



¿Podemos imitar el vuelo de un insecto?

Can We Imitate the Flight of an Insect?

■ Sonia Martínez Díaz

En décadas recientes, el campo de la robótica ha experimentado un crecimiento espectacular. Debido en parte a su mitificación por la industria del cine y por la ciencia ficción, su popularidad ha trascendido los límites de la aplicación industrial para llegar a formar parte del imaginario común. Aunque ciertamente estamos lejos de conseguir la sofisticación de los robots que aparecen en las películas, no por ello los investigadores en robótica han dejado de considerar seriamente la posibilidad de construir robots que se asemejen a los seres vivos o que posean características propias de estos.

Los animales de una clase u otra son el resultado de años de evolución, que han permitido su supervivencia en todos los lugares de la tierra, mar y aire. Imitar las características de los "sistemas vivos" ideados por la naturaleza parece, por tanto, un punto de partida válido en el diseño de máquinas robustas y que puedan operar de una forma versátil en diversos entornos. Muchos tipos de criaturas han sido ya construidas, como cangrejos y escorpiones (1,2), peces (3), anguilas (4), y por qué no, insectos que tratan de imitar el vuelo de una mariposa (5). Consideremos el caso del cangrejo. Éste es capaz de moverse en aguas turbulentas, cerca de la orilla del mar donde hay arena y algas, y fuertes corrientes provocadas por las olas. Un conjunto de robots cangrejo podrían coordinarse para la detección y neutralización de minas en el agua, donde el acceso a otro tipo de vehículo autónomo sería difícil. El desarrollo del programa capaz de detectar minas, podría basarse en el comportamiento de un cangrejo cuando busca alimento. Esta posible aplicación es una de las razones por la que los investigadores del Centro de Ciencias del Mar de la Northeastern University (Boston, MA) han desarrollado el llamado *robo-lobster* (1). Otro motivo, compartido por los biólogos, reside en el

La autora acaba de recibir su título de Doctora en Matemáticas y es Profesora del Departamento de Matemática Aplicada IV de la Universidad Politécnica de Barcelona. En diciembre del año pasado la "41st Conference on Decision and Control", celebrada en Las Vegas, EE.UU., le concedió el *Best-Student Paper Award* de la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) por las aportaciones de su tesis doctoral al control de *seguimiento de trayectorias* de modelos mecánicos capaces de imitar movimientos.

hecho de "construir para entender". Precisamente, así nació el sistema del entomóptero (5), como parte de un esfuerzo común por entender el mecanismo del vuelo de los insectos. Este proyecto incluía un trabajo interdisciplinar con mariposas reales entrenadas para volar sobre flores artificiales cuyo movimiento se grababa con cámaras de alta resolución. En cambio, algunos investigadores en robótica piensan que el estudio detallado del comportamiento de cada ser es un proceso muy largo y complicado, y han optado por la implementación de algoritmos llamados *evolutivos* que, en teoría, permiten a sus máquinas ir aprendiendo (véase el libro *Evolutionary Robotics: The biology, intelligence and technology of self-organizing machines* (6) y las referencias citadas allí).

Uno de los seres vivos que más ha interesado imitar es el ser humano. Por ejemplo, la interfaz robótica más reproducida es la del manipulador industrial —que se inspira en nuestros brazos y manos— y que se utiliza con éxito en el montaje de circuitos o de motores. Sin embargo, la reproducción fiel de una mano es algo que todavía está muy lejos de poderse alcanzar. Hay que pensar que la mano tiene unos 25 grados de libertad y que su fuerza y destreza involucra una geometría complicada de articulaciones, tendones y músculos que deben analizarse como una entidad coordinada. De hecho, el amplio repertorio de una mano no está únicamente determinado por su dinámica (las diversas combinaciones de fuerzas generadas a través de músculos y tendones), sino que también obedece a nuestras representaciones y estímulos externos del mundo. Al ser tan complicado, los intentos de reproducir manos han estado dominados por las aplicaciones (industriales), y se han limitado a la reproducción de ciertas capacidades, como la aprehensión y la sujeción. Otras características, tales como las capacidades táctiles y perceptivas, que podrían ser interesantes para la fabricación de prótesis y robots de servicio o entretenimiento, están todavía en fase de estudio. Hay distintas publicaciones que muestran ejemplos de los trabajos que se están realizando en este sentido (7,8,9).

Quizá uno de los primeros obstáculos con los que choca el desarrollo de los robots biomiméticos es el de la fabricación de materiales, motores y articulaciones ligeras, que permitan a la vez un diseño compacto del sistema y no demasiado costoso. Para estos trabajos se requieren los llamados *materiales inteligentes o biomateriales*, como el Nitinol, que fue empleado en la fabricación de los músculos artificiales del cangrejo (que se contrae según el calor que "siente" el robot), o los sensores micro-electromecánicos (*Microelectromechanical System*, MEMS) que permiten imitar el funcionamiento de las antenas. Hay todo un cuerpo de investigación que se dedica al desarrollo de dichos materiales. A este respecto pueden verse los últimos números de la revista *Mechanical Engineering, magazine online* (10). A la vez, este tipo de investigación es de gran interés por sus aplicaciones a la robótica médica, por ejemplo, la fabricación de prótesis, cuyo estudio y desarrollo es posible gracias a la ayuda de los sistemas informáticos de simulación. Como caso particular, podemos mencionar el de los corazones artificiales. El estudio de corazones artificiales tiene una larga historia que data de los estudios de Kolff y Akutsu en animales (11,12). Por corazón artificial se entiende cualquier mecanismo que ayude a la circulación de la sangre. Otro ejemplo lo tenemos los sistemas más

comunes de asistencia ventricular (SAV) o marcapasos. También se han desarrollado corazones artificiales completos para sustituir totalmente el corazón de un individuo enfermo. Ejemplos de corazones artificiales son el *Streamliner* de la Universidad de Pittsburg (13,14,15), y como ejemplo de SAV podemos citar el *Novacor LVAS* (de *Baxter Healthcare*). En el portal: <http://www.upmc.edu/mcgowan/default.htm>, se puede encontrar más información sobre el desarrollo de órganos artificiales.

Hemos revisado algunos ejemplos de cómo la ingeniería y la biología pueden unirse para buscar soluciones que sean beneficiosas para la industria y la medicina. Estamos sólo a las puertas de una verdadera revolución.

Bibliografía

1. J. Ayers, J. Witting, C. Wilbur, P. Zavracky, N. McGruer, D. Massa, Biomimetic Robots for Shallow Water Mine Countermeasures. Proceedings of the Autonomous Vehicles in Mine Countermeasures Symposium, Naval Postgraduate School (in press).
2. S. A. Bailey, J. G. Cham, M. R. Cutkosky, R. J. Full, Biomimetic Robot Mechanisms via Shape Deposition Manufacturing. En *Robotics Research: the Ninth International Symposium*, John Hollerbach and Dan Koditschek, eds, Springer-Verlag, Londres, 2000.
3. Morgansen K.M., Vela P.A., Burdick J.W. Trajectory Stabilization for a Planar Carangiform Robot Fish. Proceedings IEEE Conference on Robotics and Automation, 2002.
4. J. Cortés, S. Martínez, J. P. Ostrowski, K. A. Melsaac: Optimal gaits for dynamic robotic locomotion. *International Journal of Robotics Research*, 20, 707-728, 2001.
5. R. Srygley, A. L. R. Thompson: Unconventional Lift-Generating Mechanisms in Free-Flying Butterflies. *Nature*, 12 de diciembre, 2002.
6. S. Nolfi, D. Floreano: *Evolutionary Robotics: The biology, intelligence and technology of self-organizing machines*. MIT Press, 2000.
7. M. R. Nicholls, M. H. Lee. A survey of robot tactile sensing technology. *International Journal of Robotics Research*, 83: 3-30, 1989.
8. C. Pellerin. The salisbury hand. *Industrial Robot*, 18 4.:25-26, 1991.
9. A. Bicchi. Hands for dextrous manipulation and powerful grasping: a difficult road towards simplicity IEEE *Trans. Robotics and Automation*, 16 de diciembre, 2000.
10. John DeGaspari: *Smart Materials*. *Mechanical Engineering*, magazine online. Diciembre de 2002.
11. J. R. Hogness, M. van Antwerp, eds. *The Artificial Heart: prototypes, policies and patients*. Institute of Health, Washington, DC: National Academy, 1991.
12. W. J. Kolff: The invention of the artificial heart. *International Journal of Artificial Organs*, 7: 386-403, 1990.
13. J. Antaki, B. Paden, G. Burgreen, N. Groom: Magnetically suspended miniature fluid pump and method of designing the same. U.S. Patent 6015 272, 18 de enero de 2000.
14. B. Paden, J. F. Antaki, N. Groom: Animal trials of a magnetically levitated left-ventricular assist device. *Proc. 5th Int. Symp. Magn. Suspension Technol.*, Santa Barbara, CA, pp. 251-258, diciembre de 1999.
15. J. Antaki, B. Paden: *Streamliner Artificial Heart*. In *Award Winning Control Applications*, *The Control Systems Magazine*, diciembre de 2002.