

# TEC crea Programa de Investigación en Nanotecnología

Programa ha sido declarado de interés institucional

Fecha de recepción: 19/07/2010

Fecha de aceptación: 20/07/2010

Paola Vega Castillo<sup>1</sup>

Juan Chaves Noguera<sup>2</sup>

Noemi Quirós Bustos<sup>3</sup>

## Palabras clave

Nanotecnología, nanotubos de carbono, sistemas microelectromecánicos.

## Resumen

El Instituto Tecnológico de Costa Rica creó, recientemente, el Programa de Investigación en Nanotecnología, con la participación de las escuelas de Ingeniería Electrónica, Química, Física, Biología y el área académica del Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo. El programa ha sido declarado de interés institucional y obedece al interés del Instituto Tecnológico de Costa Rica en contribuir a posicionar al país como un generador de nanotecnología, y así fomentar la inversión extranjera y mejorar los productos nacionales con el uso de la nanotecnología, con lo cual se incrementa la competitividad de las empresas costarricenses, además de colaborar con la sociedad costarricense en proyectos de investigación abocados a solucionar problemas nacionales utilizando la nanotecnología. Por otra parte, se divulgará el concepto de nanotecnología y sus aplicaciones en sectores industriales, agrícolas y sociales. Este artículo presenta un breve resumen de los primeros proyectos del Programa.

## Key words

Nanotechnology, carbon nanotubes, microelectromechanical systems.

## Abstract

The Instituto Tecnológico de Costa Rica has recently created the Nanotechnology Research Program, with participation of the Electronics Engineering, Chemistry, Physics

1. Coordinadora, Programa de Investigación en Nanotecnología. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Correo electrónico: *pvega@itcr.ac.cr*, *pvega@ietec.org*
2. Coordinador Técnico Programa de Investigación en Nanotecnología. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Correo electrónico: *jschaves@itcr.ac.cr*, *jschaves@ietec.org*
3. Profesora-Investigadora. Escuela de Química. Correo electrónico: *nquiros@itcr.ac.cr*

and Biology Schools, and the Academic Area of the Doctoral Program in Natural Sciences for Development. The Program has been declared of institutional interest, and responds to the interest of the Instituto Tecnológico de Costa Rica to contribute to promote Costa Rica as a country which can create nanotechnology, contributing to attract foreign investment, improve national products with the use of nanotechnology to increment the competitiveness of national industry. In addition to that, the Program aims to contribute to costarican society with research projects devoted to solve national problems using nanotechnology. Besides, the concept of nanotechnology and its applications in the industrial, agricultural and social sectors will be disseminated. This paper presents a brief overview of the first projects carried out by the Program.

## ¿Qué es nanotecnología?

Se define como nanotecnología el diseño, la caracterización, la producción y la aplicación de estructuras, dispositivos y sistemas, por medio del control de la forma y tamaño de la materia a escala nanométrica. Aunque este término fue acuñado por primera vez por el profesor Norio Taniguchi, de la Tokyo Science University, ya en 1959 el Premio Nobel de Física, Richard Feynman, expuso las posibilidades de utilizar y desarrollar esta tecnología en su charla “There is plenty of room at the bottom”.

Por otra parte, la nanociencia se define como el estudio de los fenómenos relacionados con la manipulación de la materia a escala nanométrica. De esta forma, es claro que la nanotecnología toma los conocimientos fenomenológicos obtenidos por la nanociencia y los transforma en aplicaciones y productos.

Su expansión ha sido posible gracias a la disponibilidad de nuevos instrumentos para la observación y manipulación a esta escala dimensional, que permitieron incrementar las capacidades de investigación en todo el mundo, así como los tipos de materiales que podían ser investigados, facilitando el aprendizaje de las propiedades de la materia a escala nanométrica. Esto ha originado la aparición de nanotubos, nanopartículas y nanocristales, entre otros.

La nanotecnología es una disciplina en su etapa inicial. En su estado superior, se espera que permita manipular las estructuras moleculares, de forma que se lleguen a fabricar materiales y máquinas a partir del reordenamiento de átomos y moléculas en un intento por replicar a la naturaleza, que construye estructuras sumamente complejas y diversas a partir del ordenamiento específico y controlado de partes elementales (fabricación *bottom-up*).

Las posibilidades de esta fase son ilimitadas, dado que la nanotecnología podría utilizarse para modificar las propiedades de todos los materiales conocidos. Por ejemplo, podría lograr un acero cien veces más resistente y diez veces menos pesado, computadores de bajísimo consumo de energía y mucho más veloces, entre muchas otras aplicaciones, en las cuales cabe resaltar su uso en la medicina. Charles Vest, ex Presidente del Massachusetts Institute of Technology (MIT), ha manifestado frecuentemente que la nanotecnología provocará una segunda revolución industrial.

## Programa de Investigación en Nanotecnología en el TEC

La nanotecnología ha sido clasificada como una tecnología emergente y convergente. Su naturaleza multidisciplinaria y su gran variedad de aplicaciones es un terreno sumamente fértil. Esto implica que hay un elevado potencial de generación de propiedad intelectual.

*Se define como nanotecnología el diseño, la caracterización, la producción y la aplicación de estructuras, dispositivos y sistemas, por medio del control de la forma y tamaño de la materia a escala nanométrica.*

Cuanto más temprano se involucre el país en esta corriente de investigación, más oportunidad tendrá de participar en el desarrollo que está ocurriendo a escala mundial. Así, el país puede dejar de ser espectador de esta tecnología para pasar a ser generador de esta. Esto ha sido visualizado en el diagnóstico realizado por Estrategia Siglo XXI, el cual indica que la nanotecnología es una de las áreas en las que Costa Rica debe enfocarse para lograr el desarrollo.

Para esto, es vital la diseminación de este conocimiento en las aulas universitarias, así como el impulso a la investigación, desarrollo y transferencia de tecnología en estrecha colaboración con la industria. En ese sentido, el TEC cumple todas las condiciones para ser un agente potenciador por excelencia de la nanotecnología en el país, y se orienta al desarrollo de aplicaciones industriales y la resolución de problemas nacionales, utilizando la nanotecnología y contribuyendo a la formación del recurso humano multidisciplinario que permitirá utilizar esta tecnología como herramienta para aumentar la competitividad del país, así como la atracción de inversión en investigación y desarrollo.

Esta plataforma de recurso humano, infraestructura y equipo solo puede lograrse por medio de un esfuerzo multidisciplinario articulado, el cual se plasma en la creación del Programa de Investigación en Nanotecnología. Su creación ha sido apoyada muy decididamente, desde el inicio, por la Vicerrectoría de Investigación y Extensión (VIE); incluso, el programa fue declarado de interés institucional por parte del Consejo Institucional del TEC, pues constituye el pilar para expandir la investigación multidisciplinaria e interdisciplinaria en nanotecnología, potenciando así un amplio espectro de aplicaciones por investigar en los sectores de Ingeniería Ambiental, Biotecnología, Biología, Agricultura, Electrónica, Ciencia e Ingeniería de materiales y aplicaciones biomédicas.

El programa, que empezó oficialmente en el 2010, inicia con las escuelas de Ingeniería Electrónica, Química, Física y Biología, así como con el área académica del Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo (DOCINADE).

El Programa de Investigación en Nanotecnología agrupa un equipo multidisciplinario de investigadores en los campos de la Nanotecnología, Química, Física, Biología, materiales e Ingeniería, abocados a contribuir en el desarrollo tecnológico e industrial y el mejoramiento de la calidad de vida utilizando la nanotecnología en las áreas de:

- Electrónica
- Biotecnología
- Biomedicina
- Materiales
- Aplicaciones agrícolas y ambientales

Con esta concentración de esfuerzos, el Instituto Tecnológico de Costa Rica contribuirá con la investigación en micro y nanotecnologías, estrechará vínculos interuniversitarios en Costa Rica y el extranjero y fomentará la investigación multidisciplinaria, transdisciplinaria e interdisciplinaria. Igualmente, permitirá la difusión y transferencia del conocimiento a los estudiantes del TEC en los niveles de licenciatura, maestría y doctorado, con lo cual aumentará la masa crítica de investigadores relacionados con esta disciplina y mejorará la competitividad del país por medio de la transferencia tecnológica de la nanotecnología al sector industrial. Como consecuencia de la formación de recurso humano especializado, el Programa aportará a la atracción de capital para la investigación y desarrollo de tecnología de punta con un gran potencial comercial.

*El programa, que empezó oficialmente en el 2010, inicia con las escuelas de Ingeniería Electrónica, Química, Física y Biología, así como con el área académica del Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo (DOCINADE).*

No menos importante es el hecho de que el TEC puede colaborar con la sociedad costarricense por medio del Programa de Investigación en Nanotecnología, mediante proyectos que resuelven problemas nacionales utilizando la nanotecnología como herramienta, y permitan mejorar la calidad de vida. Asimismo, puede cooperar a la extensión social, fomentando la vocación científico-tecnológica y poniendo a disposición del público general un conocimiento básico de la nanotecnología y sus implicaciones económicas, tecnológicas, éticas, ambientales y de salud. A continuación se presenta una breve reseña de algunos de los proyectos actuales del Programa de Investigación en Nanotecnología.

### **Spiderbot: Robots miniaturizados**

En el proyecto *Spiderbot* se diseña e implementa un robot miniaturizado con aplicaciones en la microelectrónica. Este proyecto es financiado por el Instituto Tecnológico de Costa Rica, Intel Costa Rica y el Ministerio de Ciencia y Tecnología, en cooperación con el Grupo de Análisis de Fallas de Intel Costa Rica. Involucra profesores del TEC de las escuelas de Ingeniería Electrónica, Física e Ingeniería en Computación. Hasta donde se tiene conocimiento, este es el único proyecto en el campo de los robots miniaturizados en Costa Rica.

En la primera etapa del proyecto se trabaja en la implementación de un prototipo, a bajo costo, de un mini robot con locomoción autónoma y comunicación inalámbrica, capaz de realizar operaciones de micromanipulación con tres grados de libertad y resolución nanométrica. El mini robot opera en un área de 30 cm de diámetro y es controlado desde una PC.

Con el advenimiento de la nanoelectrónica, la nanotecnología y la biotecnología, se volvió necesario estudiar y manipular especímenes con dimensiones muy reducidas. Así, los mini robots pueden encontrar aplicaciones industriales y científicas, tales como:

- Operación en ambientes peligrosos para el ser humano.
- Operaciones de muy alta precisión (escala micrométrica y nanométrica).
- Micromanipulación automatizada, es decir, obtención y manipulación automática de pequeñas muestras.
- Microensamble, es decir, ensamble de sistemas muy pequeños, como los sistemas microelectromecánicos (MEMS).

Al modificar o agregar otros tipos de actuadores, *Spiderbot*, como un todo o en sus partes, podría ser utilizado en los siguientes campos:

- Nanotecnología
- Biotecnología y Microbiología
- Ciencia e Ingeniería de los Materiales
- Aplicaciones biomédicas
- Microcirugía
- Microelectrónica
- MEMS

Algunos ejemplos de tareas que podrían implementarse en proyectos posteriores a *Spiderbot* son: la manipulación celular, inyección y extracción de fluidos en células, aplicaciones de sensado químico y biológico en volúmenes muy pequeños, caracterización y manipulación de nanotubos de carbono, endoscopía para inspección industrial y cirugía no invasiva, fertilización in vitro para investigación genética, entre otras.

### **Nanotubos de carbono: síntesis, caracterización y pruebas de concepto**

Este proyecto se centra en el estudio de los métodos de síntesis de nanotubos de carbono de alta pureza, con el fin de proveer materia prima para investigación y el desarrollo de productos en conjunto con la industria costarricense.

Algunas potenciales aplicaciones comerciales son: aditivos, recubrimientos, materiales compuestos, textiles de alta tecnología (retardo de combustión, textiles hidrofóbicos y con propiedades de autolimpieza), recubrimientos de cables, plásticos y polímeros eléctricamente conductivos, polímeros térmicamente conductivos para el uso de disipadores de calor. También en el blindaje de contra interferencia electromagnética e interferencia de radio frecuencia por medio de la absorción de radiación, por sus propiedades de protección de descarga electrostática, en capas ópticas delgadas para dispositivos ópticos, electrodos transparentes para pantallas táctiles, reforzamiento de fibras para el almacenamiento de energía y gas, almacenamiento de hidrógeno, memorias electrónicas, soporte catalítico de filtración, sensores químicos y biológicos, dispositivos de emisión de campo utilizados en pantallas planas, sistemas avanzados de medicación, actuadores como los sistemas microelectromecánicos y los músculos artificiales.

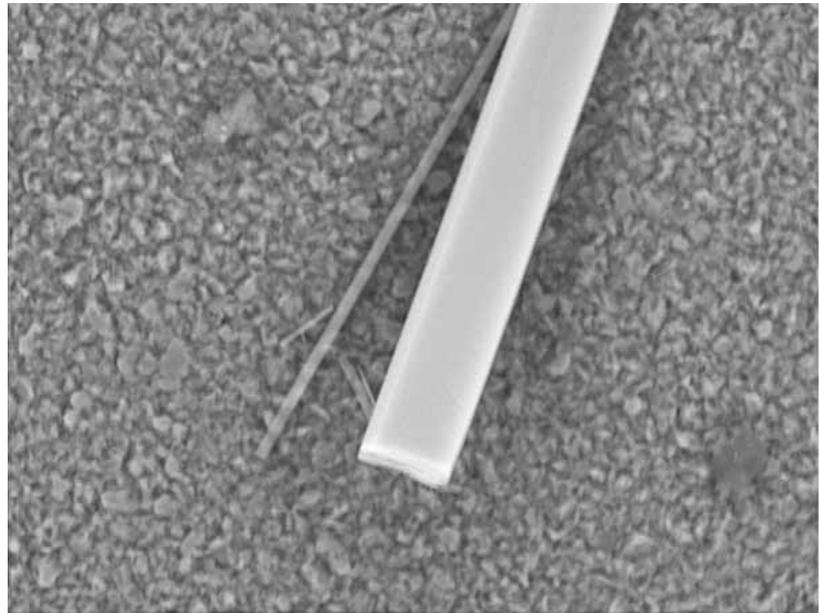
Se habla, por ejemplo, de MEMS basados en el movimiento relativo de nanotubos de carbono, así como la posibilidad de implementar un nanotermómetro electromecánico, un nanomotor jet, una nanojeringa cuyo principio se podría utilizar también en nanopuntas de prueba para moléculas biológicas individuales y en la nanodosificación de medicamentos. Asimismo, se considera el uso de nanotubos de carbono en laboratorios en chip de microfluidos que permitirían el análisis químico y bioquímico en un sistema miniaturizado.

Por otra parte, es posible utilizar nanotubos de carbono en la agricultura y la ingeniería ambiental para la remoción de contaminantes del agua y del suelo, la dosificación de agroquímicos y fertilizantes, incremento en la productividad de los cultivos, entre otras. Esta última aplicación debe ir acompañada de estudios de impacto ambiental, los cuales se realizarían en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. La figura 1 muestra una imagen SEM de un nanotubo de carbono sintetizado por investigadores del TEC, mostrado junto a un tubo de grafito.

### **Detección y remoción de contaminantes en el agua utilizando nanotubos de carbono**

Actualmente existe la posibilidad de realizar una investigación en el tema de la detección y remoción de contaminantes en el agua utilizando nanotubos de carbono.

En Costa Rica, el 63% del agua que se consume proviene de nacientes; el 23%, de pozos, y un 10%, de quebradas. El 93,8% del agua que se utilizó en las actividades humanas fue tomada de fuentes superficiales y es usada principalmente para la generación hidroeléctrica,



CNT\_Grafit0011 2009/08/05 16:29 D2.1 x7.0k 10 um  
CNT y Grafito

*Figura 1.*

suministro de agua potable, riego, industria y recreación (GWP, 2004). Esta demanda de consumo de los diferentes sectores tiende a incrementarse, pero la disponibilidad de agua de calidad se reduce cada vez más, debido al consumo excesivo y al incremento de la contaminación de esta, lo cual pone en riesgo la salud de la población, así como el equilibrio de los ambientes naturales (GWP, 2004).

El tratamiento del agua residual y potable muchas veces implica costos muy elevados, lo cual impide que este se lleve a cabo en muchos sectores del mundo. (Watlington, 2005). Por ejemplo, la remoción de materia orgánica coloidal y material húmico del agua potable no se puede realizar por filtración, por lo que se tiene que recurrir a procesos de floculación y coagulación que implican altos costos.

En Costa Rica, el coagulante más usado es el sulfato de aluminio, el cual presenta muy buenos resultados en cuanto a la remoción de contaminantes; sin embargo, el impacto económico; sin embargo, el impacto económico es muy alto, debido a su uso. Se estima que alrededor de 3.000 toneladas de sulfato de aluminio son importadas anualmente, lo que equivale a US\$500.000 por año (costo en aduanas) durante los últimos cinco años (PROCOMER, 2005).

Por estas razones, surge la necesidad de desarrollar formas de tratamiento alternativas, innovadoras y de bajo costo para la detección y remoción de contaminantes del agua. Una de ellas es el uso de nanotubos de carbono, los cuales posibilitan no solo la implementación de la tecnología de remoción, sino también el sensado del contaminante, de forma que sean capaces de detectar un contaminante específico y ayudar a los acueductos rurales con una tecnología eficiente que garantice la calidad del agua potable a las comunidades.

Se ha demostrado que los nanotubos remueven a remover metales pesados, como el zinc (Chungsyng, 2006), iones metálicos divalentes de cadmio, cobre, níquel y plomo (Gadupudi, 2007), y dioxinas (Watlington, 2005), entre otros.

Además, la gran sensibilidad de los nanotubos de carbono facilita su uso como sensores químicos y biológicos para la detección temprana de sustancias químicas peligrosas en el agua. Esto permitiría tomar acciones de emergencia para evitar una contaminación mayor, o contrarrestarla, cuando sea posible, y para advertir a la población. De esta forma, se reducirá el impacto de esta contaminación en la salud pública y se protegerá el recurso hídrico, al tener herramientas que detecten la contaminación cuando esta se encuentra aún en pequeñas cantidades y puede ser controlada.

Dentro de las ventajas de utilizar los nanotubos de carbono en aplicaciones ambientales, como la remoción de contaminantes del agua, están:

- Pueden sintetizarse en forma de polvo o en conjuntos de nanotubos verticalmente alineados, lo cual implica un alto potencial para el escalamiento comercial del método de remoción.
- Pueden depositarse en múltiples sustratos para lograr arreglos de sensores y sustratos removedores de contaminantes, que pueden adherirse a tuberías que descarguen el agua contaminada, o a las superficies de sus contenedores, para crear prototipos de descontaminantes.
- Son altamente versátiles, dado que es posible funcionalizarlos para remover un tipo específico de contaminante.
- Posibilita la implementación de sensores de bajo costo y, potencialmente, de sensibilidad molecular, realizando la detección del contaminante por medio de un cambio en la corriente del sensor.

## Nanotecnología hecha en Costa Rica y para Costa Rica

El Programa de Investigación en Nanotecnología constituye un importante esfuerzo del Instituto Tecnológico de Costa Rica para poner la nanotecnología al alcance de nuestra industria y de todos los costarricenses, tanto por medio de su contribución directa a la industria como en la resolución de problemas nacionales para el mejoramiento de la calidad de vida de todos los habitantes.

Escuelas, investigadores y profesores de todas las disciplinas del TEC están cordialmente invitados a unirse al Programa. De igual manera, invitamos a la industria a trabajar con nosotros, hombro con hombro, para llevar la nanotecnología de los laboratorios a los productos, por medio del patrocinio del programa, su incorporación como socio estratégico y el uso de los servicios del programa, como:

- Investigación industrial contratada.
- Desarrollo, licenciamiento y certificación de productos.
- Consultoría y asesoría de aplicaciones nanotecnológicas industriales y agroindustriales.
- Capacitación y certificación técnica teórico-práctica en nanotecnología y caracterización.
- Servicios de laboratorio especializados.
- Síntesis y funcionalización de nanotubos de carbono.

## Conclusión

El Instituto Tecnológico de Costa Rica trabajará conjuntamente con universidades, entidades gubernamentales, instituciones públicas y privadas, y la sociedad en general para desarrollar el campo de la nanotecnología en el país. Por medio de este programa, el TEC no escatimará esfuerzos para colaborar con el posicionamiento de Costa Rica en el mapa mundial de la nanotecnología, cumpliendo así con su razón de ser: contribuir al desarrollo del país y al bienestar de su población por medio del desarrollo tecnológico.

## Bibliografía

GWP (Global Water Partnership, CR), 2004. Régimen del recurso hídrico. El caso de Costa Rica. San José, CR. 55 p.

Watlington, Watlington, K. 2005. *Emerging Nanotechnologies for Site Remediation and Wastewater Treatment*. North Carolina State University. 5 p.

PROCOMER, Ministerio de Hacienda. 2005. Datos de importaciones proporcionados por Oficina de Estadísticas de Aduanas.

Chungsyng, Lu; Huantsung Chiu, and Chunti Liu. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2006, 45 (8), pp 2850–2855.

Gadupudi, Purnachadra, Raoa, Chungsyng Lu y Fengsheng Su. *Separation and Purification Technology*. Volume 58, 2007, pp 224-231