

Desarrollo de las capacidades nanotecnológicas en las Instituciones de Educación Superior en Antioquia-Colombia

Development of nanotechnological capacities in Higher Education Institutions in Antioquia-Colombia

Francisco Javier Aguirre Echavarría*

María del Socorro López Gómez**

Carlos Mario Durango Yepes***

Recibido: 25 de abril de 2020–**Aceptado:** 11 de junio de 2020–**Publicado:** 15 de septiembre de 2020

Forma de citar este artículo en APA:

Aguirre-Echavarría, F. J., López-Gómez, M del S., y Durango-Yepes. (enero-diciembre, 2020). Desarrollo de las capacidades nanotecnológicas en las Instituciones de Educación Superior en Antioquia-Colombia. *Ciencia y Academia*, (1), pp. 22-46. DOI: <https://doi.org/10.21501/2744-838X.3722>

* Magíster en Gestión de Ciencia Tecnología e Innovación, Economista. Docente Facultad Nacional de Salud Pública “Héctor Abad Gómez”, Universidad de Antioquia. Medellín-Colombia. Contacto: frajae@gmail.com

** Doctora en Comercialización y Financiación en la era del Euro, Universidad Euskal Herriko Unibertsitatea, País Vasco, Administradora de Empresas. Docente Facultad de Ciencias Económicas Universidad de Antioquia. Medellín-Colombia. Contacto: socolopezg@gmail.com

*** Magíster en Gestión Tecnológica, Ingeniero químico. Docente universitario (varias instituciones). Medellín-Colombia. Contacto: carlosdster@gmail.com

Resumen

El propósito de este artículo es explorar las capacidades nanotecnológicas en los grupos de investigación de las Instituciones de Educación Superior (IES) de Antioquia. La metodología de investigación seguida es el estudio colectivo de casos, el método de análisis utilizado fue el de análisis de contenido con la ayuda en la etapa inicial del *Atlas.ti*. Como resultado de la investigación, se evidencia una capacidad nanotecnológica regional embrionaria que avanza en una etapa temprana de asimilación, donde aún no existe explotación del conocimiento; la investigación está orientada a la comprensión de los fenómenos de la materia a nivel nano, no en función de necesidades sociales o empresariales, es decir, una capacidad exploratoria, los investigadores tienen formación doctoral y los equipos especializados son de bajo nivel.

El artículo se divide en cinco secciones, incluyendo esta introducción. La segunda sección define y clasifica las capacidades nanotecnológicas. La tercera sección describe el diseño metodológico. La cuarta sección presenta los resultados, y al final, la discusión y las conclusiones.

Palabras clave

Nanotecnología; Capacidades; Tecnología; Gestión tecnológica; Clasificación JEL: O32, M19, R58.

Abstract

The purpose of this article is to explore the nanotechnological capacities in the research groups of the Institutions of Higher Education (IHE) of Antioquia. The research methodology followed is the collective case study, and the analysis method used was the content analysis with the help in the initial stage of *Atlas.ti*. As a result of the research, an embryonic regional nanotechnological capacity is evident, and are advancing at an early stage of assimilation, where there is still no application of knowledge; the research is aimed at understanding the phenomena of matter at the nano level, not according to social or business needs, that is, an exploratory capacity, the researchers have doctoral training and the specialized teams are of low-level.

The article is divided into five sections, including this introduction. The second section defines and classifies nanotechnological capabilities. The third section describes the methodological design, the fourth section presents the results, and at the end, the discussion and conclusions.

Keywords

Nanotechnology; Capacities; Technology; Technology management; JEL classification: O32, M19, R58.

Introducción

Desde el año 1959, cuando el físico Richard Feynman, en un foro de la Sociedad Americana de Física, discutió el alcance de la manipulación y control de moléculas y átomos individuales, se ha venido cristalizando una nueva revolución tecnológica que tendrá impactos significativos en el ambiente y el comercio mundial. Se trata de la nanotecnología, referida a descubrimientos en nanoescala, es decir, en dimensiones de 1 a 100 nanómetros, en la que juega un papel fundamental la física cuántica.

La nanotecnología es considerada una tecnología de cambio radical, que incrementará la eficiencia en las industrias tradicionales y traerá nuevas aplicaciones en tecnologías emergentes, debido a las propiedades de la materia novedosas de tipo ópticas, reflexivas, de resistencia, conductividad, que pueden ser aplicadas para mejorar la eficiencia de la industria (Genet, et al., 2012). Entre las muchas industrias que se pueden beneficiar de los desarrollos en nanotecnología se destacan: materiales, electrónicos, energía, salud, seguridad, metrología, robótica y medio ambiente (Shea, 2005, p. 191).

Los estudios acerca de las nanotecnologías en América Latina se han centrado en las preocupaciones y expectativas de los grandes actores en la región, como Brasil, Argentina y México, en áreas como salud, energía y agua, de manera desigual, debido a incentivos de las políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación (CT+i), trayectorias científicas y a ciertas especificidades locales (Foladori, 2006; Invernizzi et al., 2015). El estudio realizado por Pérez y Winck (2008), se centra en los principales actores, organización de sus actividades y elementos que generan interacciones entre actores en *Colombia*, desde la perspectiva de sistemas y la teoría del Actor-Red.

Otro antecedente en el ámbito colombiano es la investigación realizada por Silva (2010), consistente en una revisión del estado actual de la nanotecnología en los tres grupos de investigación más relevantes en el país: CENM, NANOCITEC y Grupo de seguimiento de corazón vía satélite. Pero no se han evaluado jugadores más pequeños desde una perspectiva cualitativa del análisis de contenido.

El propósito de este trabajo es identificar las capacidades nanotecnológicas en los grupos de investigación de las IES en Antioquia. La identificación de estas capacidades parte del reconocimiento de la estructura organizativa de los grupos, los conocimientos adquiridos para abordar esta ciencia y tecnología de frontera, las redes de cooperación que establecen, los productos derivados de la investigación, así como la relación que estos establecen con el sector productivo de la región y su visión sobre el potencial desarrollo de esta tecnología como factor diferenciador de competitividad para Antioquia.

Capacidades de investigación nanotecnológica: definición y clasificación

Definición de capacidades nanotecnológicas

Según Bell y Pavitt (1995) y Lall (1992), las capacidades tecnológicas “implican conocimientos y habilidades para adquirir, usar, absorber, adaptar, mejorar y generar nuevas tecnologías. Partiendo de esta definición, se entiende que las capacidades tecnológicas incluyen las capacidades de innovación y las capacidades de absorción” (citados en Lugones et al., 2007, p. 11).

La innovación juega un papel determinante dentro de las capacidades tecnológicas. Lugones et al. (2007) definen las capacidades de innovación como:

Las habilidades que los agentes desarrollan para alcanzar nuevas combinaciones de los factores existentes (internos a la organización y de su entorno). A esto le sigue la idea lógica de que cuanto mayor es la variedad de estos factores dentro de un sistema dado, mayor es el alcance para nuevas combinaciones de aquellos, esto es, nuevas innovaciones y más complejas o sofisticadas. Esto implica que las firmas tienen que aprender, monitorear los avances de otros actores en el mercado, y buscar nuevas ideas, insumos y recursos de inspiración (p. 11).

En otros términos, la innovación como capacidad depende de la acumulación de conocimientos científicos, tecnológicos y técnicos que conduzcan, en última instancia, a nuevos productos, métodos de producción y conquista de nuevos mercados, resultado de la combinación de conocimientos previos, sumados a la experiencia obtenida en la producción y a los avances científicos. La capacidad innovadora que proponen Lugones et al. (2007), citando a Cohen & Levinthal (1990): “ha de ser la habilidad de reconocer el valor del conocimiento nuevo y externo, asimilarlo y aplicarlo con fines comerciales, es un componente crítico de las capacidades de la empresa” (p. 11).

El otro concepto que permite entender las capacidades tecnológicas es el de capacidad de absorción, término introducido por Cohen & Levinthal (1989; 1990), que hace referencia a la habilidad de la empresa para identificar, asimilar y explotar conocimiento del ambiente externo. Según los autores, la posibilidad de explotar el conocimiento externo es un componente crítico de las capacidades innovadoras. Una vez conceptualizados los términos capacidades y capacidades tecnológicas, se requiere saber qué se entiende por nanociencia y nanotecnología, para la construcción del concepto de capacidades nanotecnológicas en grupos de investigación. La nanociencia: “es el estudio de los fenómenos y la manipulación de materiales a escala nanométrica” (Mendoza-Uribe y Rodríguez-López, 2007, p. 162). La escala

nanométrica, para este caso, se define como el rango comprendido entre 1 nm y 100 nm, aunque aún no hay consenso sobre esta definición. La nanotecnología es el:

Diseño, caracterización, producción y aplicación de estructuras, componentes y sistemas creados por la manipulación controlada de tamaño y forma en la escala nanométrica (atómica, molecular y macromolecular) que produce estructuras, componentes y sistemas con al menos una característica o propiedad novedosa o superior (Bawa et al., 2005, p. 151).

A partir del marco conceptual antes expuesto se aproxima una definición de capacidades nanotecnológicas en investigación, como la habilidad de los grupos de investigación para poner en movimiento y relación recursos de infraestructura, equipos técnicos, conocimientos científicos, recursos financieros y recurso humano que permitan la obtención, aprendizaje, adaptación y difusión de nuevo conocimiento, productos y procesos en nanociencia y nanotecnología.

Clasificación de las capacidades tecnológicas

Para efectos de clasificar las capacidades tecnológicas, este trabajo utiliza el marco teórico de “exploración-explotación” de conocimiento, planteado inicialmente por March (1991), y complementado años después por Levinthal y March (1993). En él se establecen distintos procesos de aprendizaje y desarrollo tecnológico, en función del grado de novedad del conocimiento, el riesgo asumido en los procesos de innovación y la posible aplicación en los mercados de tales avances tecnológicos más o menos inmediata.

Según García & Navas (2007), la clasificación de capacidades atiende a la definición de dos criterios jerárquicamente ordenados: 1) el modelo según el cual evoluciona la tecnología en la industria, que permite distinguir entre las capacidades de explotación y exploración; 2) la etapa concreta del ciclo evolutivo en la que se encuentra la industria, que permite diferenciar, dentro de las capacidades de explotación, aquellas que son de exclusividad frente a las de no exclusividad.

El patrón evolutivo clásico justifica la definición de las capacidades tecnológicas de explotación, cuyo principal valor dependerá directamente de la explotación económica de las tecnologías en los mercados. Según Helfat & Peteraf (2003), es posible identificar distintas etapas o fases a lo largo del ciclo de vida de las capacidades. De esta forma, la explotación de los conocimientos tecnológicos valiosos se puede desarrollar en dos etapas claramente diferenciadas, según se disfruten en exclusiva o no los conocimientos en los que están basadas las innovaciones de éxito.

Las capacidades tecnológicas de exclusividad son responsables de la obtención de innovaciones de alto valor, cuyo potencial estratégico dependerá directamente de las dificultades para imitar y sustituir los conocimientos tecnológicos exclusivos en las que se basan (Zott, 2003). En cambio, el eficiente desarrollo de innovaciones incrementales, se da con la difusión de los conocimientos a lo largo de la industria, mediante la correcta dotación de capacidades de no exclusividad.

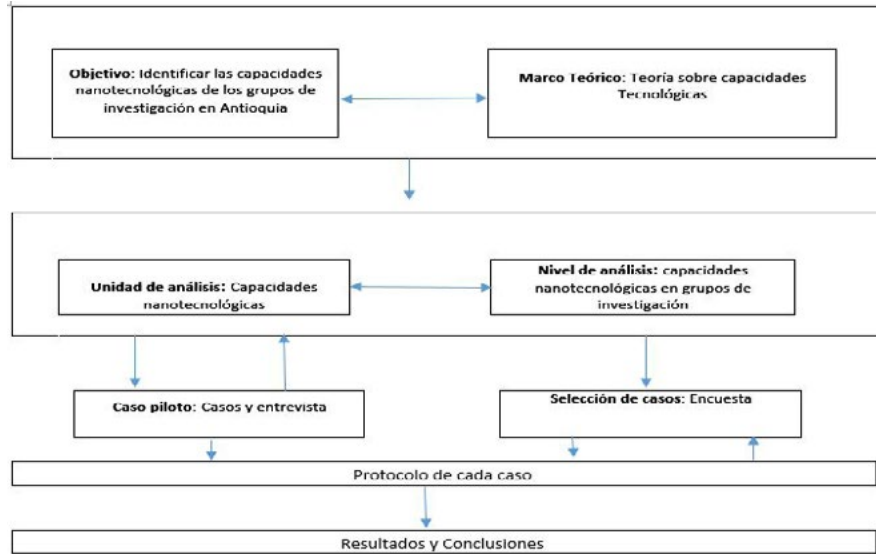
Cuando resulta complicada la identificación de etapas a lo largo del ciclo tecnológico, quedando la competencia sumida en una fase permanente de gran dinamismo, lo que se saldría del patrón evolutivo tradicional, se requiere la definición de otro tipo de capacidades tecnológicas denominadas de exploración, orientadas hacia el permanente desarrollo e incorporación de nuevos conocimientos que suponen la constante redefinición de las trayectorias tecnológicas vigentes (Miller, 2003). De manera conclusiva, el carácter estratégico de las capacidades de exploración se expresará en la facultad de la empresa para desarrollar una base de conocimientos que le permitan mantenerse a la vanguardia de la investigación y desarrollo futuros (Danneels, 2002); por tanto, esta será la posibilidad única que le queda a las empresas para mantener una posición competitiva frente a los competidores en tales condiciones.

Diseño metodológico

Teniendo en cuenta el alcance exploratorio del fenómeno a investigar, el reducido tamaño de la población y el tipo de preguntas de investigación, el enfoque metodológico que se ha seguido es un estudio colectivo de casos.

La metodología utilizada en esta investigación es presentada en dos secciones. Se introduce con el procedimiento llevado a cabo, mediante las diversas etapas seguidas en el estudio de casos; en la primera sección se presenta el tipo de investigación y las preguntas de investigación, y en la segunda sección se define la muestra de grupos de investigación de Antioquia y la ficha técnica del trabajo de campo para cumplir con el objetivo propuesto en esta investigación. A continuación, se presenta en la Figura 1 el procedimiento utilizado en el estudio de casos.

Figura 1. Etapas en el estudio de los casos: capacidades nanotecnológicas en grupos de investigación.



Tipo de investigación y preguntas de investigación

La investigación es de carácter cualitativo, exploratoria, transversal y de campo. Los elementos del protocolo de estudio de casos se relacionan en la Tabla 1.

Tabla 1. Protocolo de estudio de casos

Elemento	Descripción
Pregunta principal.	¿Qué capacidades nanotecnológicas han adquirido los grupos de investigación de las universidades antioqueñas?
Análisis.	Explorar el desarrollo de capacidades tecnológicas en nanotecnología en grupos de investigación en Antioquia.
Límites de tiempo.	2014.
Lugar.	Medellín.
Validez de constructo.	Modelo conceptual adaptado.
Validez interna.	Mediante el uso de fuente de datos múltiples (entrevista y análisis de contenido).
Preguntas de estudio de caso.	P11: ¿Cómo están organizados los grupos de investigación? P12: ¿Cuál es la formación de los integrantes de los grupos? P13: ¿Cuál es la disponibilidad de equipos, insumos e infraestructura? P14: ¿Qué proyectos desarrollan y cómo se financian? P15: ¿Cómo se vinculan los grupos con la industria? P16: ¿Con quiénes establecen relaciones de cooperación? P17: ¿Qué reconocimiento tienen los grupos sobre el contexto regional?

Definición de criterios para la muestra

Para la selección de los grupos de investigación se definieron los siguientes criterios: el grupo debía tener al menos una línea en nanotecnología y pertenecer a Instituciones de Educación Superior instaladas en el Departamento de Antioquia. Inicialmente se realizó una búsqueda en la página web Scienti (GrupLAC) de Minciencias a principios del año 2012. Los criterios de búsqueda fueron definidos por la pertenencia de los grupos a una de estas tres áreas de conocimiento: ciencias exactas y de la tierra, ingenierías, y mecatrónica. La búsqueda arrojó un total de 644 grupos de investigación, de los cuales 10 cumplían con los criterios definidos. Por otro lado, durante el proceso de recolección de información se detectaron grupos no identificados inicialmente que cumplían los requisitos. Finalmente, la población de grupos identificados sumó 16 en total, de los cuales 11 participaron en la investigación (Ver Anexo 1: Detalle de escogencia de los casos).

Para la obtención de los datos se utilizó la entrevista semiestructurada (Ver Anexo 2: Guía de preguntas), aplicada a 11 investigadores líderes de grupo o designados por éstos. El método de análisis utilizado fue el de análisis de contenido (Coffey & Atkinson, 2003), con la ayuda en la etapa inicial del *Atlas.ti*. Para el proceso de análisis inicial se procedió con un sistema de codificación libre, el cual dio un total de 26 códigos que agruparon 346 registros que, en una segunda etapa, se agruparon en 13 categorías que permiten finalmente mostrar los resultados de esta investigación.

Tabla. 2. *Ficha técnica del trabajo de campo*

Técnica de recogida de información	Entrevista semiestructurada. Encuesta.
Universo	Grupos de investigación en nanotecnología.
Ámbito geográfico/sectorial	Universidades en Antioquia.
Población de estudio	16 grupos de investigación.
Tamaño de la muestra de la encuesta	11.
Trabajo de campo	abril-noviembre 2014.
Tasa de respuesta de la encuesta	69 %.

Resultados

Los resultados mostrados a continuación dan cuenta del análisis de los datos compilados en las entrevistas realizadas a los investigadores pertenecientes a los grupos participantes en la investigación. Los aspectos aquí descritos determinan las capacidades que estos tienen para el desarrollo de la investigación en nanotecnología, que en su conjunto determinan capacidades regionales investigativas en esta

tecnología. Del análisis inicial de las entrevistas, 346 registros se clasificaron en 26 códigos libres, los que fueron agrupados en 13 categorías. Finalmente, las 13 categorías se agrupan en 3 familias de categorías:

- Grupo de aplicaciones.
- Recursos.
- Contexto.
- Entorno.

La distribución de frecuencias relativas de las categorías muestra el grado de participación de los registros en cada una de ellas; no significa, entonces, que una categoría sea de mayor importancia que otra en la formación de capacidades nanotecnológicas en investigación, tanto para los grupos participantes como para la región. En ese orden de ideas, las categorías se agrupan en tres familias. La primera: *grupo de investigación*, que contiene aquellas categorías dependientes directamente de los grupos tales como *grupo, aplicaciones, productos, ética y riesgos, formación y capacitación, y redes y cooperación*, todas ellas representan el 65,4 % de los registros; la segunda: *recursos*, cuyas categorías dependientes son *tecnología y equipos, financiamiento, inversión, propiedad intelectual*, las cuales constituyen el 17,4 % del análisis; finalmente, la tercera familia: *contexto y entorno*, que contiene categorías que se refieren a *industria, región, tendencias*, mismas que participan con el 17,4 % del total del análisis. La distribución que presentan las categorías y la agregación realizada en 3 familias responde a los fines de la investigación.

El análisis de contenido de las entrevistas permitió la identificación de capacidades investigativas en nanotecnología en los grupos partícipes a partir de su organización; la formación de sus integrantes; la disponibilidad de equipos, insumos e infraestructura; así como la sostenibilidad financiera y los proyectos que formulan, de igual forma, el vínculo con la industria, el establecimiento de relaciones de cooperación y el reconocimiento del contexto regional y de las tendencias en nanotecnología. A continuación se describen las categorías de análisis, cada una de ellas con hallazgos y características particulares que identifican capacidades investigativas en nanotecnología.

Resultados referidos a la familia grupo de investigación

En esta sección se presentan los resultados sobre las aplicaciones, ética y riesgos, formación y capacitación, grupo, productos, redes y cooperación.

Aplicaciones

Las aplicaciones nanotecnológicas identificadas por los investigadores incluyen productos y procesos con aplicación a la salud, la industria o el medio ambiente. Algunas de estas aplicaciones ya se encuentran en el mercado, mientras que otras están en proceso de desarrollo. Por otro lado, las 58 aplicaciones descritas son globales, por lo tanto, no significa que sean desarrollos de los grupos en particular; sin embargo, sí están en relación con la investigación que desarrollan y con los usos a los que pueden destinarse los productos de investigación que se obtienen. El listado encontrado de los usos que pueden darse a los productos de investigación en nanotecnología son: aerogels, anticorrosivos, asepsia en hospitales, biocombustibles, biocompatibilidad, bio hidrosulfuración, celdas solares, resistencia de cementos, cerámica de alta resistencia, compuertas ópticas con mezclas magnéticas, computador cuántico, corrosión y electroquímica, cosmetología, criptografía, empaques de alimentos, farmacéutica, fibra óptica, fibras textiles, fricción y lubricación, heterocompatibilidad, heteroestructuras, instrumental quirúrgico, manejo de fluidos, materiales híbridos, microcápsulas, microrobótica, moléculas frías aplicadas a métodos de manejo de información, nanoarte, nanofotografía, nanolitografía, nanomáquinas, nanorobótica, nanotransportadores de medicamentos, nanotubos de carbono en materiales para bioenergía, polímeros, propiedades de transporte de los materiales, propiedades ópticas de los materiales, protección bacteriana, recubrimiento de superficies para mantener apariencia y conductividad, recubrimientos duros, resistencia mecánica de materiales, robots, semiconductores, sensores biomédicos, sensores de infrarrojo, síntesis y caracterización de nanotubos en materiales, telecomunicaciones, tribología de superficies, tecnología de alimentos, encapsulado de medicamentos, estructuras cristalinas, introducción de nitrógeno en aceros inoxidable, neutralización de radicales libres con oro en prevención del cáncer, partículas magnéticas en óptica para cirugía láser, semiconductores diluidos con bajo consumo de energía y mayor velocidad de almacenamiento, tratamiento del cáncer.

Las áreas de aplicación identificadas en relación con procesos y productos son: medicina, cosmetología, farmacéutica, industria textil, industria cementera, industria de alimentos, industria metalmeccánica, industria energética, industria electrónica, industria química, telecomunicaciones y medio ambiente. Este trabajo no mide

la intensidad de investigación o grado de desarrollo de las áreas de aplicación en los grupos de investigación, lo que se convierte en tema para futuras investigaciones que permitan ahondar en las capacidades nanotecnológicas regionales.

Ética y riesgo

Esta categoría involucra dos conceptos relacionados: la ética referida a considerar las consecuencias sociales y ambientales derivadas de su consumo, y el riesgo asociado a la toxicidad que puede darse por manipulación directa de nanopartículas o por el consumo de productos derivados de esta tecnología y, con ello, el incremento de la probabilidad de contraer enfermedades como el cáncer y de tipo respiratorias; no obstante los avances en estudios de toxicidad, aún faltan análisis que detallen con mayor precisión el ciclo de vida de los nanomateriales (De Cózar-Escalante, 2011). Por otro lado, los investigadores del proyecto aducen la existencia de protocolos para el manejo de sustancias y equipos en los laboratorios, tal como se evidencia en el siguiente testimonio:

Si una persona quiere trabajar en un laboratorio aquí, (existen) unos protocolos extremadamente rígidos; se necesitan unas condiciones de trabajo extremadamente rígidas, se está trabajando con equipos muy costosos. Entonces, (...) se (trabaja) con cosas donde los experimentos duran mucho tiempo, por lo tanto, hay protocolos de cómo se abordan los procesos (P2, 2:34).

Formación y capacitación

La formación de los investigadores integrantes de los grupos de investigación es lo que permite incursionar en la nanotecnología. Los 11 grupos que participaron en la investigación reportan un recurso humano de 53 investigadores con formación doctoral y 1 investigador con formación de maestría realizando estudios de doctorado; la formación de los investigadores es en física, química e ingeniería. El trabajo de investigación en la escala nano que realizan es producto de su experiencia investigativa y de la curiosidad científica por estos temas, ninguno de ellos tiene una formación específica en nanotecnología. En cuanto a la especificidad de conocimientos necesarios para el desarrollo de investigación en nano, la mayoría de los investigadores coincidieron en que, para abordar el tema en nanociencia o nanotecnología, se requieren fundamentos de mecánica cuántica, mecánica clásica, electrodinámica, electromagnetismo, entre otros. Asimismo, para la investigación experimental se requieren conocimientos sobre espectroscopia de alto vacío, personas que tengan conocimientos de crecimiento de cristales, de crecimiento de materiales, de películas.

La formación para investigar y desarrollar productos requiere de un alto nivel para el desarrollo de capacidades. Sin embargo, los conocimientos en esta tecnología pueden clasificarse en dos perspectivas: la primera en el nivel de aplicación, donde los conocimientos necesarios son técnicos y tecnológicos de aplicación en resultados de investigación plenamente conocidos; la segunda es la generación de conocimiento sobre la nanotecnología, para la cual se requieren estudios de maestría y doctorado en ciencia básica e ingeniería.

Grupo

La forma de organización de los 11 grupos participantes es determinante para la sostenibilidad de las capacidades adquiridas y la generación de otras nuevas. Todos los grupos, sin excepción, tienen definida una estructura administrativa y de gestión de recursos, tarea que es asignada al líder de grupo. También disponen del componente estratégico compuesto de misión, visión y objetivos que orienta el quehacer del grupo, así como las líneas de investigación donde se materializan los intereses de los investigadores en relación con las temáticas que desarrollan. De igual forma, no se establecen relaciones jerárquicas entre los profesores integrantes del grupo, el liderazgo del grupo es rotativo, las asignaciones de actividades están definidas por los proyectos aprobados y en ejecución, es decir, el investigador o investigadores que participan en una investigación son responsables tanto de su ejecución, del manejo de la asignación presupuestal, como del desarrollo de productos de investigación con los resultados obtenidos.

Los grupos están conformados, en promedio, por 5 investigadores con formación doctoral, 4 estudiantes de doctorado y 3 de pregrado. Los 11 grupos se encuentran distribuidos en 4 universidades de la región y el trabajo de investigación se articula en 20 líneas.

Aunque la interacción entre los integrantes del grupo permite el desarrollo de la capacidad organizativa para la generación del nuevo conocimiento en nanotecnología, no ocurre así en la interacción entre grupos, ya sea a nivel institucional o interinstitucional en la región, por lo tanto, no se visibiliza trabajo cooperado entre líneas que hacen investigación aplicada y los que la realizan teórica. Esto también evidencia que no se da interdisciplinariedad entre los grupos de investigación.

Al mismo tiempo, el recurso humano formado a nivel doctoral no se retiene, los estudiantes luego de concluir sus estudios regresan al exterior debido a que la región o el país no ofrece oportunidades para realizar actividades científicas en esta área o en otras de las ciencias naturales y de ingeniería en las que se formaron, con la consecuente pérdida de inversión social en capital humano.

Productos

La producción de los grupos es de tres tipos: publicación de artículos, patentes y desarrollo tecnológico con empresas. Los artículos tienen dos fuentes: trabajos realizados por los investigadores y tesis doctorales. Por otro lado están las patentes de productos resultado de las investigaciones, 4 de los grupos tienen productos patentados, de los cuales se nombran 3: cámara dúplex, reactor de microondas, microcápsulas de carbonato de calcio, y un producto en proceso de ser patentado; un quinto grupo indica que tiene 4 productos en proceso de ser patentados. Asimismo, se dice tener acuerdo de explotación de la cámara dúplex con una empresa del sector privado.

En cuanto a desarrollo tecnológico, 3 de los 11 grupos participantes tienen proyectos de desarrollo con empresas, productos que por su naturaleza no son publicables; además, el problema de copia de patentes en China hace que se prefieran mantener como secreto industrial. La capacidad de los grupos para aportar al desarrollo tecnológico es manifiesta en la obtención de películas delgadas, nanotubos de carbón, nanocelulosa, esmaltes y colorantes, modificadores de comportamiento óptico, aumento de resistencia al aluminio con nanotubos de carbón, incremento de resistencia al cemento.

Redes y cooperación

El trabajo de cooperación y red de los grupos de investigación participantes a nivel local, regional y nacional no es trascendente, esto debido a que la interacción es muy baja o inclusive nula, no hay un trabajo colaborativo entre ellos, no se conocen y poco saben acerca de lo que hace cada grupo. Como se indicó anteriormente, hay desarrollo de capacidades tecnológicas particulares en ellos, pero no hay integración de los grupos para trabajo cooperado, financiación o inversión. Hay varias razones: en primer lugar, las múltiples actividades que tiene el investigador; en segundo lugar, la creencia de que los problemas de los otros grupos, dentro de una misma institución, no son problemas de conjunto sino particulares, por lo que cada grupo debe resolver de forma individual las dificultades que se presentan –desde la perspectiva de que no es suficiente el tiempo para resolver los problemas propios y menos para resolver los problemas de los demás–; en tercer lugar, dificultades en relación con aspectos de la persona, es decir, el investigador es quien restringe el acceso a laboratorios o equipos que consideran muy costosos y que están bajo su responsabilidad.

Todos los grupos que participaron en esta investigación tienen relaciones de cooperación con universidades en el resto del mundo, uno de estos grupos pertenece a la red internacional NANODYF. Las universidades con las que interaccionan los grupos son: Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad de Barcelona, Universidad Federal de Rio de Janeiro, Universidad de Alicante; aunque no se mencionan explícitamente, también señalan que tienen relaciones de cooperación con universidades cubanas, alemanas, brasileñas, argentinas, mexicanas, norteamericanas, francesas, españolas, finlandesas, suecas, italianas e inglesas.

Resultados referidos a la familia recursos

En esta sección se presentan los resultados sobre las tecnologías y equipos, el financiamiento, la inversión, la propiedad intelectual.

Tecnología y equipos

Uno de los aspectos que permite el desarrollo de la investigación en nanotecnología consiste en la dotación de equipos, instrumentos y sistemas de medición; los equipos relacionados por los investigadores son aquellos con los que cuentan en sus laboratorios, algunos de ellos de uso cotidiano en investigaciones en física y química. Consideran los investigadores que la dotación con la que cuentan de equipos es buena, no obstante hacen falta equipos robustos para avanzar en la investigación, por ejemplo, el microscopio electrónico de transmisión, cuya ausencia lleva a algunos retrasos en las investigaciones, en espera de obtener el análisis de muestras. Ninguna de las instituciones de la ciudad cuenta con lo que denominan equipos robustos.

A continuación se listan los equipos y sistemas con los que cuentan los investigadores de forma general, no se indican por institución al considerar que la investigación pretende la identificación de una capacidades regionales y no institucionales: equipo de rayos X, sistema para medición de propiedades físicas PPMS, equipo para cuantificar la cantidad de átomos de hierro y su interacción con otros átomos cercanos, equipo de espectrometría, reactores de microondas, reactores de plasma, secuenciador de ADN, equipos de detección de ondas de luz, microscopio óptico, equipo para medir ángulo de contacto, equipo para medir tamaño de partículas, equipo para preparación de emulsiones a alta presión, espectrómetro, cámara para plasma, microscopio electrónico de barrido, equipo de dispersión de luz dinámica, microscopio de barrido electrónico de baja resolución, microscopio de fuerza atómica AFM, equipo de difracción de rayos X, equipo para análisis térmico, infrarrojo con transformada de Fourier, equipo de absorción atómica, equipo de análisis químico, equipo de fluorescencia de rayos X, equipo para medir propiedades mecánicas,

equipo para tribología, equipo para medir propiedades electromagnéticas desde 5° kelvin hasta 300° kelvin, tecnología para hacer cualquier tipo de películas, técnica electrospinning, técnicas de caracterización de materiales.

Financiamiento

La sostenibilidad y el acceso a recursos de financiamiento para la investigación son un factor determinante para la permanencia de los grupos y el desarrollo y profundización de las líneas de investigación alrededor de las temáticas que los articula. La capacidad de financiamiento de los grupos radica en la identificación de las fuentes de recursos y de las estrategias para acceder a ellos. En este sentido, la forma como se financian los grupos es similar, lo hacen mediante la participación en convocatorias externas de entidades del ámbito local, nacional o internacional que cofinancian proyectos; también mediante convenios con empresas para desarrollar proyectos conjuntos de investigación y entidades públicas como Minciencias, ministerios, o corporaciones regionales o locales. En las universidades públicas los grupos institucionales tienen, adicionalmente, acceso a financiación para la sostenibilidad, allí todos los grupos de investigación institucionales compiten por la misma bolsa de recursos financieros; el resto de fuentes deriva de la financiación de proyectos de investigación presentados en las convocatorias internas, donde también compiten todos los grupos por los mismos fondos. Una de las particularidades que muestra la investigación es la forma como los grupos de las universidades públicas asignan los recursos de sostenibilidad, destacando los recursos utilizados para financiar estudiantes de doctorado.

Inversión

En cuanto a la inversión realizada en equipos para el desarrollo de la investigación en nanotecnología, esta ha sido a través del desarrollo de proyectos con recursos de las universidades y, en algunas ocasiones, resultado de la participación en convocatorias de Minciencias. Por otro lado, para el avance en el desarrollo de la nanotecnología son necesarias altas inversiones en investigación aplicada que derive en desarrollos tecnológicos.

En la actualidad los investigadores demandan inversiones con cierto grado de urgencia, tales como: la disposición de un cuarto limpio de 100 partículas por metro cúbico de área, el cual puede costar hasta 400 millones de dólares, se tiene la expectativa de que este sea adquirido por una empresa del sector público de la región; la obtención de un microscopio electrónico de transmisión TEM, cuyo costo puede estar alrededor de 1 millón de dólares; y adicionalmente, cada grupo considera que requiere algunos otros equipos no especificados por un valor promedio

de 300 mil dólares. En ese sentido, los investigadores manifiestan una expectativa de inversiones a realizarse por parte de empresas públicas y privadas, que mejoren la capacidad instalada en equipos para superar los resultados de la investigación aplicada en nanotecnología en la región en campos como energía y materiales.

Propiedad intelectual

La protección de la propiedad intelectual para los investigadores es un aspecto de orden ético, el respeto por los derechos de autor es estricto. En cuanto al trabajo con empresas, dicen que hay vacíos jurídicos que dificultan tanto la definición de derechos de propiedad, así como la explotación de estos. Sin embargo, el trabajo con la empresa parte del acuerdo de contratos de confidencialidad, y los proyectos que están en curso pretenden, como propuesta alternativa a las patentes, mantenerse como secreto industrial.

El registro de patentes es muy bajo, lo que se explica por la finalidad de la investigación y por las razones que a ella conducen: se investiga para aprender a partir de lo ya producido y publicado en otras partes del mundo, al menos aquello que es posible con el conocimiento, tecnología y equipos de los cuales disponen los grupos; otro aspecto que explica este comportamiento es que los investigadores consideran que es un proceso muy largo y costoso, además, que el proceso de patentar les impide o les retrasa las publicaciones. Concluyen que la tecnología avanza demasiado rápido para procesos tan lentos; asimismo, la copia de patentes por parte de países asiáticos no incentiva la realización de este proceso.

Resultados referidos a la familia contexto y entorno

En esta sección se presentan los resultados sobre industria, región y tendencias.

Industria

Esta categoría tiene relación con el vínculo universidad-empresa, trata de la pertinencia e importancia de la investigación en nanotecnología, la generación de ventajas competitivas sostenibles en las empresas instaladas del territorio de Antioquia como una posible ventaja comparativa para la región.

Acorde con lo hallado en las categorías anteriores, cuando los grupos disponen de equipos –quizá como lo expresan los investigadores, no de última generación, o también lo que ellos denominan equipos robustos–, están en capacidad con el conocimiento adquirido y la plataforma tecnológica instalada de ofrecer servicios a la industria.

El acercamiento a la industria se realiza mediante las siguientes estrategias: oferta de las dependencias de extensión de las universidades mediante portafolios de servicios de los grupos, a través de convenios en proyectos cofinanciados por la empresa, participación en las ruedas de negocios locales y regionales desde el vínculo universidad-empresa-Estado que se promueve en la región, y por último, mediante la vinculación de egresados de posgrado a las empresas.

En los esfuerzos realizados para lograr acercamientos con los diferentes sectores industriales se identifica que son pocas las industrias que participan en proyectos o demandan servicios investigativos o de desarrollo tecnológico; según algunos investigadores, a las empresas de la región no les interesa hacer desarrollo tecnológico, prefieren comprar la tecnología ofertada en el mercado. El desarrollo tecnológico en este campo no está dentro de los objetivos de las empresas locales y regionales debido a que se requiere personal calificado y de alto costo, lo que limita la capacidad de innovación y restringe la competitividad empresarial y regional en el contexto internacional. Además, el interés del investigador es lograr conocimiento científico y no resolver problemas empresariales.

Región

Esta categoría se refiere a la posición de región frente a la investigación y desarrollo de esta tecnología, teniendo en cuenta que existe una política en ciencia, tecnología e innovación, lo que orienta los esfuerzos y la vocación productiva de la región. Uno de los aspectos que contribuye con el desarrollo de capacidades en nanotecnología en la región es que algunas universidades cuentan con programas cuyos conocimientos están estrechamente relacionados con la tecnología. En ese sentido, se identificaron programas en biología, física, matemáticas, ingeniería química, bioingeniería, ingeniería física, química, ingeniería en nanotecnología y bioingeniería de procesos.

A pesar del entusiasmo de algunos investigadores sobre el tema, otros no ven tan claro el desarrollo de esta tecnología en la región, una de las razones que mencionan es que quienes direccionan los proyectos y procesos regionales en nanotecnología intentan hacer desarrollos en esta área sin el conocimiento suficiente, trabajando con el método de prueba y error.

Tendencias

Trata acerca de las percepciones que tienen los investigadores sobre el futuro de la nanotecnología. La primera de ellas, que es una tecnología que tiende a ser global, es decir, que ha de afectar nuestra forma de actuar y vivir, así como, el acceso general a sus aplicaciones y productos; otra, que al paso que se desarrolle y masifiquen sus aplicaciones, conducirá a una convergencia tecnológica; igualmente, que es esta tecnología hacia donde se debe ir como región, se considera que se debe responder a la pregunta ¿qué puede hacer la nanotecnología para aprovechar la biodiversidad que existe en el territorio?

Finalmente, los investigadores hacen una relación de aplicaciones que permitirán la emergencia de nuevas industrias y el desarrollo de nuevos productos, estas son: nanosistemas mecánicos; metamateriales; nuevos materiales con propiedades que los hacen livianos, resistentes, buenos conductores; piezas ópticas para la implantación de medicamentos en tejidos o células; producción de cuasicristales; también consideran algunos de los investigadores que las nuevas industrias serán la principal fuente de empleo.

Discusión

De esta investigación se obtienen aportes al conocimiento de las capacidades nanotecnológicas en investigación en el departamento de Antioquia. Los resultados muestran que los grupos de investigación objeto de estudio han desarrollado dos aspectos de la capacidad de absorción, según lo proponen Lugones et al. (2007); desde la perspectiva de la investigación han logrado la dimensión de identificación de la tecnología y avanzan en una etapa temprana de asimilación, mientras que aún no se incursiona en la tercera dimensión: la explotación del conocimiento, debido a que lo aprendido aún no es transferible al sector productivo. Sin embargo, tomando el concepto más amplio de capacidades tecnológicas de éstos mismos autores, los grupos han logrado la capacidad de absorber y adaptar la nanotecnología desarrollada en otras latitudes para estudiarlas con las tecnologías instaladas en sus laboratorios, gracias al recurso humano con formación de alto nivel; sin embargo, la capacidad de adquirir es restringida por la limitación que impone el financiamiento de proyectos, o por las decisiones institucionales de inversión. No obstante, algunos grupos logran mejorar la tecnología, como son la de óptica para las telecomunicaciones, la celulosa, la cámara dúplex y el reactor de microondas.

La forma de organización de los grupos con relaciones horizontales entre sus integrantes y un liderazgo rotativo establece una capacidad organizativa que, según Winter (2000), permite al grupo de investigación la obtención de capacidades y

recursos para la ejecución de proyectos, y como caso especial en la universidades públicas, recursos de sostenibilidad; así mismo, permite el flujo de estudiantes de maestría y doctorado mediante convenios para pasantías en universidades en el exterior, así como la movilidad de los investigadores integrantes de los grupos.

Sin embargo, hay posiciones encontradas entre los investigadores entrevistados: la primera es el apoyo institucional a este tipo de investigación, los investigadores teóricos consideran que la universidad, a pesar de las limitaciones, les ha brindado todas las posibilidades; la segunda indica que no ocurre así para los que hacen investigación aplicada, pues consideran que la financiación para el desarrollo de sus proyectos es muy limitada. También hay diferencias frente a lo que se hace: para algunos grupos, la investigación que se hace es muy de papel, para otros, se aprende y se logra aportar nuevo conocimiento; sin embargo, todos coinciden en que es una tecnología que marca la tendencia del desarrollo tecnológico y es el área de investigación donde más apoyo se puede obtener.

A pesar de las posiciones encontradas, la capacidad de absorción con la que cuentan los grupos ha permitido no solo la identificación de los avances de la nanotecnología, sino también sus aplicaciones, logrando el desarrollo de técnicas, tecnologías, sistemas de medición que pueden ser transferidos a sectores productivos, dimensión que apenas empieza a darse con el acercamiento empresa-universidad promovido por el gobierno local a través del comité universidad-empresa-Estado, e instituciones de apoyo y promoción, así como toda la política en ciencia, tecnología e innovación.

En cuanto a la ética y riesgos de la nanotecnología, se tiene conciencia de aquellos que implica la manipulación de la materia a escala nano, y de las implicaciones de su uso en la fabricación de armas de destrucción masiva, o en la manipulación genética de la especie humana, aunque no se conoce con exactitud la magnitud del riesgo y los impactos que estos pueden causar, tanto en la salud como en el medio ambiente.

Conclusiones

Los 11 grupos de investigación que participaron en la investigación han desarrollado capacidades cognitivas para investigar en nanotecnología, los investigadores integrantes de los grupos tienen formación doctoral.

La capacidad de adaptación de equipos y tecnologías con las que los grupos trabajan en otras áreas de conocimiento han sido acondicionadas para la investigación en esta nueva área, adquiriendo equipos especializados de bajo nivel.

La estrategia organizativa de los grupos permite la gestión de recursos económicos y financieros, así como el flujo de relaciones de orden internacional.

Los productos y servicios que ofrecen los grupos, resultado de sus investigaciones, muestran su capacidad para hacer transferencia de conocimientos a los sectores productivos, aunque ella está en etapa de germinación.

Los grupos han desarrollado capacidades particulares para realizar de manera limitada investigación en nanotecnología.

En cuanto a capacidad regional, no puede considerarse desarrollada debido a que no existe interacción y cooperación entre los grupos, no se conocen entre sí y no saben, inclusive dentro de la misma institución, qué trabajo realizan los demás, esto no permite utilizar de forma eficiente los recursos, sin embargo las capacidades logradas en los grupos constituyen el potencial para lograrlas a nivel regional.

Otro aspecto por el cual no puede considerarse que la región tenga aún capacidades es la poca relación que tiene la investigación con los sectores productivos. La inversión requerida para avanzar en esta investigación y lograr desarrollos tecnológicos de impacto no está en capacidad de ser realizada por alguna universidad en particular. La inversión debe realizarse como proyecto de región, proyecto que aún no se concreta.

El desarrollo de capacidades tecnológicas en nanotecnología en el Departamento de Antioquia se encuentra en una etapa embrionaria, en la que se requiere unir esfuerzos y capacidades individuales e institucionales que permitan avanzar con propuestas sólidas de desarrollo tecnológico para el sector productivo y el avance en el conocimiento de la nanotecnología.

La investigación está orientada a la comprensión de los fenómenos de la materia a nivel nano, no en función de necesidades sociales o empresariales.

Para lograr el desarrollo de capacidades investigativas regionales en nanotecnología, los diseñadores de políticas en ciencia tecnología e innovación, los centros de investigación y las Instituciones de Educación Superior que avanzan en el desarrollo de esta tecnología en Antioquia deben responderse preguntas como: ¿qué sectores productivos requieren desarrollo de esta tecnología?; por los altos costos que implica esta investigación, ¿en qué áreas debe focalizarse?; ¿el propósito es ser una

región tractora de industrias que demanden de estos servicios o, por el contrario, una región prestadora de servicios en nanotecnología?; sin olvidar la pregunta, ¿qué puede hacer la nanotecnología para aprovechar la biodiversidad, factor potencial de ventaja comparativa, y proteger y recuperar el medio ambiente del territorio?

Dar respuesta a las preguntas antes formuladas requiere de nuevas investigaciones en el tema de capacidades nanotecnológicas regionales; el presente trabajo aporta elementos para la definición de variables que permiten la determinación de indicadores que midan la evolución de esta tecnología, así como su impacto en el desarrollo de la región.

ANEXO 1. Elección de los grupos

No.	Nombre grupo	IES	Línea investigación	Participó
1	Estado sólido.	UdeA	Materiales nanoestructurados.	Sí
2	Electromagnetismo aplicado.	EAFIT	Mecánica cuántica computacional.	Sí
3	Ciencia de materiales avanzados.	UNAL	Síntesis de materiales híbridos nanoestructurados.	No
4	Fisioquímica orgánica.	UNAL	Síntesis de materiales porosos nanoestructurados.	No
5	EIA de física teórica y aplicada.	EIA	Propiedades físicas de las nanoestructuras semiconductoras.	No
6	Materia condensada.	UdeA	Nanotecnología-nanoestructuras semiconductoras.	Sí
7	Fotónica y electrónica.	UNAL	Óptica cuántica.	Sí
8	Física atómica molecular.	UdeA	Computación cuántica, teoría cuántica, sistemas finitos.	Sí
9	Ciencia y tecnología de materiales.	UNAL	Nanotecnología y biomateriales.	Sí
10	Materiales avanzados y energía.	ITM	Nanomateriales.	No
11	Catalizadores y absorbentes.	UdeA	Materiales multifuncionales nanoestructurados.	Sí
12	Óptica aplicada.	EAFIT	Comunicaciones ópticas.	Sí
13	Coloides.	UdeA	Materiales poliméricos.	Sí
14	Ciencia de los materiales.	UdeA	Nanomateriales porosos y no porosos.	Sí
15	Nuevos materiales.	UPB	Nanomateriales.	Sí
16	Instrumentación científica y microelectrónica.	UdeA	Sistemas microelectromecánicos MENS y NEMS.	No

Desarrollo de las capacidades nanotecnológicas en las Instituciones de Educación Superior en Antioquia-Colombia

Development of nanotechnological capacities in higher education institutions in Antioquia-Colombia

ANEXO 2. Preguntas para entrevistas

Objetivos	Guía preguntas entrevista expertos	Guía preguntas entrevista líderes
Examinar la estructura y configuración de los grupos que investigan en nanotecnologías.	¿Qué aspectos científicos son importantes para la conformación de grupos de investigación en nanotecnología?	¿Cómo se conforma el grupo de investigación?
	¿Qué conocimientos técnicos, tecnológicos y/o científicos debe poseer un integrante de un grupo de investigación en nanotecnología?	¿Cuántos investigadores conforman el grupo y cuantos trabajan en nanotecnología?
	¿Considera usted que el tamaño de los grupos es determinante para la autonomía, producción, evaluación y resultados del grupo?	¿Qué formación poseen los investigadores que trabajan en nanotecnología?
		¿El grupo cuenta con una misión y visión que articule objetivos del grupo a los proyectos?
		¿Existe una planeación de actividades con sus respectivos tiempos y productos a entregar por parte de los integrantes del grupo?
		¿El grupo cuenta con un presupuesto autónomo?
		¿Cuáles son los roles de sus integrantes, y cuál es su participación en la toma de decisiones? ¿Qué conduce al grupo a investigar en nanotecnología? ¿Cuánto tiempo lleva el grupo de constituido y cuánto tiempo en investigación de nanotecnologías?
Distinguir las líneas de investigación y las tendencias en nanotecnología en las que se inscriben los grupos de investigación.	¿Qué necesidades locales conducen a que se desarrolle investigación en nanotecnología?	¿En qué áreas de conocimiento ha trabajado el grupo?
	¿Qué necesidades locales conducen a que se desarrolle investigación en nanotecnología?	¿Qué aspectos técnicos, tecnológicos y científicos definen la línea o líneas de trabajo en nanotecnología?
	¿Las actividades económicas en la región antioqueña demandan este tipo de tecnologías?	¿Qué aspectos del entorno social contribuyen con la definición de la línea o líneas de trabajo en nanotecnología?
	¿Cómo promueve la política de Ciencia, Tecnología e Innovación el desarrollo de actividades investigativas o de desarrollo de este tipo de tecnologías?	¿La línea o líneas definidas en nanotecnología están dentro de las áreas de conocimiento que define Colciencias?
	¿La política en CTI permite generar procesos de acumulación que garanticen la creación de programas de investigación y desarrollo en este tipo de tecnologías?	¿La línea o líneas de investigación en nanotecnología responden a alguna necesidad específica del sector productivo?
	¿Cuál es la tendencia de esta tecnología y cuál la que se desarrolla localmente, y qué tan preparados están los grupos de investigación para afrontar estas tendencias?	¿Qué tan preparado está el grupo para afrontar los desafíos y tendencias de esta tecnología?

ANEXO 2. Continuación

Objetivos	Guía preguntas entrevista expertos	Guía preguntas entrevista líderes
Detectar el conocimiento acumulado por los grupos de investigación en nanotecnologías, adquiridos externa e internamente y por la formación.	¿La investigación que se desarrolla con esta tecnología parte de imitaciones, adaptaciones, trabajos de cooperación, desarrollos propios?	¿Qué formación a nivel de maestría o doctorado han recibidos los investigadores que conforman el grupo?
	¿De qué forma se incorpora el sector privado a estas actividades?	¿Qué capacitación técnica y/o tecnológica han recibido los investigadores que constituyen el grupo?
		¿Qué pasantías y/o intercambios han realizado los investigadores del grupo?
		¿Las investigaciones y desarrollos tecnológicos parten de la imitación, transferencia de tecnología de otros grupos, compra de licencias, patentes, otros?
		¿La trayectoria investigativa del grupo es importante para el desarrollo de investigaciones en este tipo de tecnologías?
Especificar qué conocimientos científicos y tecnológicos son esenciales para abordar la investigación en nanotecnologías.	¿Se podrían definir unos niveles de conocimiento o áreas de conocimiento en nanotecnologías? ¿Cuáles son?	¿Qué formación a nivel de maestría o doctorado han recibidos los investigadores para el trabajo en nanotecnología?
	¿Cuáles son las especialidades tecnológicas que se han desarrollado en la región y cuál es su aplicación?	¿Qué capacitación técnica y/o tecnológica han recibido los investigadores en nanotecnología?
	¿En qué nivel están los grupos en Antioquia y cuáles son las áreas en nano que está desarrollando la región?	¿Qué equipo y herramientas posee el grupo para desarrollar la investigación en nanotecnología?
	¿Existen normas o protocolos para la manipulación de estas tecnologías?	¿Qué equipo requiere y no posee para avanzar en la investigación en nanotecnología?
	¿Cuáles áreas se están dejando por fuera en la investigación en nanotecnologías y por qué?	¿El grupo tiene proyectado adquirir algún equipo o herramienta próximamente?
	¿Qué consideraciones éticas se contemplan para el desarrollo de estas tecnologías?	¿Qué pasantías y/o intercambios han tenido los investigadores en nanotecnologías?
Clasificar productos y servicios derivados de las investigaciones de los grupos de investigación en nanotecnologías.	¿Qué productos y servicios se derivan de investigaciones y desarrollos locales de esta tecnología?	¿Qué publicaciones en nanotecnología tiene el grupo de investigaciones?
	¿Existe discusión sobre la definición de formas de protección de la propiedad intelectual e industrial de esta tecnología?	¿Qué investigaciones se encuentran en curso en nanotecnología?
		¿De qué forma transfiere el grupo tecnología al sector productivo?
		¿El grupo ha patentado o licenciado algún producto resultado de la investigación en nanotecnología?
		¿El grupo ha protegido con un modelo de utilidad o con otro mecanismo el resultado de la investigación en nanotecnología?

Conflicto de interés

Los autores declaran la inexistencia de conflicto de interés con institución o asociación de cualquier índole.

Referencias

- Bawa, R., Bawa S. R., Maebius, S. B., Flynn, T., & Wein, C. (2005). Protecting New Ideas and Inventions in Nanomedicine with Patents. *Nanomedicine*, 1(2), 150-158. <https://doi.org/10.1016/j.nano.2005.03.009>
- Cohen, W., & Levinthal, D. (1989). Innovation and Learning: The Two Faces of R&D. *The Economic Journal*, 99(297), 569-596. <https://doi.org/10.2307/2233763>
- Cohen, W., & Levinthal, D. (1990). Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128-152. <https://doi.org/10.2307/2393553>
- Danneels, E. (2002). The Dynamics of Product Innovation and Firm Competences. *Strategic Management Journal*, 23(12), 1095-1121. <https://doi.org/10.1002/smj.275>
- De Cózar-Escalante, J. M. (2011). *Nanotecnología, salud y bioética (entre la esperanza y el riesgo)*. Sociedad Internacional de Bioética (SIBI).
- Foladori, G. (May-June, 2006). Nanotechnology in Latin America at the Crossroads. *Nanotechnology Law & Business*, 3(2), 205-216. <http://ricaxcan.uaz.edu.mx/jspui/bitstream/20.500.11845/239/1/Foladori%2C%20Nanotechnology%20in%20Latin%20America.pdf>
- Genet, C., Errabi, K., & Gauthier, C. (2012). Which Model of Technology Transfer for Nanotechnology? A Comparison with Biotech and Microelectronics. *Technovation*, 32(3-4), 205-215. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2011.10.007>
- Helfat, C. E., & Peteraf, M. E. (2003). The Dynamic Resource-Based View: Capability Lifecycles. *Strategic Management Journal*, 24(10), 997-1010. <https://doi.org/10.1002/smj.332>

- Invernizzi, N., Foladori, G., Robles-Belmont, E., Záyagolau, E., Artega Figueroa, E., Bagattolli, C., Carroza, T., Chiancone, A., y Urquijo, W. (2015). Nanotecnología dirigida a necesidades sociales. Contribuciones de la investigación latinoamericana en medicina, energía y agua. *Sociología y Tecnociencia*, 5(2),1-30. <https://revistas.uva.es/index.php/sociotecno/article/view/678/654>
- Levinthal, D., & March, J. (1993). The Myopia of Learning. *Strategic Management Journal*, 14(2), 95-112. <https://doi.org/10.1002/smj.4250141009>
- Lugones, G. E., Gutti, P., y Le Clech, N. (2007). Indicadores de capacidades tecnológicas en América Latina. *Estudios y Perspectivas*, 89. Naciones Unidas. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5014/1/S0700876_es.pdf
- March, J. G. (1991). Exploration and Exploitation in Organizational Learning. *Organization Science*, 2(1), 95-112. <https://doi.org/10.1287/orsc.2.1.71>
- Mendoza-Uribe, G., y Rodríguez-López, J. (2007). La nanociencia y la nanotecnología: una revolución en curso. *Perfiles Latinoamericanos*, (29), 161-186. <https://www.redalyc.org/pdf/115/11502906.pdf>
- Shea, C. M. (2005). Future Management Research Directions in Nanotechnology: A Case Study. *Journal of Engineering and Technology Management*, 22(3), 185-200. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2005.06.002>
- Silva, F. (2010). *Nanotecnología en Colombia, retos y oportunidades*. Universidad Distrital.
- Winter, S. (2000). The Satisficing Principle in Capability Learning. *Strategic Management Journal*, 21(10/11), 981-996. [https://doi.org/10.1002/1097-0266\(200010/11\)21:10/11<981::AID-SMJ125>3.0.CO;2-4](https://doi.org/10.1002/1097-0266(200010/11)21:10/11<981::AID-SMJ125>3.0.CO;2-4).
- Zott, C. (2003). Dynamic Capabilities and the Emergence of Intra-Industry Differential Firm Performance: Insights from a Simulation Study. *Strategic Management Journal*, 24(2), 97-125. <https://doi.org/10.1002/smj.288>