

Taller de Nanotecnología

Soluciones bioinspiradas para el desarrollo de herramientas agrícolas no-adherentes

1. Biomimética - Nanotecnología

Es bien sabido que los seres vivos de la naturaleza pueden ser fuente de inspiración para el desarrollo de nuevas e innovadoras tecnologías, entre ellas la obtención de superficies anti-adherentes. Dichas superficies tienen amplia aplicación industrial, entre otras para ser utilizadas en herramientas que trabajen el suelo. Esta nueva forma de buscar innovación tecnológica, se denomina biomimética y combina las disciplinas de biología y tecnología con el objeto de resolver problemas técnicos a través de la abstracción, transferencia y aplicación de conocimientos adquiridos de los modelos biológicos [1-3]. No se debe confundir con biotecnología que consiste en la aplicación de principios tecnológicos que utilicen sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos. Ahora bien, puede haber nanotecnología en un proceso biomimético? Sí, cuando trabajamos a escala nano y micro (figura 1), ya sea cuando estudiamos el sistema biológico que nos sirve de inspiración como cuando generamos el prototipo tecnológico.

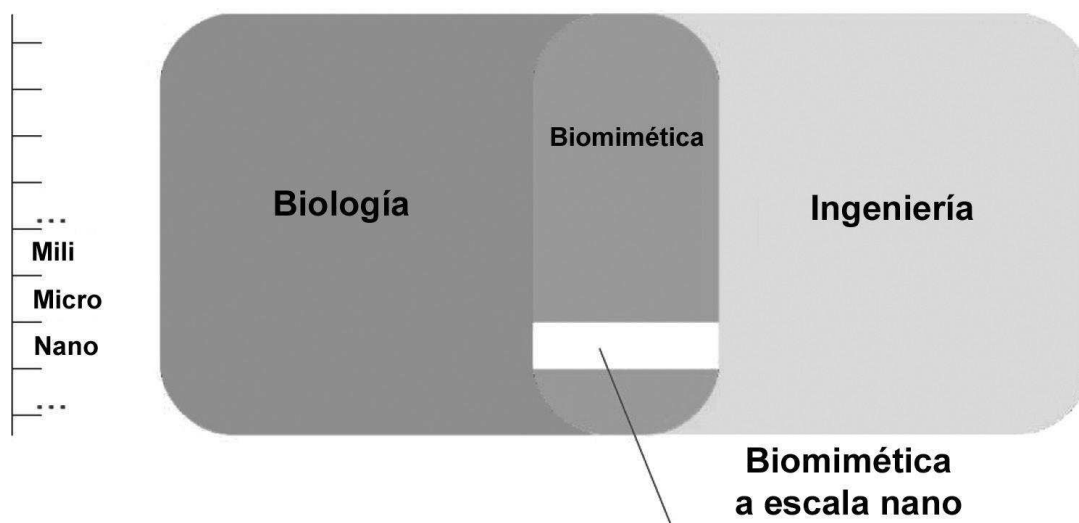


Figura 1. Nano-biomimética [4]

Recordemos que la nanotecnología es, según la definición ISO/TS 80004-1:2010, la aplicación del conocimiento científico para manipular y controlar la materia a escala



kairós

El tiempo de los nativos sustentables

nano-micro, con el objeto de usar los fenómenos y propiedades dependientes del tamaño y de la estructura, distintos de aquellos asociados a átomos y moléculas individuales o a

la materia a escala macro. En este caso el interés está en estudiar y encontrar qué elementos de la micro-nanoestructura de la superficie biológica nos lleva a la antiadherencia, con el objeto de desarrollar superficies con determinadas topografías que minimicen la adhesión del suelo a las mismas.

2. Herramientas agrícolas – Adhesión

Durante la acción mecánica que implica la remoción o disturbación del suelo, la adhesión del mismo a las herramientas agrícolas juega un rol importante, afectando tanto la calidad del trabajo como la eficiencia del proceso. Ciertas labores fundamentales, como la siembra, se efectúan preferentemente con elevado contenido de agua en el suelo pues ésta resulta favorable para obtener una rápida germinación y emergencia del cultivo. Sin embargo, en estas condiciones, la adhesión del suelo a los componentes del tren de distribución de la sembradora tales como cuchillas, cultivadoras, abresurcos y tapadores puede comprometer la correcta colocación de la semilla en el surco reduciendo la eficiencia de implantación. Es frecuente que la labor deba ser interrumpida debido al atoramiento de la sembradora, aunque las condiciones del suelo permitan el tránsito de los equipos. La reducción de la adhesión del suelo a las partes o herramientas activas permitiría, en primer lugar, lograr aperturas y cierres de surcos que favorezcan una adecuada distribución y germinación de las semillas y en segundo lugar, anticipar el inicio del trabajo incrementando el tiempo disponible para llevar a cabo la tarea. Disponer de mayor tiempo implica aumentar la oportunidad de labor, lo cual posibilitaría reducir la potencia necesaria para efectuar la misma cantidad de trabajo y disminuir tanto los costos operativos como la aplicación de cargas superficiales que conllevan a la densificación del suelo. Un comentario aparte lo merecen las labores de labranza o descompactación llevadas a cabo mediante escarificadores (subsoladores, descompactadores y arados de cinceles) o utilizando arados convencionales o rastras de discos. Estos trabajos generan una profunda disturbación del suelo y por este motivo son los que demandan los mayores niveles de potencia. En este caso, la adhesión del suelo a los órganos activos hace a que la interacción entre estos y el suelo ocurra en una interfase suelo-suelo. Reducir dicha adhesión significa reemplazar la fricción suelo-suelo por la fricción entre el metal y el suelo, lo cual disminuye el requerimiento de energía de las tareas. Por todo lo anterior,



kairós

El tiempo de los nativos sustentables

si se logra una menor adherencia del suelo sobre el metal no sólo se puede disminuir la fuerza de tracción demandada por los órganos activos con la consiguiente reducción del

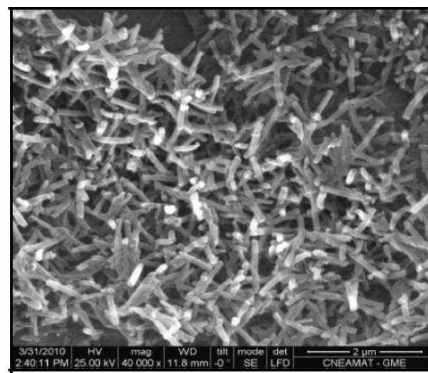
consumo de combustible, sino que, además, se puede ampliar la ventana temporal para la realización de las labores reduciendo la potencia requerida.

3. Superficies biológicas antiadherentes

El principio funcional de la antiadherencia puede ser hallado en diversas superficies biológicas. Citaré brevemente el denominado efecto “lotus” (planta del Loto, *Nelumbo nucifera*) para producir superficies autolimpiantes ultrahidrofóbicas. Durante la década de 1980 se desarrollaron en la Universidad de Bonn (Alemania) una serie de trabajos, a cargo de los Dres. W. Barthlott y C. Neinhuis, enfocados en hallar y caracterizar cualitativamente las diversas plantas cuyas hojas eran consideradas “autolimpiantes”, perteneciendo éstas específicamente a la categoría de superficies superhidrofóbicas. Es decir, superficies que repelen y le tienen horror al agua, que no se mojan. Se denominan “autolimpiantes” porque las partículas contaminantes situadas sobre dichas superficies son arrastradas por gotas de agua, debido a que existe una reducción de la adhesión (tensiones superficiales) de las partículas a la superficie. Los científicos alemanes demostraron que las hojas son no-mojables debido a la micro-nanoestructura topográfica de su epidermis, conjuntamente con las propiedades hidrofóbicas de la cera epicuticular. Entre otras especies cuyas hojas presentan esta condición, se encuentran *Brassica oleracea*, *Oryza sativa*, *Xanthosoma violaceum*, *Euphorbia myrsinites*, *Tropaeolum majus* y *Colocasia esculenta* (figura 2) Las aplicaciones tecnológicas son vastas, desde la industria automotriz a la microelectrónica, pasando por pinturas (Sto Lotusan) y telas.



a)



b)

Figura 2. a) *Nelumbo nucifera*. b) Nanoestructura de la hoja de *Nelumbo nucifera*.

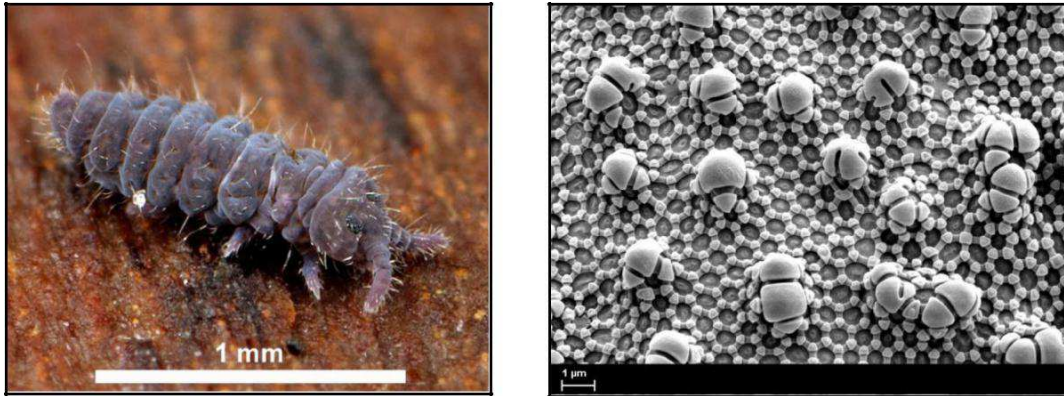


kairós

El tiempo de los nativos sustentables

Imagen de microscopía electrónica de barrido (MEB).

Pero no sólo las superficies vegetales pueden ser autolimpiantes. Existe también una serie de artrópodos con propiedades similares denominados Collembola, que habitan en el suelo, y cuya cutícula es superhidrofóbica y oleofóbica debido a su micro-nanoestructura topográfica, una de las más perfectas en el mundo biológico (figura 3).



a)

b)

Figura 3. a) *Ceratophysella denticulata*. b) Micro-nanoestructura cuticular de la *Ceratophysella denticulata*. Imagen MEB. [5,6].

4. Púa biomimética antiadherente – Fauna del suelo

En los últimos años un grupo de investigadores del INTA y la UTN Reg. Pacheco han estado estudiando la adhesión del suelo a las superficies sólidas de los componentes de la maquinaria agrícola, considerando los principios y características biomiméticas de la fauna del suelo. Como ya hemos dicho, el fenómeno de adhesión aumenta la resistencia al trabajo como el consumo de energía de la maquinaria, disminuyendo la calidad del trabajo. Los animales que habitan el suelo no tienen este inconveniente, se desplazan sin que el suelo se adhiera a ellos, gracias a sus formas geométricas, hidrofobicidad, sistemas micro-electro-osmóticos, lubricación y flexibilidad de la superficie cuticular. Los investigadores diseñaron la superficie de una púa de escarificador teniendo en cuenta las características principales del exoesqueleto de la hembra del bicho torito, *Diloboderus abderus* (figura 4). Los resultados indicaron que existe un rango preferencial de distancias entre las cavidades observadas en la cutícula del insecto, de aproximadamente 200 a 300 µm en el tórax y de 100 a 200 µm en la cabeza, siendo el diámetro las mismas de aproximadamente 50-60 µm. Las cavidades mostraban un patrón de distribución azarosa. A partir de los análisis obtenidos se diseñó la superficie



kairós

El tiempo de los nativos sustentables

de la púa biomimética, la cual consistió en una distribución hexagonal de cavidades esféricas, manteniendo las proporciones entre las distancias y diámetro de las cavidades



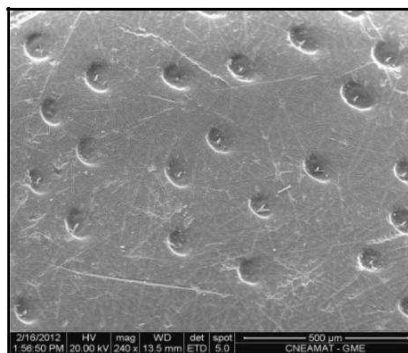
kairós

El tiempo de los nativos sustentables

en la herramienta similares a las encontradas en el tórax de la hembra del bicho torito (figura 5).



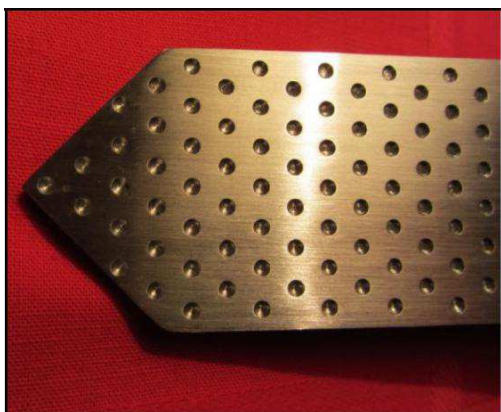
a)



b)

Figura 4. a) *Diloboderus abderus*. b) Microestructura del tórax del *Diloboderus abderus*. Se observan las cavidades esféricas en la cutícula. Imagen MEB.

Los resultados de los ensayos a campo mostraron una reducción del esfuerzo de tracción del 5 al 7%, comparando la púa biomimética de una púa con superficie lisa. Estos resultados se plasmaron en la obtención de una patente internacional en los Estados Unidos de América [7]. Es decir, se ha encontrado que los órganos activos pueden ser sustancialmente mejorados, particularmente respecto a la demanda de fuerza de tracción al interactuar con el suelo, cuando su superficie es provista de cavidades ordenadas en un patrón de paralelogramo (hexagonal) cuya unidad morfológica es un triángulo equilátero.



a)



b)

Figura 5. a) Púa biomimética. b) Ensayo de las púas en el campo experimental del Instituto de Ingeniería Rural (IIR), INTA (Hurlingham, Buenos Aires).



El tiempo de los nativos sustentables

Esta innovación tiene un profundo impacto ecológico y económico como consecuencia del ahorro de combustible y de tiempo de trabajo. Actualmente se están desarrollando nuevos diseños de superficies que incluyan estructuras o topografías a distintas escalas

para potenciar la propiedad funcional, tal como sugieren las superficies biológicas. Asimismo se firmó un convenio de investigación y desarrollo con la empresa INGERSOLL ARGENTINA SA para aplicar estos diseños a sus productos agrícolas. Sin dudas el estudio de superficies biológicas antiadherentes puede inspirar el diseño de tecnologías con el fin de solucionar problemas o aumentar la eficiencia en distintos procesos productivos. En la industria agropecuaria aún no se detectan productos tecnológicos bioinspirados, gran parte de los desarrollos se encuentran aún en etapas de investigación.

Referencias

- [1] Favret E. and Fuentes N. (Eds.). 2009. *Functional Properties of Bio-inspired Surfaces: Characterization and Technological Applications*. World Scientific Publishing Co. Págs. 412. ISBN: 978-981-283-701-1.
<http://www.worldscibooks.com/materialsci/7109.html>
- [2] Favret E. 2008. La biología inspira nuevos desarrollos tecnológicos en el campo de la ciencia de los materiales y la Ingeniería. *Revista de la Sociedad Argentina de Materiales*. 5 (1): 2-13.
- [3] Bar-Cohen Y. (Ed). 2005. *Biomimetics: Biologically Inspired Technologies*. CRC Press. Págs. 552. ISBN 9780849331633.
- [4] Gebeshuber I. and Drack M. 2016. Biomimetics: Biomimetics in Nanotechnology. In *CRC Concise Encyclopedia of Nanotechnology*. CRC Press. 37.
- [5] Helbig R., Nickerl J., Neinhuis C. and Werner C. 2011. Smart Skin Patterns Protect Springtails. *PLoS One*. 6, e25105.
- [6] Hensel R., Neinhuis C. and Werner C. 2015. The springtail cuticle as a blueprint for omniphobic surfaces. *Chem. Soc. Rev.* 45, 323.
- [7] Patente otorgada en Estados Unidos N° 14/055.489 (22 de Septiembre de 2015)
"MODIFIED SURFACE TOPOGRAPHY FOR AN AGRICULTURAL TOOL" Patent No.: 9,137,937 B2.