

ARTÍCULO

POLÍTICAS NACIONALES DE DESARROLLO, DIVULGACIÓN Y FORMACIÓN DE LA NANOTECNOLOGÍA EN COSTA RICA: LA IMPORTANCIA DE LANOTEC.

José Vega-Baudrit

Políticas nacionales de desarrollo, divulgación y formación de la Nanotecnología en Costa Rica: la importancia de LANOTEC

Resumen

La serie de políticas dirigidas a la creación del *Plan Nacional de Desarrollo Sostenible de la Nanotecnología* (PNDN) en Costa Rica, se originan como una respuesta a la importancia y pertinencia que está adquiriendo esta rama del conocimiento para el desarrollo sostenible de países como el nuestro. Se ha visto que existen sus similares en Brasil, Colombia, Argentina, Venezuela y México; no es una casualidad que estos sean los países con un mayor índice de desarrollo de la nanotecnociencia. Es importante recalcar, que el desarrollo de la Nanotecnología está cobrando vital importancia no sólo a nivel económico, social, ambiental, educativo y de innovación, sino también a escala científica. El avance sostenible de un país debe estar vinculado con el desarrollo, y debe ponerse en marcha dentro de los planes para el crecimiento de las ciencias y la tecnología con miras a la innovación. No es en vano que uno de los pilares del desarrollo de Costa Rica para el año 2050 –según la Estrategia del Siglo XXI– es la Nanotecnología.

Palabras clave: Nanotecnología; nanociencias; divulgación; educación; convergencia.

National policy development, dissemination and training of Nanotechnology in Costa Rica: the importance of LANOTEC

Abstract

The series of policies aimed at the creation of the *National Plan for Sustainable Development of Nanotechnology* in Costa Rica, arise as a response to the importance and relevance that is acquiring this branch of knowledge for sustainable development of countries like ours. We have seen that there are similar ones in Brazil, Colombia, Argentina, Venezuela and Mexico; it is no coincidence that these are the countries with the highest rate nanotecnociencia development. Importantly, the development of nanotechnology is gaining importance not only in economic, social, environmental, education and innovation, but also scientific scale. Sustainable progress of a country should be linked to development and should be launched within the plans for the growth of science and technology for innovation. It is not for nothing that one of the pillars of the development of Costa Rica in 2050, according to Strategy XXI Century, is Nanotechnology.

Keywords: Nanotechnology; nanoscience; divulgation; education; convergence.

Introducción

La nanotecnología inició en 1959, a partir de las propuestas de Richard Feynman; actualmente reconocido como el padre de la Nanociencia. El término “Nanotecnología” se refiere a las ciencias y técnicas que se aplican a nivel de nanoescala (10–9m), ésta disciplina, permite la manipulación de las estructuras moleculares y sus partículas, lo cual ofrece la posibilidad de fabricar materiales y máquinas a partir del reordenamiento de átomos y moléculas. En otras palabras, la Nanotecnología es la ciencia que se encarga del 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.

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),¹ los cuales poseen excelentes propiedades mecánicas y eléctricas. Algunas de las múltiples aplicaciones (presentes y futuras) de la Nanotecnología incluyen a los nanotransistores; el almacenamiento de hidrógeno; el aumento de la sensibilidad de los microscopios de fuerza atómica (AFM); la detección de contaminantes, materiales superresistentes y superconductores. En noticias recientes, 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.²

En lo que toca al ámbito social, últimamente se empiezan a abordar temas relacionados con la Nanotecnología, y la relación que guarda con los países en vías de desarrollo. Algunos autores coinciden en que la Nanotecnología podría brindar nuevas y mejores opciones de crecimiento a esas naciones. Sin embargo, sin un adecuado apoyo y educación, inevitablemente esta tecnología aumentará la brecha que existe entre los países pobres y los ricos.³ En los países en vías de desarrollo, la Nanotecnología podría solucionar problemas en áreas como agua, agricultura, nutrición, salud, energía y medio ambiente. En América Latina con el patrocinio de organismos y empresas internacionales como el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CyTED), y la empresa Intel, se han estado organizado eventos relacionados con diversas propuestas científicas, que de una u otra forma, tratan de disminuir la brecha en los avances de nanotecnología entre países ricos y pobres, por ejemplo, en abril de 2004 gracias al CyTED y al apoyo de la Dra. Osmara Ortiz, Coordinadora Internacional del Subprograma VIII, se organizó en Costa Rica el “Primer Seminario Centroamericano y del Caribe sobre Tecnología de Materiales”.

1 Descubiertos en Japón por Sumio Iijima en 1991.

2 CHÁVEZ, Warner. Nanotecnología: la revolución industrial del nuevo siglo [en línea]. Costa Rica: Tecnológico de Costa Rica 5 de Enero de 2005. Disponible en: <<http://www.itcr.ac.cr/fisica/boletin/Archivos/A1N2/index.htm>>

3 INVERNIZZI, Noela y Foladori, Guillermo. Miembros de la International Nanotechnology and Society Network. <http://nanoandsociety.com/>, ¿La nanotecnología como solución a los problemas de los países en desarrollo?

En una colaboración para la publicación digital de *El Mercurio*, la Dra. Ortiz 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 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."⁴

En noviembre de 2005 La Dra. Ortiz, con el soporte del CyTED y de la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI), organizó las "II Jornadas Iberoamericanas Sobre Tecnologías de Materiales", en Cartagena de Indias, Colombia. En este evento se ahondó sobre la importancia de la Nanotecnología, la Nanociencia, y materiales en general; el evento contó con la presencia de expertos de Argentina, Colombia, Venezuela, Costa Rica, Puerto Rico, entre otros. El objetivo fundamental de las jornadas consistió no sólo en la transferencia de conocimientos y experiencias reales a los asistentes, sino también en otorgar 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.

Durante la reunión de la "Red de macrouiversidades públicas de América latina y del Caribe del área temática de investigación sobre nanotecnología y nuevos materiales",⁵ los representantes de casi diez 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 manera que se complemente y fortalezca la capacidad de investigación y la formación de recursos humanos en el área de Nanotecnología y nanomateriales. Como resultado de esta reunión, además de crear la propuesta: "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 del Caribe, las cuales son: los nanomateriales con aplicaciones a las energías renovables y el medio ambiente; los nanomateriales con aplicaciones en la salud; los nanomateriales con aplicaciones en la tecnología de la información; y finalmente el desarrollo de nanomateriales híbridos.

Para el 2010, se organizan tres eventos a nivel regional relacionados con la temática de la Nanotecnología; en junio, un congreso en Ecuador; ese mismo mes se llevó a cabo el Taller NanoAndes 2010 con la participación de los países de la región andina, al cual Costa Rica fue invitada para compartir su experiencia con el LANOTEC; finalmente en julio se organiza el

4 ORTIZ, Osmara. La región necesita unirse para competir [en línea]. Chile: Ediciones especiales de *El Mercurio*. [Consulta: 26 de Febrero de 2013]. Disponible en: <http://www.edicionesespeciales.elmercurio.com/destacadas/detalle/index.asp?idnoticia=0116122004021X2020094>

5 Conferencia convocada en la ciudad de La Habana, Cuba, en abril de 2006.

Simposio Latinoamericano de Polímeros (SLAP 2010), que fue un congreso a nivel iberoamericano, con participantes de gran trayectoria científica a nivel mundial en el área de los polímeros y la Nanotecnología. Esta convención además de ser el primer congreso costarricense de Nanotecnología, fue el primer evento a nivel centroamericano; en futuros congresos se espera que asista al menos un participante de cada país de Centroamérica y Panamá. Entre otros objetivos para la divulgación, se espera crear una red de cooperación centroamericana de Nanotecnología y que Guatemala asuma la segunda versión del evento para el 2012. Cabe destacar que Guatemala se ha iniciado en esta tecnología convergente mediante la implementación de una especialidad en Nanotecnología, para ello contó con expertos de Costa Rica, Puerto Rico y Colombia.

El propósito del presente artículo, además de dar a conocer la pertinencia del desarrollo sostenible de la Nanotecnología en Costa Rica; partiendo del capital científico y de equipos existentes en el país, es el de establecer algunas directrices y políticas públicas para aprovechar la situación actual de Costa Rica y hacer que nuestro país sea reconocido a nivel mundial en el campo de esta tecnología.

Situación en Costa Rica

En los últimos diez años, Costa Rica se ha venido sumando a la tendencia mundial de acercamiento entre el sector productivo –desde las corporaciones multinacionales hasta la pequeña y micro empresa–, el sector gubernamental, y el sector académico, éste último como eje impulsor de la investigación y conocimiento. Una mayor y más profunda colaboración entre estos sectores implicaría un mejor y mayor desarrollo del país.

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 cabe mencionar, queda de manifiesto en el nuevo índice introducido para el año 2001 por el Reporte de Desarrollo Humano de las Naciones Unidas,⁶ donde Costa Rica aparece en el grupo de “Líderes Potenciales”. El reconocimiento de la calidad del capital humano existente y de las condiciones políticas, sociales y económicas ponen a Costa Rica en una posición ventajosa para la atracción de capital en el área. Cabe resaltar que estas compañías transnacionales, dirigen gran parte de sus esfuerzos a cambiar de giro, es decir, de ser negocios manufactureros pasan a ser empresas que incursionan en la investigación y el desarrollo. Lo anterior con el objetivo de contribuir a la solución de problemas específicos, y auxiliar en la mejora de los productos y que éstos a su vez respondan a las cambiantes necesidades técnicas y de mercado. En este sentido, el correcto aprovechamiento de esta dinámica, si se realiza de manera coordinada, traería más oportunidades, creación de empleos y encadenamientos con el resto de la economía.

En este contexto, hace once años, se concretó la creación del Centro Nacional de Alta

⁶ Making New Technologies Work for Human Development. [En línea]. Naciones Unidas: *Human Development Report 2001*. Disponible en: <http://hdr.undp.org/en/reports/global/hdr2001/>

Tecnología (CeNAT),⁷ el cual es un órgano interuniversitario especializado en el desarrollo de investigaciones y postgrados en áreas de alta tecnología y de proyectos de vinculación e innovación tecnológica con el sector gubernamental y empresarial; integran este órgano 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. El objetivo primordial del CeNAT es ejecutar actividades de capacitación, investigación y servicios en ciencia y tecnología en áreas estratégicas –dentro de esas áreas se incluye al área de Ciencia e Ingeniería de los Materiales y miniaturización de sensores–,⁸ además de crear programas que permitan proveer al país de la tecnología necesaria para un desarrollo competitivo de los diferentes sectores de la sociedad en el ámbito económico, público y ambiental. Asimismo el 31 de agosto del 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), la Industria de Alta Tecnología y la NASA, se inauguró el Laboratorio Nacional de Nanotecnología (LANOTEC)⁹ e inició labores de investigación el 18 de octubre de ese mismo año.¹⁰ Además de la creación del LANOTEC el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MICIT) realizó la “Declaratoria de interés público de la investigación en Nanotecnología y sus aplicaciones”,¹¹ en esta declaratoria, se insta a las entidades públicas y privadas a que en la medida de sus posibilidades y dentro de la normativa jurídica vigente, contribuyan con el aporte de recursos económicos, logísticos y técnicos para la realización de investigaciones científicas en el área de nanotecnología y sus aplicaciones.

El LANOTEC fortaleció al país, brindándole la capacidad de ser el líder tecnológico en la región centroamericana y 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. Hoy día permite, ampliar el desarrollo de conocimiento, colaborar con la 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, la de polímeros, para la microbiología, medicina, geofísica, la exploración espacial, entre otras. Estos conocimientos e innovaciones en diversas aplicaciones tienen un gran potencial comercial y de desarrollo económico para el país y sus colaboradores. Ahora bien, para que LANOTEC continúe siendo líder en la región, debe poseer un norte dirigido hacia cuatro subáreas temáticas: de 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 y finalmente; el desarrollo de nanomateriales híbridos.

7 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.

8 CeNAT, Centro Nacional de Alta Tecnología [en línea]. Costa Rica. Disponible en: http://www.cenat.ac.cr/index.php?option=com_content&view=article&id=66:cenatonuestrotrabajo&catid=37:cenat&Itemid=114

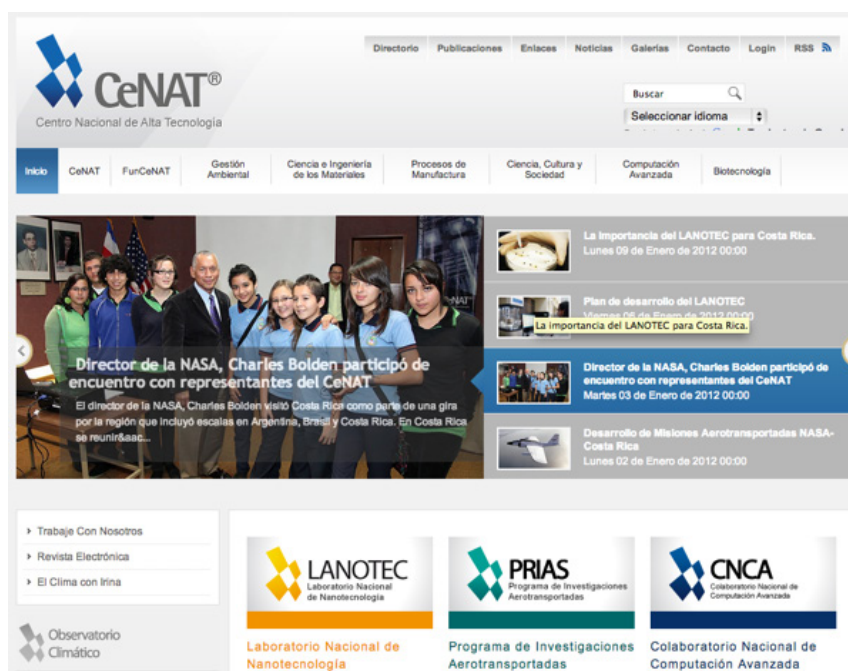
9 Adscrito al Centro Nacional de Alta Tecnología (CeNAT) del Consejo Nacional de Rectores (CONARE) en el 2004.

10 Documento institucional del Ministerio de Ciencia y Tecnología, Ley de Promoción del Desarrollo Científico y Tecnológico No. 7163, Ministerio de Ciencia y Tecnología de Costa Rica, San José, Costa Rica.

11 Decreto ejecutivo N° 36567. Declaratoria de interés público de la investigación en nanotecnología y sus aplicaciones. La Gaceta No. 93. Costa Rica, 16 de mayo 2011.

Asimismo, debe fomentar la cooperación a nivel científico con universidades, instituciones y 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, que coadyuven a disminuir la brecha de la nanotecnología entre los países desarrollados y pobres.

No es en vano que todo este accionar se encuentre 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.”¹²



Página web del Centro Nacional de Alta Tecnología

¿QUÉ ES EL LANOTEC?

EL Laboratorio Nacional de Nanotecnología se creó con miras a establecer cooperaciones multilaterales, a nivel científico, con universidades, instituciones y otros entes nacionales e internacionales. Como parte del CeNAT, el laboratorio 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 promocionen el sector industrial, y mejoren la calidad de vida del costarricense de manera sostenible.

Objetivos.

- Investigar en el área de la micro y anotecnociencia enfocado en nanoestructuras,

¹² Documento institucional de la Estrategia del Siglo XXI, Estrategia siglo XXI: Conocimiento e innovación hacia el 2050 en Costa Rica, 2006. Disponible en: <http://www.estrategia.cr/es/publicaciones>

microsensores, materiales de avanzada con potenciales aplicaciones en energía, medio ambiente, salud y las tecnologías de la información.

- Servir de centro–laboratorio para la formación en nanotecnociencia en colaboración con instituciones gubernamentales, empresas interesadas y programas académicos de educación estatal.
- 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.

Misión. Realizar actividades de investigación, docencia y servicios tecnológicos en el área de la Nanotecnología, 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.

Visión. En LANOTEC se brinda el respeto por los Derechos Humanos, en especial el derecho a la vida, la libertad y a la seguridad de todas las personas. Asimismo, hay conciencia sobre el medio ambiente y se espera que los productos y desarrollos diseñados eviten la contaminación y preserven el medio ambiente. Igualmente, se espera que en LANOTEC las cosas sucedan, creando oportunidades de negocios y desarrollos en vez de esperar a que aparezcan. También se busca que lo que se realice, genere resultados y beneficios tangibles.

La vía hacia la excelencia es lo primordial en LANOTEC, es decir, se toma el camino más óptimo con el fin de obtener los mejores resultados. Se fomenta la integración de cada equipo de trabajo, con el objetivo de alcanzar las metas establecidas con mayor eficiencia, por lo que es imprescindible mantener una actitud ética, honesta, responsable, equitativa, y proactiva hacia el trabajo, la humanidad y el medio ambiente. Con lo anterior, se espera que el LANOTEC se desarrolle como un líder de manera sostenible, y se constituya como 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.

Equipamiento del LANOTEC

El Laboratorio Nacional de Nanotecnología se fundó en agosto de 2004 con ayuda del financiamiento de la Fundación CR–USA y el Fondo de Incentivos del MICIT, pero no fue hasta el 2006 que inició sus labores. Por su parte, el CeNAT contribuyó con 300 m² de espacio para distribuirlo entre oficinas, cuartos de laboratorio y un cuarto limpio clase 100, el cual posee un equipo de producción de nanotubos de carbono (NTC), microsensores, y un microscopio de fuerza atómica (AFM) marca Asylum Research.



Síntesis sonoquímica y evaluación de actividad antimicrobiana de nanopartículas de plata y de óxido de zinc



Ricardo Alvarado*, Federico Solera, Jose Vega

Laboratorio Nacional de Nanotecnología (LANOTEC)

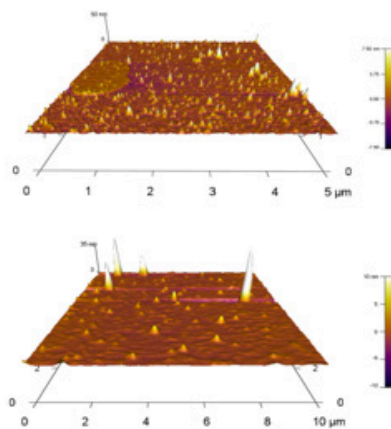
*E-mail: ricardoalvarado13@gmail.com

Introducción

Con el desarrollo de la nanotecnología toda una serie de novedosos materiales se han diseñado, muchos de los cuales han demostrado gran potencial antimicrobiano. Dentro de estos nanomateriales, las nanopartículas de plata y las de óxido de zinc poseen características promisorias, sin embargo, gran parte de las metodologías existentes para su síntesis y estabilización resultan complejas, lentas o emplean reactivos tóxicos por lo que el presente trabajo pretende desarrollar un procedimiento más rápido y ecoamigable.

Objetivos

- Sintetizar nanopartículas de plata (AgNP) y de óxido de zinc (ZnONP) estabilizadas con quitosano.
- Determinar la concentración mínima inhibitoria (MIC) y mínima bactericida (MBC) de ambas nanopartículas en dos modelos microbianos.



Divulgación del trabajo desarrollado en el LANOTEC

Con los equipos de avanzada tecnología con los que cuenta LANOTEC, el desarrollo sostenible de la Nanotecnología en Costa Rica ha logrado grandes avances, por ejemplo: se refuerza la alianza LANOTEC–CeNAT–CONARE, como centro de investigación, desarrollo y mejoramiento de productos y procesos, donde convergen tanto el sector público como privado nacional e internacional; se amplía y consolida el posicionamiento regional de Costa Rica en el área de la nanotecnociencia y afines; se desarrollan nuevas áreas de investigación en Costa Rica como la nanobiotecnología y se refuerzan otras como la genética, microbiología, polímeros, metalmecánica, electrónica, informática, farmacéutica, biomédica, entre otras. En un futuro, 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.

Después de la adquisición del microscopio de fuerza atómica y como parte de las iniciativas de reforzamiento del LANOTEC, en junio de 2006, dentro de las instalaciones del CeNAT, se organizó el curso “Uso del Microscopio de Fuerza Atómica AFM–3D” impartido por un representante de la empresa Asylum Research; participaron cuatro representantes de las universidades estatales de Costa Rica. Además, se impartió el seminario “Tools and techniques in nanoscience”, organizado por el Pan–American Advanced Studies Institutes (PASI), financiado

por el National Science Foundation and Department of Energy of the United States, éste seminario, contó con cuarenta participantes de América Latina y los Estados Unidos.

Así pues, el LANOTEC posee el siguiente equipo con un valor cercano a los dos millones de dólares: un microscopio de Fuerza Atómica, microscopio óptico que permite realizar estudios de birefringencia; un goniómetro para el estudio de ángulo de contacto y tensión superficial; calorímetro Diferencial de Barrido DSC de la marca TA instruments; analizador termogravimétrico TGA-DTGA de la marca TA instruments; un analizador espectroscópico de infrarrojo FTIR con ATR de marca Thermo (Nicolet) con un rango de 200 a 11 000 cm^{-1} ; sistema de acoplamiento del TGA-DTGA con el FTIR-ATR para el estudio cinético de degradación de materiales; además de equipos de cromatografía: HPLC, GPC, GC marca Thermo; tensiómetro para sólidos y líquidos; un analizador de contenido de agua (Karl-Fischer); anocalorímetro con titulación de la marca TA instruments; equipo básico de laboratorio. Entre los equipos que podrán ser adquiridos se encuentran: RAMAN y analizadores para realizar viscosimetría

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.

El reporte de la National Science Foundation (NSF),¹³ estima, que de entre diez a quince años, el mercado mundial de productos y servicios nanotecnológicos será cercano 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 a un menor costo; carreteras, puentes, autopistas, cañerías y sistemas de rieles más durables y confiables; sólo los productos aeroespaciales tienen un mercado proyectado de cerca de 70 mil millones de dólares. En plantas químicas, los catalizadores nanoestructurados con aplicaciones en el petróleo y en los procesos de la industria química se estima produzcan un 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.¹⁴

Los productos creados por la Nanotecnología pueden ser más pequeños, baratos, ligeros y más funcionales, además requieren menos energía y menos materias primas para fabricarlos.¹⁵ La Nanotecnología es particularmente importante para los países en vías de desarrollo como Costa

13 Reporte NSF. Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology, Marzo 2001.

14 Disponible en: <http://itri.loyola.edu/nano/NSET.Societal.Implications/>

15 COTO A. Roberto. *En la era de la nanotecnología ¿y nosotros qué?* Conferencia, 16 de marzo de 2005, CONACYT.

Rica, debido a que involucra poca labor, espacio o mantenimiento, ésta tecnología es altamente productiva y barata y sólo requiere modestas cantidades de material y energía.¹⁶ Considerando lo anterior, Costa Rica representada por el Centro Nacional de Alta Tecnología (CeNAT), apostó por el futuro del país, creando el LANOTEC.

Dentro de las áreas de interés del CeNAT, se encuentran: la Ciencia e Ingeniería de los Materiales, la Biotecnología, Informática y Tecnologías de la información, los Procesos de Manufactura, 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 las siguientes instituciones:¹⁷ universidades públicas; industrias de alta tecnología, nacionales o extranjeras, propietarias o licenciatarias del conocimiento tecnológico necesario para la producción industrial; instancias de gobierno interesadas en la atracción de industrias de alta tecnología que canalicen inversión extranjera hacia el país; centros de investigación y universidades extranjeras de renombre, interesadas en efectuar investigaciones conjuntas; gobiernos extranjeros interesados en promover la investigación de alta tecnología mediante el aporte de recursos; y otros organismos interesados en el desarrollo científico y tecnológico.

En el CeNAT 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; y se podrán financiar otros proyectos a criterio del LANOTEC–CeNAT. Este tipo de proyectos se desarrollan bajo las siguientes modalidades: Proyectos gestados por iniciativa del LANOTEC–CeNAT; los proyectos gestados en las instituciones para cuya ejecución se utilizan facilidades proporcionadas por el LANOTEC–CeNAT; y los proyectos que ejecutan preferiblemente al menos dos universidades para los cuales el LANOTEC constituye un espacio para la articulación y coordinación.

Dentro del programa de transferencia de tecnología y prestación de servicios del LANOTEC en el sector público y estatal se incluyen: por parte de la Universidad de Costa Rica, el Centro de Investigaciones en Ciencia e Ingeniería de Materiales (CICIMA), la Escuela de Química, la Escuela de Física, la Escuela de Ingeniería Mecánica, la Escuela de Geología, el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAME), el Laboratorio Costarricense de Metrología (LACOMET), el Centro de Investigaciones en Ciencias Atómicas, Nucleares y Moleculares (CICANUN), la Escuela de Biología, el Centro de Investigaciones en Biología Molecular y Celular (CIBCM), el Centro de Investigación en Microscopía Electrónica (CIEMIC), el Instituto de Investigaciones Farmacéuticas (INIFAR), el Laboratorio de Fotónica y Tecnología Láser Aplicada (LAFTLA), Instituto de Investigaciones en Ingeniería (INII). En el caso del Instituto Tecnológico de Costa Rica se incluyen: la Escuela de Ciencias e Ingeniería de Materiales, la Escuela de Química, la Escuela de Biotecnología, el Laboratorio de Espectrometría y Difractometría de rayos X, el

¹⁶ *Innovation: applying knowledge in development*. UN Millennium Project, Task force on Science, Technology and Innovation, 2005.

¹⁷ Lineamientos generales para la presentación y aprobación de proyectos conjuntos en el CeNAT, 2002.

Laboratorio de Control No Destructivo, el Laboratorio de Moldeo y de Fundición, el Laboratorio de Corrosión y Protección de Materiales. En el caso de la Universidad Nacional se incluyen: el Laboratorio de Polímeros (POLIUNA), el Laboratorio de Materiales Industriales (LAMI), la Escuela de Química, el Departamento de Física, la Escuela de Biología. Asimismo, las Escuelas de Matemática e Informática, han manifestado, a través del Programa de Nanotecnología de la UNA y en coordinación con el LANOTEC, su interés en participar en proyectos que incluyan modelado y simulación de materiales y procesos. Por último a la Comisión Nacional de Emergencias para el estudio complementario de fallos estructurales en materiales de construcción se le permite incluir: la Caja Costarricense de Seguro Social, sobretodo en el control de calidad de materiales, al Instituto Costarricense de Electricidad, específicamente al Laboratorio de corrosión y en el mantenimiento de plantas hidroeléctricas, y al Instituto Nacional de Aprendizaje. En el caso de aviación civil, en fatiga de materiales, así como al estudio de materiales utilizados en el asfaltado realizados por el MOPT. Finalmente, LANOTEC podría apoyar con su equipo en cualquier contratación pública

En el sector privado se puede mencionar a: Intel, que ha manifestado interés en la utilización del equipo para estudiar fallos en sus productos; también a Baxter, Cibertec, Tecapro, Dedic, Xeltron, además de empresas que conforman ACIPLAST, por ejemplo: Polymer, Durman Esquivel, entre otras, continuando con el sector privado, también podemos citar a: Arteplast, Plasbana, Alunasa, Industrias Bending; sin olvidar las industrias de los adhesivos y pinturas como: Kativo, Sur, Henkel y no olvidemos a las farmacéuticas tales como: Trimpot, ALCATEL, Hewlett Packard y Abbot, finalmente, se debe nombrar al INBio, así como a posibles servicios a la región centroamericana y del Caribe.

Plan de desarrollo

El plan de desarrollo abarca las siguientes directrices:

- a.** Análisis de las capacidades nacionales para el adecuado desarrollo sostenible de la Nanotecnología y la nanotecnociencia en Costa Rica.

Lo anterior a través de la innovación mediante el decreto del Laboratorio Nacional de Nanotecnología (LANOTEC), con el fin de asegurar su permanencia en función del tiempo; la realización de un estudio que indique la actual inversión de Costa Rica en nanotecnociencias, la creación de nuevas políticas universitarias que permitan el trabajo en conjunto en centros creados para tal efecto; además de impulsar programas de estudio para la obtención de personal más calificado de grado técnico y posgrado en estas áreas emergentes; la instauración de políticas nacionales para el adecuado desarrollo de la Nanotecnología en Costa Rica, tales como la eliminación de impuestos de venta a los equipos de alta tecnología; la reformulación o adecuación

de los planes de educación científica en todos los niveles académicos, con ayuda del Ministerio de Educación Pública (MEP).

Es necesario también la formulación de un plan de búsqueda y retención de talentos en todos los niveles académicos, pero enfatizando en la educación primaria costarricense, así como la creación de proyectos vinculantes entre universidades–empresa–gobierno, con fondos nacionales e internacionales; también fomentar las publicaciones en revistas indexadas nacionales e internacionales; la creación de políticas para el desarrollo de las patentes, la propiedad intelectual, los registros y marcas de nuevos productos; el desarrollo de las TIC's adecuadas al desarrollo y sostenibilidad de las nanotecnociencias; proporcionar la infraestructura y equipamiento a nivel nacional, es decir el reforzamiento del Laboratorio Nacional de Nanotecnología, que incluya la capacidad humana e intelectual; la culturización y empoderamiento del término y quehacer de las tecnologías convergentes y emergentes en general, y de la nanotecnología en particular.

Sin dejar de lado la importancia de la difusión a nivel nacional del desarrollo de estas nuevas áreas convergentes y emergentes, sus bondades y el potencial de desarrollo que implican su implementación, así como la creación de una plataforma virtual y otra real con miras a la prestación de servicios instrumental o del recurso humano, a las industrias, centros de investigación y universidades nacionales e internacionales que así lo requieran.

b. Reforzamiento de la Red Nacional de Nanotecnología (RENAN). A través de la creación y mantenimiento de una web sostenible y versátil adscrita a algún sistema que garantice su permanencia y funcionalidad a través del tiempo.

c. Evaluación de las oportunidades y los riesgos del país pertinentes al desarrollo de estas tecnologías convergentes.

d. Búsqueda de entidades externas que financian este tipo de actividades con interés nacional.

e. Diseño e implementación de un programa nacional de desarrollo sostenible de la Nanotecnología y la nanotecnociencia para los próximos veinticinco años con miras a los procesos de innovación. Dicho plan estaría conformado en las siguientes etapas: *Etapas de amalgamamiento*, que incluye la unificación y optimización de las capacidades nacionales según lo expresado en el punto a de las directrices; *Etapas para la identificación de prioridades*, que incluye la toma de decisiones en cuanto al norte y accionar de la Nanotecnología en Costa Rica y la creación de planes de divulgación y de educación en nanotecnología como el Programa Nacional de Jóvenes Talento para el Estímulo de las Vocaciones en Ciencia, Tecnología e Innovación; *Etapas de crecimiento*, que incluya la adquisición de equipos para el análisis y caracterización en nanotecnología, y la

consolidación del LANOTEC; *Etapa de consolidación del programa a nivel nacional*; y *Etapa de sostenibilidad e industrialización de la nanotecnología*, con la creación de capitales semillas que permitan la incubación de nanoempresas.

Posibles áreas de desarrollo de la nanotecnología en Costa Rica

Estimando las fortalezas del país en cuanto a capital humano, instrumental y equipo, se podrían considerar como proyecto de desarrollo de una Nanotecnología sostenible las siguientes temáticas: Nanomedicina y nanofarmacia; Nanobiotecnología; Nano-microelectrónica; Nanotecnología y medio ambiente.; el empleo de desechos agroindustriales y marinos para la obtención de nuevos materiales o su mejoramiento; nano y microsensores; Biorefinería; Nanocompuestos; Nanocatalizadores; la energía y fuentes alternativas de energía; Nanotecnociencias y educación; y los aspectos éticos y sociales de la nanotecnología y su desarrollo en Costa Rica.

Es importante remarcar la necesidad de realizar consultas a nivel nacional con los actores adecuados, a fin de establecer realmente los nichos de mercado en los cuales Costa Rica podría ser exitosa con el desarrollo y venta de productos nanotecnológicos de alto impacto en el mercado mundial. Estas consultas deben incluir la realización de talleres, encuestas y encuentros que vinculen a universidades, gobierno y empresas. Los actores que deben participar en estas actividades no sólo deben incluir científicos de ciencias básicas y/o empresarios, se debe convocar a todo tipo de profesionales por ejemplo: abogados, médicos, farmacéuticos, ingenieros, psicólogos, sociólogos, periodistas, entre otros.

Finalmente, los resultados de esta propuesta deberían culminar en un informe que indique el camino a seguir en cuestión de desarrollo y sostenibilidad de la Nanotecnología en Costa Rica en los próximos años, y que además sea una herramienta eficaz a ser empleada por la Estrategia del Siglo XXI.

Referencias

1. CHÁVEZ, Warner. Nanotecnología: la revolución industrial del nuevo siglo [en línea]. Costa Rica: Tecnológico de Costa Rica 5 de Enero de 2005. Disponible en: <http://www.itcr.ac.cr/fisica/boletin/Archivos/A1N2/index.htm>
2. INVERNIZZI, Noela y Foladori, Guillermo. Miembros de la International Nanotechnology and Society Network. <http://nanoandsociety.com/>, ¿La nanotecnología como solución a los problemas de los países en desarrollo?

3. ORTIZ, Osmara. La región necesita unirse para competir [en línea]. Chile: Ediciones especiales de El Mercurio. [Consulta: 26 de Febrero de 2013]. Disponible en: <http://www.edicionesespeciales.elmercurio.com/destacadas/detalle/index.asp?inoticia=0116122004021X2020094>
4. Making New Technologies Work for Human Development. [En línea]. Naciones Unidas: Human Development Report 2001. Disponible en: <http://hdr.undp.org/en/reports/global/hdr2001/>
5. CeNAT, Centro Nacional de Alta Tecnología [en línea]. Costa Rica. Disponible en: http://www.cenat.ac.cr/index.php?option=com_content&view=article&id=66:cenatonuestrotrabajo&catid=37:cenat&Itemid=114
6. Documento institucional del Ministerio de Ciencia y Tecnología, Ley de Promoción del Desarrollo Científico y Tecnológico No. 7163, Ministerio de Ciencia y Tecnología de Costa Rica, San José, Costa Rica.
7. Documento institucional de la Estrategia del Siglo XXI, Estrategia siglo XXI: Conocimiento e innovación hacia el 2050 en Costa Rica, 2006.
8. COTO A. Roberto. En la era de la nanotecnología ¿y nosotros qué? Conferencia, 16 de marzo de 2005, CONACYT.
9. Innovation: applying knowledge in development. UN Millennium Project, Task force on Science, Technology and Innovation, 2005.
10. Documento del Centro Nacional de Alta Tecnología. Lineamientos generales para la presentación y aprobación de proyectos conjuntos en el CeNAT, 2002.