

## **La Nanotecnología en Costa Rica: la experiencia en el LANOTEC**

José Roberto Vega Baudrit  
Laboratorio de Nanotecnología – LANOTEC, CENAT  
jvegab@una.ac.cr

### **Resumen**

La nanotecnología es el estudio, diseño, creación, síntesis, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a través del control de la materia a nanoescala, y la explotación de fenómenos y propiedades de la materia a esa escala.

El término "nanotecnología" es empleado para definir las ciencias y técnicas que se aplican a nivel de nanoescala ( $10^{-9}$ m), y permiten trabajar las estructuras moleculares y sus átomos, lo cual da la posibilidad de fabricar materiales y máquinas a partir del reordenamiento de átomos y moléculas.

Esta disciplina se inició en 1959, a partir de las propuestas de Richard Feynman, las cuales fueron tan significativas, que actualmente es reconocido como el padre de la nanociencia.

En Costa Rica, la nanotecnología inicialmente se realizaba en la Universidad de Costa Rica (CICIMA) y más recientemente en la Universidad Nacional (POLIUNA) y en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Sin embargo, como respuesta a la creciente necesidad de establecer un sitio común de estudio y creación de este tipo de tecnología, en el año 2004, con el apoyo de diversos sectores del país, el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MICIT), el Consejo Nacional de Rectores (CONARE), el Centro Nacional de Alta Tecnología (CENAT) y la Industria de Alta Tecnología, así como de instituciones internacionales como la NASA, el 31 de agosto de ese año, se inauguró el Laboratorio Nacional de Nanotecnología -LANOTEC.

Entre los objetivos del LANOTEC se incluye el investigar en el área de la Micro y Nanotecnología enfocado en nanoestructuras, microsensores y materiales avanzados. Asimismo, servir de centro-laboratorio para la formación en nanotecnología en colaboración con instituciones y programas académicos. Finalmente, pretende establecer alianzas estratégicas con industrias de alta tecnología (nacionales y extranjeras) para el desarrollo de servicios y productos especializados que contribuyan con el sector productivo del país.

**Palabras clave:** nanotecnología, LANOTEC, nanociencia, nanomaterial, CENAT.

### **Introducción**

Desde 1959, los descubrimientos relacionados con la nanotecnología y sus aplicaciones han aumentado de manera exponencial. Uno de los más importantes han sido los nanotubos de carbono (NTC); fueron descubiertos en Japón por Sumio Iijima en 1991; poseen excelentes propiedades mecánicas y eléctricas. Algunas de las múltiples aplicaciones (presentes y futuras) incluyen a los nanotransistores, almacenamiento de

hidrógeno, aumento de la sensibilidad de los microscopios de fuerza atómica (AFM), detección de contaminantes, materiales superresistentes y superconductores. El físico de la Universidad de Stanford en California, Hangjie Dai ha descubierto que nanotubos de carbono con una longitud de 2000 nanómetros, pueden detectar amoníaco y óxido nitroso<sup>1</sup>.

Desde el punto de vista social, más recientemente se abordan temas relacionados con la nanotecnología, el progreso de los países en vías de desarrollo, y la relación entre ambos. Algunos autores coinciden que la nanotecnología podría brindar nuevas y mejores opciones de desarrollo a estos países. Sin embargo, sin un adecuado apoyo y educación, inevitablemente la nanotecnología aumentará la brecha entre los países pobres y los ricos<sup>2</sup>. En países en vías de desarrollo, la nanotecnología podría solucionar problemas en áreas como agua, agricultura, nutrición, salud, energía y medio ambiente.

Aunados a esta disyuntiva, en América Latina, y con el patrocinio de organismos y empresas internacionales como el CYTED e INTEL, se han organizado eventos relacionados con diversas propuestas científicas que, de una u otra forma, tratan de disminuir la brecha de la nanotecnología entre países ricos y pobres. Así en abril del 2004, se organizó en Costa Rica el “PRIMER SEMINARIO CENTROAMERICANO Y DEL CARIBE SOBRE TECNOLOGÍA DE LOS MATERIALES”, gracias al Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo -CYTED. En esta ocasión, la Dra. Osmara Ortiz, coordinadora internacional del subprograma VIII y organizadora de dicho evento, en una reciente entrevista denominada “La región tiene que unirse para competir”<sup>3</sup> indicó que “Iberoamérica es un territorio muy diverso y rico en materias primas. Sin embargo, tenemos el conflicto de importar la mayor parte de los materiales y exportar productos con escaso valor agregado. Urge revertir esta realidad.....hay

---

<sup>1</sup> Chávez, W. “Nanotecnología: la revolución industrial del nuevo siglo”  
<<http://www.itcr.ac.cr/fisica/boletin/Archivos/A1N2/index.htm>> (05-01-2005)

<sup>2</sup> Noela Invernizzi ,Guillermo Foladori, Miembros de la International Nanotechnology and Society Network.  
<http://nanoandsociety.com/foia@cantera.reduaz.mx>

<sup>3</sup><http://www.edicionesespeciales.elmercurio.com/destacadas/detalle/index.asp?idnoticia=0116122004021X2020104>.

avances significativos en la región, lo que acelera bastante la creación de nuevos productos. Pero la cruda realidad es que no todo el mundo tiene los equipos para hacer los ensayos y los análisis. No hay que olvidar que la colaboración internacional abarata los costos.....de allí la importancia que tiene el hecho de que los países iberoamericanos se unan con el fin de formar una cadena, donde cada uno aporte el eslabón que más domina, como certificación, laboratorios, ensayos o profesionales de excelencia”.

La Dra. Ortiz, con el apoyo del CYTED y de la Agencia Española de Cooperación Internacional -AECI, organizó las “II JORNADAS IBEROAMERICANAS SOBRE TECNOLOGÍAS DE MATERIALES”, en noviembre de 2005, en Cartagena de Indias, Colombia. En este evento se ahondó más la temática de la nanotecnología y nanociencia, así como de materiales en general y contó con la presencia de expertos de Argentina, Colombia, Venezuela, Costa Rica, Puerto Rico, entre otros. El objetivo fundamental de las jornadas consistió en la transferencia a los asistentes no sólo de los conocimientos y experiencias reales, sino también de la información y documentación acumulada por los grupos más avanzados en el tema en la Región Iberoamericana, facilitando la interacción entre los asistentes y los profesores.

Más recientemente, durante la reunión de la RED DE MACROUNIVERSIDADES PÚBLICAS DE AMERICA LATINA Y EL CARIBE del AREA TEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN SOBRE NANOTECNOLOGÍA Y NUEVOS MATERIALES, celebrada en la ciudad de La Habana, Cuba, en abril de 2006, representantes de casi 10 países coincidieron en que el desarrollo de la nanotecnología se orienta hacia la obtención de nanomateriales con potenciales aplicaciones de impacto local o regional mediante la cooperación nacional e internacional, de tal forma que complemente y fortalezca la capacidad de investigación y la formación de recursos humanos en el área de nanotecnología y nanomateriales.

Además de obtener una propuesta denominada “Cooperación regional para el

desarrollo de nanomateriales con potenciales aplicaciones tecnológicas relevantes para la región”, se establecieron cuatro subáreas temáticas para el desarrollo de la nanotecnología y los materiales en América Latina y el Caribe, relacionadas con los nanomateriales con aplicaciones a las energías renovables y el medio ambiente, con aplicaciones en la salud y en la tecnología de la información, y finalmente en el desarrollo de nanomateriales híbridos.

A pesar de estas iniciativas, para octubre de 2006, la Asociación Costarricense de Ingeniería de Mantenimiento (ACIMA), ente adscrito al Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos, trató de organizar, dentro de su programa anual de capacitación, el seminario “Introducción a la Nanotecnología y los Nanomateriales”, con la participación de expertos cubanos en el área de los nanomateriales, sin embargo no contó con el apoyo de diversos sectores universitarios por lo que se espera organizar para el año 2007. En esta ocasión se espera además contar con la presencia de la Dra. Jeannette Benavides, exfuncionaria de la NASA y creadora de una patente en la producción de nanotubos de carbono, así como de diversos profesionales costarricenses involucrados en la nanotecnología y la nanociencia.

A inicios de mayo, y por medio de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica, se organizó la visita de un grupo de expertos científicos en el área de la nanotecnología, representantes del sector gubernamental y académico de Corea del Sur. Inicialmente visitaron las instalaciones del LANOTEC en el CENAT y posteriormente brindaron charlas acerca de su quehacer en su país, a invitados de las universidades públicas y del sector industrial costarricense. Se espera los resultados logrados en un corto plazo.

Actualmente, el LANOTEC cuenta con proyectos de vinculación empresa-universidad-gobierno, así como proyectos aprobados que integran de forma multidisciplinaria e interinstitucional a las 4 universidades estatales.

## Discusión

Costa Rica se sumó a la tendencia mundial de un acercamiento cada vez mayor entre el sector productivo - desde las corporaciones multinacionales hasta la pequeña y micro empresa -, el sector gubernamental, y el sector académico, éste como impulsor de la investigación y conocimiento. Una mayor y más profunda colaboración entre estos sectores implica un mejor y mayor desarrollo del país.

En los últimos 15 años, y con especial interés, se han instalado en el país empresas transnacionales de alta tecnología, tales como Intel, Baxter, Abbot, entre otras, en gran parte debido al alto nivel de desarrollo tecnológico que se manifiesta en el nuevo índice introducido para el año 2001 por el Reporte de Desarrollo Humano de las Naciones Unidas<sup>4</sup> donde Costa Rica aparece en el grupo de “Líderes Potenciales”. El reconocimiento de la calidad del capital humano existente y de las condiciones político – social - económicas ponen a Costa Rica en una posición ventajosa para atracción de capital en el área. Estas empresas dirigen sus esfuerzos, cada vez más, a pasar de ser empresas manufacturas a empresas que incursionen en la investigación y desarrollo para contribuir a la solución concreta de problemas específicos para la mejora continua de sus productos que respondan a las cambiantes necesidades técnicas y de mercado. En este sentido se puede aprovechar de esta dinámica que si se realiza de manera coordinada llevará a más oportunidades y creación de empleo y a encadenamientos con el resto de la economía.

Dentro de este contexto, se concretó la creación del Centro Nacional de Alta Tecnología (CENAT), el cual es un órgano interuniversitario especializado en el desarrollo de investigaciones y postgrados en áreas de alta tecnología y de proyectos de vinculación

---

<sup>4</sup> Naciones Unidas. 2001. *Human Development Report 2001, Making New Technologies Work for Human Development*.

e innovación tecnológica con el sector gubernamental y empresarial. El CENAT fue creado al amparo del Convenio de Coordinación de la Educación Superior Universitaria Estatal, en la sesión del Consejo Nacional de Rectores (CONARE), número 5-99, del 2 de marzo de 1999. Los rectores de las cuatro universidades públicas de Costa Rica: Universidad de Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Universidad Nacional y Universidad Estatal a Distancia integran dicho Consejo. El objetivo primordial del CENAT es ejecutar actividades de capacitación, de investigación y servicios en ciencia y tecnología en varias áreas estratégicas y programas que permitan proveer al país de la tecnología pertinente para un desarrollo competitivo de los diferentes sectores de la sociedad en el ámbito económico, social y ambiental. Dentro de esas áreas se incluye al Área de Ciencia e Ingeniería de los Materiales y miniaturización de sensores<sup>5</sup>.

Como se mencionó, dentro de esta área, y con el apoyo de diversos sectores del país, el MICIT<sup>6</sup>, el CONARE, el CENAT y la Industria de Alta Tecnología, así como de instituciones internacionales como la NASA, el LANOTEC inició labores de investigación el 18 de octubre del 2004.

El LANOTEC fortaleció al país, brindándole la capacidad de ser el líder tecnológico en la región centroamericana y de El Caribe, con ingeniería de punta en el estudio de materiales avanzados para la investigación, diseño y entrenamiento en tecnologías asociadas a la microtecnología, nanotecnología y ciencia de los materiales. Ha permitido ampliar el desarrollo de conocimiento y colaborar con formación de capital humano, la investigación científica en esta área y contribuye a desarrollar aplicaciones específicas para el sector productivo en diferentes tipos de industrias como la metalúrgica, la de los materiales cerámicos, la de los polímeros, para la microbiología, la medicina, la geofísica y la exploración espacial, entre otras. Estos conocimientos y futuras innovaciones en diversas aplicaciones tienen un gran potencial comercial y de desarrollo económico para el país y sus colaboradores.

---

<sup>5</sup> <http://www.conare.ac.cr/cenat/>

<sup>6</sup> Ley de Promoción del Desarrollo Científico y Tecnológico No. 7163.

Considerando lo anterior, el LANOTEC con tal de ser un ente que lidere en la región, debe poseer un norte dirigido hacia 4 sub-áreas temáticas:

- Nanomateriales con aplicaciones a las energías renovables y el medio ambiente.
- Nanomateriales con aplicaciones en la salud.
- Nanomateriales con aplicaciones en la tecnología de la información.
- Desarrollo de nanomateriales híbridos.

Asimismo fomentar la cooperación a nivel científico con universidades, instituciones u otros entes nacionales e internacionales, privados o públicos, y de forma bilateral, de tal forma que se contribuya al desarrollo de tecnologías que permitan el mejoramiento de productos y procesos en el sector industrial, y coadyuven a disminuir la brecha de la nanotecnología entre los países desarrollados y pobres.

Todo este accionar se encuentra enmarcado en la “Estrategia siglo XXI: Conocimiento e innovación hacia el 2050 en Costa Rica”, en donde además de la biotecnología, la cognotecnología y la infotecnología, se menciona a la nanotecnología y su entorno, como una de las “tecnologías convergentes de lo que será la ciencia y la tecnología de las próximas décadas”<sup>7</sup>.

El LANOTEC se creó con miras a establecer cooperaciones multilaterales, a nivel científico, con universidades, instituciones u otros entes nacionales e internacionales. Por parte del CENAT, se pretende la integración de los sectores académico, gubernamental y empresarial, con el posterior desarrollo de tecnologías que contribuyan al mejoramiento de productos y procesos amigables con el ambiente, que promociónen el sector industrial, y mejoren la calidad de vida del costarricense.

---

<sup>7</sup> Estrategia siglo XXI: Conocimiento e innovación hacia el 2050 en Costa Rica, 2006.

Los objetivos incluyen la investigación en el área de la Micro y Nanotecnología enfocado en nanoestructuras, microsensores y materiales avanzados. Además tiene como objetivo servir de centro-laboratorio para la formación en nanotecnología en colaboración con instituciones y programas académicos. Finalmente, establecer alianzas estratégicas con industrias de alta tecnología (nacionales y extranjeras) para el desarrollo de servicios y productos especializados que contribuyan con el sector productivo del país.

Su misión es la de realizar actividades de investigación, docencia y servicios tecnológicos en el área de la nanotecnología y la nanociencia y disciplinas afines para contribuir al progreso del sector empresarial, académico, gubernamental y social de Costa Rica, mediante la creación y transferencia de conocimiento científico y tecnológico y la formación de capital humano especializado.

Finalmente, su visión consiste en la de desarrollar un liderazgo y constituir un referente de desempeño profesional en el campo de la nanotecnología, microsensores y materiales avanzados, en la investigación, en la docencia y en el sector industrial costarricense.

El LANOTEC inició sus labores con financiamiento de la Fundación CR-USA y el Fondo de Incentivos del MICIT. El CENAT contribuyó con 300 m<sup>2</sup> de espacio para distribuir entre oficinas, cuartos de laboratorio y un cuarto limpio clase 100, el cual posee un equipo de producción de nanotubos de carbono (NTC) y microsensores, y un microscopio de fuerza atómica (AFM) marca Asylum Research.

El equipamiento del LANOTEC, con equipos de avanzada tecnología, como el Microscopio de Fuerza Atómica AFM es de suma importancia para el desarrollo de la nanotecnología en Costa Rica debido a las siguientes razones.

- Se refuerza al LANOTEC-CENAT, como centro de investigación y desarrollo de productos, donde convergen tanto el sector público como privado.
- Se amplía el posicionamiento regional de Costa Rica en el área de la nanotecnología.
- Se desarrollarían nuevas áreas de investigación en Costa Rica como la nanobiotecnología y se reforzarían otras como la genética, microbiología, polímeros, metalmecánica, electrónica, informática, farmacéutica, biomédica, entre otras.
- Se podrían realizar análisis y caracterización de materiales en diversas áreas y sectores como la metalmecánica, los polímeros, el sector farmacéutico y de la salud, la electrónica, entre otras, los cuáles serían complementarios a otras técnicas como la microscopía electrónica de transmisión y de barrido, difracción de rayos X, microscopía de infrarrojo, entre otras.

Asimismo, el LANOTEC cuenta con equipo básico de laboratorio para análisis químico, así como la producción de nanotubos de carbono, tales como una soldadora eléctrica, termómetros, ánodos y cátodos, entre otros. Además, se espera que con la llegada de nuevos equipos de alta tecnología, adquiridos por medio de los fondos FEES 2007 y FS 2008, el LANOTEC sea un lugar de encuentro científico más atractivo para los investigadores nacionales e internacionales.

#### La importancia del LANOTEC para Costa Rica:

La Nanotecnología tiene el potencial de incrementar la eficiencia del consumo de energía, ayudar a limpiar el ambiente, y solucionar los principales problemas de salud. Se ha dicho que es capaz de incrementar masivamente la producción manufacturera a costos significativamente más reducidos. La NSF (2001), en Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology estima, que en 10 a 15 años, el mercado mundial de productos y servicios nanotecnológicos será cercana al orden del trillón de dólares anuales.

En el área de la manufactura, se estima que los procesos y materiales nanoestructurados incrementen su impacto en el mercado en cerca de 340 mil millones. En la electrónica, la proyección es alrededor de los 300 mil millones para la industria de los semiconductores y la misma cantidad en venta global de circuitos integrados. En el campo de la transportación, los nanomateriales y dispositivos nanoelectrónicos producirán vehículos ligeros, rápidos y seguros; y a un menor costo, más durables y confiables, carreteras, puentes, autopistas, cañerías y sistemas de rieles; en donde sólo los productos aeroespaciales tienen un mercado proyectado de cerca de 70 mil millones de dólares. Y en plantas químicas, los catalizadores nanoestructurados con aplicaciones en el petróleo y en los procesos de la industria química se estima impacto anual de 100 mil millones. En la industria farmacéutica, cerca de la mitad de toda la producción puede depender de la nanotecnología, superando los 180 mil millones de dólares.<sup>8</sup>

Los productos de la nanotecnología pueden ser más pequeños, baratos, ligeros y más funcionales y requieren menos energía y menos materias primas para fabricarlos.<sup>9</sup> Por lo tanto, la nanotecnología es particularmente importante para los países en vías de desarrollo como Costa Rica, debido a que involucra poca labor, tierras o mantenimiento; es altamente productiva y barata; y sólo requiere modestas cantidades de materiales y energía.<sup>10</sup>

Considerando lo anterior, Costa Rica representada por el Centro Nacional de Alta Tecnología -CENAT, apostó por el futuro del país, creando al LANOTEC. Dentro de las áreas de interés del CENAT, se encuentran la Ciencia e Ingeniería de los Materiales, la Biotecnología, la Informática y Tecnologías de la información, los Procesos de

---

<sup>8</sup> (<http://itri.loyola.edu/nano/NSET.Societal.Implications/>)

<sup>9</sup> M.Sc. Alegría Coto, Conferencia: EN LA ERA DE LA NANOTECNOLOGÍA ¿Y NOSOTROS QUE?, 2005.

<sup>10</sup> *Innovation: applying knowledge in development*, report of the UN Millennium Project, Task force on Science, Technology and Innovation, 2005.

Manufactura, la Gestión Ambiental, y la “Realidad Sociocultural”, las cuáles de una u otra forma se relacionan con la nanotecnología.

Basándose en la organización y funcionamiento del CENAT, pueden acceder a un servicio o la utilización de equipos y servicios<sup>11</sup>:

- Las universidades públicas.
- Las industrias de alta tecnología, nacionales o extranjeras, propietarias o licenciatarias del conocimiento tecnológico necesario para la producción industrial.
- Las instancias de gobierno interesadas en la atracción de industrias de alta tecnología que canalicen inversión extranjera hacia el país y en el desarrollo de industrias nacionales de alta tecnología.
- Los centros de investigación y universidades extranjeras de renombre, interesadas en efectuar investigaciones conjuntas. Se busca la realización de tesis doctorales, sobre temas de interés para las industrias de alta tecnología.
- Los gobiernos extranjeros interesados en promover la investigación de alta tecnología mediante el aporte de recursos.
- Otros organismos interesados en el desarrollo científico y tecnológico.

En este centro se pueden desarrollar actividades como:

- Proyectos de investigación básica y aplicada
- Proyectos de innovación tecnológica
- Proyectos de transferencia tecnológica
- Asesorías técnicas o consultorías
- Actividades de capacitación
- Se podrán financiar otros proyectos a criterio del CENAT

---

<sup>11</sup> LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA PRESENTACION Y APROBACION DE PROYECTOS CONJUNTOS EN EL CENAT, 2002

Este tipo de proyectos se desarrollan bajo las siguientes modalidades.

- Proyectos gestados por iniciativa del CENAT.
- Proyectos gestados en las instituciones para cuya ejecución se utilizan facilidades proporcionadas por el CENAT.
- Proyectos que ejecutan preferiblemente al menos dos universidades para los cuales CENAT constituye un espacio para la articulación y coordinación.

Se espera que dentro de un mediano plazo los centros de las universidades públicas empleen al LANOTEC como un espacio interuniversitario y multidisciplinario para la elaboración de proyectos y actividades que generen conocimiento en el campo de la nanotecnología y las nanociencias. Todo lo anterior con miras hacia la transferencia de tecnología y prestación de servicios a los sectores productivos del país.

Dentro del sector académico universitario se incluye: - **Universidad de Costa Rica:** Centro de Investigaciones en Ciencia e Ingeniería de Materiales (CICIMA), Escuela de Química., Escuela de Física, Escuela de Ingeniería Mecánica, Escuela de Geología, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAME), Laboratorio Costarricense de Metrología (LACOMET), Centro de Investigaciones en Ciencias Atómicas, Nucleares y Moleculares (CICANUN), Escuela de Biología, Centro de Investigaciones en Biología Molecular y Celular (CIBCM), Centro de Investigación en Microscopía Electrónica (CIEMIC), Instituto de Investigaciones Farmacéuticas (INIFAR), Laboratorio de Fotónica y Tecnología Láser Aplicada (LAFTLA), Instituto de Investigaciones en Ingeniería (INII). - **Instituto Tecnológico de Costa Rica:** Escuela de Ciencias e Ingeniería de Materiales, Escuela de Química, Escuela de Biotecnología, Laboratorio de Espectrometría y Difractometría de rayos X, Laboratorio de Control No Destructivo, Laboratorio de Moldeo y de Fundición, Laboratorio de Corrosión y Protección de Materiales. - **Universidad Nacional:** Laboratorio de Polímeros

(POLIUNA), Laboratorio de Materiales Industriales (LAMI), Escuela de Química, Departamento de Física, Escuela de Biología, entre otros.

Asimismo, en el ámbito gubernamental se tiene a la Comisión Nacional de Emergencias (CNE), a la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS), al Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), y al Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), los hospitales, al Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), Aviación Civil, entre otros.

En el sector privado se puede mencionar a INTEL, Baxter, Cibertec, Tecapro, Dedicar, Xeltron, Empresas que conforman ACIPLAST: Polymer, Durman Esquivel, entre otras, Arteplast, Plasbana, Alunasa, Industrias Bending, Industrias de los adhesivos y pinturas: Kativo, Sur, Henkel, Industrias farmacéuticas, Trimpot, ALCATEL, Hewlett Packard, Abbot, al Institute for Cellular Medicine (ICM), entre otras.

Específicamente proyectos como los de INTEL de recién aprobación, y que involucran equipos multidisciplinarios e interuniversitarios, cumplen con uno de los mandatos del CENAT, hacia la conformación de equipos entre universidades que enriquezcan la investigación en las áreas emergentes. En el caso del ICM, empleando el potencial de la microscopía de fuerza atómica (AFM) del LANOTEC, ya ha permitido el estudio a nivel nanométrico de cromosomas humanos, y ha generado además de una publicación en conjunto con la Universidad Nacional, la continuación de una segunda fase.

Para lograr los objetivos de desarrollo del LANOTEC, se implementaron las “Estrategias de Desarrollo del LANOTEC 2006-2010”, el cual consiste de un documento conformado por nueve estrategias de desarrollo que se nombran a continuación:

1. Establecer alianzas estratégicas con industrias de alta tecnología, tanto nacionales como extranjeras, con el fin de tener acceso a nuevas tecnologías, lo que permitirá desarrollar el interés y apoyo de éstas empresas hacia el enorme potencial de

diversos proyectos científico–tecnológicos, posibilidades de innovación y generación de servicios por parte del LANOTEC.

2. Establecer alianzas estratégicas con empresas relacionadas con la incubación de empresas e industrias de alta tecnología.
3. Establecer alianzas estratégicas con universidades, centros de investigación y empresas afines al área de la nanotecnología, con el fin de mantener permanentemente un grupo de profesionales y expertos que puedan brindar asesorías y cursos a los diversos grupos de interés.
4. Optimizar un mecanismo adecuado que permita realizar venta de servicios a empresas e instituciones interesadas.
5. Presentar proyectos interuniversitarios, y entre universidades-empresas, ante entes financieros nacionales e internacionales, con el fin de realizar investigación científica y tecnológica de alto nivel en el área de la nanotecnología.
6. Establecer convenios universidad-LANOTEC con el fin de promover la participación de estudiantes de posgrado a nivel de licenciatura, maestría y doctorado, para que realicen parte de su investigación dentro de las instalaciones del LANOTEC.
7. Divulgar el quehacer científico en el LANOTEC hacia la comunidad científica nacional e internacional, y al público en general, mediante la implementación de cursos, seminarios, charlas y capacitaciones; así como la participación en congresos relacionados con la temática desarrollada en el LANOTEC.
8. Capacitar y promover la interacción con estudiantes de secundaria y colegios científicos y técnicos, en el ámbito nacional.

9. Establecer un acercamiento con las entidades organizadoras de las olimpiadas nacionales de física y de química.

### **Conclusiones**

El proceso de planificación estratégica que se está desarrollando en el LANOTEC ha sido impulsado por las autoridades del CENAT y del CONARE quienes, en el 2004, asumieron el compromiso de crear un espacio de investigación, discusión y concertación entre los diferentes actores de la comunidad científica nacional para promover la generación de un modelo de desarrollo local articulado con su ámbito regional.

Se espera que con la adquisición de equipos de alta tecnología, la apertura de algunos sectores universitarios reacios al quehacer del CENAT, la conformación de grupos de investigación interuniversitarios y multidisciplinarios, y la instauración del plan de desarrollo del LANOTEC, en un corto plazo el país cuente con un laboratorio funcionando en toda su capacidad, lo que realmente le permitirá a Costa Rica ser pionero en el estudio de la nanotecnología y la nanociencia en el área.

### **Bibliografía**

1. Ley de Promoción del Desarrollo Científico y Tecnológico No. 7163.
2. Chávez, W. "Nanotecnología: la revolución industrial del nuevo siglo" <http://www.itcr.ac.cr/fisica/boletin/Archivos/A1N2/index.htm> (05-01-2005).
3. Noela Invernizzi ,Guillermo Foladori, Miembros de la International Nanotechnology and Society Network. <http://nanoandsociety.com/> fola@cantera.reduaz.mx
4. <http://www.edicionesespeciales.elmercurio.com/destacadas/detalle/index.asp?idnoticia=0116122004021X2020104>.
5. Naciones Unidas. 2001. *Human Development Report 2001, Making New Technologies Work for Human Development*.
6. <http://www.conare.ac.cr/cenat>

IX Congreso Nacional de Ciencias  
**Exploraciones fuera y dentro del aula**  
24 y 25 de agosto, 2007, Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Cartago, Costa Rica

16

7. Ley de Promoción del Desarrollo Científico y Tecnológico No. 7163.
8. Estrategia siglo XXI: Conocimiento e innovación hacia el 2050 en Costa Rica, 2006.
9. <http://itri.loyola.edu/nano/NSET.Societal.Implications>
10. M.Sc. Alegría Coto, Conferencia: EN LA ERA DE LA NANOTECNOLOGÍA ¿Y NOSOTROS QUE?, 2005.
11. *Innovation: applying knowledge in development*, report of the UN Millennium Project, Task force on Science, Technology and Innovation, 2005.
12. LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA PRESENTACION Y APROBACION DE PROYECTOS CONJUNTOS EN EL CENAT, 2002.
13. León-Azofeifa, P., Vega-Baudrit, J., PLAN ESTRATEGICO DE DESARROLLO 2006-2010, LANOTEC, 2006.

16