



2. Imagen coloreada obtenida en un microscopio electrónico de transmisión de diversos nanohilos semiconductores de ZnO. Sintetizó los nanohilos Joan D. Prades y los analizó Jordi Arbiol, ambos del Departamento de Electrónica de la Universidad de Barcelona.

en nanohilos, gracias al confinamiento de carga en el núcleo de éstos, con la consiguiente reducción de la dispersión superficial.

La alternancia de capas de materiales semiconductores con distintas energías en la banda prohibida da lugar a la formación de pozos cuánticos con propie-

dades de emisión de fotones distintas de las del material en el núcleo. Por esta razón, las estructuras coaxiales o núcleo-capas en nanohilos se están utilizando para modular y controlar las propiedades optoelectrónicas de emisión; por ejemplo, para la fabricación de diodos emisores de luz o láseres multicolor.

Nanohilos semiconductores para la generación de energía

Los nanohilos semiconductores no sólo se pueden utilizar para generar luz; también se están diseñando dispositivos para captarla valiéndose de las propiedades semiconductoras. En este sentido, las uniones PN y PIN en nanohilos hacen que éstos puedan usarse en células solares de alto rendimiento; se abren así nuevas perspectivas en el campo de las energías renovables.

Por otro lado, algunos nanohilos semiconductores pueden generar cierto potencial eléctrico cuando se someten a una tensión mecánica (es decir, tienen un comportamiento piezoeléctrico). Esta característica ha permitido fabricar nanogeneradores de energía a partir del biomovimiento muscular: pequeños dispositivos basados en técnica de nanohilos podrían acumular energía a partir del simple movimiento de los dedos al teclear estas líneas.

Jordi Arbiol

*Profesor de investigación ICREA
Instituto de Ciencia de Materiales
de Barcelona, CSIC*

Los tejados verdes

Cubiertas vegetales de plantas autóctonas para los edificios

A lo largo del tiempo, las ciudades han ido ganando terreno a la naturaleza, destruyéndola y sustituyendo la superficie vegetal por superficies inertes. Aunque se incorpore arbolado en calles y parques, la mayor superficie visible de las ciudades, la de las cubiertas, queda sin vegetar. Se producen así alteraciones microclimáticas que convierten las ciudades en islas de calor.

Sin embargo, la arquitectura y la vegetación han estado hermanadas a lo largo de la historia. La referencia más antigua al uso de la vegetación en las cu-

biertas la tenemos en los patios y huertos construidos en Egipto y Persia hacia 2600 a.C., o en los Jardines Colgantes de Babilonia de 600 a.C., que eran auténticas cubiertas vegetales. También, en edificios singulares construidos en los siglos XIX y XX; por citar un ejemplo, los del conjunto del Rockfeller Center, de Ralph Hancock, en Nueva York.

¿Qué ha hecho que esas cubiertas mantengan todavía su viabilidad e interés? ¿Cuáles son, además de su indudable atractivo, sus ventajas ambientales y energéticas?

Los organismos regulan su temperatura de un modo u otro. La vegetación controla su temperatura foliar adaptándola a la del ambiente en que se encuentra, sin que difiriera de ella en más de 2°C. En esos mismos momentos, una superficie inorgánica, de igual color, puede tener en verano una temperatura entre 30 y 40°C superior a la del aire, y en invierno hasta 10°C menos.

La vegetación controla su temperatura combinando varios procedimientos. Dependiendo del color, un porcentaje se refleja y otra fracción se transmite hacia



Imagen de las nuevas cubiertas ecológicas de tercera generación, las cubiertas ecológicas jardín.

el suelo a través de la hoja aislada, aunque este factor globalmente desaparece cuando se forman varias capas superpuestas de vegetación. Por otro lado, parte de la energía que absorbe la planta se invierte en producir biomasa. Por último, el resto se disipa, en gran medida por evapotranspiración, a través de los estomas celulares.

Por tanto, la ventaja de los tejados verdes es la de no calentarse cuando reciben la radiación solar en verano, sin menospreciar la absorción de contaminantes atmosféricos, la producción de oxígeno y el incremento del aislamiento térmico.

No podemos obviar los aspectos negativos, como el consumo de agua, el sobrepeso y la necesidad de mantenimiento. Los aspectos negativos se manifiestan con mayor claridad en las cubiertas ajardinadas tradicionales, voluminosas, muy pesadas y con la servidumbre de un mantenimiento constante. Frente a ellas, otro tipo de cubiertas, las denominadas cubiertas ecológicas, de poco porte, ligeras y sin mantenimiento (exentas de riego, abono, poda o resiembra) resuelven en gran medida los inconvenientes mencionados, conservando las ventajas.

La imagen más evidente de una *cubierta ecológica* es la de la vegetación es-

pontánea que surge en los canalones en algunas fachadas, entre las tejas y las piedras de un camino. Son plantas autóctonas y espontáneas que no necesitan que nadie las cuide para prosperar.

El origen de las cubiertas ecológicas actuales se remonta a la posguerra, cuando en Alemania fue necesario reconstruir rápidamente las viviendas destruidas por los bombardeos. Las cubiertas de estas viviendas se protegían con grava, o con lo que era más fácil de encontrar, cascotes y restos de demoliciones. Con esos cascotes posiblemente iba algo de tierra, y a ella llevaron de forma espontánea semillas los pájaros o el viento. Esas semillas prosperaron; de ellas nacieron jardines espontáneos en las cubiertas. Las viviendas en las que habían surgido estos jardines estaban mejor aisladas, gastaban menos energía y proporcionaban ambientes más confortables. Esto se convirtió en un sistema constructivo que permite que hoy en día haya en Alemania cientos de miles de metros cuadrados de cubiertas ecológicas.

Una cubierta ecológica básicamente consta de las siguientes capas: vegetación autóctona sin mantenimiento; un sustrato ligero (que la convierte en aislante), que drena muy bien, para que no se encharque y provoque la pudrición de las raíces, y capaz de retener nutrientes y humedad; un separador que evite la pérdida de finos del sustrato; un sistema de drenaje para evitar el encharcamiento y

Vegetación espontánea sobre una cubierta.



la pudrición de las raíces; y un retenedor de agua para aportar líquido en los períodos de sequía.

En ciertas ocasiones, el sistema de drenaje y el de retención de agua puede sustituirse por un pequeño depósito o aljibe situado bajo la vegetación, que cumpla la misma función y aporte ventajas adicionales en climas con baja pluviometría.

En 1994 se construyó la primera cubierta ecológica de España, con el asesoramiento y la tutela de la Universidad Humboldt de Berlín sobre la cubierta de la Escuela Técnica Superior de Ingenie-

ros Agrónomos de Madrid. La especie vegetal que se plantó fue el *Sedum album*, una planta muy resistente a las sequías y a las heladas, si bien de un aspecto pobre y escaso atractivo.

Desde aquel primer intento, encontramos hoy en España sistemas constructivos con cubiertas ecológicas perfectamente adaptados a nuestras variedades climáticas, con un catálogo de especies vegetales que superan el centenar. Entre ellas se pueden ver plantas de porte alto y plantas rastreras, plantas que florecen en primavera y otras que lo hacen en

otoño, y plantas con hojas de colorido, forma y tamaño muy diferentes. En suma, pequeños jardines que se desarrollan sobre una capa de sustrato de 8 o 10 cm, que no necesitan prácticamente mantenimiento y aportan ventajas energéticas para el edificio, un beneficio ambiental para la ciudad y un notable atractivo.

E. Javier Neila González

*Catedrático de Acondicionamiento Ambiental
y Arquitectura Bioclimática
de la Universidad Politécnica de Madrid*

Ornamentación arquitectónica toraja

Las matemáticas como pilar de una manifestación cultural

Los toraja viven en el valle del río Sa'dan, una región montañosa de la isla de Sulawesi, en Indonesia. Entre sus características culturales destaca la arquitectura tradicional. Tanto el *tongkonan* (la casa familiar) como el *alang-alang* (granero para el arroz) son construcciones robustas, hechas de madera, y de planta rectangular, en las que no se utiliza ningún clavo. El espacio encerrado entre los pilares suele destinarse a los animales. Encima se yergue la vivienda, un espacio rectangular cuyas paredes se levantan mediante el ensamblaje de multitud de piezas de madera. Un tejado en forma de silla de montar cubre la edifi-

cación y otorga a la casa toraja su forma peculiar. El granero es una copia reducida de la casa. Si ésta se orienta siempre hacia el norte, aquél lo hace hacia el sur, cara a cara con la casa.

Tanto en las fachadas de la casa como del granero se tallan multitud de diseños simbólicos, los *Passura'*, término derivado de *sura'* (escribir). En su ejecución se sigue una distribución bien determinada. Las fachadas se dividen horizontalmente en tres franjas y verticalmente en dos. Cada franja horizontal se corresponde con una división tripartita del cosmos: inframundo, mundo terrenal (habitado por los humanos) y mun-

do superior (donde moran los dioses). Cada una de las dos mitades verticales determinadas por el eje de simetría central de las fachadas norte y sur se relaciona con la dualidad fundamental: vida y muerte. Los grabados se tallan de acuerdo con una simetría especular vertical en todas las fachadas.

Todos los diseños reciben un nombre específico y poseen un significado relacionado con la sociedad y cultura torajas. Consisten en la repetición sistemática y rigurosa de un motivo inspirado en elementos naturales del entorno. La precisión y simetría de ese desarrollo sistemático se hacen difícil-



1. Detalle de la fachada este de un *tongkonan* (casa familiar toraja) en construcción.