

El reto de la divulgación y la formación en nanociencia y nanotecnología en Perú

JUSTO ROJAS TAPIA*
CARLOS VLADIMIR LANDURO SAENZ**

No cabe duda, por lo menos para los actores de la ciencia y tecnología de los países avanzados, que con el desarrollo de la nanotecnología (NT) se avecina una verdadera revolución científico-tecnológica (Serena *et al.*, 2003). Por esta razón, la influencia de la nanotecnología en todos los aspectos de la actividad humana puede llegar a ser comparable con la influencia de la electricidad y antibióticos en el siglo XX y el internet en la era contemporánea. Si se logra realizar la esperanza, puesta por la comunidad científica internacional en las nanotecnologías en desarrollo, se dispondrá de una herramienta universal de reconstrucción del mundo material, que permite manipular realmente los ladrillos de construcción de la sustancia, es decir, los átomos, moléculas, nanopartículas o agregados (Jansen, 2004; Eberhardt, 2002). La nanotecnología, entendida como el conjunto de conocimientos, métodos y procedimientos que permiten de una manera controlada la manipulación de objetos cuyo tamaño no supera los 100 nm, por lo menos en una de sus dimensiones, es de enorme importancia casi para todos los campos de la industria. Los campos clave de aplicación de la nanotecnología son la medicina, la agricultura, el medio ambiente, la energética, los nuevos materiales, la tecnología de la información, entre otros muchos.

Las palabras con el prefijo corto, pero con gran potencial, “nano” como nanociencia (NC), nanotecnología, nanomateriales; especialidades como nanofísica, nanomedicina, nanoelectrónica, nanobiotecnología, etc. están posicionándo-

se cada vez con más fuerza en la conciencia de la gente que tiene relación con la ciencia y la tecnología en general. Desafortunadamente, debido a la carencia de políticas adecuadas en la educación y divulgación, estos términos aún no llegan a la gran masa de la sociedad, sobre todo en los países con menor desarrollo en ciencia y tecnología.

El análisis de las estrategias de organización de los trabajos en el desarrollo de NT en el mundo nos permite concluir que, a pesar de la inmensa variedad de líneas de investigación en este campo, cada país trata de seleccionar líneas de especial interés a las cuales prestar mayor atención (líneas prioritarias de investigación). Prácticamente, cada país diseña sus propias estrategias de desarrollo de la NT, que permita obtener ventajas competitivas y participación adecuada en el mercado. Por ejemplo, en Japón, uno de los países líderes en el desarrollo de la NT, han seleccionado cinco grandes campos: nanodispositivos, nanobiónica, nanomateriales, nanomedición y nano para el medio ambiente y energética.

En aquellos países donde se tomaron decisiones correctas para implementar todo un sistema y programas de desarrollo de la NT (Correia, 2008; Roco *et al.*, 2008,) ya se están teniendo los resultados esperados, lo que puede verse en el aumento casi exponencial de la cantidad de publicaciones y patentes en NT (Dang *et al.*, 2010). De acuerdo con estos datos, la variación de la cantidad de patentes registradas en los años 2000 y 2008 para algunos países: EUA de

* Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. <jrojust@unmsm.edu.pe>. Miembro de la Red NANODYF.

** Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. <clandauros@unmsm.edu.pe>. Miembro de la Red NANODYF.

405 a 3,729 (9.2 veces); China de 105 a 5,030 (48 veces); México de 0 a 88 (88 veces), Brasil de 0 a 103 (103 veces), Ucrania de 0 a 83 (83 veces).

Teniendo en cuenta la enorme influencia de la nueva tecnología en todos los aspectos de la actividad humana es necesario realizar una divulgación adecuada de la NT resaltando no sólo sus ventajas sino también sus posibles riesgos (Delgado, 2006; Ramírez, 2006; Vandermoere *et al.*, 2010).

La implementación de políticas y programas integrales dedicadas a la NT, y en general a las actividades de investigación y desarrollo (I+D), aún está en sus inicios. Perú cuenta con una población aproximada de 30 millones de habitantes y un PBI per cápita de cerca de US\$9,330. Con una inversión en ciencia y tecnología en general de aproximadamente el 0.1 % del PBI, uno de los más bajos en América Latina, las posibilidades de desarrollo de las nanotecnologías son muy limitadas (Rodríguez, 2008; Díaz *et al.*, 2008; Kay *et al.*, 2009). No existen datos acerca de la inversión del estado y sector privado en NT, pero se sabe que es insignificante. Sin embargo, teniendo en cuenta que en los últimos años ha habido un crecimiento económico apreciable, y entre los planes relativos a la ciencia y tecnología del nuevo gobierno se hace una apuesta bastante significativa, se espera que la situación existente pueda mejorar si además se logra implementar el Plan Nacional Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación para la competitividad y el Desarrollo Humano 2006-2020 (PNCTI 2008).¹

En cuanto a los trabajos previos acerca de la situación de la NT en el Perú se puede mencionar el de A. Gutarra (2007), en el cual describe con bastante amplitud los inicios de la nanotecnología en el Perú, los principales actores y grupos que la desarrollan, resaltando la importancia de la misma en el saneamiento del agua.

El presente trabajo está basado principalmente en información disponible en la red, así como en informaciones personales y comunicaciones en los distintos eventos. No pretendemos que ésta sea completa y si hay omisiones de tra-

bajos o grupos dedicados a la NT no fue por alguna razón en particular.

SITUACIÓN DE LA DIVULGACIÓN EN NANOTECNOLOGÍA

En Perú, las primeras actividades relacionados con la NC y la NT empiezan entre los años 1998 y 2000 como iniciativa de investigadores aislados o pequeños grupos de investigación, básicamente en algunas instituciones² como la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN), y la Universidad Pontificia la Católica del Perú (PUCP).

Los principales trabajos de investigación relacionados con la NC y la NT se están llevando a cabo en los siguientes laboratorios y grupos:

- Grupo de películas delgadas del Instituto de Investigación de la UNI. Las principales líneas de investigación comprenden la obtención y caracterización de recubrimientos delgados de óxidos metálicos y semiconductores para la detección de gases, desinfección del agua, filtros. El estudio de las propiedades ópticas de los materiales electrocrómicos, es otra actividad importante de este grupo. El grupo mantiene una colaboración activa con la Universidad Upsala de Suecia con la que tiene un convenio de programa de doctorado conjunto.³
- Grupo de materiales nanoestructurados de la Facultad de Ciencias de la UNI. Estudian la modificación de los materiales porosos, filtros de arcilla, biosensores y propiedades magnéticas de los materiales nanoestructurados.
- Grupo de modelado y simulación multiescala, Facultad de Mecánica y Mecatrónica de la UNI. Estudian las propiedades mecánicas de las proteínas.

¹ El plan fue propuesto por CONCYTEC -Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

² En el Perú hay cerca de 118 universidades.

³ Como resultado del convenio ya se han formado mas de 5 doctores en física y química

- Grupo de investigación en materia condensada, Instituto de investigación de Física de la UNMSM. Las líneas de trabajo son: las aleaciones nanoestructuradas (aleaciones metálicas, cuasicristales, materiales magnéticos); propiedades estructurales y electrónicas de nanopartículas metálicas; transiciones de fase en nanopartículas metálicas; nanopartículas soportadas, multicapas y ADN.
- Grupo de óptica, Instituto de investigación de Física de la UNMSM. Estudian sistemas de baja dimensionalidad con énfasis en las propiedades electrónicas del grafeno, uno de los materiales que suscita un interés especial en los últimos tiempos por sus propiedades únicas. En el laboratorio de superconductividad, adscrito al mismo Instituto de la UNMSM, se están empezando a estudiar las nanohematitas, nanomagnetita y nanoelectrodos.
- Laboratorio de química cuántica computacional y nanomateriales, de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la UNMSM. Están dedicados a la síntesis y caracterización de nanomateriales en fases sólida y líquidas. Otra de las actividades es el estudio de los bactericidas utilizando nanopartículas de cobre recubiertas con plata.
- Laboratorio de Biomateriales, de la Facultad de Química de la UNMSM. Realizan estudios tales como la liberación controlada de drogas a partir de materiales nanoparticulados; apósitos con nanopartículas de plata para tratamiento de quemaduras.
- Grupo de materiales, de la dirección de Investigación y Desarrollo del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN). Realizan investigaciones de materiales nanoestructurados de óxidos semiconductores para aplicaciones como sensores de gas y lenguas electrónicas. Otra línea de investigación es la obtención de nanomateriales compuestos nanopartícula/polímero, mediante el uso de radiación gamma.
- En la Pontificia Universidad la Católica del Perú (PUCP), en la sección química de la

Facultad de Ciencias y la Facultad de Ingeniería se realizan trabajos relacionados con la NT. En la primera estudian los materiales adsorbentes (arcillas y carbones activados) con posibles aplicaciones en tratamiento de aguas y remediación del medio ambiente; mientras que en la segunda estudian las nanopartículas metálicas electroquímica aplicada a materiales.

- En la otra universidad particular donde se hace investigación, La Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH) hay tres laboratorios involucrados con los temas de NT. En el laboratorio de moléculas individuales de reciente creación (por el momento único laboratorio de esa naturaleza en Latinoamérica), estudian distintas propiedades físicas de moléculas como el ADN. En el laboratorio de bioinformática y biología molecular los trabajos están orientados a estudiar las propiedades estructurales de las proteínas e influencia de diversos factores en su actividad enzimática. Finalmente en el laboratorio de biotecnología ambiental, los trabajos están orientados a estudiar la bio lixiviación, biorremediación de aguas y pruebas ecotoxicológicas.
- Además de las instituciones arriba mencionadas (todas ubicadas en Lima, la capital) se están gestando grupos en otros departamentos del país, como en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Trujillo, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa y la Universidad Nacional San Abad de Cusco, donde se están realizando con base en esfuerzos individuales, trabajos relacionados con la NT. En la figura 1 se muestra la distribución espacial en el mapa de los centros relacionados con la NT.

La divulgación de los resultados obtenidos en los diversos grupos se realiza mediante la publicación en revistas nacionales e internacionales. En general, como se muestra en un reciente trabajo publicado por el Vicerrectorado Académico de la UNMSM (Peña *et al.*, 2011), la cantidad de publicaciones es totalmente insatis-

FIGURA 1. Mapa de Perú con la ubicación geográfica de los centros donde se realiza alguna actividad en nanotecnología.



Fuente: Elaboración propia, con base en un mapa convencional de Perú.

factoria, lo cual no es otra cosa que el fiel reflejo de la situación de la ciencia y tecnología en general en Perú. En la tabla 1 se muestra la cantidad de publicaciones en NC y NT con participación de autores peruanos (con filiación en uno de los grupos locales) durante los últimos 9 años. El número de publicaciones se ha separado entre aquellas publicaciones que se encuentran en la

base de datos de la *Science Citation Index Expanded* de la Thomson-Reuters (el porcentaje en paréntesis indica el valor porcentual respecto del total de publicaciones) y aquellas pertenecientes a revistas nacionales (entre ellas algunas que no se encuentran en ninguna base de datos). Como se puede apreciar, las publicaciones sobre NC en los últimos 9 años sólo representan el 1.4% del total

TABLA 1. Número de publicaciones sobre nanotecnología de autores peruanos durante el periodo 2002 - 2010

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Total
En revistas ISI	3 (1.1%)	0 (0%)	4 (1.2%)	4 (1.1%)	3 (0.7%)	10 (2.1%)	7 (1.3%)	10 (1.7%)	13 (2.2%)	54 (1.4%)
En revistas nacionales	1	1	1	1	1	0	3	5	3	16

Fuente: Elaboración propia.

de publicaciones realizadas por autores con filiación en grupos locales. Cabe mencionar también que hay una ligera tendencia del crecimiento del número de publicaciones en los últimos años.

Otro indicador, que refleja de alguna manera las actividades de los grupos dedicados al desarrollo de la NT, es la cantidad de tesis de pre y posgrado. En el grupo de películas delgadas de la UNI en los últimos años fueron sustentadas aproximadamente 4 tesis de licenciatura y un número similar de tesis de maestría. En el grupo de materiales del IPEN fueron sustentadas 3 tesis de maestría. En la Facultad de Ciencias Físicas de la UNMSM se han sustentado 6 tesis de licenciatura y 3 tesis de maestría.

En los últimos años se han desarrollado en el país algunos eventos donde la NC ha sido parte de los tópicos tratados. Entre ellos podemos mencionar los siguientes eventos:

Conferencia Nacional de Jóvenes Científicos, realizado el 4 y 5 de marzo del 2010 en el Centro Cultural de la UNMSM en Lima. Este evento congregó a más de 100 participantes de diversas disciplinas (física, química, biología, matemáticas, ingeniería) presentando trabajos diversos, entre ellos resultados de investigaciones en la NC.

XII Conferencia Latinoamericana sobre las Aplicaciones de la Espectroscopía Mössbauer, realizado del 7 al 12 de noviembre del 2010 en el Centro Cultural de la UNMSM en Lima. Este evento congregó a más de 100 participantes de física provenientes de diversos países de Latinoamérica y Europa. La cantidad de trabajos presentados en relación con la NC fue representativa.

También, se ha desarrollado anualmente el Simposio Peruano de Física (en diversos departamentos del país) donde la presentación de trabajos sobre NC ha sido significativa.

Otro evento realizado con una periodicidad de 2 años es el Congreso Internacional de Metalurgia y Materiales; en sus tres últimas celebraciones el tema de NT ha estado presente, aunque en una proporción muy limitada.

Sabemos que la formación de redes temáticas en cualquier campo y en particular en NT es una forma muy efectiva de propiciar el desarrollo y facilitar la colaboración entre diferentes grupos. Acerca de las ventajas y experiencias exitosas de formación de redes en NT en la Unión Europea se puede encontrar en Correia *et al.*, 2008. En el Perú se crea la primera Red Peruana de Nanotecnología,⁴ cuyo objetivo es fomentar la colaboración entre sus miembros en la solución de los problemas principalmente de saneamiento del agua y medio ambiente. En el año 2010, a iniciativa de los investigadores del grupo de NT en la UNI y con el apoyo de la cooperación regional francesa para los países andinos se crea la red NANOANDES.⁵ Uno de sus objetivos principales es la organización de diplomados y cursos de posgrado en NT compartido con los otros grupos de la región andina. Entre las actividades de NANOANDES estuvo la de organizar, en junio del 2010, en la UNI, un taller sobre NT, con participación de invitados extranjeros.

ESTADO DE LA FORMACIÓN EN LOS TRES NIVELES DE ENSEÑANZA

De las consideraciones antes mencionadas está claro que el éxito de desarrollo de la NC y NT depende fundamentalmente de la solución del problema de formación de especialistas, es decir, la *nanoeducación*. Los especialistas de este nuevo campo deben tener una visión muy amplia y ser capaces de trabajar mancomunadamente con especialistas de otros campos, pues la NT es eminentemente multidisciplinaria como ninguna otra área. Debido a que el nivel de desarrollo de las nuevas tecnologías, incluidas las nanotecnologías, incluso hoy ya influye, y en futuro cercano va a ser el factor determinante en los alcances técnicos y científicos de cualquier Estado y su posición en la economía mundial, los países desarrollados y otros emergentes hoy en día pres-

⁴ La red peruana de nanotecnología <<http://www.nanotecnologia.com.pe/red-nano.html>> fue creada bajo el auspicio de grupos de investigación Soluciones Prácticas.

⁵ La red Nanoandes <<http://www.nanoandes.org>> cuenta con la participación activa de la Asociación Civil Francesa la Puya de Raimondi.

tan atención especial a la nanoeducación (Roco, 2001). En este sentido, el resultado óptimo puede lograrse si se plantea una solución integral del problema, es decir, la organización de la nanoeducación en todos los niveles de formación, empezando desde la primaria hasta la formación de cuadros científicos de alta calificación. Además en el problema de formación de nuevos cuadros en el campo de la NC, una componente importante en la nanoeducación, está el problema de capacitación de los que ya están trabajando en diversos campos.

Desafortunadamente, en el país hasta ahora la nanoeducación en los niveles de primaria y secundaria es inexistente. Ni el Ministerio de Educación, ni las correspondientes instancias de los gobiernos regionales (ahora se está implementando la descentralización de la educación) no incluyen en los planes de estudio temas relacionados con la NC y NT. Cabe mencionar que, por ejemplo, en el Proyecto Educativo Nacional al 2021, elaborado por el Consejo Nacional de Educación, no existe una sola mención a las palabras nanociencia y nanotecnología.

En el nivel superior o universitario la situación no es mejor. Salvo un curso electivo de nanotecnología en la Facultad de Ciencias de la UNI, en ninguna otra universidad existen formalmente cursos de formación relacionados con la nanotecnología.

CONCLUSIONES

Al desarrollo de la nanotecnología en los países de vanguardia le dedican una atención especial, conscientes de su enorme significado en el futuro cercano. Se espera que aproximadamente después del año 2015, la aplicación en masa de las nanotecnologías traerá cambios dramáticos en la economía y sociedad en general de toda la humanidad.

El desarrollo de la NC y NT en Perú se encuentra en etapa de incubación gracias al esfuerzo de pocos grupos, hasta cierto punto aislados entre sí, con una reducida cantidad de investigadores. No existen centros de excelencia con la adecuada infraestructura, y los laboratorios existentes necesitan mejorar sustancialmente su

equipamiento. Por esta razón, es un reto que se convierte en un interesante caso de articulación de diversas estrategias de distintos actores para la formación de nuevos grupos, y la consolidación de los que ya existen.

El desarrollo efectivo de la NT y NC en Perú es posible sólo si se resuelve el principal y prioritario problema en la etapa inicial de cualquier nueva dirección científicotécnica, que es la formación integral de cuadros altamente calificados y la creación de centros de excelencia con equipamiento moderno.

RECOMENDACIONES

Es importante mencionar que los datos presentados en este trabajo no necesariamente representan el universo de producción nacional en NC y NT, dado que la información requerida para ello se encuentra dispersa por el nivel bajo de desarrollo que se tiene. Por ello, una de las principales recomendaciones a los organismos competentes, en este caso el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), es que se realice un diagnóstico completo del estado del arte de la NC y NT en el país. Ello es el primer paso para conocer a los actores directos que desarrollan esta área de la ciencia y luego para delinear las políticas adecuadas en NC y NT.

BIBLIOGRAFÍA

- Correia, A. (2008). *Nanociencia y nanotecnología en España*, Editor Fundación Phantoms.
- Dang, Y. Zhang, Y. Fan, L. Chen, H. Roco M. (2010). "Trends in worldwide nanotechnology patent applications: 1991 to 2008". *Journal of Nanoparticle Research*, 12: 687-706.
- Díaz, J.J. Kuramoto J. (2008). *Innovation, R&D Investment and productivity in Latin America & Caribbean Firms. The case of Perú*. En: <www.iadb.org/res/laresnetwork/projects/pr331-proposal.pdf>.
- Delgado, G.C. (2006). *Riesgos ambientales de la nanotecnología. Nanopartículas y nanoestructuras*. En: <www.ambientico.una.ac.cr/A31.pdf#page=34>.

- Eberhardt W. (2002). "Clusters as new materials". *Surface Science*, 500; 242-270.
- Gutarra, A. (2007). *Estado de la situación de la nanotecnología en el Perú*. En: <<http://www.nanotecnologia.com.pe/docs/nanotecnologia.pdf>>.
- Jansen, P. (2004). "Nanoparticles as new materials". *Physical Review B*, 23: 345-356.
- Kay L. y Shapira P. (2009). "Nanotechnology development in Latin America". *Journal of Nanoparticle Research*, 11: 259-278.
- Peña, V. Rivera, P. Schulz, P. Tapia J. (2011). *Producción científica en San Marcos: hechos, cifras y estándares internacionales (2002 - 2010)*. CONCYTEC, Lima, Perú.
- Roco, M. C. (2001). *Journal of Nanoparticle Research*, 2001, vol. 3, núm. 5-6: 353-360.
- Ramírez Díaz, M. del C. Ramírez Solís, B. A. (2006). "La nanotecnología en su impacto social". *Internet Electrón. J. Nanocs. Moletrón*, vol. 4, núm. 3: 865-872.
- Rodríguez J. (2008). *La nanotecnología: una realidad*. En: <http://www.nanotecnologia.com.pe/download/documentos/la_nanotecnologia_una_realidad.pdf>.
- Serena, P. A. Correia, A. (2003). "Nanotecnología: el motor de la próxima revolución tecnológica". *Apuntes de Ciencia y Tecnología*, núm 9: 32-42.
- Vandermoere, F. Blanchemanche, S. Bieberstein, A. Marette, S. Roosen J. (2010). "The morality of attitudes toward nanotechnology: About God, techno-scientific progress, and interfering with nature". *J Nanoparticle Research*, 12: 373-381.