liberación de oxígeno. Durante los periodos de sequía, algunas plantas adaptadas a lugares áridos, como los agaves, practican un método alternativo de fotosíntesis conocido como metabolismo ácido de las crasuláceas (MAC). Los estomas se abren durante la noche, y no durante el día, para minimizar la pérdida de agua. La fotosíntesis por MAC conserva agua pero ralentiza de manera dramática el crecimiento de la planta. Cuando hay más humedad disponible y pueden soportar una mayor pérdida de agua a cambio de un crecimiento más rápido, sin embargo, los agaves pueden cambiar y abrir sus estomas durante el día.

Y por supuesto tenemos la belleza pura de estas plantas: lonchas de dientes finos y regulares que corren por las orillas de sus robustas hojas en forma de lanza, el tenue arco de la punta de cada hoja que es tan bello como la curva de la muñeca de una bailarina mientras la sostiene en el aire por encima de su cabeza. Es una planta que puede florecer en suelos delgados y lluvias escasas, y a la vez ser de gran servicio y sorprender con su gracia. Estas son precisamente las características a las cuales aspiro durante mi breve estancia en el planeta. Me pregunto: ¿hace mil años hubo alguna otra persona aquí en este mismo lugar,



Glenn Murcutt, Casa Magney, Bingie Point, Nueva Gales del Sur, Australia. 1982-1984 y 1999.
Foto: Anthony Browell | Cortesía Fundación Arquitectura Australia.



observando los peñascos de piedras rojas y, al igual que yo, se sentía sorprendida y agradecida y feliz de poder simplemente estar en silencio en compañía de estas plantas?

Wendy y Andrew cuidadosamente embolsan y marcan cada muestra de planta en bolsas de papel y las ponen delicadamente en la parte trasera de la camioneta. En el camino de regreso a Phoenix, la camioneta se empieza a llenar del aroma de la flor del agave: un dulce olor almizclado.

No tardamos en cruzar la frontera de la mancha urbana que se desliza hacia el norte desde Phoenix hasta Sedona. Hasta donde alcanza la vista, una capa de techos de teja roja se apropió del desierto. En el otoño de 2014, esta región de Arizona fue azotada por inundaciones récord. Las avenidas llenaron súbitamente los lechos secos con aguas enfurecidas que desbordaban los bancos y desprendían las casas de sus cimientos, golpeándolas hasta romperlas en pedazos. Ganado y caballos nadaban junto a sillones y camionetas vacías.

El desierto está adaptado a las inundaciones que ocurren después de ciclos de lluvia intensa y escasa. Los modos actuales de desarrollo humano, no obstante, han rebasado la capacidad de la tierra de mitigar de manera efectiva los flujos de las tormentas. En lugar de diseñar estructuras que intercepten el agua in situ, como los agaves, los saguaros y otras plantas del desierto, blindamos casi todas las superficies de nuestros desarrollos, desviando la precipitación de las azoteas, banquetas, cocheras y carreteras. Los hidrólogos estiman que estas superficies urbanas impermeables mandan cuatro veces más agua de tormenta a través del terreno que un desierto

no desarrollado. Algunos de estos flujos urbanos atraviesan agujeros en el suelo conocidos como pozos de absorción. Con frecuencia estos pozos son extraños espacios sobrantes que se cavan en paisajes anónimos. Ocasionalmente, estas excavaciones se integran a desarrollos recreativos haciendo las veces, por ejemplo, de canchas de juego durante las épocas de sequía y zonas de captación de agua de tormenta cuando hay inundaciones. Sin embargo, en la mayoría de las inundaciones, incluso los diseños más pensados pueden llenarse de una turbia sopa urbana llena de aceites de automóviles, pesticidas de jardín, y heces de aves, perros y gatos. Comparado con el elegante diseño del agave que responde a su circunstancia, nuestros diseños a menudo son toscos, torpes y feos.

¿Y si todas las estructuras construidas por los humanos funcionaran como los agaves, capturando el agua de lluvia y dirigiéndola discretamente a un área de almacenaje en donde pudiera servir para satisfacer necesidades localizadas? ¿Y si en el proceso, lográramos un maridaje entre la utilidad y la belleza, de lo cual los agaves son modelo perfecto? Por citar un ejemplo, podría señalar los diseños de uno de mis arquitectos favoritos, Glenn Murcutt. En Australia, de donde es nativo, el agua a menudo escasea al igual que en el sudoeste de los Estados Unidos, por lo que sus casas típicamente incorporan características para cosechar y almacenar agua de lluvia. Los diseños de esta tubería exterior, sin embargo, no son cuestiones meramente prácticas.

Hablemos de su Casa Magney en Nuevo Gales del Sur. Techos inclinados, como las hojas en canaleta de los agaves, canalizan el agua hacia una depresión central y de ahí hacia un tanque subterráneo. La canaleta desemboca en lo que pare-



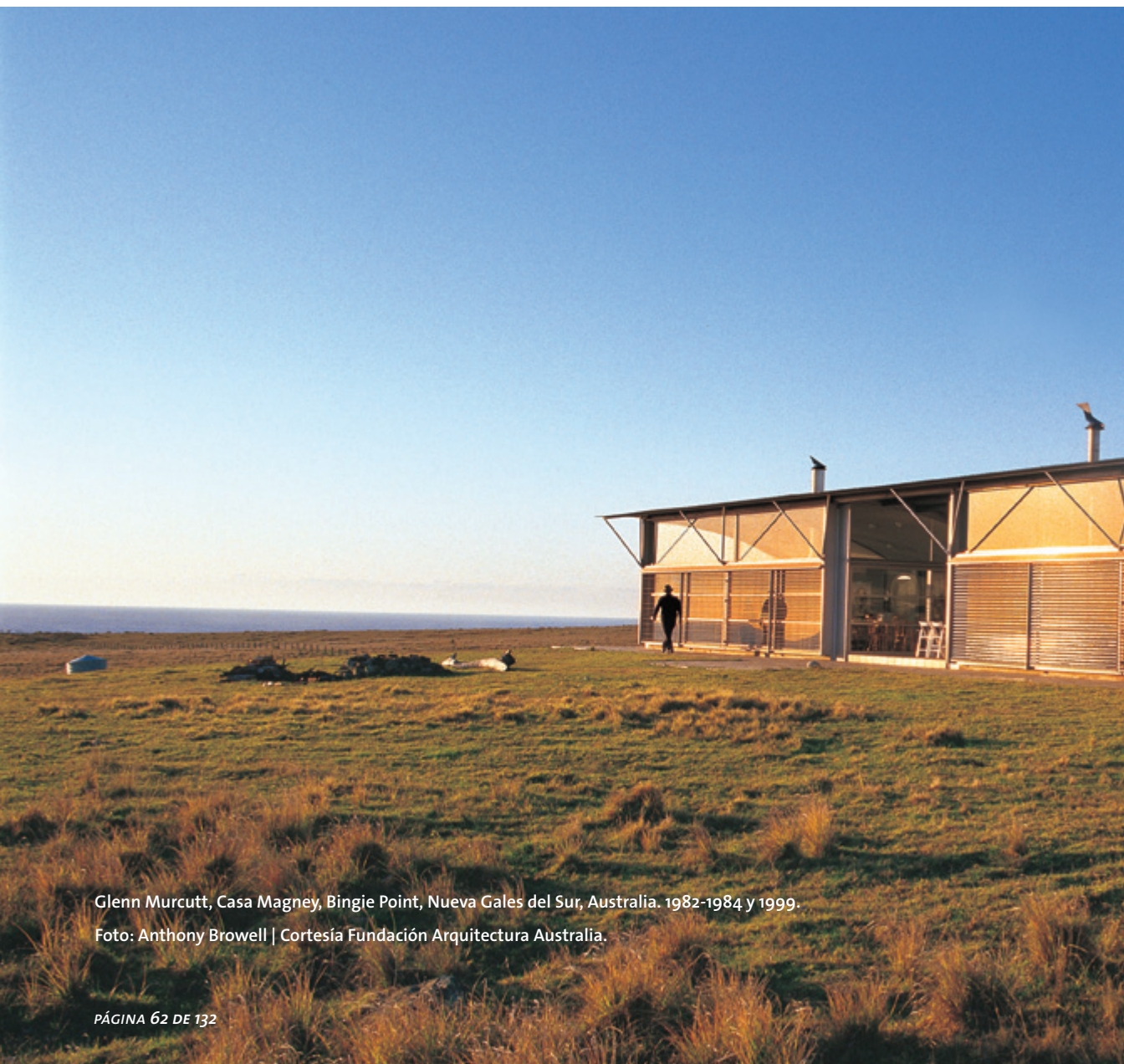
Glenn Murcutt, Casa Magney, Bingie Point, Nueva Gales del Sur, Australia. 1982-1984 y 1999.

Foto: Anthony Browell | Cortesía Fundación Arquitectura Australia.

ce un cuenco receptor o unas manos ahuecadas. A mí me parece un gesto benefactor, como si el diseño estuviera haciendo una pose de bendición, asumiendo una posición de gratitud por el regalo del agua en lugares secos.

¿Y si nuestros edificios y carreteras, como la Casa Magney, como el agave, de manera rutinaria interceptaran el agua de lluvia ahí mismo donde

cae, antes de que fluyera sobre el terreno y se uniera a otros flujos para formar inundaciones destructoras? ¿Y si recibieran el agua como el regalo que es, en vez de deshacerse de ella como si fuera una molestia?



Glenn Murcutt, Casa Magney, Bingie Point, Nueva Gales del Sur, Australia. 1982-1984 y 1999.

Foto: Anthony Browell | Cortesía Fundación Arquitectura Australia.

¿Y si nuestros diseños, como el agave, nos ayudaran a prosperar en una era de escasez de recursos? ¿Y si pudieran ser de gran servicio y, al mismo tiempo, sorprendernos con su gracia? ×

Si deseas conocer más sobre el trabajo de Glen Murcott, visita:

<https://www.murcuttfoundation.org>





Abubilla (*Upupa epops*)

Diseño: Estudio Guardabosques

Diseño de producto

Estudio Guardabosques

3D Paper Models



¿Nos pueden decir cómo les inspira la naturaleza?

Guardabosques significa “cuidadores de bosques”, así que desde un principio, desde la exposición con el mismo nombre a partir de la cual nació el estudio, supimos que la naturaleza y su sinfín de posibilidades era algo que íbamos a querer explorar al trabajar juntos. Tomamos a la naturaleza como fuente de inspiración infinita: colores, texturas, formas, escalas, movimientos, nunca termina, y siempre descubres algo nuevo y emocionante.

La mayoría de cosas que hacemos son de tipo experimental, y aunque casi todo nuestro trabajo parece terminar en una representación tridimensional en papel, siempre estamos probando cosas nuevas. Obviamente trabajamos nuestras piezas desde el lado estético, pero nuestra intención no es crear un producto frívolo. Nos gusta utilizarlas como un medio para compartir con otras personas nuestro amor por la naturaleza, para mostrar la existencia de algunos animales y en algunos casos para crear consciencia, como fue el caso de los pájaros de papel y la idea de poder tener aves en casa sin usar jaulas, y disfrutar a las aves reales libres en sus hábitats naturales.

Nos inspiramos consultando el internet, pero también haciendo viajes de campo, o caminando en parques, tomando fotografías o dibujando. Resulta una experiencia diferente cuando estás ahí y puedes sentir, ver y oler a todos los sujetos. Pero cuando no tienes esa opción, es impresionante cuántas referencias puedes encontrar en línea.

Además, es curioso cuánto puedes aprender creando modelos tridimensionales. Por ejemplo, observar que usamos siempre los mismos colores para todos los mamíferos que hemos hecho,

darnos cuenta de lo mismo acerca de los colores de los mamíferos en general, investigar y aprender sobre la melanina.

Platíquenos sobre Estudio Guardabosques y el trabajo que hacen.

Guardabosques es un estudio con base en Buenos Aires, Argentina, formado por Carolina Silvero y yo, Nicolás Elizalde. Carolina es una diseñadora gráfica que trabaja como ilustradora y diseñadora textil, y yo soy diseñador audiovisual, y generalmente trabajo como director de arte, ilustrador y animador. Después de graduarme como diseñador, empecé a estudiar ciencias naturales y mucha de mi inspiración viene de esas clases. Ambos trabajamos en publicidad, pero la mayor parte del trabajo que mostramos en nuestro sitio web es principalmente proyectos personales. Por ejemplo, el proyecto de los pájaros de papel comenzó como un proyecto para decorar la oficina central de Aves Argentinas (institución de ornitología nacional) donde yo estudio, por lo que investigamos las aves locales y empezamos a trabajar en los primeros modelos. De ese primer esfuerzo de investigación quedaron en nuestra carpeta de referencias muchas aves hermosas, y con el tiempo empezamos a hacer esas y otras más. Luego seguimos con los mamíferos, cetáceos y dinosaurios.

Nos inspiramos para hacer la mayoría de los animales a partir de fotografías que vimos en línea, y las hicimos por diversión, por el gozo de traducir esos animales a la tridimensionalidad y pasar tiempo creándolos en papel, pero cuando empezamos a publicarlos en línea, durante un tiempo se convirtieron en algo viral, y eso nos trajo oportunidades extraordinarias, como la invita-



Zorro gris | Palacio San Miguel | Diseño: Estudio Guardabosques



ción a realizar una exhibición de aves locales en KAUST (Universidad del Rey Abdullah de Ciencia y Tecnología) en Arabia Saudita, o viajar a la India para trabajar durante un par de semanas. Eso nos encanta, y esperamos tener más experiencias de ese tipo en el futuro.

¿Qué tipo de técnicas utilizan en su trabajo?

La mayoría de nuestro trabajo lo hacemos en papel. Tenemos dos maneras de manejarlo. Nuestro trabajo más popular son los animales de papel tridimensionales; los diseñamos en 3dsmax en estilo lowpoly y luego se pasan a papel con

Pepakura, y finalmente se cortan con un plotter cortador y se ensamblan manualmente. Es un proceso largo para cada pieza.

La otra cosa que nos gusta hacer es ilustrar en papel, dibujar, cortar bloques grandes de colores, luego refinarlos para cortar lo que necesitamos, y luego dibujar encima. Ambos procesos son muy distintos pero los disfrutamos.

También hemos estado experimentando con cartón y fieltro con aguja.

¿Qué o quién les inspira creativamente? ¿De qué se “alimentan” más?

Tendemos a tomar inspiración más de la naturaleza que del diseño.

Mucha de nuestra inspiración proviene de sitios web de biología, o páginas de Facebook que seguimos, que postean descubrimientos asombrosos, animales inusuales, paisajes, macrofotografías, etc. También de libros, documentales, revistas como ésta, fotografías, museos, es una lista sin fin (y así nos gusta que sea). Y de la vida real: nos encanta ir a parques y reservas natu-



Diseñadora Carolina Silvero
Estudio Guardabosques

rales para tomar fotografías que podemos usar como referencia para el trabajo que estamos haciendo.

El libro de Bill Bryson *“Una muy breve historia de casi todo”* fue toda una revelación sobre la biología, y personalmente lo recomiendo a todos los que tengan algún interés en el tema. Nos encanta el autor Richard Feynman e incluso hemos abierto algunos talleres con su *“Oda a una flor”* como inspiración. Podríamos seguir hasta el infinito contándoles de las personas que admiramos.

También hemos tomado mucha inspiración de las ilustraciones, tenemos algunos autores que nos encantan por la manera que interpretan a la naturaleza, tales como Charley Harper, Eyvind Earle, Alice y Martin Provensen, Ariane Dewey y José Aruego, Mary Blair; y en el lado serio Douglas Henderson o James Gurney.

¿En qué están trabajando actualmente? ¿Algún proyecto interesante sobre el que nos quieran contar?

Acabamos de concluir una colaboración en una gran campaña de donación de órganos en el Reino Unido, que se lanzó a principios de septiembre, esta vez no en papel.

También estamos haciendo nuevos pájaros para nuestra colección *‘Papercraft birds to assemble’* (pájaros de papel para armar) y preparándonos para lanzarla pronto con instrucciones en el idioma Inglés.

Siguiendo con el papel, estamos muy emocionados por nuestro nuevo proyecto de esqueletos de dinosaurios para armar. Hemos hecho mu-

cha investigación sobre este tema para hacerlo lo más científico posible al tiempo que impartimos nuestra estética, y tenemos ya más de 20 dinosaurios, ¡va a ser difícil elegir entre ellos!

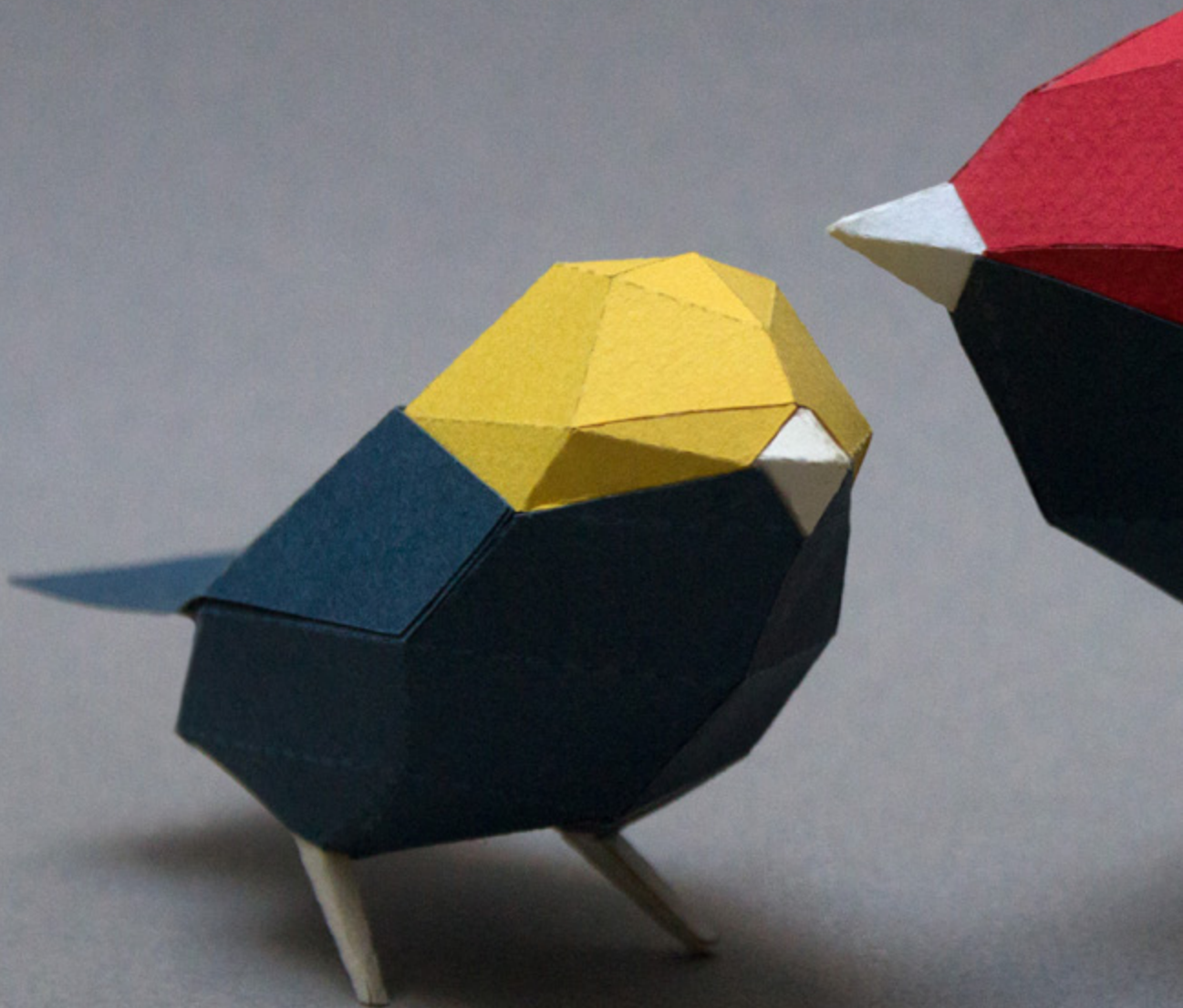
Además de eso, también estamos planeando una aplicación de aves, una especie de guía de campo pero con una interfase diferente, con la cual personas de cualquier edad, incluso niños, puedan identificar las especies de las aves que vean en el parque o en la ciudad y aprendan sobre el tema de forma lúdica. Creemos que conocer lo que nos rodea es el primer paso para empezar a cuidarlo. x

<https://guardabosques.mitiendanube.com>

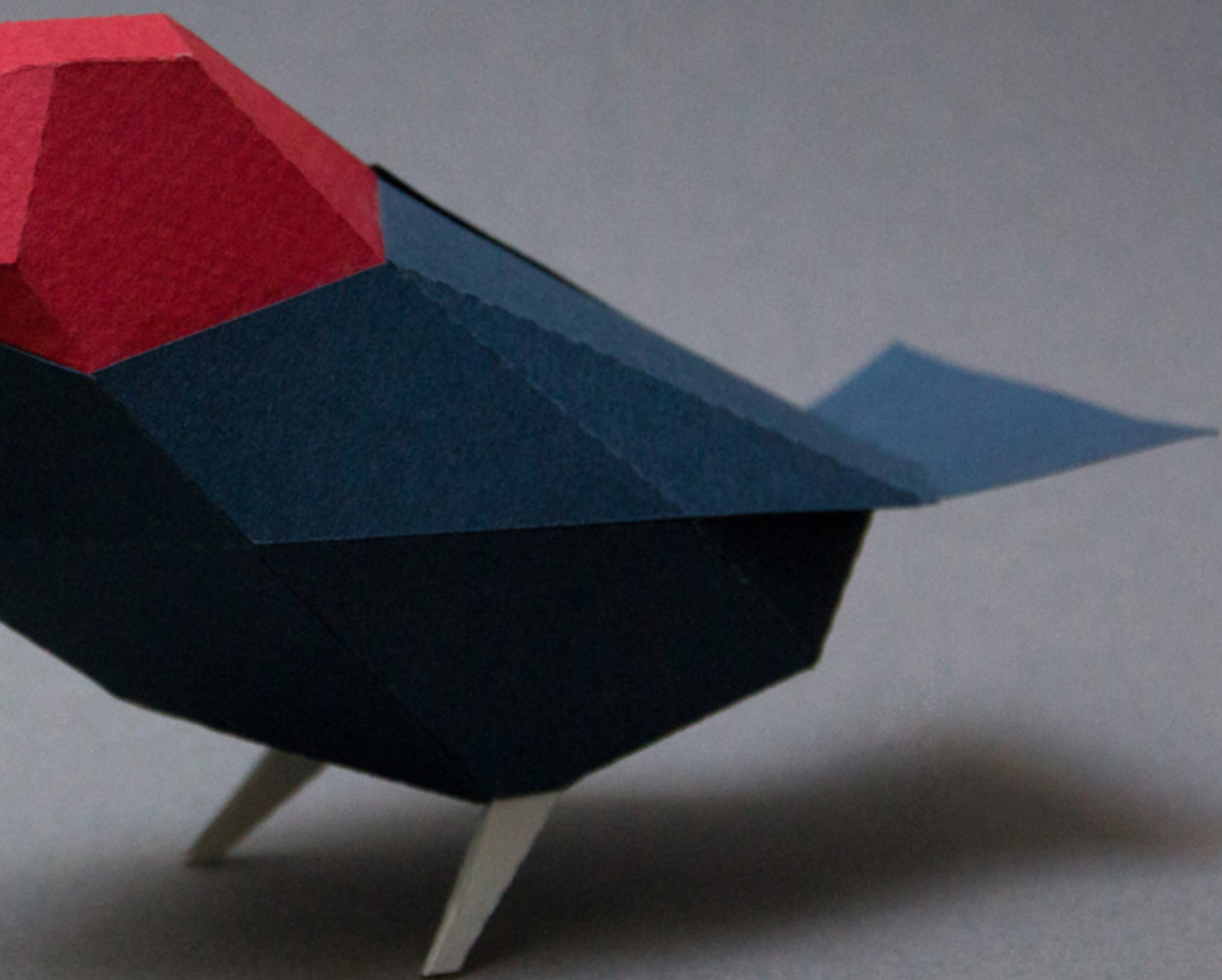


Diseñador Juan Nicolás Elizalde

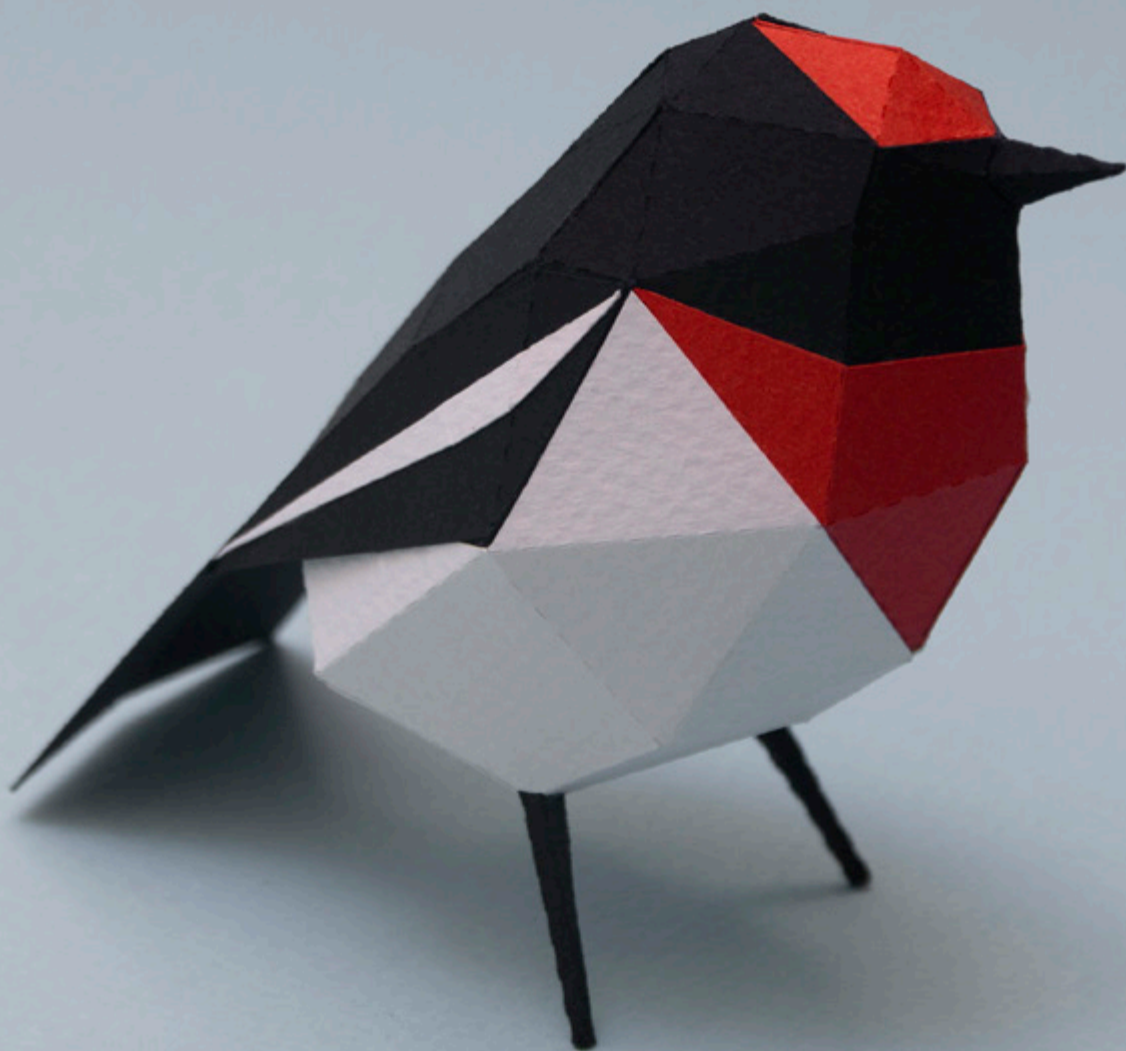
Estudio Guardabosques



Pipra aureola capirotoado (*Pipra aureola*) | Saltarín cabecirojo || Manakín rojo-coronado (*Pipra mentalis*)



Saltarín cabecirojo | Diseño: Estudio Guardabosques



Petroica frentirroja (*Petroica goodenovii*) | Diseño: Estudio Guardabosques



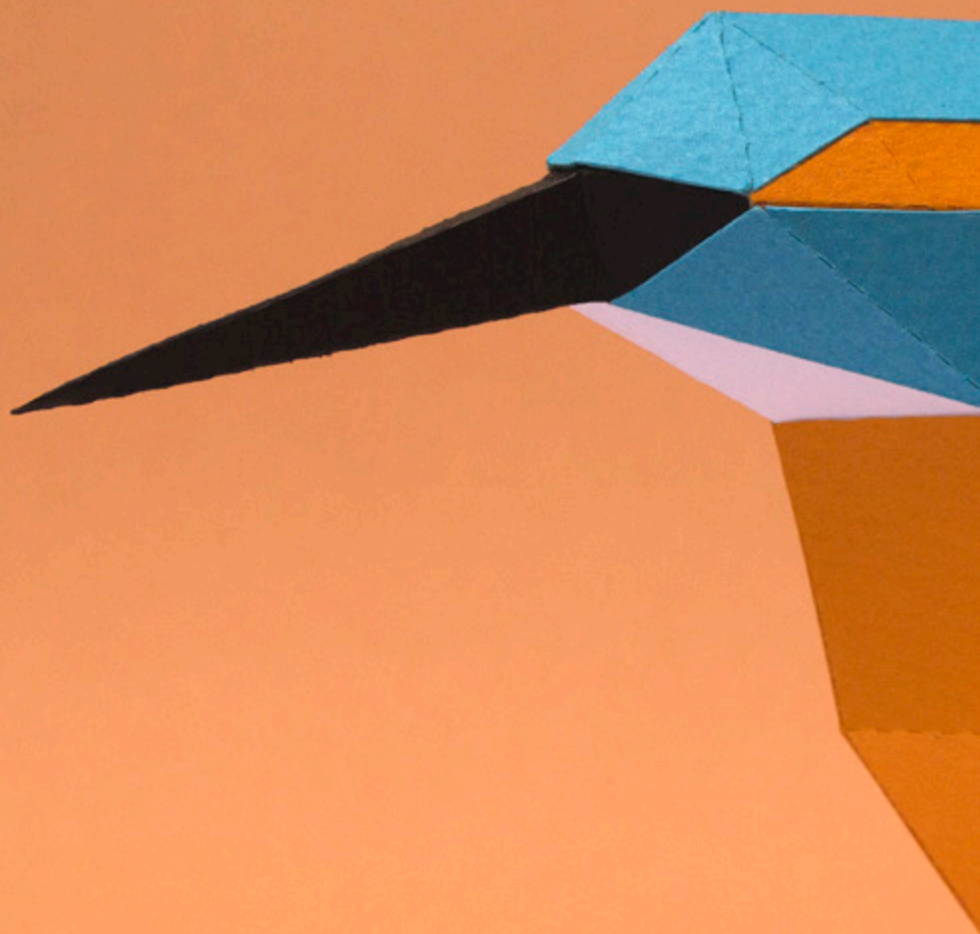
Ruiseñor coliazul (*Tarsiger cyanurus*) | Diseño: Estudio Guardabosques



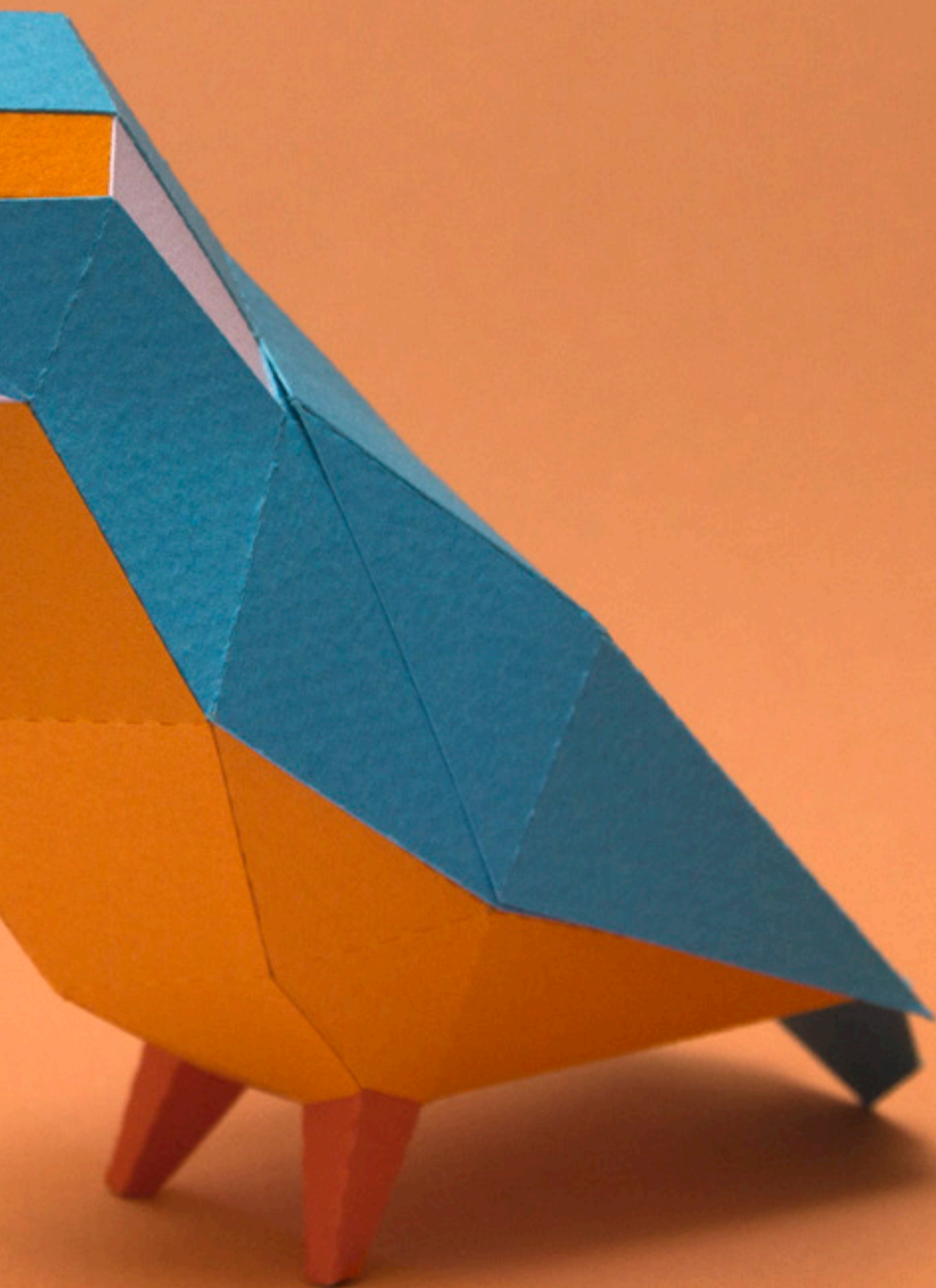
Maluro coronado (*Malurus coronatus*) | Diseño: Estudio Guardabosques

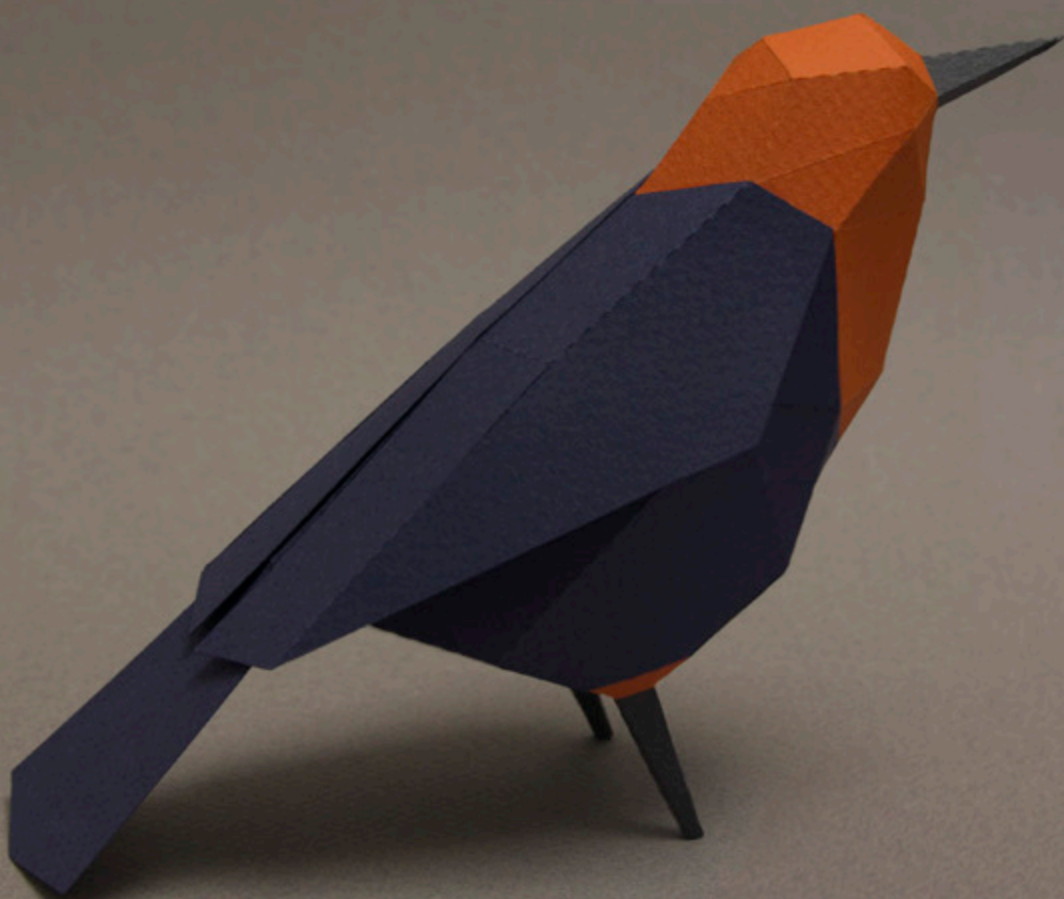


Carpintero Real (*Colaptes melanochloros*) | Diseño: Estudio Guardabosques



Martin pescador (*Alcedo atthis*) | Diseño: Estudio Guardabosques





Federal (*Amblyramphus holosericeus*) | Diseño: Estudio Guardabosques



Papamoscas narciso (*Ficedula narcissina*) | Diseño: Estudio Guardabosques



Cardenal común (*Paroaria coronata*) | Diseño: Estudio Guardabosquess



Entre bastidores | Diseño: Estudio Guardabosquess



Abejaruco esmeralda (*Merops orientalis*) | Diseño: Estudio Guardabosquess





Tejedor de Rüppells (*Ploceus galbula*)

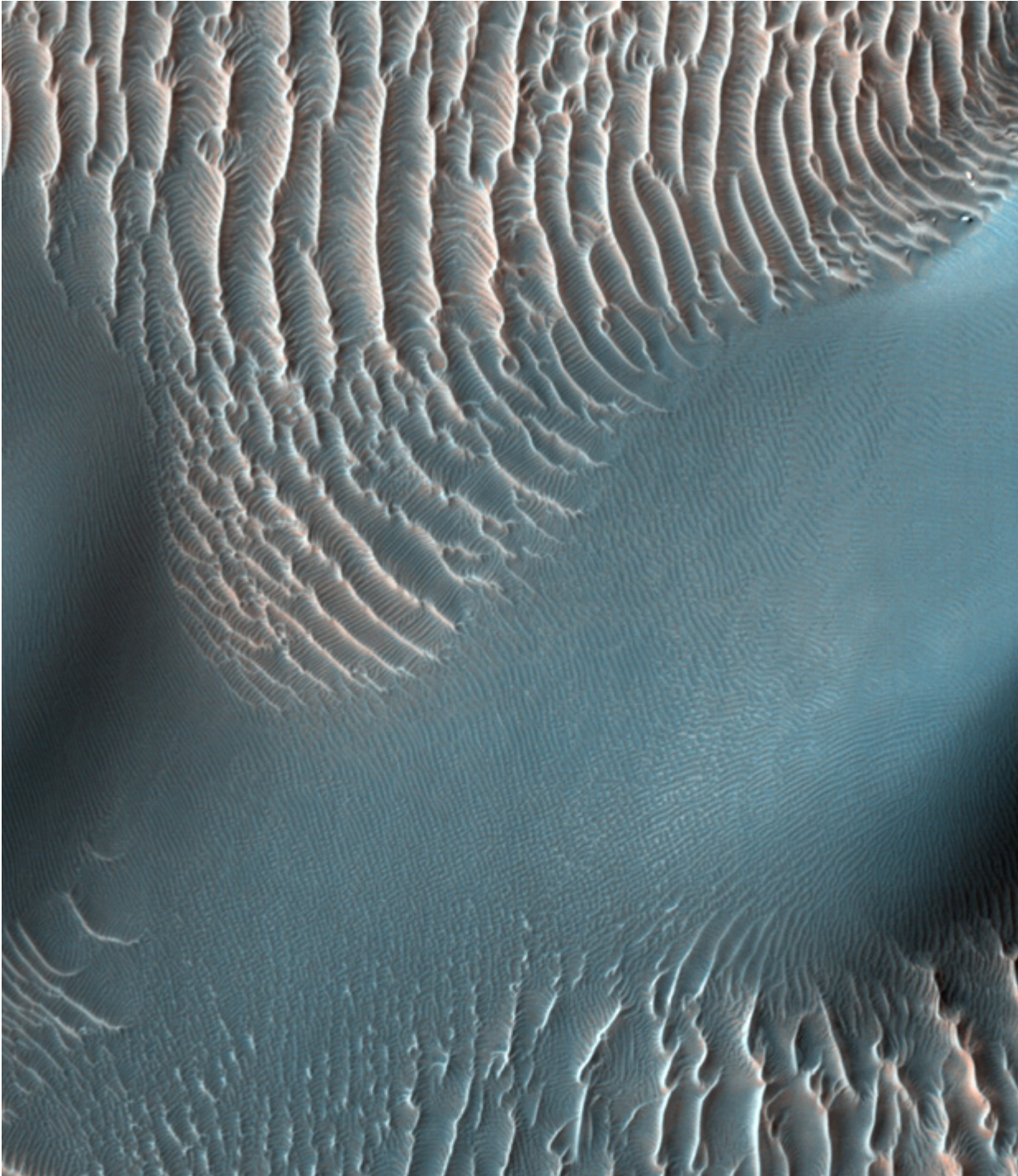
Foto: Sergey Yeliseev, 2015 | Flickr cc



Personas

Entrevista con

Russell Kerschmann,
Pete Foley y Shannon
Royden-Turner



Dunas y ondulaciones en el cráter Proctor, Marte
Foto: NASA/JPL-Caltech/Universidad de Arizona



Entrevista

Russell Kerschmann

El Dr. Russell Kerschmann es médico patólogo con 30 años de experiencia en manejo ejecutivo, práctica clínica, desarrollo de aparatos biomédicos, e industrias de patología molecular. De 2004 a 2009 fue jefe de la división de Biociencias Espaciales del Centro de Investigación Ames de la NASA, donde inició programas en biología de la radiación y toxicología del polvo lunar y apoyó misiones con la Agencia Espacial Rusa. El Dr. Kerschmann sigue siendo consultor experto en la materia para el Centro de Ingeniería y Seguridad de la NASA (NESC, por sus siglas en inglés).

Tiendes a referirte al ‘diseño inspirado en la naturaleza’ (DIN)- ¿cómo difiere éste del diseño inspirado en la biomimesis, en el biomimetismo o bioinspirado?

Una de las metas de nuestro subgrupo del NESC es tratar de ampliar el alcance del diseño bioinspirado para incluir otras ciencias. Aunque la mayor parte de la tradición de investigación en biomimesis/ biomimetismo o diseño bioinspirado se ha enfocado en la biología, vale la pena incluir el abanico completo de los sistemas naturales, como la geología, meteorología y otras disciplinas. A la fecha, no se han estudiado extensamente otras ciencias naturales como fuentes de conceptos e ideas de ingeniería. Sin embargo, algunas aplicaciones no biológicas de la robótica espacial pudieran incluir el diseño de refugios ligeros en Marte que tengan una forma parecida a la de las dunas para evitar el daño producido por el viento, o incluso que dependan de los patrones de viento marcianos para acumular dunas reales alrededor de la estructura que ofrezcan protección adicional contra la radiación. En otras áreas los investigadores han modelado algoritmos computacionales de reacciones químicas

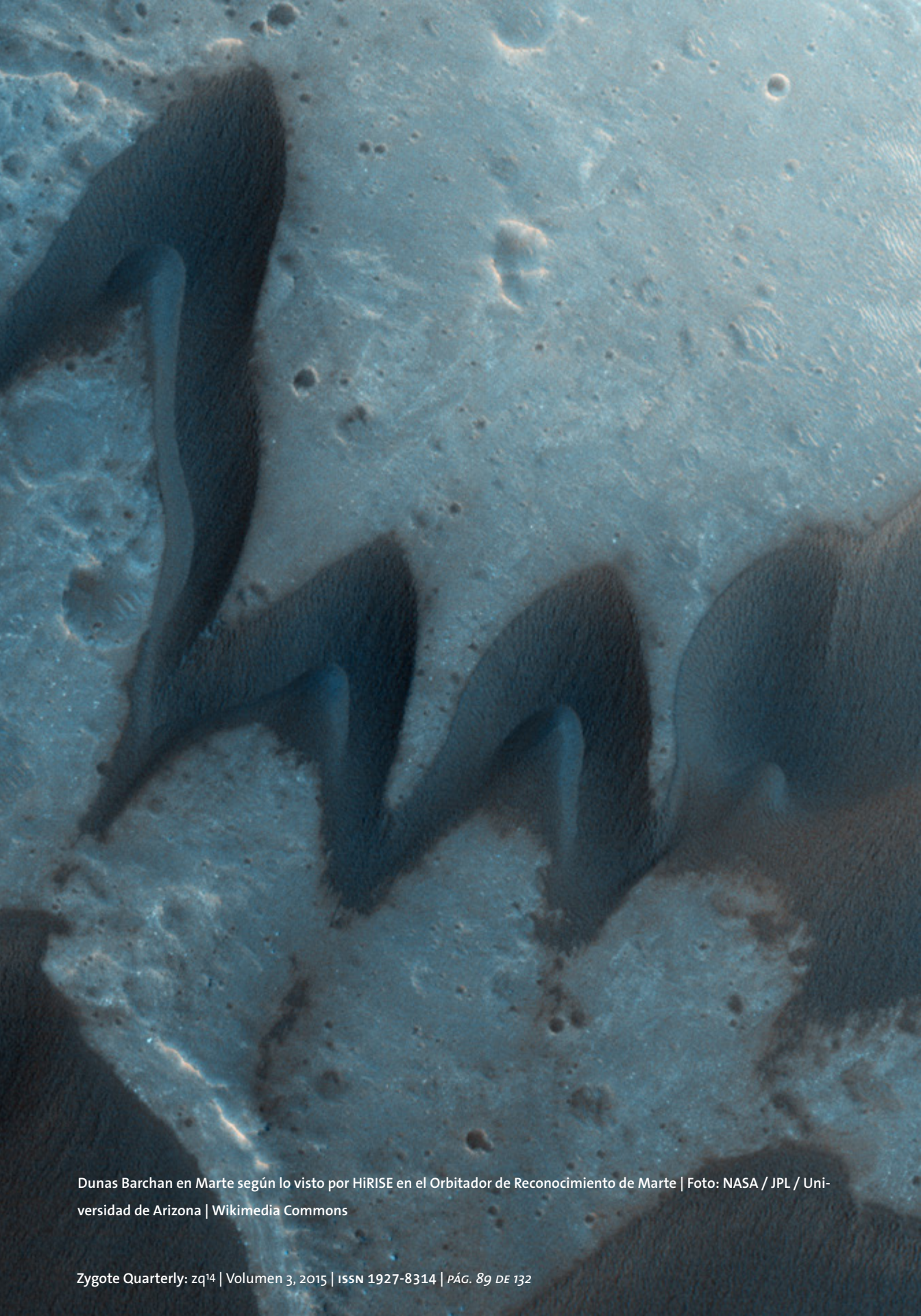
inorgánicas para aumentar el desempeño computacional. La biología tiene la tremenda ventaja de estar basada en un mecanismo bien estructurado de almacenamiento y ejecución de datos, el ADN. Cuál sería su equivalente, por ejemplo, para la meteorología, es incierto.

¿Cuáles son tus impresiones sobre el estado actual del diseño inspirado en la naturaleza?

En mi opinión, este campo esta apenas rascando la superficie de su potencial, y aún está en busca de una imagen pública. Los sistemas naturales muestran un amplio rango de características que pueden ayudar a hacer más seguros y confiables los sistemas de vuelo espaciales robóticos y tripulados. Los sistemas naturales, particularmente los biológicos, son altamente autónomos, tolerantes a las fallas, cooperativos y adaptables a los cambios ambientales. Los sistemas biológicos a menudo implican autoensamblaje y autorreplicación, presentan bajo peso, bajo consumo de energía, integración y multifuncionalidad, lo que da como resultado altos niveles de eficiencia. Sin embargo, pocas soluciones formales de DIN se han incorporado en proyectos de vuelos aeroespaciales de la NASA o de otras instituciones.

En tu opinión, ¿cuáles son los mayores retos?

Aunque las ciencias de la vida han acumulado enormes cantidades de datos, parece haber lo que podría llamarse una “incompatibilidad de impedancia” que evita que los ingenieros puedan acceder con facilidad al conocimiento biológico almacenado en las cuantiosas bases de datos bibliográficas.



Dunas Barchan en Marte según lo visto por HiRISE en el Orbitador de Reconocimiento de Marte | Foto: NASA / JPL / Universidad de Arizona | Wikimedia Commons

Puede ser que los datos biológicos no estén adecuadamente estructurados para la investigación de ingeniería enfocada en soluciones. Parte de esto puede ser por el hecho de que, en comparación con la ingeniería, las ciencias de la vida tienden a no manipular sus conceptos en el reino de las matemáticas de alto nivel, aunque esto puede estar cambiando en el campo de la genética. Otro tema es que los biólogos tienden a estar orientados hacia los descubrimientos mientras que los ingenieros trabajan en función de requerimientos. Típicamente los ingenieros tienen poca influencia sobre dichos requerimientos y puede ser muy difícil cambiarlos una vez que se han establecido. Ofrecer soluciones que excedan los requerimientos puede incrementar la complejidad y el riesgo de un proyecto, a la vez que genera cuestionamientos acerca de cómo comparar soluciones que compiten entre sí. Finalmente, las soluciones de DIN a menudo son muy sofisticadas, y requieren herramientas y métodos que pueden ser inaccesibles para la mayoría de los ingenieros.

¿En qué áreas tendríamos que enfocarnos para avanzar en el campo de la biomimesis?

La tendencia en el DIN a la fecha ha sido emular o copiar estructuras biológicas. Sin embargo, se ha dicho que la naturaleza es más que una colección de objetos --hace cosas, y las hace de maneras que con frecuencia son desconocidas para los ingenieros, de tal forma que el DIN puede producir resultados sorprendentes más allá de lo que cualquier humano pueda crear. Debemos reconocer este enfoque orientado al proceso e invertir más energía explorando los procesos de la naturaleza (como evolución, desarrollo e inte-

racción de los organismos con su entorno) que generaron las estructuras y sistemas naturales que vemos. Los procesos naturales son fluidos y dinámicos - “son los medios para lograr un fin”, lo cual es una de las definiciones de herramienta. Modelar estos procesos podría ofrecer a los ingenieros formas novedosas de producir soluciones que cumplan con los requerimientos de sus proyectos. Este camino tiene el potencial de permitir el surgimiento de un nuevo nivel de diseño y sofisticación en la ingeniería.

En segundo lugar, el DIN debe orientarse más a los requerimientos. Aunque predominan los diseños biomiméticos orientados a soluciones, pocos parecen haber progresado más allá de la fase demostrativa, o “bajos niveles de disposición tecnológica” en la NASA. Desarrollar métodos y herramientas que permitan la aplicación del DIN a necesidades específicas de ingeniería puede dar paso a soluciones innovadoras, aunque estas no necesariamente se parezcan a un organismo o fenómeno biológico.

¿Cómo podemos lidiar con la complejidad tanto de los sistemas naturales como de los retos de ingeniería actuales?

La complejidad es el principal obstáculo para el avance en el campo del diseño inspirado en la naturaleza y la ingeniería. Algunos pensarán que la complejidad en el nivel de la naturaleza es tan abrumador que se convierte en una barrera insuperable para la implementación total del DIN para producir sistemas enteros con componentes múltiples, tal como sería usar el DIN para diseñar el motor de un jet. Podría decirse que si no se domina la complejidad del problema el DIN debe permanecer en calidad de concepto

interesante que solo pudiera ser útil para componentes mucho más simples, como las aspas del ventilador de un jet.

Sin embargo, hay algo que sí sabemos: que la naturaleza misma ha resuelto el problema de la complejidad. Personalmente creo que la mente humana tiene limitaciones y no creo que los seres humanos seamos capaces de dominar la complejidad partiendo de la lógica y de abordar el tema elemento por elemento. La manera en la que superaremos la cuestión de la complejidad es encontrando métodos para aplicar el DIN en sí a esa solución. Creo este acercamiento estilo “judo” quizás se tenga que hacer a “ciegas”: quizá jamás tengamos la satisfacción de entender por completo la forma en que nuestras herramientas de DIN desentrañaron una solución compleja. Esto molestará a los científicos puros y a los matemáticos, pero parecido a lo que sucede con los médicos, lo que más importa para la mayoría de los ingenieros es que los resultados sean satisfactorios y que funcionen.

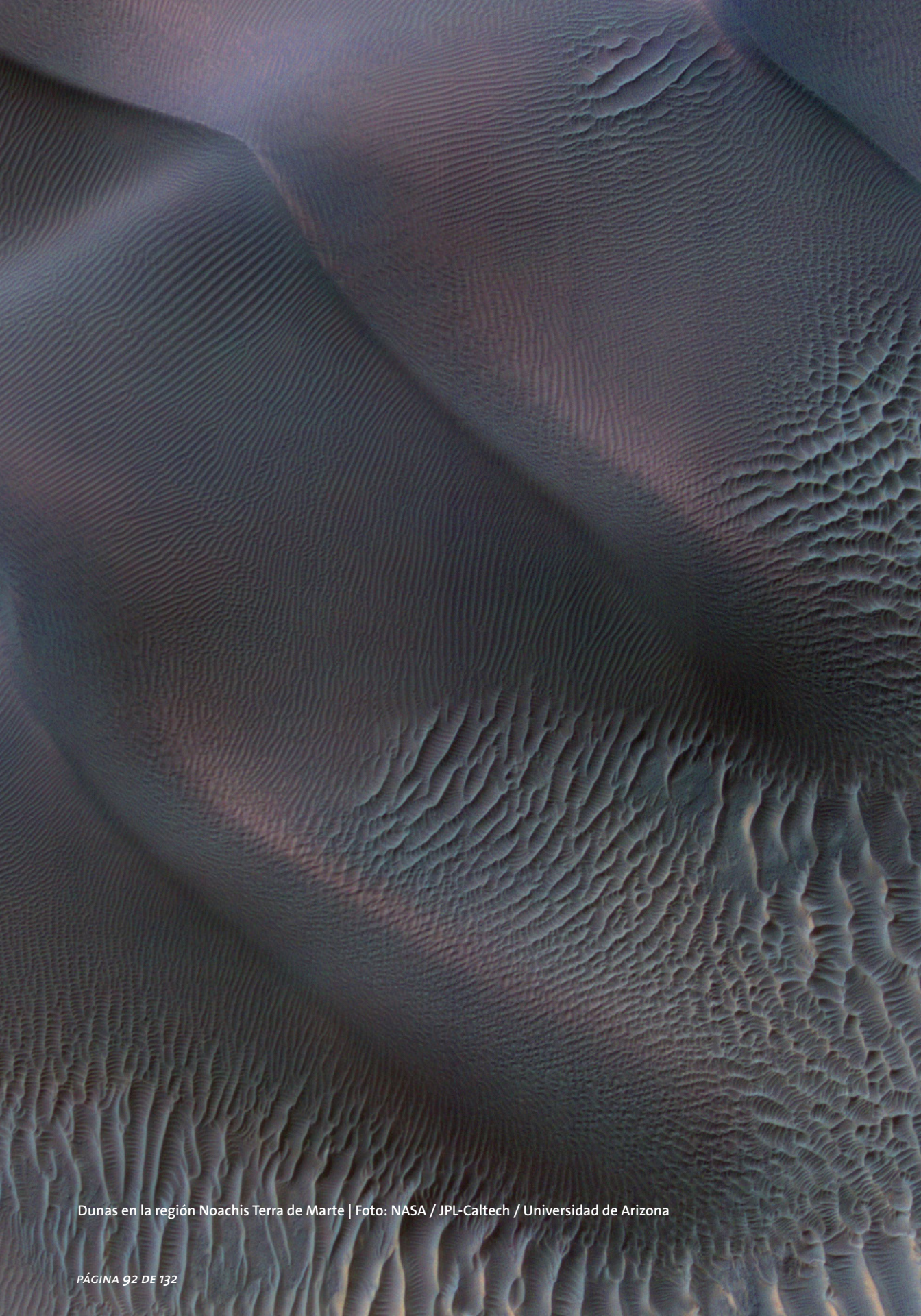
¿Cómo has desarrollado tu interés en el diseño inspirado en la naturaleza?

Desde siempre he tenido un interés en la exploración espacial y mientras estuve en la facultad de la Universidad de Massachusetts trabajé en un proyecto con un embrión de pollo que voló, y se perdió con el Challenger. Volvimos a volarlo dos años después e hicimos algunos descubrimientos importantes. Posteriormente, de 2003 a 2008 fui Jefe de Ciencias de la Vida (Life Sciences) en el Centro de Investigación Ames, y trabajé en cargas útiles vivas en transbordadores y naves

espaciales de la Estación Espacial Internacional y del programa ruso Bión. (<http://www.russianspaceweb.com/bion.html>).

Cuando me jubilé, ingresé al Centro de Ingeniería y Seguridad de la NASA (NESC) donde equipos técnicos evalúan la seguridad de las misiones y se aseguran de que no se pasen por alto las nuevas tecnologías debido a inhibidores culturales o políticos. El diseño inspirado en la naturaleza cabe bien dentro del mandato del NESC de mantener el enfoque en las nuevas tecnologías y podría también mejorar la seguridad ayudando a hacer los sistemas más robustos, autocontenidos y resilientes.

Hace tres años ayudé a formar un subgrupo dentro del NESC, el Equipo Técnico Disciplinario sobre Viajes Espaciales Robóticos (TDT, por sus siglas en inglés), para enfocarnos en el DIN, trabajando con el Dr. Joel Levine (profesor en el William and Mary College, investigador principal y jefe de científicos de la propuesta Misión Aeronáutica de Marte ARES (ARES Mars Airplane Mission), George Studor (Johnson Space Center) y Michael Simms (Investigador científico principal para el Centro de Investigación Ames de la NASA). He dado presentaciones en el Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electrónica (IEEE, por sus siglas en inglés) y en el Instituto Americano de Aeronáutica y Astronáutica (AIAA, por sus siglas en inglés) con el fin de popularizar el DIN dentro del contexto de la NASA pero también en la disciplina de la ingeniería en general. A través de su trabajo en el Centro de Investigaciones Langley, Joel ha promovido los sistemas naturales en la organización NASA y George Studor inició un Grupo de Trabajo en Sistemas Naturales dentro del Consejo Internacional de Ingeniería



Dunas en la región Noachis Terra de Marte | Foto: NASA / JPL-Caltech / Universidad de Arizona



de Sistemas (INCOSE, por sus siglas en inglés) y lanzó una serie de conferencias web (webinars) del INCOSE sobre sistemas naturales.

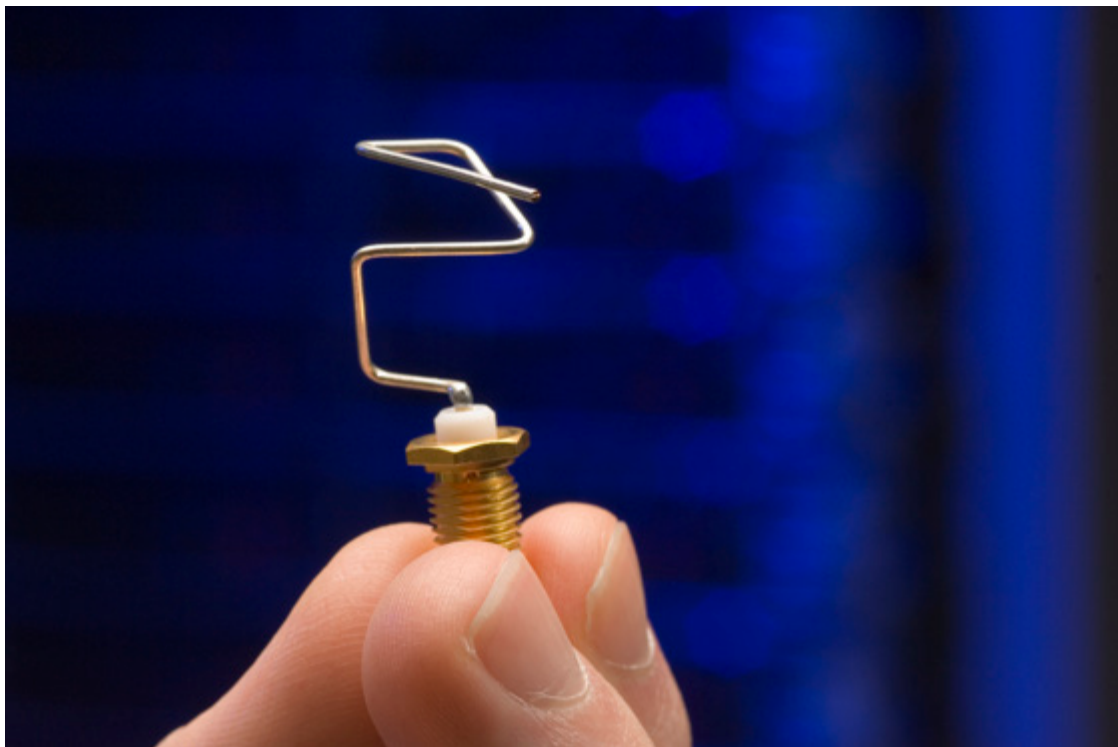
¿Cuál es tu mejor definición de lo que hacemos?

Aunque las cosas vivientes y nuestras máquinas interactúan todo el tiempo, a menudo no utilizamos de manera consciente ejemplos de diseño presentes en el mundo natural para dirigir el diseño y la construcción de dichas máquinas. Más allá de transferir el conocimiento entre los dominios de la naturaleza y la ingeniería, necesitamos conectar la experiencia y conocimientos de

estos dominios mediante programas educativos en los cuales las personas se empapan de ambos campos y se motivan para hacer un verdadero diseño inspirado en la naturaleza. Aunque me cambié de la ingeniería eléctrica a la neurociencia cuando estaba estudiando en la universidad, mi trabajo en ciencias de la vida tiene una fuerte orientación hacia la ingeniería.

¿Bajo qué criterios debemos juzgar las obras?

Podría decir que un criterio que indica que hemos dado con algo fabuloso en esta área es el elemento sorpresa. Es algo significativo cuando



Antena Ames evolucionada

Foto: Centro de Investigación Ames, NASA

los expertos en un área ven algo que los maravilla por presentar una nueva función o diseño eficiente.

¿En qué estás trabajando ahora?

Nuestro Equipo Técnico Disciplinario (TDT) sobre Viajes Espaciales Robóticos del NESC está trabajando mucho para despertar el interés en el tema de diseño de sistemas naturales entre más personas de la NASA. Aunque algunos de los centros e investigadores de la NASA han trabajado con sistemas naturales, la Agencia en sí nunca ha desarrollado y financiado un programa para DIN.

Al mismo tiempo, de los programas de diseño bioinspirado recientemente creados en las grandes instituciones como GeorgiaTech, CalTech y Harvard se graduarán jóvenes ingenieros que estarán buscando en NASA las oportunidades para aplicar lo que han aprendido. Para darle un mayor peso a este tema dentro de la NASA, estamos trabajando para incluir el DIN en el Manual de Ingeniería de Sistemas de la NASA, un proyecto que se beneficiará de la iniciativa de George Studdor en el INCOSE.

En un nivel más específico, he estado explorando la filogenia (evolución), ontogenia, (desarrollo individual) y epigénesis (interacción con el ambiente), también conocido como modelo POE (Phylogeny, Ontogeny and Epigenesis) desarrollado por Moshe Sipper y sus colegas como una manera de organizar y entender los procesos naturales. El grupo Sipper concibió el POE como un modelo que forma las tres dimensiones del espacio de un proceso de sistemas naturales, en el que cada eje tiene características únicas que también se pueden ver como diferentes moda-

lidades de procesamiento de información. La evolución construye un registro de eventos históricos en el ADN y esto depende de los errores llamados mutaciones. La ontogénesis lee este registro evolutivo para crear un organismo vivo individual pero, a diferencia de la evolución, es muy intolerante a las fallas, por lo que requiere de mecanismos que eviten, detecten y reparen rápidamente los errores. La epigénesis implica la respuesta y adaptación a cambios en el ambiente por parte del animal, planta o microorganismo, a menudo mediante alguna forma de memoria, como el sistema nervioso o inmunológico o estructuras (como huesos) que se desarrollan durante el crecimiento bajo estrés. Parecido a la manera en que el sistema cartesiano revolucionó el campo de la geometría, el modelo POE sugiere oportunidades para avanzar el diseño de ingeniería en los procesos de sistemas naturales explorando cada eje así como la interacción dentro del espacio del POE.

¿Cuál es tu diseño inspirado en la naturaleza favorito?

Probablemente, el mejor ejemplo de un diseño bioinspirado exitoso en la ingeniería de naves espaciales es la Antena Evolucionada de Ames, (http://www.nasa.gov/centers/ames/news/releases/2004/04_55AR.html), un proyecto liderado por Jason Lohn (Universidad de Carnegie Mellon y Centro de Investigación Ames) que utilizó un proceso de diseño inspirado en la naturaleza para cumplir con un requerimiento de ingeniería específico. Ya se había diseñado una antena convencional para una misión de orbitar la Tierra llamada misión Tecnología Espacial 5 (ST5). Se pretendía que ST5 demostrara tecno-



Senderos de torbellinos en las dunas de arena de Marte | Foto: NASA / JPL / Universidad de Arizona - HiRISE | Wikimedia Commons

logías nuevas, dándole a Jason la oportunidad de proponer un nuevo diseño de antena alternativo creado utilizando un algoritmo genético (filogenia) que cumpliera con todos los requerimientos pero que fuera diferente de cualquier otra cosa vista en la ingeniería y en la naturaleza. Debido a cambios subsecuentes en el diseño de la misión ST5, se emitieron especificaciones ajustadas que podrían haber retrasado considerablemente el proyecto ya que una antena convencional no hubiera funcionado adecuadamente. El diseño del hardware a menudo “queda fijo” al inicio del proceso de diseño y los rediseños pueden ser caros y tomar mucho tiempo, pero Jason pudo diseñar y desarrollar con rapidez una antena nueva en un mes, lo que permitió que el proyecto ST5 siguiera avanzando dentro de los tiempos establecidos.

Aunque la meta no era desarrollar una mejor antena sino una que simplemente cumpliera con los criterios convencionales de diseño, el proceso de diseño de Jason Lohn basado en algoritmos evolutivos pudo generar soluciones más rápidamente que los enfoques convencionales, lo cual es crítico cuando los requerimientos cambian. La Antena Evolucionada Ames ha volado en otras dos misiones que no tenían un componente de tecnología demostrativa: El orbitador lunar LADEE (http://www.nasa.gov/centers/ames/news/releases/2004/04_55AR.html), y la misión IRIS (http://www.nasa.gov/mission_pages/iris/index.html). Jason cofundó la empresa X5 Systems (<http://www.x5systems.com/>) para comercializar su método de diseño.

¿Cuál es el último libro que has disfrutado?

Consciousness: Creeping up on the Hard Problem (La conciencia: acercándose lentamente al problema) de Jeffrey Gray.

¿A quién admiras y por qué?

Es una pregunta difícil: he conocido a mucha gente fantástica. Puedo decir que entre estas muchas personas, los tres que me vienen a la mente son mi mentor, el finado Dr. Guido Manjo, Presidente de Patología de la Escuela de Medicina de la Universidad de Massachusetts. Si por azares del destino, en mis primeros años en la escuela de medicina yo no hubiera asistido a una de las conferencias que el Dr. Manjo ofrecía a la hora del almuerzo en la Universidad de Massachusetts sobre la historia de la medicina, mi trayectoria profesional habría sido radicalmente diferente. También Jack Schmitt, astronauta del Apolo 17, con quien trabajé en el proyecto de polvo lunar mientras fui Jefe de Biociencias Espaciales en el Centro de Investigación Ames. De alguna manera Jack pudo no solamente ir a la luna, sino también llegar a ser un exitoso senador en los Estados Unidos, lo que lo convierte en una de las personas más consumadas que he conocido. La tercera persona sería el finado Jim Connolly, quien era mi Jefe de Ingenieros en la división de Biociencias Espaciales de Ames, y muy querido en el Centro. Jim una vez me dijo, “Lo que más me enorgullece de mi paso por la NASA es que he sido capaz de hacer algo”. Creo que la habilidad de hacer que las cosas sucedan cuando uno se enfrenta a una burocracia indiferente y a la inercia organizacional es lo que más admiro de

cualquier profesional. Es muy fácil encontrar un nicho cómodo en una organización grande y hacer nada.

Si pudieras seleccionar otra profesión o papel, ¿qué o quién serías?

La mayoría de los niños de mi generación quería ser astronauta, y yo era igual. Pero me siento orgulloso de haber podido conocer y trabajar con algunos de los mejores miembros del equipo de astronautas de la NASA.

¿Cuál es tu idea de la felicidad perfecta?

De acuerdo a mi experiencia del pasado, llevar a mi hija al museo de ciencias.

Si no fueras científico/diseñador/educador, ¿quién o qué serías?

De haber nacido con el talento, sería un compositor de música cinematográfica de Hollywood, como John Williams o Henry Mancini. x

Referencias:

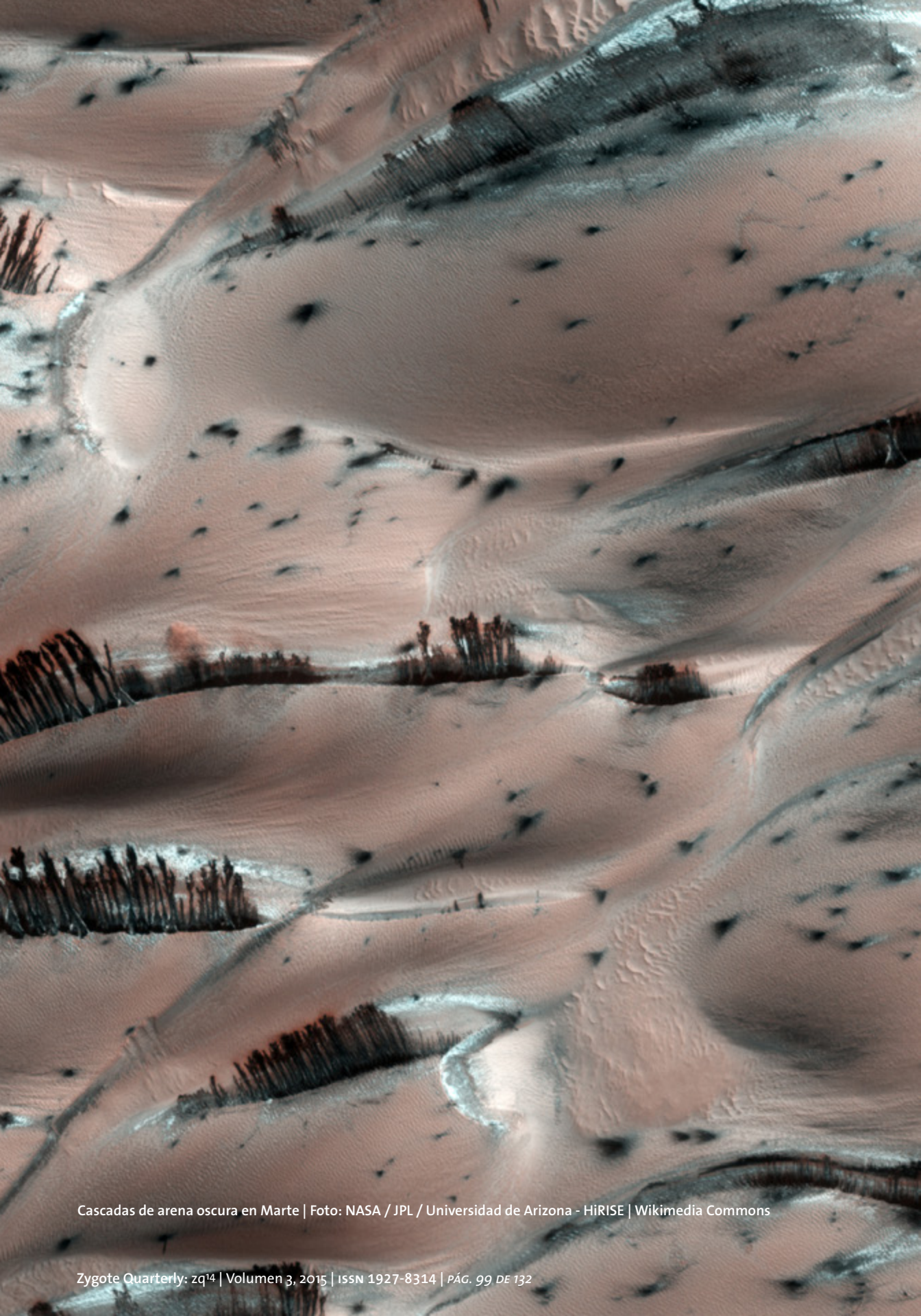
2014-2 Lohn: BioAlgor INCOSE/NSWG webinar (<https://sites.google.com/site/incosenswg/project-definition/22014-2-nswg-march-webinar>)

2015-4 Kerschmann: Nature NASA INCOSE/NSWG webinar (<https://sites.google.com/site/incosenswg/project-definition/2015-4-nature-robots>)

Kerschmann, R., Levine, J., Studor, G., Keith, L., & Winterhalter, D. (2014). Implementing natural systems-inspired design in systems engineering for Mars surface operations. In *Aerospace Conference, 2014 IEEE* (pp. 1–11). IEEE. Retrieved from http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6836437

Lohn, J., Hornby, G., & Linden, D. (2007). Tools for Automated Antenna Design and Optimization. *Journal of Aerospace Computing, Information, and Communication*, 4(5), 853–864.

Sipper, M., Sanchez, E., Mange, D., Tomassini, M., Pérez-Uribe, A., & Stauffer, A. (1997). A phylogenetic, ontogenetic, and epigenetic view of bio-inspired hardware systems. *Evolutionary Computation, IEEE Transactions on*, 1(1), 83–97.



Cascadas de arena oscura en Marte | Foto: NASA / JPL / Universidad de Arizona - HiRISE | Wikimedia Commons



Castillo de Osaka | Ruisseñor coliazul (Ruribitaki)

Foto: ken--, 2005 | Flickr cc



Entrevista con Pete Foley

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 Proctor&Gamble, donde publicó más de 100 patentes, y pasó ocho años trabajando con algunos de los expertos internacionales en las ciencias del comportamiento, para aplicar sus conocimientos a las necesidades empresariales.

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

Veo una enorme pasión y potencial, y definitivamente mucha más información disponible de la que había hace algunos años. Sin embargo, y a pesar de esto, creo que este campo sigue estando subutilizado, y no está tan establecido como debiera por ser un enfoque hacia la innovación. Aunque deberíamos referirnos a la naturaleza por defecto cuando buscamos resolver retos difíciles, hacerlo sigue siendo más una excepción que la manera normal de operar.

¿Cuáles consideras que son los principales retos?

Aún no estamos lo suficientemente establecidos dentro de la comunidad de innovación en general, y enfrentamos demasiadas barreras para realizar pruebas, en comparación con procesos como el Pensamiento de Diseño (Design Thinking), la lluvia de ideas, o los retos de innovación abierta. Esto significa que debemos trabajar más, desproporcionadamente más, que lo que se hace en estos métodos para poder atraer clientes de la innovación. Dar el salto de ser un enfoque de innovación relativamente pequeño y

de nicho, hacia convertirnos en un método de referencia y primera opción, puede tener grandes beneficios en este sentido, así que pienso que lograr esto es tanto el principal reto como la más grande oportunidad que enfrentamos.

Los métodos de innovación operan en un mercado, y como con cualquier mercado, el liderazgo del mercado crea un “círculo virtuoso” de prueba y repetición que puede generar más incrementos en su participación de mercado. Básicamente, los grandes tienden a hacerse más grandes. Este proceso se lleva a cabo mediante circuitos de retroalimentación impulsados por una combinación de disponibilidad, conocimiento y conductas automáticas. Los líderes del mercado tienden a ser más conocidos, estar más disponibles, y es más probable que ya se les haya encontrado en el pasado; y la gente se inclina a seleccionar lo que ya conoce, sobre lo que ya ha escuchado hablar, lo que ya está disponible, y lo que le ha funcionado anteriormente. Las opciones conocidas también poseen otra serie de ventajas que pueden alimentar este ciclo. Por ejemplo, tienen más historias de éxito y ejemplos relevantes. Mientras más historias existan, es más posible que alguna responda exactamente a las necesidades de una organización. Los ejemplos relevantes pueden ser muy persuasivos por sí mismos, pero también son fabulosas herramientas para las personas que están promoviendo un nuevo método dentro de una organización. Los promotores apasionados, cualificados e informados generalmente marcan la diferencia entre el éxito y fracaso cuando se introduce algo nuevo en una organización, por lo que este tipo de municiones puede ser invaluable. La familiaridad también derriba las barreras culturales y organizacionales que impiden la adopción. Ayuda a que exis-



Castillo de Osaka | Papamoscas narciso (Kibaki) | Foto: ken--, 2005 | Flickr cc



Castillo de Osaka | Ruiseñor coliazul (Ruribitaki) | Foto: ken--, 2005 | Flickr cc





Maluro espléndido, Lago Cargelligo | Foto: Nevil Lazarus a través de Cas Liber, 2005 | CC BY 3.0 Commons

tan curvas de aprendizaje menos pronunciadas, menor escepticismo, así como la percepción de un menor costo de oportunidad por seleccionar el nuevo método por encima de los ya establecidos y que tienen éxito comprobado. Como resultado, cuando se trata de métodos conocidos, resulta más sencillo asegurar fondos, conseguir apoyo y, si las cosas no funcionan, hay menores riesgos para la trayectoria profesional de los innovadores que los respaldan.

Aun cuando esperamos que los innovadores estén más abiertos a ideas nuevas que el promedio [de las personas], siguen siendo humanos, trabajan en organizaciones humanas, y por tanto están sujetos a patrones predeterminados, hábitos, aversión al riesgo, y otros sesgos cognitivos que los llevan a converger en métodos probados y establecidos. Así que, como con cualquier otro nuevo producto, creo que debemos trabajar para encontrar la manera de crear suficiente masa crítica para entrar en este círculo virtuoso y aprovechar los beneficios de ser una opción obvia y automática en el mercado de la innovación.

¿En qué áreas nos deberíamos de estar enfocando para avanzar en el campo de la biomimesis?

Necesitamos concentrarnos en las áreas que más posiblemente puedan infiltrarse en este ciclo y alimentarlo. Probablemente esto no significa hacer nada completamente nuevo, pero hay áreas en las que debemos concentrarnos más si queremos echar a andar el ciclo. Tales como compilar más y mejores casos de estudio, y presentarlos de manera que sean atractivos para los escépticos y los no iniciados. También podemos integrarnos más en las tecnologías ya existentes, tomar las oportunidades que nos proporcio-

nan las tecnologías disruptivas que hacen sinergia con la naturaleza, y enfrentar y aprender del fracaso en formas que resuenen con clientes de innovación potenciales.

1. Necesitamos más y mejores historias. Ya tenemos muchos buenos ejemplos de cómo la naturaleza puede inspirar a la innovación, y el argumento a favor del valor de 3.8 mil millones de años de innovación preexistente debería ser innegable. Pero aún necesitamos más ejemplos con los que los equipos de innovación en la industria puedan empatizar y hacia los que puedan proyectar sus retos. Me parece que esto significa más casos de estudio basados en problemas, que describan todo el proceso. Deben mostrar cómo podemos tomar un reto muy específico, y utilizar conocimientos de la naturaleza de forma sistemática, usando procesos bien definidos, para crear ganancias comerciales importantes. Tenemos muchas de las partes de esta historia, como bases de datos, estructuras de procesos, ejemplos de innovación enfocada en soluciones, y ejemplos de ingeniería inversa. También tenemos casos de estudio, pero muy pocos muestran cómo las partes se ensamblan en un todo para formar una sola historia, con una definición específica del problema, un proceso, y ejemplos que muestren cómo abordar el complicado problema de traducir inspiración e ideas en ejemplos reales, todo dentro de los límites de un reto de negocios. Claro que no es fácil, la confidencialidad siempre limitará los ejemplos que se pueden compartir. La innovación en el mundo real también es difícil, y con esto quiero decir que el tipo de historias predefinidas que necesitamos representan solo una pequeña fracción de nuestros éxitos. Sin embargo, si queremos lograr la masa crítica ne-



Petroicidae | Petroica frontiroja | Foto: sunphlo de 2013 | Flickr cc

cesaria para iniciar estos ciclos, debemos concentrarnos en la compilación de estas historias. Estoy convencido de que es clave tener todas las partes de la historia, pero de acuerdo a mi propia experiencia, lo más importante puede ser tener ejemplos basados en problemas. Los excelentes ejemplos empresariales de innovación basada en la solución que tenemos ayudarán a atraer capital de riesgo, pero también necesitamos atraer gasto para la innovación, y éste suele enfocarse en el problema. Los ejemplos basados en problemas son el punto de entrada para responder la pregunta que con más frecuencia escucho al intentar persuadir a un equipo para que pruebe un proceso bioinspirado: “¿cómo vamos a utilizar esto para solucionar mi problema?”

2. Tenemos una enorme oportunidad para aprovechar tecnologías nuevas de gran impulso que son facilitadoras potenciales de innovaciones bioinspiradas. Particularmente, la nanotecnología y la impresión 3D deben permitirnos imitar de manera más efectiva tanto la escala como la flexibilidad inherente a la innovación natural. Los conocimientos de la naturaleza también deben ser facilitadores para la comercialización de estas olas tecnológicas, así que existe mucho potencial para generar sinergia y colaboración, así como para montarse en estas olas para llegar a las corrientes de pensamiento dominantes.

3. Debemos integrarnos de manera más rutinaria en los procesos de innovación establecidos. La innovación bioinspirada no debe estar aislada de los procesos de innovación predominantes. Aunque los talleres específicos de biomimesis y bioinspirados tienen efectivamente una función valiosa, existe una gran oportunidad de

que la inspiración de la naturaleza se convierta en una parte automática del Pensamiento de Diseño. Esto e involucrarse activamente en retos de innovación abierta son maneras formidables de canalizar más recursos hacia este campo, aumentar el conocimiento, y reducir las barreras para su adopción que pueden surgir si hay que elegir forzosamente entre invertir en métodos bioinspirados o en métodos más establecidos. Ya vemos a algunas empresas de diseño impulsando esto activamente, y creo que tenemos que apoyarlo de manera agresiva, e involucrar a la comunidad de innovación como un todo a través de sus blogs, conferencias y comunidades.

4. Hablar más sobre tasas de éxito y hacer más para aprovechar el aprendizaje a través de los errores. La innovación es muy difícil, y no todas las sesiones de innovación son un éxito. Lo mismo sucede con la bioinspiración, y yo he participado en sesiones que han funcionado y que han fracasado. Sospecho que a todos nos ha pasado lo mismo. Claro que el éxito depende mucho de las expectativas, e incluso las mejores ideas requieren cierto trabajo, y generalmente más innovación, para que puedan llevarse a la práctica. Creo que la comunidad de la innovación en general ha logrado aceptar el fracaso y la incertidumbre. Por tanto, creo que puede haber una oportunidad inherente si hablamos más sobre lo que nos resulta difícil, y sobre nuestros índices de éxitos y fracasos. Ésta podría ser una manera de involucrar a la comunidad de la innovación, de mejorar nuestros procesos, y también de establecer expectativas realistas sobre lo que podemos y no podemos lograr, y en qué escalas de tiempo. Respecto a esto, me parecen extremadamente útiles las percepcio-

nes de Steven Vogel y de Robert Full respecto a los retos asociados con traducir los diseños de la naturaleza en tecnología humana. Este reto de traducción es sin duda uno de los grandes problemas con los que me he enfrentado personalmente. Es una de las razones por las que me gusta utilizar la bioinspiración y la biomimesis para desarrollar procesos o sistemas, ya que llegar a la práctica puede ser más rápido y requerir menos inversión que con productos mecánicos o funcionales. Sin embargo, también he visto a equipos batallar en otras áreas, incluyendo la definición efectiva del problema y el proceso de hacer conexiones analógicas viables entre sus campos y el mundo natural. Admiro el trabajo de Ashok Goel, en el que busca encontrar maneras de utilizar la Inteligencia Artificial o la Amplificación de la Inteligencia para lograr estas conexiones de manera más sistemática, pero me pregunto si también pudiéramos beneficiarnos aún más de la extensa experiencia que la comunidad general de diseño e innovación tiene con el fracaso inmediato.

¿Cómo has desarrollado tu interés en el diseño inspirado en la biomimesis o bioinspirado?

Creo firmemente que la mayoría de los problemas pueden resolverse tomando soluciones ya existentes de otros ámbitos, y aplicándolas y adaptándolas a los nuestros. Yo ya utilizaba una definición estructurada de problemas y la analogía para buscar y volver a aplicar innovaciones preexistentes de lugares con una inversión muy alta en investigación y desarrollo, como la medicina, la industria farmacéutica, o el ejército. Fue durante reunión que tuve hace muchos años con el Zoológico de San Diego que conocí por

primera vez la innovación bioinspirada. 3.8 mil millones de años de innovación hacen parecer pequeños hasta los presupuestos de innovación militar o farmacéutica, por lo que era obvio volver a aplicar algunos de los conceptos que había estado tomando prestados de la psicología para vincular la innovación en diferentes industrias, y usarlos para establecer un vínculo entre la naturaleza y el mundo de la innovación.

¿Cuál es tu mejor definición sobre lo que hacemos?

Prefiero una definición amplia que incluye tomar conceptos pre-existentes, tecnologías, sistemas y procesos de la naturaleza y adaptarlos para solucionar problemas de diseño centrados en los seres humanos, lo que seguramente puede describirse mejor con el término diseño bioinspirado. Sin embargo, dentro de ese amplio espectro existen muchos enfoques extremadamente valiosos y más especializados, como bioutilización, bioasistido, biomorfismo, biomimesis, biónica y biomimética. Como en cualquier ámbito, necesitamos especialistas que puedan adentrarse a profundidad y convertirse en expertos en áreas específicas, y también generalistas que puedan buscar maneras de conectar enfoques, conocimientos y experiencias diferentes y complementarias. Soy un innovador que defiende el diseño bioinspirado en general, y siendo honesto, cuando trato de resolver un problema soy un poco agnóstico respecto a si hemos imitado y adaptado la naturaleza, si sus sistemas nos han inspirado más libremente, si hemos encontrado/utilizado/creado un suministro de un recurso natural no utilizado anteriormente, o a si hemos adaptado y modificado uno ya existente. Si la naturaleza



Tangara azulada (*Thraupis episcopus cana*) | Foto: Dominic Sherony, 2010 | Wikimedia Commons



Maluro soberbio (*Malurus cyaneus*), macho, Reserva Peter Murrell, Tasmania, Australia | Foto: JJ Harrison, 2013 | CC BY-SA 3.0 s Commons



nos ha ayudado a encontrar una solución a un problema difícil, entonces tenemos un triunfo, uno que animará a la gente a recurrir a la naturaleza para innovaciones futuras. A la larga, esto mejorará la vida de las personas, pero generará mayor conciencia sobre el valor de la naturaleza y la importancia de conservarla. No hay nada como el interés propio informado para dirigir la conducta humana, y mientras más gente caiga en cuenta de que la conservación les beneficia directamente, cada vez veremos más que la sostenibilidad se vuelve parte del pensamiento y conducta cotidianos.

Una última idea con respecto a las definiciones. La biomimesis tiene claramente más capital y reconocimiento de nombre que cualquier otra terminología en este espacio, gracias a Janine Benyus y a la multitud de gente que ha hecho un fantástico trabajo al abrigo de este término. Dicha familiaridad significa que con frecuencia se usa para describir una categoría en formas que van más allá de su definición precisa, especialmente con gente que está menos involucrada con el tema. Esto puede ocasionar algunos problemas relacionados con entender su alcance, pero dado el papel tan importante que en mi opinión la familiaridad tiene en la toma de decisiones, dicho reconocimiento tiene un enorme valor, y es clave para alimentar el “círculo virtuoso” que mencioné anteriormente. No estoy completamente seguro de cómo aprovecharlo mejor, pero me parece importante que busquemos maneras de usar esa popularidad conceptual para atraer a nuevas personas al espacio de oportunidad.

¿Qué criterio debemos utilizar para juzgar las obras?

¿Funciona? ¿Estamos creando innovación que la gente quiere, utilizará y comprará? A final de cuentas, ésta es la clave para convertirse en un método preferente de la comunidad de innovación, y del mundo de los negocios.

Sé que hay mucha pasión por aprovechar nuestra capacidad innovadora para crear innovaciones sostenibles con mejores huellas ambientales. Estoy de acuerdo con eso, pero también pienso que la manera de presentarlo es crucial. Si queremos vender primero la sostenibilidad y después la innovación, nos arriesgamos a convertirnos en un nicho. Innovación rentable de alto desempeño que casualmente integra la sostenibilidad es la manera más rápida de convertirse en parte del pensamiento predominante, y por tanto, de tener el mayor y más rápido impacto positivo posible en el medio ambiente. Es fantástico poder contribuir a la sostenibilidad de acuerdo a las características de cada caso, y para muchos que conozco es el precio por entrar en un proyecto de innovación. Aunque prefiero hacerlo todo, puedo vivir con un enfoque de “no dañar”, siempre y cuando conlleve un incremento importante de concientización general respecto al valor que la naturaleza puede darnos. Al final, ese interés propio informado va a tener un impacto en el comportamiento más allá de la innovación en sí. Es un beneficio más difícil de cuantificar, pero también es difícil exagerar lo importante que en el largo plazo es para todos entender la película completa.

¿En qué estás trabajando en este momento?

Soy consultor, doy conferencias y escribo blogs sobre innovación (incluyendo biomimesis e innovaciones bioinspiradas), economía conductual, y la aplicación de la psicología y de la ciencia conductual para producir innovaciones de frontera, así como crear procesos y culturas de innovación sostenible.

¿Cuál fue el último libro que disfrutaste?

A Sense of Style (El sentido del estilo en la escritura), de Steve Pinker, combinado con una segunda lectura de su maravilloso libro *Cómo funciona la mente*. Es un comunicador brillante y fue invaluable poder entender un poco de su proceso. Estoy consciente de que citarlo es bastante riesgoso, ya que mi prosa es probablemente un ejemplo de lo que no se debe de hacer de acuerdo con su perspectiva, pero, ¡estoy aprendiendo!



Eucometis penicillata

Foto: Magnus Manske, 2010 | Wikimedia Commons

¿A quién admiras? ¿Por qué?

Seguramente te daré una respuesta diferente si me lo preguntas otro día. Nelson Mandela y Churchill son los que me vienen a la mente con mayor frecuencia, pero Lauren Hill, la jugadora de baloncesto de Cincinnati que acaba de perder la batalla contra el cáncer de cerebro, fue un maravilloso ejemplo de cómo una persona común puede tener un gran impacto, y convertir la terrible adversidad en algo que al menos tenga algunos elementos positivos. Su ejemplo nos ayuda a poner en perspectiva clara nuestras pequeñas frustraciones diarias.

¿Cuál es tu idea de la felicidad perfecta?

La felicidad es mucho muy compleja para llegar a ser perfecta, al menos en mi vida. Sin embargo, creo que entendernos a nosotros mismos nos puede hacer mucho más felices y que pasamos mucho tiempo preocupándonos por nuestra felicidad en el futuro, y no suficiente tiempo simplemente disfrutando el momento. Recomiendo ampliamente leer *Tropezar con la felicidad*, de Daniel Gilbert, *La hipótesis de la felicidad*, de Jonathan Haidt, o *The Upside of Irrationality* (El lado positivo de la irracionalidad), de Dan Ariely para encontrar mucho mejores perspectivas sobre este tema de las que yo puedo ofrecer.

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

Ya trabajé como contador, músico, científico y como administrador y consultor empresarial. Todo lo disfruté, pero sucedió sin que yo lo planeara. Así que creo que voy a esperar a ver qué sigue. x



Extracto de Ciudad inteligente en la celebración del centenario de Nigeria

Imagen cortesía de Shannon Royden-Turner



Entrevista con Shannon Royden-Turner

Shannon Royden -Turner es la fundadora de In Formal South, una consultora de diseño urbano. A Shannon le encanta diseñar y facilitar procesos para traducir las soluciones de la naturaleza para abordar muchos de nuestros retos urbanos sistémicos más complejos. *In Formal South* se enfoca en la creación de alianzas con un número de organizadores que apoyan esta visión. *In Formal South* es el socio sudafricano de Cordaid, una ONG holandesa enfocada en promover la resiliencia social a través de procesos que involucran a múltiples grupos de interés, y Play the City, una empresa innovadora enfocada en juegos para la planificación urbana. En el ámbito local, Shannon está asociada con Biomimicry SA como una socia implementadora clave para la biomimesis en el ambiente urbano, y con Global Carbon Exchange, cuyo enfoque es apoyar al sector corporativo sudafricano para alcanzar la sostenibilidad.

Antes que nada, hágame más acerca de cómo el pensamiento sistémico influye en tu trabajo.

Diseño y facilito procesos de toma de decisiones en los que participan múltiples grupos de interés; esto con la finalidad de encontrar soluciones ganar-ganar basadas en lo que considero las leyes universales de la naturaleza. Trabajo globalmente para establecer un puente entre lo social y lo ecológico, entendiendo y utilizando las dinámicas de poder para establecer sistemas que apoyen el bienestar de todos los sistemas que dan vida. El pensamiento sistémico ofrece una nueva y poderosa perspectiva, un lenguaje especializado y una serie de herramientas que uso para abordar problemas complejos y sin una solución clara. Para mí, es una manera de entender la realidad que enfatiza las relaciones entre las partes del sistema y no solo las

partes mismas. En su sentido más simple, el pensamiento sistémico me da una visión más precisa de la realidad, para poder trabajar con las fuerzas naturales de un sistema con el fin de conseguir los mejores resultados posibles. También me anima a pensar en los problemas y soluciones con una mirada en el largo plazo. Valoro el pensamiento sistémico ya que ofrece un excelente conocimiento sobre las causas de los fracasos o éxitos sistémicos, a la vez que nos da herramientas para identificar los puntos de mayor apalancamiento para intervenir en cualquier sistema. En *In Formal South* aplicamos el pensamiento sistémico y las herramientas del pensamiento sistémico para crear una infraestructura urbana integrada, diseño del espacio y marcos de gestión urbana para futuros urbanos regenerativos. El pensamiento de biomimesis es un pensamiento sistémico instruido por 3,8 mil millones de años de soluciones de sistemas optimizadas por la naturaleza.

Mi trabajo se enfoca tanto en la comprensión de los sistemas naturales como en el sistema humano en sí. Mucho del cambio que se necesita hoy día requiere de un profundo involucramiento con el comportamiento humano, y creo que ahora ya cuento con las herramientas para dominar este aspecto de la construcción de ciudades.

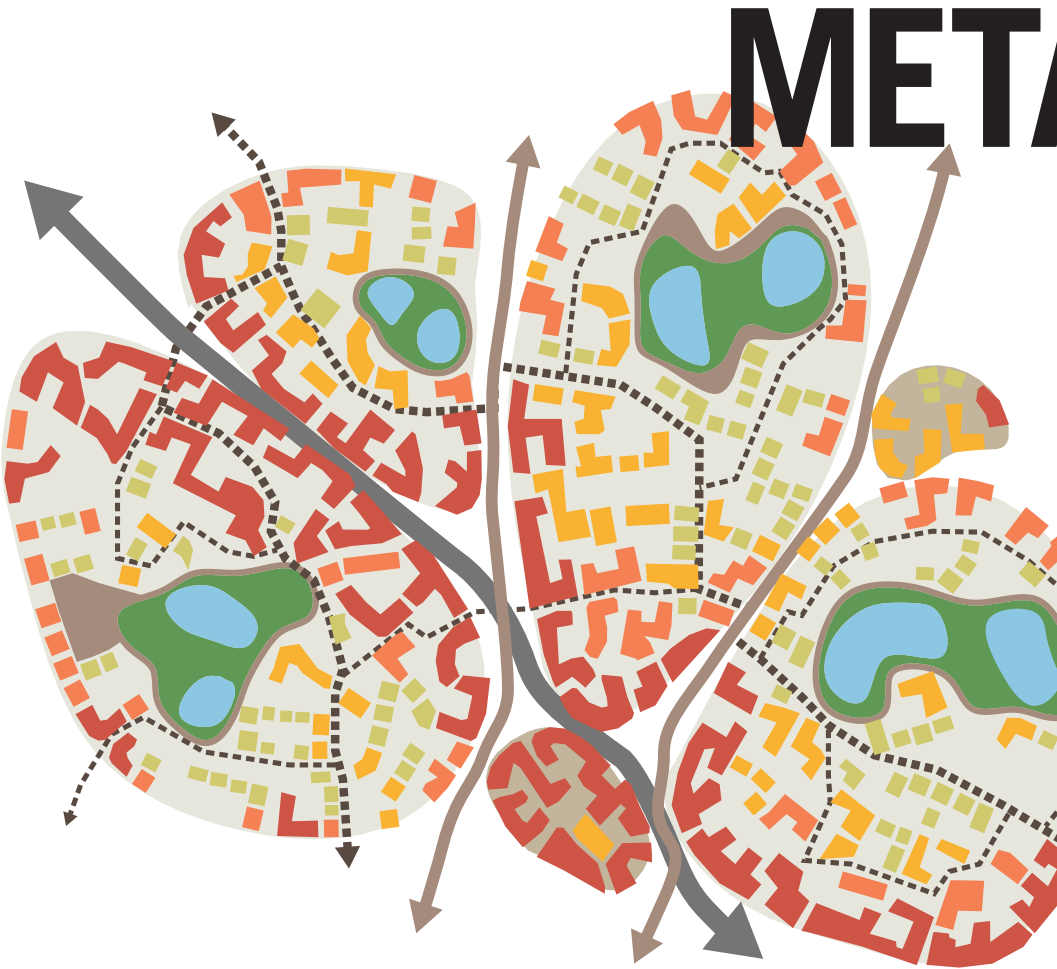
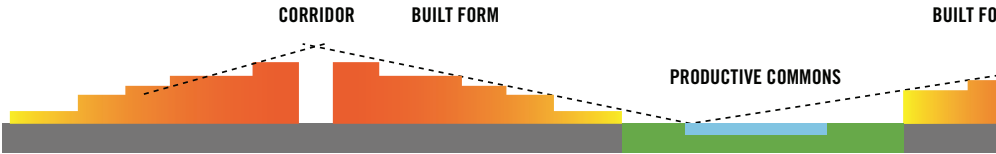
¿Cómo logras este tipo de involucramiento alrededor del diseño urbano?

Para lograr el cambio e iniciar la innovación dentro de las ciudades o de los barrios se requiere una participación social más comprometida. Un

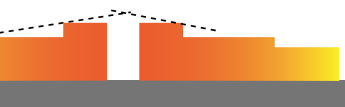


Extracto de Ciudad inteligente en la celebración del centenario de Nigeria

Imagen cortesía de Shannon Royden-Turner



RM CORRIDOR



CYCLICAL ABOLISMS

The urban cell system

Each urban cell has a productive component related to food production, biodiversity maintenance and water filtering and infiltration. The built form surrounding the productive commons creates a low edge ensuring that maximum sunshine reaches the central area, increasing in height as it moves out towards the movement corridors where the buildings create urban corridors capable of supporting high levels of activity and socialisation.



- **HIGH DENSITY**
20+ STOREY BUILDINGS
- **MID-HIGH DENSITY**
7-9 STOREY BUILDINGS
- **MEDIUM DENSITY**
5-3 STOREY BUILDINGS
- **LOW DENSITY**
2-1 STOREY BUILDINGS
- **PRODUCTIVE COMMONS**
- **WATER PROCESSING
WETLAND SYSTEM**
- **PEDESTRIAN & CYCLING**
- **PUBLIC TRANSPORT**
- **VEHICULAR ROUTES**

Extracto de Ciudad inteligente en la celebración del centenario de Nigeria

Imagen cortesía de Shannon Royden-Turner

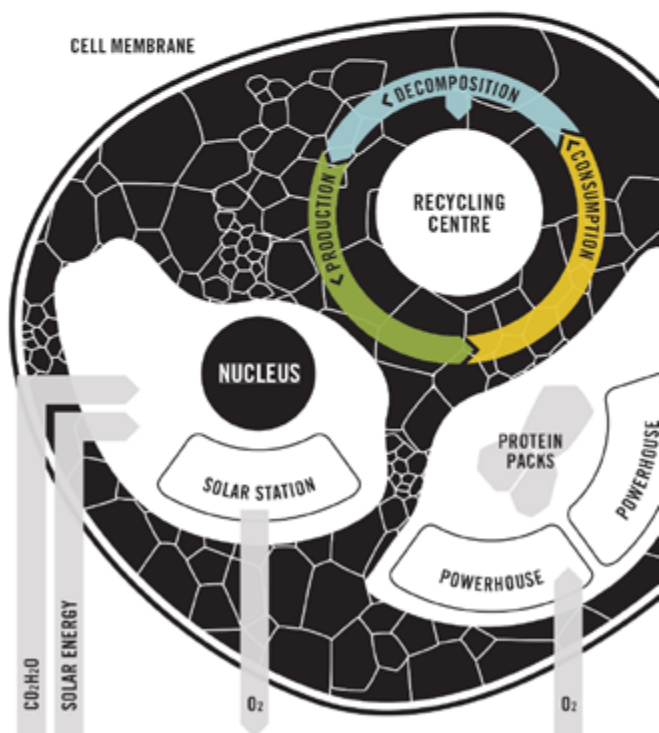
sector creciente de la sociedad está buscando involucrarse más en los procesos de toma de decisiones a través de los cuales se crean nuestras ciudades. Hay una necesidad de movernos del llamado a cuentas a la responsabilidad, donde hay una pertenencia colectiva de los éxitos y fracasos mientras transitamos un camino de aprendizaje hacia la madurez, y esto requiere de nuevas formas de implementar procesos colectivos de toma de decisiones.

Considero que una ciudadanía activa, impulsada por el poder dentro de cada uno de nosotros, es un imperativo en la creación de sistemas que se optimizan para satisfacer muchas necesidades complejas, demandas e incertidumbres del futuro. Entiendo que los ciudadanos quieren estar activamente involucrados e inspirados para cocrear y dar forma a sus comunidades y definir el tipo de futuro en el que prefieren vivir. También entiendo que cada miembro de un sistema o comunidad tiene este potencial – y la opción de usarlo – para autodirigirse y por ende contribuir a lograr entender nuestra compleja realidad, permitiendo a la gente lidiar con la incertidumbre de los retos de nuestro tiempo. El liderazgo se está convirtiendo en participativo y situacional, y yo ofrezco el espacio para este tipo de participación ciudadana desde las primeras etapas de un proceso urbano.

¿Quiénes son algunos de los socios con quienes has trabajado en estos procesos de involucramiento?

He tenido el privilegio de trabajar con muchos líderes inspiradores para desarrollar visiones innovadoras para el futuro. Estoy actualmente trabajando con Tongaat Hullett Developers,

Nature's cell



Extracto de Ciudad inteligente en la celebración
del centenario de Nigeria

Imagen cortesía de Shannon Royden-Turner

The urban cell

SOURCE



Dube Trade Port y el municipio de eThekweni para acabar con el rancio conflicto que existe entre desarrollo y ecología aplicando biomimesis y pensamiento sistémico a las 9.000 hectáreas de nuevo crecimiento en la zona alrededor del Aeropuerto Internacional King Shaka en Durban. Se trata de un proyecto piloto global para probar esta innovadora metodología para pensar en las ciudades. He viajado a Haití para asesorar al presidente sobre las oportunidades de renovación urbana, y trabajo para Western Cape Premier en el desarrollo de soluciones innovadoras para el tratamiento de aguas residuales, drenaje pluvial y desechos sólidos en asentamientos informales. Me he asociado con una empresa social holandesa, Cordaid, como representante sudafricana y trabajo como coordinadora de procesos y facilitadora de grupos de interés en proyectos tan diversos como violencia doméstica y la introducción de transporte público en Cape Flats.

In Formal South, en asociación con Cordaid, está actualmente habilitando el desarrollo de una Comunidad de Cambio para enfocarse en temas de agua y desechos en Hout Bay, un suburbio de Cape Town. Hout Bay está dividido en varios barrios de diferentes niveles socioeconómicos y grados de formalidad. Existe un extraño pero frágil sentido de camaradería y comunidad entre sus residentes. Nuestra meta colectiva es mejorar la integración social, la expansión descontrolada de la vivienda informal, las oportunidades limitadas para el desarrollo, la contaminación localizada y las implicaciones para la salud asociadas.

Describe algunos de los proyectos de sistemas urbanos en los que te has involucrado.

En África, la asociación entre In Formal South y BiomimicrySA ha sido instrumental para lograr avances importantes en la aplicación de la biomimesis a los sistemas urbanos. Juntos hemos terminado varios proyectos en los que se ha aplicado una cantidad de metodologías de biomimesis diferentes para solucionar algunos de nuestros retos urbanos más urgentes.

En un proyecto cerca de casa, hemos estado aplicando pensamiento sistémico y tecnología de biomimesis para desarrollar soluciones innovadoras para el manejo del agua residual, agua pluvial y desechos sólidos en el asentamiento informal de Langrug en Western Cape. Ha sido increíble trabajar en este proyecto. Una de los momentos más sobresalientes fue cuando el Ingeniero del Municipio me escribió esta cita: “Hay baches en los caminos menos transitados. Algunos profundos y otros no tanto, algunos los cavas tú mismo. La mayoría está lleno de lodo. Muchos tienen piedras. De vez en cuando, no obstante, irás caminando y pisarás sobre uno más, un poco más amigable... desgastado, verde y pulsante de vida. Te hará cosquillas en los pies, como los tréboles”. Ray Blackston.

Ésta es una descripción muy apta de la respuesta que típicamente estamos teniendo sobre este tipo de trabajo. La gente se da cuenta de que no es el camino más fácil a elegir, pero hay un sentido de que es posible una realidad llena de vida pulsante, y la gente se inspira para enfrentarse de una manera creativa a los retos que tienen que abordar. Esta, para mí, es la parte más gratificante de trabajar en este campo.

PLANT NATURAL INDIGENOUS RIVERINE SPECIES TO STABILIZE EMBANKMENTS.

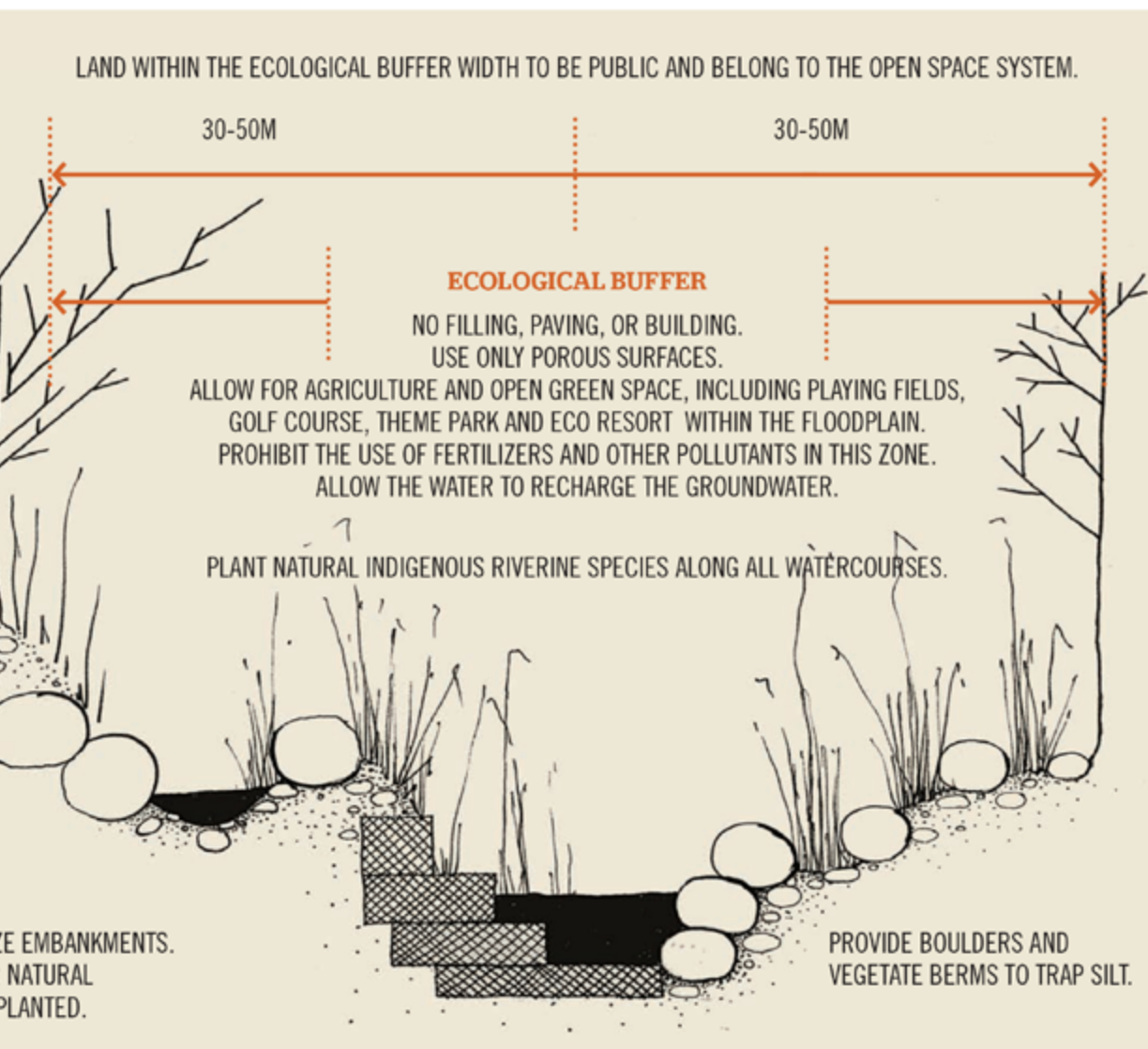
PATHWAYS AND ACCESS TO THE RIVER ITSELF WILL PROTECT THE EMBANKMENTS FROM TRAMPLING.

GROUNDWATER RECHARGE
WHERE POSSIBLE, ALL PATHWAYS SHOULD ALLOW WATER TO PERMEATE THE GROUND TO ENSURE WATER FILTRATION – POROUS MATERIALS FOR SURFACES SHOULD BE USED AS A DESIGN PRINCIPLE.

CREATE SWALES, PLANTED WITH SEDGES & REEDS - TO DELAY & FILTER RUN-OFF.

USE GABIONS (WIRE BASKETS FILLED WITH STONE) TO STABILIZE THESE ALLOW WATER TO FLOW THROUGH THEM; AND THUS FOR PROCESSES TO CONTINUE. IN ADDITION THE GABIONS CAN BE F





Extracto de Ciudad inteligente en la celebración del centenario de Nigeria

Imagen cortesía de Shannon Royden-Turner

Este campo de trabajo se encuentra en su etapa pionera, pero la idea de que nuestros retos ya estén solucionados le ofrece a la gente un nuevo paradigma potencial lejos del pesimismo del paradigma pasado. El paradigma pesimista tiende a inhabilitar a las personas, por lo que me parece que la idea de que la naturaleza ya resolvió los retos a los que nos enfrentamos es mucho más inspiradora y empoderadora para las personas.

Nuestro proyecto en Langrug obtuvo uno de los diez primeros puestos en los premios GreenTec, lo cual fue muy alentador. Este proyecto pasó por una fase de estrategia de alto nivel, una fase de concepto y diseño de detalle, y está a punto de entrar a la fase de construcción. Hemos tenido la fortuna de trabajar en este proyecto tanto con el gobierno provincial como con el municipal, y su apoyo a las soluciones innovadoras y el pensamiento sistémico ha sido impresionante.

En Durban, hemos estado trabajando en asociación con Janine Benyus y Biomimicry 3.8 para desarrollar un marco de resiliencia que rija la planificación y diseño urbanos en el área comprendida dentro del plan de Desarrollo Espacial del Norte (Northern Spatial Development). Ha sido una gran inspiración trabajar con Janine y aprender de ella. En el proyecto se implementaron dos metodologías de biomimesis clave: estándares de desempeño ecológico y claves de la resiliencia. Los estándares de desempeño ecológico se generaron utilizando un modelo inVest. El trabajo de análisis nos llevó a desarrollar una política de protección, restauración y mitigación de humedales para la zona. Las directrices de gestión para el desarrollo alrededor de la infraestructura ecológica definida se rigieron por los criterios de desempeño

ecológico, por ejemplo: cómo manejar el agua pluvial imitando los ciclos hidrológicos naturales para lograr un sistema sano y funcional.

¿Cuáles consideras que son los mayores retos?

En nuestro trabajo en el proyecto de Durban, el mayor reto fue que se propuso una metodología innovadora que utiliza metodologías de biomimesis con las que yo no había trabajado antes, en un contexto bastante contencioso y políticamente cargado. Fue un poco intimidante dirigir un proyecto en el que no tienes idea de cuáles serán los resultados o cómo se utilizarán, con un cliente conformado por tres partes que han estado atrapadas en un conflicto durante los últimos 15 años. Por ello, un gran reto para mí al trabajar en este campo es sentirme cómoda con lo desconocido y confiar en el proceso.

Trabajar con biomimesis en un nivel sistémico requiere de un cambio en la cosmovisión, pasar de entender al universo como partes desconectadas, hacia entenderlo como interconectado e interdependiente. Cambiar la cosmovisión de la gente es uno de los retos más grandes que enfrentamos en nuestro trabajo hoy, y no siempre le damos su lugar adecuado en los procesos que proponemos ya que no es fácil que los clientes lo acepten. Es necesario integrarlo cuidadosamente en todas las facetas del proyecto para asegurar que al final las personas comenzarán a ver al mundo de manera diferente, reconociendo las interconexiones e interdependencias.

Dentro del contexto sudafricano uno de nuestros retos ha sido asegurar que este trabajo sea siempre fácil de entender para las personas

con las que estamos trabajando. Dado que la biomimesis es una ciencia, en poco tiempo el lenguaje puede dejar de ser accesible para la gente, especialmente cuando trabajamos dentro del contexto de los asentamientos informales. Para responder a esto, desarrollamos un módulo de entrenamiento para residentes de los asentamientos informales para ayudarles a entender por qué pensamos que es de beneficio pedirle a la naturaleza que nos ayude a resolver nuestros problemas. Fue un gran día cuando vimos a las personas empezar a entender el concepto, y si hoy vas al asentamiento la gente se refiere a la biomimesis de manera casual, lo que me da mucha alegría. Esta comunidad es posiblemente una de las únicas comunidades informales que han recibido entrenamiento en biomimesis. La gente típicamente se siente intimidada con procesos que no conocen, por lo que necesitamos estar pendientes de no usar un lenguaje que excluya a la gente del proceso.

¿En qué áreas deberíamos enfocarnos para avanzar en el campo de la biomimesis para los sistemas urbanos?

En Sudáfrica hemos estado particularmente enfocados en temas de agua, lo que poco a poco ha comenzado a dar resultados. Se trata de un área crítica para Sudáfrica en los próximos cinco años si queremos evitar una crisis inminente. Desde una perspectiva técnica hay un número de soluciones de biomimesis disponibles, pero el mayor reto sigue siendo de carácter institucional y organizacional. Necesitamos enfocarnos en desarrollar un modelo institucional apropiado para el manejo y apropiación de sistemas biomiméticos nuevos

e innovadores, y es aquí donde se presenta la mayoría de los bloqueos. A medida que nuestros retos se hacen más complejos, surge una necesidad de profundizar nuestro aprendizaje de las interconexiones e interdependencias entre el gobierno, las comunidades y la infraestructura. La mayor parte de las decisiones relacionadas con las opciones de la infraestructura siguen haciéndose en un marco de ingeniería pura, que tiende a considerar todos los retos como lineales y simples. La colaboración interdepartamental dentro del gobierno también sigue siendo un reto. Esencialmente necesitamos enfocarnos en el área del comportamiento humano, administración del cambio organizacional y procesos de toma de decisiones como un elemento facilitador que nos permita implementar algunas soluciones biomiméticas que ya existen.

También creo que debemos enfocarnos en el área del transporte y de la planificación del uso de la tierra. He estado considerando que si somos capaces de diseñar ciudades que funcionen como ecosistemas maduros, entonces entra en cuestión la noción de definir la frontera urbana. Actualmente necesitamos contener el desarrollo porque es altamente destructivo. Entonces nuestro acercamiento es definir claramente la frontera de la ciudad y buscar la densificación de la ciudad dentro de esa frontera.

¿Cómo has desarrollado tu interés en el diseño inspirado en biomimetismo o bioinspirado?

Mi interés en la biomimesis surgió a través de estudiar el pensamiento sistémico, en particular el libro *La Trama de la Vida* de Fritjof Capra. En el libro, Capra compara los sistemas humanos y

naturales, y esa fue la primera vez que realmente contemplé la noción de que nuestros sistemas industriales funcionan de manera diferente a como lo hacen los sistemas naturales maduros. Mi tesis de maestría se centró en el análisis de flujo de materiales en un asentamiento informal para tratar de entender la noción de un metabolismo lineal frente a un metabolismo circular. Después de terminar mi maestría, descubrí Biomimicry Sudáfrica e inmediatamente comencé a tomar todos los cursos que ofrecían. Me adentré en un paradigma realmente refrescante, por estar lleno de potencial y soluciones en vez de desesperanza y problemas. Claire Janisch, quien inició BiomimicrySA, y yo desarrollamos una gran relación laboral y desde entonces hemos colaborado, trayendo la biomimesis al espacio de la innovación urbana.

¿Cuál es tu mejor definición de lo que hacemos?

Yo diseño y facilito soluciones a retos urbanos complejos en las que todos ganan, utilizando biomimesis, pensamiento sistémico y procesos de grupos de interés.

¿Con qué criterios debemos juzgar el trabajo?

Éstas son las preguntas que me hago a mí misma para asegurarme de permanecer en la línea:

¿El proceso generó una solución en la que todos ganaron?

¿Aplicamos un acercamiento sistémico?

¿Inspiramos a la gente a ver al mundo como un todo interconectado?

¿Nos esforzamos por tener un impacto positivo en el bienestar de todos los sistemas vivientes?

¿Diseñamos la solución más creativa, práctica y viable que pudimos imaginar?

¿El proceso enseñó a la gente a cooperar?

¿El proceso maximizó el potencial humano utilizando pasión y responsabilidad dentro de un marco de principios y valores?

¿Diseñamos maneras de ayudar a las personas satisfacer sus necesidades de manera que sirva (o al menos no ponga en detrimento) las necesidades de la comunidad y el mundo en un sentido más amplio?

¿El proceso y solución optimizaron la libertad de todas las personas en el sistema?

¿Inspiramos a la gente a ver la posibilidad de un mundo abundante y floreciente ayudándoles a entender mejor la genialidad de la naturaleza?

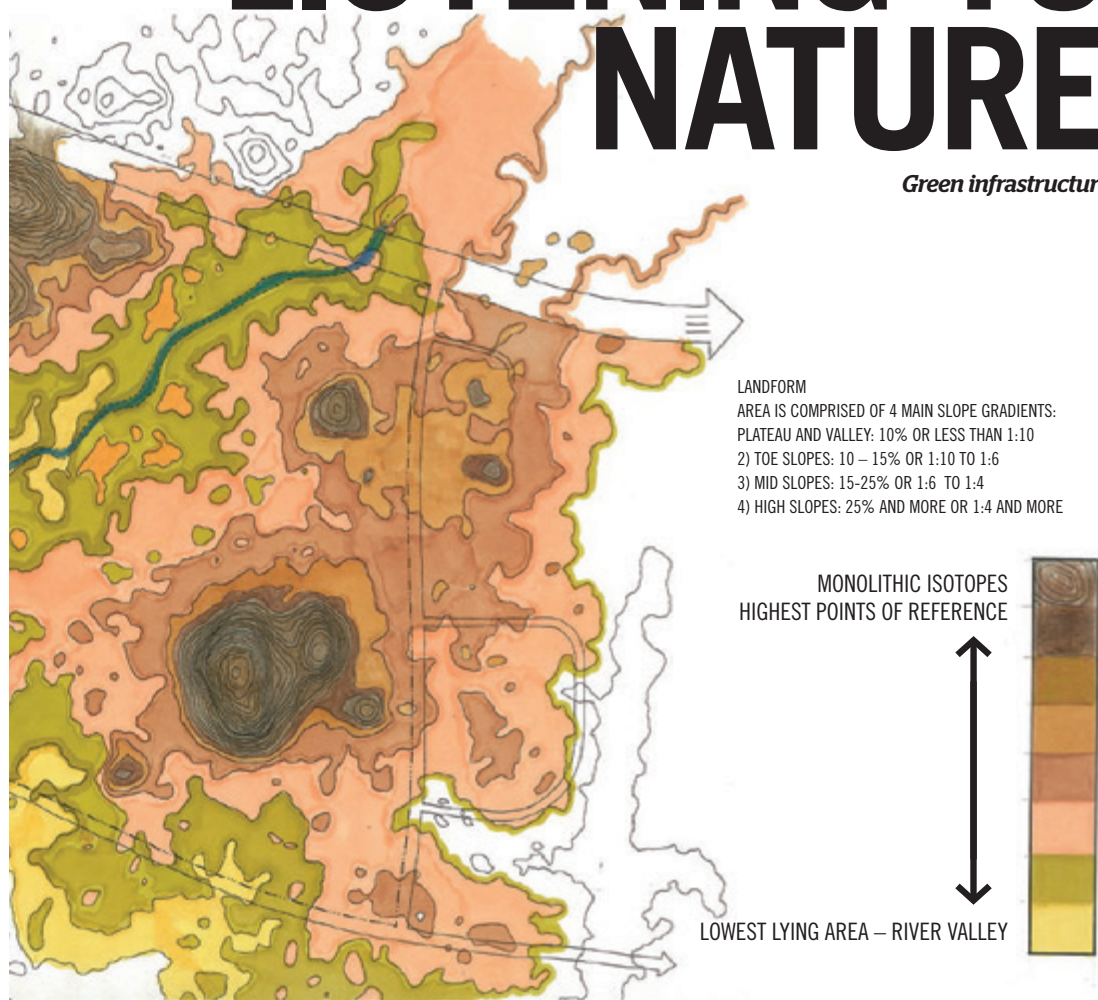
¿El proceso y las soluciones aplican exitosamente los principios de vida? x

Referencias

1. <https://drdemartini.com/>
2. <http://www.naturalcapitalproject.org/models/models.html>
3. <http://www.fritjofcapra.net/>

LISTENING TO NATURE

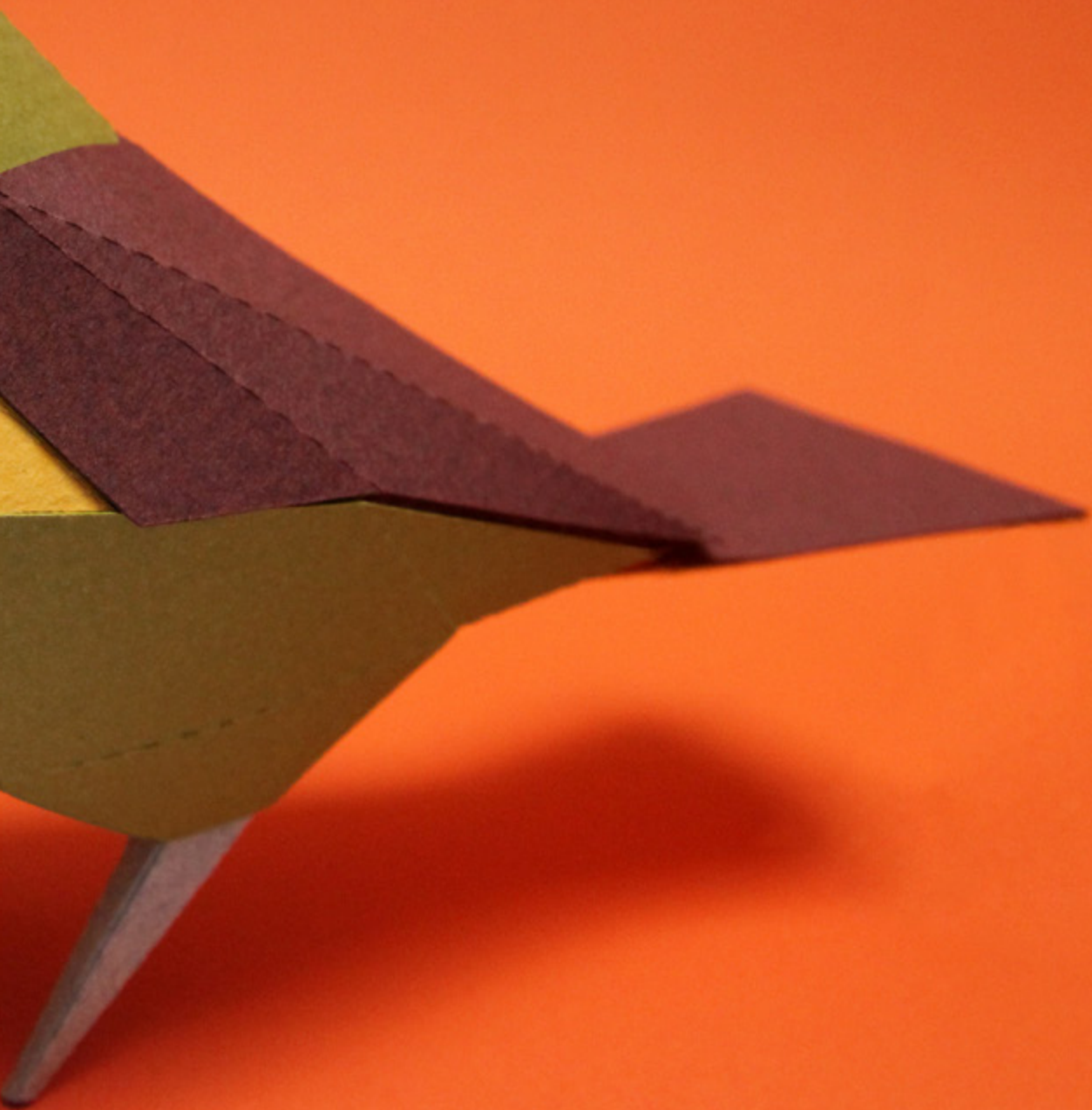
Green infrastructure



Extracto de Ciudad inteligente en la celebración del centenario de Nigeria

Imagen cortesía de Shannon Royden-Turner







ISSN 1927-8314