



Universidad de Ciencias Médicas
Facultad de Ciencias Médicas Calixto García
Habana- Cuba.
Evento Científico AMBIMED 2025



Nanotecnología: entre la innovación y la controversia. Una revisión de la literatura

Autores

Kevin Adrian Lago Galindo.

Rolando Axel Díaz Fernández.

Segundo año de Medicina

Tutora: Georgette Heredia González

Especialista de Primer grado en Histología

Facultad de Ciencias Médicas de Artemisa.

Curso: 2024-2025

Dirección electrónica: kevinlago213@gmail.com

Resumen

El presente trabajo abordó el surgimiento de la nanociencia y la nanotecnología, señalando que sus principios fueron utilizados desde épocas remotas, incluso sin comprender su base científica. A través de una revisión de la literatura, se analizaron sus aplicaciones actuales y su evolución como herramientas innovadoras con impacto en la salud, la industria y el medio ambiente. El objetivo general fue relacionar la nanociencia y la nanotecnología con el medio ambiente, destacando tanto sus beneficios como los riesgos que pueden representar para la salud humana y los ecosistemas. A partir de la consulta de 10 referencias bibliográficas, se sustentó un análisis histórico, técnico y ético que evidenció su carácter transformador, pero también la controversia que despierta su uso, debido a la falta de estudios sobre sus efectos a largo plazo y la posible toxicidad de ciertas nanopartículas. Entre las conclusiones más relevantes, se indicó que estas disciplinas constituyen ciencias innovadoras con gran potencial para contribuir al desarrollo sostenible, siempre que su implementación esté acompañada de regulaciones adecuadas y conciencia ecológica. La idea central radicó en comprender que, aunque estas tecnologías ofrecen soluciones valiosas para el ser humano y el medio ambiente, su uso indiscriminado podría generar consecuencias negativas que deben ser previstas y controladas.

Palabras clave: nanociencia, nanotecnología, beneficios, riesgos, controversia.

Abstract

This paper addressed the emergence of nanoscience and nanotechnology, noting that their principles were applied since ancient times, even without a scientific understanding. Through a literature review, their current applications and their evolution as innovative tools in health, industry, and environmental protection were analyzed. The main objective was to relate nanoscience and nanotechnology to the environment, highlighting both their benefits and risks to human health and

ecosystems. Based on 10 bibliographic references, a historical, technical, and ethical analysis was conducted, revealing their transformative potential as well as the controversy surrounding their use due to the lack of long-term studies and the possible toxicity of certain nanoparticles. Among the most relevant conclusions, it was stated that these are indeed innovative sciences with great potential to support sustainable development, provided their implementation is guided by proper regulations and ecological awareness. The central idea of the work was to understand that, although these technologies offer valuable solutions for humanity and the environment, their indiscriminate use could lead to harmful consequences that must be anticipated and controlled.

Keywords: nanoscience, nanotechnology, benefits, risks, controversy.

Introducción.

La nanociencia y la nanotecnología constituyen campos del conocimiento científico y tecnológico dedicados al estudio, manipulación y aplicación de materiales a escala nanométrica, es decir, a dimensiones inferiores a 100 nanómetros. Aunque el desarrollo formal de estas disciplinas es relativamente reciente, con raíces en el siglo XX, el uso de materiales a microescala tiene antecedentes milenarios: civilizaciones antiguas aplicaban técnicas artesanales que, sin saberlo, modificaban estructuras materiales a niveles diminutos. La consolidación de la nanotecnología como campo científico comenzó a tomar fuerza con la icónica conferencia de Richard Feynman en 1959, "There's Plenty of Room at the Bottom", donde se vislumbró la posibilidad de manipular átomos y moléculas individualmente, lo que abrió paso a una revolución tecnológica sin precedentes.

Desde entonces, los usos de la nanotecnología se han diversificado ampliamente. En la antigüedad, se empleaban nanopartículas metálicas en vitrales y cerámicas que cambiaban de color dependiendo de la luz, como en la famosa Copa de Licurgo. En tiempos modernos, estas tecnologías han evolucionado para abarcar múltiples sectores: en la electrónica, permiten la creación de dispositivos más rápidos y eficientes; en la industria textil, ofrecen tejidos con propiedades antibacterianas o resistentes al agua; en el sector energético, mejoran el almacenamiento y la eficiencia de baterías y paneles solares. Sin embargo, este desarrollo también plantea interrogantes éticos y ambientales, como el impacto de los nanomateriales sobre la salud humana y los ecosistemas, así como la posible acumulación de desechos a escala molecular, cuya toxicidad aún no se comprende completamente (1).

Esta revisión bibliográfica es de gran importancia porque ofrece una visión integral del surgimiento, evolución y estado actual de la nanociencia y la nanotecnología, con énfasis en sus beneficios y riesgos. En particular, resulta fundamental para la medicina y el medio ambiente: en el ámbito médico, permite explorar avances en terapias dirigidas, sistemas de liberación controlada de fármacos o diagnóstico

precoz de enfermedades; mientras que en el ambiental, ayuda a evaluar soluciones innovadoras para la descontaminación de aguas, el tratamiento de residuos o la reducción del uso de recursos no renovables. A través de este análisis crítico de la literatura científica, se pretende contribuir a un uso más consciente, ético y sostenible de estas tecnologías emergentes(2).

Objetivo general

Fundamentar la nanociencia y la nanotecnología con el medio ambiente.

Objetivos específicos

Enunciar los principales beneficios y perjuicios de la nanociencia y la nanotecnología para la salud humana y el medio ambiente, a partir del análisis de la literatura científica actual.

Calificar los avances de la nanotecnología en el contexto ambiental y productivo de Cuba.

Desarrollo.

La nanociencia y la nanotecnología son dos campos fascinantes a la vanguardia de la innovación. La nanociencia es el estudio de los fenómenos y la manipulación de materiales a escala nanométrica. Es una rama de la ciencia que busca comprender las propiedades y comportamientos fundamentales de los materiales cuando se reducen a la nanoescala. A escala nanométrica, los materiales suelen presentar propiedades significativamente diferentes a las de sus contrapartes macroscópicas.

Por ejemplo, el oro, que normalmente es un metal amarillo, se ve rojo o morado al reducirse a nanopartículas. De igual manera, los materiales no conductores pueden volverse conductores a escala nanométrica. Estas propiedades únicas son objeto de estudio en la nanociencia, que busca comprender por qué y cómo ocurren estos cambios.

La nanociencia es inherentemente interdisciplinaria y combina elementos de la física, la química, la biología y la ciencia de los materiales. Los investigadores de este campo emplean diversas técnicas para estudiar materiales a escala nanométrica, como la microscopía de efecto túnel (STM), la microscopía de fuerza atómica (AFM) y la microscopía electrónica (3).

La nanotecnología combina dominios distintos (ingeniería, química, física, biología y medicina) con el objetivo final de crear "cosas" a escala atómica. Un nanómetro (es decir, una milmillonésima parte de un metro) es el diámetro de un átomo de hidrógeno. El término nanotecnología (o "nanotecnología") utilizado en los últimos tiempos describe la manipulación de la materia.

Los productos de los incendios forestales, las cenizas volcánicas, el rocío oceánico, la desintegración radiactiva y los procesos de meteorización de rocas que contienen metales o aniones se encuentran entre las fuentes naturales de nanomateriales. Se cree que las nanopartículas y los materiales nanoestructurados se originaron a partir de meteoritos generados durante el proceso del Big Bang que condujo a la formación del universo y la Tierra. Los nanodiamantes extraídos de meteoritos se

consideran el tipo más abundante de grano presolar. Los nanomateriales naturales han estado íntimamente asociados con el desarrollo de la vida en la Tierra, desde las primeras células hasta los humanos.

Desde tiempos prehistóricos, los humanos han estado usando fuego. El humo y el hollín de tales fuegos contenían nanopartículas (por ejemplo, fulerenos, grafeno y nanotubos de carbono) y otros subproductos de la combustión. Nuestros antepasados usaban estos nanomateriales de carbono y ceras para pinturas rupestres. Las plantillas de manos en cuevas de Sulawesi, Indonesia, son los ejemplos más antiguos conocidos de expresión artística por humanos. El análisis de pinturas rupestres sugiere que las personas de la civilización antigua usaban nanomateriales, como el grafeno, sin saberlo

Aunque los nanomateriales aparecen como un nuevo término a finales del siglo XIX, los nanomateriales se han producido y utilizado ya en civilizaciones antiguas. En el antiguo Egipto, el hollín de las lámparas de aceite se utilizaba para fabricar pigmentos negros de alta opacidad y estabilidad para escribir en papiro. En ese momento, los egipcios no sabían que el hollín contiene nanomateriales de carbono. Los antiguos egipcios utilizaban procesos químicos sintéticos para producir la fabricación de nanopartículas de PdS_2 (con un diámetro de ~ 5 nm de diámetro), como ingredientes para la preparación de colorantes para el cabello (4).

En la película *Ironman*, Tony Stark, creó un traje hecho con **nanotecnología**, el cual podía controlar sin problema alguno y convertirse en un superhéroe. Posteriormente, en otra película, el mismo Tony crea un traje hecho a base de esta misma tecnología para el Hombre Araña, pero, ¿habías escuchado antes el término de nanotecnología? (5)

Hoy en día, la nanotecnología se está expandiendo rápidamente con nuevas aplicaciones en diferentes campos. Por ejemplo, la nanoingeniería brinda nuevas oportunidades de progreso en la atención médica, la energía, la protección del medio ambiente, la construcción, el procesamiento de alimentos agrícolas y otros campos mediante el desarrollo de nanomateriales, nanoestructuras y nanosistemas. Hasta la fecha, diferentes campos de investigación, desde la química orgánica hasta

la física de semiconductores, están involucrados en la fabricación de muchas nanopartículas y materiales nanoestructurados diferentes, así como en las aplicaciones relacionadas, desde el diseño de nuevos nanomateriales hasta la regulación directa de la materia a escala atómica]. Los investigadores están trabajando actualmente para desarrollar nanorobots que puedan elegir, recoger y colocar átomos, de la misma manera que los niños usan ladrillos LEGO (4).

Los nanomateriales difieren en sus dimensiones, formas, tamaños, composiciones, porosidad, fases y uniformidad y, por lo tanto, se han utilizado varias clasificaciones para categorizarlos. Hasta la fecha, se han descrito muchos tipos de nanomateriales y se desarrollarán muchos más. Los nanomateriales también se pueden clasificar en nanomateriales naturales, incidentales, bioinspirados y de ingeniería en función de su origen. A pesar de sus propiedades exclusivas, pocos nanomateriales diseñados y bioinspirados han sido aprobados y utilizados en la industria, debido a la necesidad de producción a gran escala y procesos de evaluación de riesgos.

La era moderna de la nanotecnología y la historia de este magnífico descubrimiento nos remontan a un hombre llamado Michael Faraday que investigó las propiedades de la luz y la materia a mediados de la década de 1850. En 1857, estudió la fabricación y las características de las suspensiones coloidales de oro "rubí" y demostró que las nanopartículas de oro pueden alterar el color de la solución en determinadas condiciones de luz. En 1905, Albert Einstein estimó el diámetro de una molécula de azúcar en ~ 1 nm. En la década de 1940, las nanopartículas de SiO_2 se fabricaron como sustitutos del refuerzo de caucho para el negro de humo. El desarrollo de la microscopía electrónica fue un gran avance en la nanotecnología moderna. En 1935, Ernest Ruska y Max Knoll construyeron el primer microscopio electrónico. Convencionalmente, se utilizaban diferentes fuentes de electrones hechas de tungsteno, incluidos los emisores de campo semiconductores con punta, para mejorar la visualización de materiales y nanomateriales. La aplicación de la emisión de campo a través de semiconductores nanoestructurados condujo al surgimiento de microscopios electrónicos de barrido de mejor resolución (4).

Los nanomateriales están en todos lados y se clasifican en:

Naturales: por ejemplo los virus y la hemoglobina.

Incidentales: estos se forman por la actividad industrial del hombre y muchos de estos se han convertido en contaminantes, por ejemplo la combustión de la gasolina genera nanopartículas que se van al aire.

Sintéticos: se fabrican en la industria y en el laboratorio, se crean porque tienen grandes aplicaciones industriales y comerciales.

En el planeta las industrias que usan nanotecnología y que han experimentado con ella desde hace muchos años son principalmente la industria tecnológica y la automotriz.

En el caso del uso de nanomateriales en la tecnología tenemos como gran ejemplo a las pantallas LED, las cuales usan nanopartículas que les dan un mayor brillo, les ayudan a ser más flexibles, más duraderas, y que se rayen menos.

En cambio, la industria automotriz comercializa pinturas o recubrimientos de pinturas para hacer más resistente o menos corrosiva la capa de pintura de los autos, así mismo que no se rayen o ensucien.

Además, varios vehículos se combinan nanotubos de carbono y grafeno con plástico para hacerlos más resistentes y esto es solo algunas de las aplicaciones de nanotecnología en la industria automotriz.

Hasta en la ropa hay nanotecnología

Sin darnos cuenta hasta en la ropa que usamos a diario podemos ver aplicada la nanotecnología. En la industria textil se utilizan principalmente las nanopartículas de plata, las cuales tienen la propiedad de ser antibacterianas, antivirales y antifúngicas. Estas se usan principalmente en la fabricación de calcetines para personas con pie diabético o para vestimenta médica.

La industria cosmética usan principalmente las nanopartículas de óxido de zinc y de dióxido de titanio, esto le da el color blanco a las cremas y ayudan a la protección de la piel de los rayos ultra violeta.

Por ejemplo, los protectores solares que tienen nanotecnología se absorben más rápido, resisten más el agua y protegen de la luz UV con mejor calidad.

Otra industria que se ha beneficiado del uso de la nanotecnología es la creadora de lente, pues la han aplicado para que no se rayen, no se empañen y para dar coloración distinta en los pupilentes.

El deporte es tal vez una de las industrias donde se han aplicado diversos avances tecnológicos para brindar el mejor rendimiento a los atletas en diferentes disciplinas a nivel mundial. En esta también se utiliza nanotecnología, aunque ha sido controversial.

El primer producto deportivo en el que se aplicó nanotecnología fue en pelotas de tenis. Sin embargo, se ha comentado a nivel mundial que en competencias importantes significa una ventaja para aquellos deportistas que son patrocinados por grandes marcas, mientras otros no tienen acceso a estos instrumentos(5).

Pero... ¿es peligrosa la nanotecnología?

La aparición de la nanotecnología en cientos de materiales, dispositivos y productos cotidianos es imparable, alcanzando a todos los sectores productivos y mostrando su enorme potencial para mejorar nuestro bienestar. A la vez que ocurre esta revolución aparecen ciertos problemas causados por ella, algunos de índole social y política, y otros relacionados con los riesgos y el impacto de los nanomateriales sobre el ser humano y el medioambiente, avivando el debate social sobre la nanotecnología. Esta obra explica sus riesgos, presentes y futuros, los posibles daños y la forma en que todos estos temas se están abordando teniendo en cuenta las perspectivas relacionadas con la vigilancia de la salud, la prevención de riesgos, la regulación y la gobernanza (6).

Se tiene que evaluar dónde está el potencial peligro de los materiales al ser desechados, porque no importa que estos estén en la basura, en algún momento van llegar a la naturaleza o las concentraciones de agua y ahí puede afectar a los organismos que viven ahí. No todo gira en torno al hombre. Somos parte de un ecosistema y los nanomateriales inciden en ese ecosistema.

Entonces es ahí cuando entra la importancia de la *nanotoxicología*, que es el área que se encarga de evaluar los efectos de los nanomateriales en diferentes sistemas biológicos y el medio ambiente. Con esta área de estudio lo que se busca es poder entender y evaluar los procesos celulares, moleculares y bioquímicos.

Así mismo, establecer parámetros para diseñar nanomateriales menos tóxicos y brindar bioseguridad en aplicaciones en diferentes áreas de la industria desde la alimentaria hasta las más especializadas(5).

Toda tecnología trae aparejada una serie de riesgos que es indispensable tener en cuenta. Un ejemplo muy conocido son los que genera la energía nuclear, pues un pequeño escape puede contaminar grandes extensiones de terreno con radiación. En el caso de la nanotecnología ocurre algo similar, pero a menor escala. Las nanopartículas pueden resultar muy peligrosas si no se manejan de manera adecuada.

Además, las propiedades químicas de las partículas nano llegan a ser tóxicas, tanto que alteran el ADN de las células. Esto resulta muy problemático porque son potencialmente cancerígenas.

Los materiales, de una manera u otra, terminan por llegar al medio ambiente. Al igual que penetran en las barreras del cuerpo por su tamaño, no les cuesta superar los equipos de limpieza y purificación de aguas, por poner un ejemplo. Con el tiempo acabarán por entrar en la cadena trófica, pues se acumulan en peces y otros animales.

Asimismo, su presencia en los ecosistemas es duradera, algo que contribuye a extender sus daños en el tiempo. Recuerda que su composición química puede ser tóxica. Una vez que se han acumulado suficientes, el riesgo de que sus sustancias se vuelvan activas aumenta. Algunas nanopartículas contienen óxidos, como el de zinc o titanio, que son venenosos para algas y peces.

Más allá de sus efectos físicos, la nanotecnología despierta cuestiones éticas y sociales. Los primeros giran en torno al dilema que surge de manipular la materia a

escala atómica. Se trata de una intervención de la naturaleza nunca desarrollada por la humanidad y cuyo impacto es difícil de evaluar. Podrían darse resultados imprevistos que tengan consecuencias a muy largo plazo.

Privacidad y seguridad.

Con esta tecnología podrían diseñarse dispositivos de vigilancia extremadamente pequeños. Esto los haría difíciles de detectar, lo que daría pie a numerosos problemas, como una invasión sin precedentes de la vida privada de los ciudadanos. Y este es solo un pequeño ejemplo de lo que es posible conseguir.

Con dispositivos como los descritos, se tendría acceso a un ingente volumen de datos que no costaría mucho recolectar. Al fin y al cabo, detectar que se están obteniendo no es una tarea sencilla. De este modo, se vulnerarían los derechos de las personas, ya que no han dado su consentimiento en ningún momento.

Si se llegasen a desarrollar aparatos de espionaje que operasen a escala nano, los paradigmas actuales de seguridad quedarían obsoletos. Las medidas convencionales no ofrecerían una protección robusta, más bien lo contrario.

Regulación y control de la nanotecnología.

La regulación es una de las mejores herramientas para garantizar el control de la nanotecnología. Es indispensable crear un marco legal que proteja la salud e integridad de la humanidad y al propio medio ambiente. El enfoque debe basarse en una evaluación detallada de los riesgos específicos que los materiales o productos fabricados con esta tecnología puedan causar.

También es vital la transparencia, es decir, que los consumidores dispongan de toda la información para que tomen sus propias decisiones. Al igual que una sencilla etiqueta te avisa de los alérgenos presentes en un alimento, lo mismo podría hacerse si contiene partículas nano. Eso sí, siempre dando explicaciones de forma clara y accesible.

Otro aspecto al que prestar atención es la flexibilidad y las posibilidades de actualización de la regulación. Dado que el campo de estudio avanza a gran velocidad, una ley publicada hoy podría quedar obsoleta a los pocos años. En tal situación, dejaría de ser efectiva, lo que implica un riesgo en sí mismo para la población.

La cuestión de la flexibilidad llega más lejos aún. Si la regulación es demasiado estricta, se entorpecerá el desarrollo de las investigaciones, lo que afectará a la innovación. Es indispensable crear un marco seguro y sólido, pero no a costa de frenar el ingenio humano. Recuerda que la nanotecnología es un avance que, en general, es positivo.

Como se ha podido ver, los riesgos para el ser humano son muy variados, como la mala relación que pueda haber entre nanotecnología y ADN. Aun así, conviene no dejar de lado esta tecnología por los peligros que entraña, pues a pesar de ello, ofrece al ser humano y al medio ambiente en general múltiples beneficios (7).

Descontaminación de agua y suelos

La nanotecnología es capaz de limpiar aguas y suelos contaminados. Los nanomateriales como el dióxido de titanio, óxido de hierro y nanomembranas ya se están utilizando para eliminar contaminantes orgánicos, metales pesados y bacterias del agua de manera más eficiente que las tecnologías tradicionales.

Así es como las nanopartículas reaccionan con los compuestos tóxicos del agua, transformándolos en sustancias menos peligrosas. Esto da lugar a métodos de tratamiento del agua y de los suelos mucho más rápidos y económicos.

Menos contaminación del aire

La nanotecnología también tiene aplicaciones en la reducción de la contaminación atmosférica. Por ejemplo, ya se han desarrollado nanopartículas capaces de eliminar contaminantes del aire, como el óxido de nitrógeno (NOx) y el dióxido de azufre (SO₂), producidos por la quema de combustibles fósiles.

no y agua. Además, mejoran la calidad del aire en las ciudades.

Puede ayudarnos a restaurar el medio ambiente reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero y ahorrando materias primas.

Aumento de la eficiencia energética

La nanotecnología también juega un papel clave en la mejora de la eficiencia energética, así como en el desarrollo de fuentes de energía más limpias. Por ejemplo, en el campo de la energía solar, los nanotubos de carbono y los puntos cuánticos ya están siendo utilizados para crear paneles solares bastante más ligeros y eficientes.

Básicamente, estos materiales aumentan la absorción de luz solar y mejoran la conversión de energía en electricidad. Además, las baterías de nanomateriales ya están impulsando avances en el almacenamiento de energía, mejorando la viabilidad de los vehículos eléctricos y las energías renovables.

Más sostenibilidad

Por otro lado, los nanomateriales están siendo utilizados para desarrollar filtros más eficientes en sistemas de ventilación y purificación de agua, ayudando a reducir el consumo de energía en plantas industriales.

Esto contribuye a reducir la cantidad de residuos generados por la industria, a la vez que crean nuevos materiales basados en nanopartículas más duraderos, ligeros y reciclables (8).

Muchas baterías todavía contienen metales pesados, incluidos mercurio, plomo, cadmio y níquel, que pueden dañar el medio ambiente y, si se eliminan de forma inadecuada, pueden poner en peligro la salud humana. Las baterías en los vertederos no sólo son un gran problema medioambiental, sino también un completo desperdicio de materias primas baratas y potencialmente útiles. Los investigadores han logrado recuperar nanopartículas de óxido de zinc puro a partir de Zn-MnO empobrecido.2baterías.

Los derrames masivos de petróleo suponen un desafío que los métodos de limpieza convencionales no pueden afrontar. La nanotecnología ha salido recientemente a la luz como una fuente potencial de respuestas creativas a muchos de los problemas no resueltos del mundo. Aunque todavía se encuentra en sus primeras etapas, el uso de la nanotecnología para limpiar derrames de petróleo tiene un gran potencial. Recientemente, ha habido un nivel notablemente creciente de interés en todo el mundo en investigar los usos potenciales de los nanomateriales para limpiar derrames de petróleo.

Fotosíntesis artificial: generar hidrógeno a partir de la luz solar

Las empresas que crean tecnología impulsada por hidrógeno disfrutan encerrándose en el halo de la tecnología verde que salvará al mundo. Aunque el combustible de hidrógeno es una fuente de energía limpia, con frecuencia se produce a partir de fuentes contaminantes. El problema es que el hidrógeno no se puede crear cavando un pozo, sino utilizando varios recursos.

La gasificación del carbón es el método más sucio, al menos hasta que se creen métodos de captura y secuestro de carbono altamente eficaces. La forma más limpia es la electrólisis alimentada por fuentes de energía renovables como la eólica, solar, geotérmica e hidrotermal para separar el agua en hidrógeno y oxígeno.

La fotosíntesis artificial, que divide el agua utilizando energía solar para producir hidrógeno y oxígeno, puede proporcionar una fuente de energía limpia y portátil que es tan duradera como la luz del sol. Una sola molécula de agua debe descomponerse en oxígeno, electrones cargados negativamente y protones cargados positivamente a aproximadamente 2.5 voltios. Quitar y separar estos protones y electrones con cargas opuestas de las moléculas de agua genera electricidad.

Cada moneda tiene dos caras, y lo único que importa es qué cara elegimos para tener suerte y ganar objetos. Aunque la nanotecnología beneficia directamente al medio ambiente, la salud humana y la medicina, también puede tener efectos secundarios no identificados que potencialmente dañan el ecosistema natural (9).

Nuestro país no queda exento de la utilización de esas grandes innovadoras ciencias.

En Cuba, con una Estrategia Nacional de Nanociencias y Nanotecnologías y un Programa Nacional de Nanociencias y Nanotecnologías desde 2018, fue inaugurado en 2019 el Centro de Estudios Avanzados (CEA), fruto de un proyecto que comenzó su camino en los primeros años de los 2000 y es parte del grupo

Entre los resultados más relevantes estuvieron los protocolos en los centros de aislamiento, el sitio de toma de muestra que se iba a hacer, si era nasofaríngeo, si era faríngeo para la detección por PCR del virus. Todo eso el Minsap lo pudo optimizar y aplicar gracias a la primera investigación que se hizo en el CEA, acerca de la microscopía de alta resolución de SARS-CoV-2, donde se estableció cuáles eran las células que infectaba el virus, que había una prevalencia en la nasofaringe y no en la faringe. Esos resultados obtuvieron un premio de la Academia de Ciencias de Cuba.

El segundo resultado muy importante fue el sistema de extracción cubana, con el cual hemos logrado una soberanía total para la extracción de ácidos nucleicos, un proceso clave en la realización de cualquier PCR diagnóstico, tanto para la parte forense y para enfermedades infecciosas como en estudios de cáncer. Este sistema de extracción nos da soberanía total en esa área.

Se está trabajando también en productos que van a tener un gran valor, como los destinados al control de determinadas infecciones de importancia en la agricultura, y, en la salud pública, en la detección y resolución de los problemas de fertilidad en parejas que tratan de concebir hijos, o en la disminución de las ITS.

En el CEA se obtuvo, en colaboración con el IPK y otras instituciones, el primer producto nanotecnológico con aplicaciones biomédicas creado ciento por ciento en Cuba mediante uso de nanopartículas magnéticas para extraer y concentrar el ARN del SARS-CoV-2 y confirmar con la prueba del PCR si hay contagio.

El diagnosticador, con el que se llegaron a realizar 20 000 determinaciones diarias en laboratorios de biología molecular de todo el país, recibió uno de los premios nacionales a la Innovación Tecnológica del Citma en 2021.

Realmente es una institución estratégica. El día que se logre comprender este hecho, que fue la visión de quienes fundaron el CEA y el proyecto CEA, se entenderá que tenemos algo que no es común en el mundo: una fortaleza para el país. No todos los países tienen una institución o un programa nacional de nanociencia y nanotecnología que aglutine tanto el desarrollo de las ciencias y las tecnologías.

¿Barreras a superar? Tenemos barreras, por supuesto. Barreras económicas que frenan un poco el desarrollo, las dinámicas de la demografía, en ocasiones la falta de motivación de profesionales a venir al CEA, pero hay una que puede afectar mucho: la subvaloración de esta institución y de su quehacer en el contexto nacional. El principal reto a superar es darle mayor visibilidad y lograr que personas en otros campos y decisores otorguen al CEA y a su trabajo la importancia que merece en el contexto cubano de hoy(10).

Conclusiones.

La nanociencia y la nanotecnología han evolucionado desde usos intuitivos en épocas antiguas hasta convertirse en herramientas clave para el desarrollo ambiental moderno.

Sus beneficios incluyen aplicaciones médicas, energéticas y ambientales, mientras que sus perjuicios están relacionados con posibles riesgos tóxicos y falta de regulación.

En Cuba, la nanotecnología representa una oportunidad estratégica para impulsar soluciones sostenibles, aunque aún requiere mayor desarrollo local y conciencia social sobre sus implicaciones.

Referencias bibliográficas

1. Pandey, G. & Jain, P. (2020). "Assessing the nanotechnology on the grounds of costs, benefits, and risks". Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences, 9, Article 63.
2. Malik, S., Muhammad, K. & Waheed, Y. (2023). "Nanotechnology: A Revolution in Modern Industry". Molecules, 28(2), 661.
3. Adams, S. (2025). Diferencia entre nanotecnología y nanociencia: una guía completa. [en línea]. Disponible en: [https://\[www.theknowledgeacademy.com\]](https://www.theknowledgeacademy.com) [Consulta: 16 de julio de 2025].
4. National Library of Medicine; National Center for Biotechnology Information. (2025). Revisión de nanomateriales naturales, incidentales, bioinspirados y de ingeniería: historia, definiciones, clasificaciones, síntesis, propiedades, mercado, toxicidades, riesgos y regulaciones. [en línea]. Recuperado de: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/\[ruta-específica-del-documento](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/[ruta-específica-del-documento)
5. Juárez, K. (2021). ¿Es peligrosa la nanotecnología?. [en línea]. TECNOLOGÍA, 8 de noviembre de 2021. Disponible en: [https://\[amonite.com.cx\]](https://[amonite.com.cx)
6. Colectivo de autores. (s.f.). Los riesgos de la nanotecnología. [en línea]. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Disponible en: <http://www.csic.es/es/ciencia-y-sociedad/libros-de-divulgacion/coleccion-que-sabemos-de/los-riesgos-de-la-nanotecnologia>
7. Cámara de Comercio de Valencia (TIC Negocios). (s.f.). ¿Supone la nanotecnología riesgos para el ser humano? [en línea]. Disponible en: <https://ticnegocios.camaravalencia.com/servicios/tendencias/supone-la-nanotecnologia-riesgos-para-el-ser-humano/>

8. Yoigo Luz y Gas (Blog Yoigo Luz y Gas). (2024). Qué es la nanotecnología y cómo afecta al medioambiente. Blog Yoigo Luz y Gas – Sostenibilidad, 9 de octubre de 2024, 13:00.

9. Kain, T. (2023). Nanotecnología para un mañana más verde: revolucionando el medio ambiente con la nanotecnología. [en línea]. Tecnología limpia, Avances tecnológicos, 18 de abril de 2023

10. Cubadebate. (2025). Nanociencia y nanotecnología: Centro de Estudios Avanzados, estratégico en el desarrollo científico y tecnológico de Cuba. [en línea]. 7 de enero de 2025.