



## **INVESTIGA I+D+i 2018/2019**

### **GUÍA ESPECÍFICA DE TRABAJO SOBRE "NANOTECNOLOGÍA PARA LA RESOLUCIÓN DE LOS RETOS ENERGÉTICOS Y MEDIOAMBIENTALES DE LA HUMANIDAD"**

**Texto de Dr. Pedro A. Serena Domingo**

**Octubre de 2018**

#### **Introducción**

La nanociencia, la nanotecnología y los nuevos materiales han sido considerados, de forma conjunta, una de las cinco líneas estratégicas de las anteriores ediciones del Programa Investiga IDI (<http://www.programainvestiga.org/>). Esta elección se debe a que estas temáticas se han ido configurando como temas claves en la investigación de los países más desarrollados del mundo. Por poner un par de ejemplos, en los EE.UU. ya hace 18 años que se lanzó la Iniciativa Nacional de Nanotecnología (NNI, <http://www.nano.gov/>) que tenía como finalidad lograr que dicho país fuese líder mundial en la aplicación de la nanotecnología en diversos sectores, mientras que en la Unión Europea, la nanociencia y la nanotecnología han sido un eje estratégico de investigación tanto para el VII Programa Marco como para el Programa Horizonte 2020 (H2020) de la Unión Europea. En particular, dentro del programa H2020 la nanotecnología es una pieza clave para el desarrollo industrial de Europa en esta primera mitad del siglo XXI formando parte de la Tecnologías Clave Facilitadoras (KET, en inglés) que han saltado del laboratorio a las empresas y que comienzan a

manifestarse en multitud de productos. Mencionaremos también que China, siguiendo la estela de países como Japón y Corea del Sur, ha emergido con gran fuerza en el panorama mundial de la investigación y en estos momentos lidera la producción científica en estas temáticas a la vez que aumenta su posición en el ámbito de las patentes. Una característica de la nanotecnología es su carácter transversal, es decir que tiene aplicación en muchísimos sectores, lo que ha permitido que en cada edición del Programa Investiga I+D+I se haya podido abordar un aspecto diferente: la nanotecnología en general, la nanotecnología y su aplicación en los deportes, el impacto de la nanotecnología en agricultura, alimentación y cosmética, los nano-robots, el fascinante y versátil grafeno, la nanotecnología para llevar puesta, relación entre la nanotecnología y la implantación de las ciudades inteligentes, la nanotecnología y el desarrollo sostenible, y finalmente la nanomedicina. Este documento propone un aspecto de la nanotecnología que permite extender o completar algunas de las temáticas que se han ido tratando en las anteriores ediciones. En esta edición el tema propuesto es el uso de la nanotecnología (a través de nanomateriales y nanodispositivos) para resolver los serios problemas medioambientales y energéticos que tiene el ser humano.

Tanto la nanotecnología como el tema energía+medioambiente son temáticas de una gran amplitud, multidisciplinares, por lo que es evidente que se van a hallar muchos puntos de encuentro entre ambas temáticas. La elección de la temática de este año tiene como finalidad lograr que los participantes se adentren en el fascinante mundo de la nanotecnología, identificando sus peculiaridades, mostrando su enorme potencial para generar nuevos materiales y dispositivos que pueden ayudar a resolver los problemas a los que los seres humanos nos enfrentamos relacionados con la necesidad de encontrar fuentes de energía más limpias frenando el deterioro que nuestra especie ha causado ante el planeta. El participante en esta línea debe hacer un

análisis general de la temática propuesta, detectando puntos de encuentro entre la nanotecnología y el binomio energía+medioambiente, y seleccionando tan solo unos pocos (uno o dos) que serán abordados con más profundidad.

Además, otro objetivo de igual importancia es hacer ver a los estudiantes participantes que la nanotecnología tiene también un lado menos positivo, como ocurre con prácticamente todas las tecnologías. El automóvil, los productos químicos o las centrales nucleares, son ejemplos de tecnologías que han aportado progreso a la humanidad pero que llevan implícitos muchos riesgos, que debemos gestionar de una forma adecuada, para al finar hacer balance entre los beneficios y los riesgos y decidir sobre la forma en que deben usarse, las regulaciones a las que deben estar sometidas. Tener en cuenta estos aspectos durante el desarrollo del trabajo es un aspecto que será valorado positivamente.

En resumen, se trata de aprovechar la fascinación que produce lo diminuto para fomentar la curiosidad por la ciencia, aumentar los conocimientos sobre las tecnologías que nos van a rodear a medio-largo plazo, y fomentar el espíritu crítico de los participantes, que serán los ciudadanos del futuro de nuestro país, algunos como consumidores y usuarios, otros como emprendedores, otros como investigadores científicos y, los menos, quizás como líderes políticos. En la segunda sección de este documento se repasan los principales aspectos que caracterizan a la nanotecnología. La tercera sección se dedica a esbozar varias ideas sobre el tema planteado en esta edición del Programa Investiga I+D+I. La cuarta sección plantea una serie de preguntas y temas particulares que pueden utilizarse para ser debatidos en las aulas y participar en el Foro abierto del Programa Investiga I+D+I. Las ideas que se intercambien entre los participantes serán la semilla de los trabajos que los alumnos desarrollarán más adelante. La quinta sección

proporciona unos consejos sobre la elaboración de los trabajos. Se termina el documento con un pequeño conjunto de referencias que pueden ser útiles.

### **Nanociencia y Nanotecnología: aspectos claves.**

¿Qué es la "nanociencia"? De forma sencilla, se puede definir la "nanociencia" como la acumulación estructurada de conocimientos interconectados que permiten entender cómo funciona la naturaleza cuando es observada a una escala diminuta, la denominada "nanoescala", es decir, cuando se observan objetos con un tamaño de unos cuantos nanómetros y se estudian sus propiedades. Por cierto un nanómetro es una unidad de longitud realmente pequeña: 1 nanómetro equivale a 0,001 micrómetros o micras, a 0,000001 milímetros, o a 0,000000001 metros. Se puede escribir la misma cadena de equivalencias usando notación científica:  $1 \text{ nm} = 10^{-3} \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ mm} = 10^{-9} \text{ m}$ . Es evidente que el prefijo "nano" (del griego "nanos", diminuto) se utiliza para referirse a las cosas muy, pero que muy, pequeñas.

Por su parte la "nanotecnología" va más allá de la nanociencia, y pretende convertir los conocimientos básicos que la ésta nos proporciona en relación con las nuevas propiedades de los materiales para mejorar los bienes y los productos actuales o proponer otros radicalmente nuevos. De esta forma queda claro que la nanotecnología tiene que ver esencialmente con la aplicación del conocimiento que surge de la nanociencia. La generación del conocimiento requiere grandes inversiones, que pueden retornar como beneficios, si dicho conocimiento se pone en marcha. La generación del conocimiento se desarrolla fundamentalmente en universidades y centros de investigación, mientras que la aplicación del conocimiento se deberá desarrollar en centros tecnológicos y empresas.

Muchas veces se piensa que la nanociencia y la nanotecnología son términos modernos o casi futuristas, con los que nos encontramos de bruces en comics, películas, novelas o series de televisión. Sin embargo, no son tan novedosos ya que las investigaciones en nanociencia llevan fraguándose en los laboratorios de investigación durante casi cincuenta años. Ya en el año 1959, el Premio Nobel de Física Richard Feynman anticipó muchos de los conceptos e instrumentos que se manejan actualmente en esta fascinante disciplina. Sin embargo, es cierto que ha sido durante los últimos 15-20 años cuando la nanociencia y la nanotecnología han experimentado un espectacular impulso por parte de gobiernos, instituciones y empresas, que se han percatado de sus enormes posibilidades. A modo de ejemplo mencionaré que la primera iniciativa de grandes dimensiones para fomentar la nanotecnología se puso en marcha en los EE.UU. y se denominó la National Nanotechnology Initiative (<http://www.nano.gov/>). Este interés se ha plasmado en enormes inversiones con las que se han puesto en marcha nuevos laboratorios, se han formado científicos e ingenieros expertos en estas temáticas, se han realizado prototipos y demostradores, etc. Dado que el término "nanotecnología" es el que más ha impactado en los medios de comunicación y en la sociedad, a partir de este momento será el que se use en este documento tanto para referirse a los aspectos básicos como más aplicados.

La nanoescala, que también suele denominarse "nanomundo", es un escenario habitado por diferentes tipos de "nanoobjetos" y "nanoestructuras", entre los que podemos incluir átomos, moléculas, nanopartículas, nanotubos de carbono, el grafeno, nanohilos metálicos y semiconductores, cadenas de ADN, proteínas, ribosomas, virus, etc. Esta "nanofauna" es interesante porque manifiesta una serie de fenómenos que no se pondrían de manifiesto si su tamaño fuese mucho mayor. Esto es lo que da a todo lo "nano" un gran valor añadido con respecto a los

“micro” o lo “macro” y por eso se dice que lo “nano” es diferente. ¿Para qué se iba a tener interés en lo pequeño, desde un punto de vista tecnológico, si no tuviese un elevado valor añadido?

Pero ¿por qué aparecen estas nuevas propiedades? Hay varias razones. Por un lado se sabe que los átomos de las superficies se comportan de una forma diferente a la de los átomos que se encuentran en el interior del objeto, ya que unos y otros tienen diferentes entornos. A medida que un objeto se hace más y más pequeño se observa como la proporción de átomos de la superficie aumenta más y más. Por ejemplo en una nanopartícula de 100 nm de diámetro, un 1-2% de sus átomos están en la superficie, mientras que en una nanopartícula de 3 nm ese porcentaje crece hasta aproximadamente el 60%. Se puede decir que la nanopartícula de 3 nm es más superficie que volumen. Por lo tanto, a medida que un objeto se hace más pequeño el peso de las propiedades de la superficie empieza a ser más y más importante y el papel de los átomos del interior es menos relevante.

Sin embargo no sólo se trata de la importancia de las superficies, sino que, además, a medida que el tamaño de los objetos se hace más y más pequeño, aparecen otros fenómenos que sólo la intrigante Mecánica Cuántica puede explicar. La Mecánica Cuántica deben entenderse como el “manual de leyes y reglas” que los científicos han escrito para entender la naturaleza, reglas y leyes que explican cómo se forman las moléculas y otros objetos más y más complejos, y cómo estos objetos reaccionan frente a deformaciones mecánicas, campos eléctricos, campos magnéticos o la luz. Pero no hay que alarmarse ya que los participantes del Programa Investiga IDI no van a tener que estudiar los fundamentos de esta apasionante disciplina (solo los que más adelante estudien física, química, o ingeniería electrónica o de telecomunicaciones podrán profundizar en su conocimiento). Por ahora deben saber que en

los nanoobjetos aparecen una serie de efectos "cuánticos" que les proporcionan interesantes propiedades. Por ejemplo, los efectos cuánticos hacen que los electrones que se mueven dentro de una nanopartícula únicamente puedan poseer ciertas energías, que llamamos niveles permitidos de energía. Además, a medida que el nanoobjeto se hace pequeño los valores permitidos para estas energías van cambiando. Como consecuencia muchas propiedades eléctricas, magnéticas u ópticas, que dependen de estos niveles de energía, también se modifican a medida que cambia el tamaño del objeto. Por ejemplo, las nanopartículas de ciertos materiales semiconductores cambian de color a medida que su diámetro crece, pasando por casi toda la gama de colores del arco iris.

Los efectos que se han mencionado anteriormente se denominan "efectos de tamaño" y resultan bastante perturbadores, ya que para cada tamaño y forma que de un nanoobjeto éste muestra propiedades diferentes. Esto, que parece un descontrol, en realidad es la gran fuerza de la nanotecnología: si se controla el tamaño y la forma de un nanoobjeto, se pueden controlar sus propiedades y entonces estaremos en condiciones de sacar más provecho de ellas. La idea es fascinante. Por eso, el objetivo último de la nanotecnología es controlar, mediante metodologías físicas y químicas, la forma, tamaño y orden interno de los nanoobjetos y nanoestructuras para modificar a voluntad sus propiedades. Por ejemplo, controlando el tamaño y forma de los nanoobjetos se puede modificar su conductividad eléctrica, su color, su reactividad química, su elasticidad, etc. Se dice que podemos fabricar "materiales a medida" o que podemos "sintonizar" (o "tunear" en argot más juvenil) las propiedades de los materiales a nuestra voluntad. Este control de la materia a escala nanométrica se está mejorando continuamente gracias a poderosas herramientas físicas y novedosas reacciones químicas, que permiten fabricar nanodispositivos y sintetizar nanomateriales. Además, sofisticados instrumentos nos permiten

observar lo que ocurre en el nanomundo. Entre estos instrumentos podemos destacar los nuevos microscopios electrónicos de transmisión, el microscopio de efecto túnel (STM), el microscopio de fuerzas atómicas (AFM) o los poderosos microscopios electrónicos de última generación. Estas herramientas permiten la observación e incluso, en algunos casos, la manipulación directa de átomos y moléculas. Desde hace casi 25 años, el ser humano ya sabe cómo manipular los átomos, uno a uno, para realizar pequeñas estructuras artificiales. ¡La nanotecnología se ha hecho mayor delante de nuestras narices y se puede decir que en breve entrará en su madurez!

Las ideas y herramientas que se usan en nanotecnología evolucionando de manera imparable gracias a las aportaciones que realizan biólogos, químicos, físicos, ingenieros, matemáticos y médicos. La nanotecnología es un campo absolutamente multidisciplinar, abierto en muchos frentes. Esto es así porque los componentes de la materia, átomos y moléculas, son los mismos para todas estas especialidades científicas. En la nanoescala todos usamos los mismos "ladrillos" fundamentales: átomos y moléculas. A dicha fusión de disciplinas se le denomina "convergencia tecnológica". La nanotecnología es un gran proceso de convergencia, que actualmente se sigue fraguando. Por otro lado no se debe olvidar que la biología juega un papel clave dentro de la nanotecnología, ya que la vida en sí misma es nanotecnología pura. No hace falta más que observar el interior de una célula para darse cuenta que realiza todas sus funciones gracias a "máquinas nanométricas", que funcionan a la perfección gracias a larguísimo proceso evolutivo. Además, la biología nos presenta ante nuestros ojos un gran arsenal de soluciones y estrategias que nos permiten resolver problemas concretos. La biología es una inagotable fuente de "bioinspiración" que puede aportar soluciones a problemas que se presentan en otras áreas como la ciencia de materiales o la química.

Para terminar esta larga introducción no se debe olvidar mencionar que los "nanoproductos" concebidos a partir de la nanotecnología están invadiendo poco a poco la totalidad de los sectores económicos: materiales, electrónica, informática y comunicaciones, energía y medioambiente, transporte, construcción, sector textil, biotecnología, salud, agricultura, alimentación, etc. Se dice que la nanotecnología es "transversal y ubicua". La nanotecnología ya comienza a ser un gran negocio y se puede afirmar que el futuro será, en parte, "nano". En este nuevo contexto, es muy importante tener en cuenta los posibles efectos secundarios (generalmente negativos) que pueden tener los avances de la nanotecnología. Estos posibles impactos negativos no son exclusivos de la nanotecnología, todas las tecnologías tienen su cara amable y su lado oscuro: la energía nuclear, las centrales térmicas, los vehículos, los aviones, etc. En el caso de la nanotecnología se sabe que ciertos nanomateriales son potencialmente peligrosos para la salud y el medioambiente. Es muy importante que el uso de las nanotecnologías sea lo más inocuo posible para todos, por lo que se están haciendo estudios para lograr que no sean percibida como una amenaza por la sociedad, frenando así expectativas sobre su desarrollo. Es muy importante estar informados de los pros y los contras de cada tecnología para que, como ciudadanos formados y críticos, podamos conocer las repercusiones de todo tipo que los nanoproductos puedan tener, y así exigir que haya normativa y reglamentación adecuadas que garanticen una fabricación, una comercialización, un consumo y un reciclado seguros tanto para las personas como para el medioambiente.

### **Energía y medioambiente: dos grandes retos para la humanidad.**

Desde el neolítico, los hombres han desarrollado tecnologías que se aplican en la fabricación de materiales y productos que nos permiten tener mejor alimentación, mejor salud, mayor capacidad de transporte, ciudades con más servicios, etc. Muchas de estas tecnologías comenzaron, sin embargo, cuando el ser humano pudo dominar el

fuego, la primera fuente de energía gestionada de manera voluntaria por los hombres. En realidad no podemos hablar de fuentes de energía porque la energía se transforma de una forma en otra. Si nos ponemos a pensar, en realidad el acceso a la energía es la base de prácticamente todo. Sin el acceso a energía no podríamos sobrevivir, ni tener la sociedad que ahora hemos configurado. En un principio la energía se gestionaba transformando la energía química que almacena en la leña en energía calorífica que permite calentar cosas o evaporar agua, también se usaban algunos grasas o aceites naturales y aceites minerales, más tarde se comenzó a usar la energía almacenada en el subsuelo bajo forma de carbón o de petróleo, también se aprovechó la energía potencial que almacena el agua en embalses, y el siglo XX vio la aparición de la energía atómica. A finales del siglo XX e inicios del siglo XXI se han comenzado a usar otras fuentes de energía, llamadas renovables, que minimizan el impacto medioambiental (emisión masiva de CO<sub>2</sub> y de otros gases) que tienen los procesos de combustión de la leña, del carbón o de los derivados del petróleo. Si reflexionamos un poco nos daremos cuenta que tanto la madera, como el carbón o el petróleo no son más que depósitos de energía solar del pasado, que las plantas y microorganismos supieron convertir en energía química. El sol también evapora el agua que luego llena embalses, también produce el calentamiento del aire que permite crear el viento que aprovechamos en aerogeneradores, o es imprescindible para el crecimiento de las plantas de las que se obtienen biocombustibles. El sol tiene un papel fundamental en el desarrollo de la humanidad.

Ya he comentado que la combustión masiva de carbón y derivados del petróleo ha sido clave para el desarrollo de nuestras sociedades desde el siglo XVIII pero ha generado problemas como el aumento de los niveles de CO<sub>2</sub>, claramente vinculados al aumento de la temperaturas en todo el planeta, el aumento de fenómenos meteorológicos extremos, y el innegable cambio climático. El bienestar generado por el acceso a las

fuentes de energía ha hecho posible el aumento exponencial de la población en estos últimos 150 años, aumentando la necesidad de producción de alimentos, la conversión de bosques en terrenos cultivables, la construcción de más y más asentamientos humanos, de carreteras que los conectan, de infraestructuras para transportar energía o señales para comunicarnos...El impacto del ser humano en el medioambiente es más que evidente. Además hay que tener en cuenta que hasta hace medio siglo solo unos pocos países y una fracción relativamente pequeña de la humanidad (un 20%-25%) podían considerarse sociedades tecnológicamente avanzadas, y consumidoras de recursos naturales, pero una gran cantidad de países, que no tenían el nivel de desarrollo de EE.UU., Canadá, Japón, Alemania, Francia, Reino Unido, etc., han seguido una senda de desarrollo similar a la de los países "ricos" acelerándose el uso de fuentes convencionales de energía y el impacto sobre el medioambiente.

A principios de los años 80 se necesitaba hacer una reflexión profunda sobre el modelo de desarrollo basado en el consumo sin límites y la explotación extrema de recursos naturales, hacia dónde nos llevaba, y si había alternativas. Esta reflexión dio lugar, en 1987, a un informe que fue elaborado por una comisión de expertos de diferentes nacionalidades para la ONU. Dicha comisión estaba encabezada por la doctora de origen noruego G.H. Brundtland.El informe se llamó originalmente "Nuestro Futuro Común" ("OurCommonFuture"). Este informe, sin embargo, ha pasado a conocerse de forma más coloquial como "Informe Brundtland" y en sus páginas se utilizó por primera vez el término "Desarrollo Sostenible", definido como aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones. El Informe Brundtland analiza las políticas de desarrollo propias de la economía globalizada, que aunque proporcionan un avance social amplio tienen un impacto medioambiental muy alto. El informe propone un modelo de desarrollo sostenible basado en una serie de premisas: (i) La

conservación de nuestro planeta no poniendo en peligro los ecosistemas, la flora y fauna, que en él se encuentran; (ii) El desarrollo apropiado que no afecte sustantivamente los ecosistemas; (iii) La renuncia a los niveles de consumo excesivos y que no están al alcance de todos los individuos; (iv) Lograr el crecimiento económico de los países pobres; (v) Establecer un control demográfico, referido principalmente a las tasas de natalidad; (vi) Usar los recursos no renovables de la forma más eficiente posible; (vii) Paz, igualdad, y respeto hacia los derechos humanos; y (viii) Democracia.

En 1992 se llevó a cabo la Conferencia Sobre Medio Ambiente y Desarrollo en Río de Janeiro. En dicha conferencia se proclama la "Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo", que profundizó y aclaró el concepto de desarrollo sostenible. Durante la década de los 1990 se maduraron las propuestas que tendrían que dar impulso a todas las ideas que hay detrás del concepto de Desarrollo Sostenible. En el año 2000, la ONU adoptó los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), que fueron la iniciativa con la que defender los principios de dignidad humana, igualdad y equidad, y de liberar al mundo de la pobreza extrema, que son parte de Desarrollo Sostenible. El año 2015 se demostró que no se había logrado alcanzar todas las metas propuestas en los ODM. Ante este incumplimiento, la ONU no cejó su empeño y en septiembre de 2015 representantes de 193 países adoptaron un compromiso histórico al aprobar los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que fueron consensuados después de más de 3 años de negociaciones entre los representantes de todos los países miembros de la ONU, Organizaciones No Gubernamentales, y otros agentes sociales. En líneas generales, los ODS pretenden, al igual que los ODM, acabar con la pobreza, combatir la desigualdad y luchar contra el cambio climático para los próximos 15 años, con el fin de lograr una vida digna para todos sin que nadie se quede atrás. La nueva estrategia debe desarrollarse entre 2016 y 2030. La lista de los ODS es larga, pero se

van a seleccionar solo aquellos relacionados con la temática energía+medioambiente:

- Objetivo 6. Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.
- Objetivo 7. Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.
- Objetivo 9. Construir infraestructuras duraderas, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano, con especial hincapié en el acceso equitativo y asequible para todos.
- Objetivo 11. Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, duraderos y sostenibles.
- Objetivo 13. Adoptar medidas urgentes contra el cambio climático mediante la educación y sensibilización de las personas y la negociación de acuerdos y medidas nacionales e internacionales para actuar todos juntos contra el cambio climático; minimizando su impacto en la vida de las personas.
- Objetivo 14. Conservar y utilizar en forma sostenible los océanos y mares.

Está claro que se trata de unos objetivos muy ambiciosos y que se espera que todos los gobiernos y organizaciones, junto con todos los habitantes del planeta, se impliquen (nos impliquemos) en su consecución. El tema del cambio climático y la sostenibilidad no solo incumbe a los gobiernos, es un tema que involucra a la sociedad desde sus bases. Instituciones como la ONU o la Iglesia Católica o entidades como Green Peace, nos llaman la atención sobre estos temas y la necesidad de tomar medidas concretas. De particular interés es la Carta Encíclica Laudato SI' del Papa Francisco I sobre "El cuidado de la casa común" donde aborda con valentía temas como la contaminación, el cambio climático, el reciclado de residuos, etc.

Parece que es evidente que el tema propuesto este año, de la energía y del medioambiente, es clave para el futuro de la humanidad, que requiere una gran concienciación por parte de todos e implica poner en práctica políticas concretas que permitan el desarrollo y uso de nuevas tecnologías que permitan re-equilibrar los daños producidos por nuestra especie en el planeta, a la vez que se asegura nuestra supervivencia en el mismo de una manera digna. Y ¿qué papel puede jugar la nanotecnología en todo esto? Precisamente esto es lo que tiene que averiguar el participante en este certamen, aunque en la siguiente sección damos unas pistas.

### **Temas para reflexionar, debatir y desarrollar en los trabajos.**

A estas alturas ya conocemos los dos temas de trabajo, por un lado la nanotecnología, por otro los retos energéticos y medioambientales. Ahora necesitamos conectarlos. Hemos visto que la nanotecnología, de carácter transversal y multidisciplinar, proporciona soluciones en la práctica totalidad de sectores económicos: salud, energía, automóvil, espacio, alimentación, cosmética, seguridad, agricultura, etc. La nanotecnología, que se vislumbra como la impulsora de una nueva revolución, se potenciará aún más cuando entre en convergencia con la biotecnología, las tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC), y los avances en neurociencias. Sin embargo, la nanotecnología no tiene una aplicación directa sino a través de los materiales y dispositivos que se van a emplear, a su vez, para sectores como la electrónica, las comunicaciones, la construcción, la energía, etc. Como se ha dicho antes, la nanotecnología es una tecnología transversal, que se aplica en muchos sectores y que estará "oculta" en muchos materiales y dispositivos, que tendrán aplicaciones sorprendentes.

Es evidente que el ámbito de aplicaciones de lo "nano" es muy extenso y que se requiere poner el foco en algunas de las aplicaciones o en algunos de los nanomateriales que son protagonistas de la nanotecnología. A la vista de lo expuesto en la sección anterior es evidente que la nanotecnología tiene mucho que decir en temas relacionados con la gestión de la energía y del medioambiente. Los trabajos que deben desarrollar los participantes de esta edición del Programa Investiga I+D+I deben basarse en indagaciones y consultas en artículos de investigación, artículos de prensa, cientos de páginas web, blogs, etc. y otro tipo de documentos que tratan sobre como la nanotecnología puede contribuir a mejorar nuestro aprovechamiento de los recursos energéticos a la vez que frenamos el deterioro del planeta. Los trabajos deben tratar aspectos que permitan responder a algunas de las preguntas (no a todas, que es imposible en un trabajo) que se plantean en esta lista:

- ¿Qué tipo de nanomateriales o nanodispositivos se van a emplear en la sustitución de los combustibles fósiles para dar paso al uso extensivo de las energías renovables?
- ¿Qué ejemplos de aplicación hay ya a nivel de prototipo o incluso comercial?
- ¿Cómo pueden usarse las nanotecnologías para garantizar el acceso a agua potable en aquellos sitios en los que ahora hay dificultades para encontrarla?
- ¿Cómo se usará la nanotecnología para la depuración de contaminantes tanto en agua como en atmósfera?
- ¿La nanotecnología permitirá construir edificaciones que requieran menos consumo energético tanto en la fase de construcción como durante su periodo de uso?
- ¿Cómo afectará la nanotecnología en el desarrollo de transportes más ecológicos y menos contaminantes?
- ¿Se podrán sustituir sistemas de producción actuales (basados en el uso de materias primas escasas, grandes cantidades de energía,

y emisores de contaminantes) por otros menos agresivos para el medioambiente, con ayuda de la nanotecnología?

- La producción en masa y uso de nanomateriales (como las nanopartículas, los nanotubos de carbono o el grafeno) ¿va a ser causa de problemas medioambientales que agraven la situación actual? ¿Cómo podemos evitarlos?

Seguramente el participante encontrará abundante información sobre materiales o dispositivos que den respuesta a algunas de estas preguntas. Algunos ejemplos de temas concretos que pueden aparecerán en las búsquedas y que pueden desarrollarse en el trabajo son:

- el uso de nanopartículas magnéticas para depuración de aguas
- membranas basadas en grafeno materiales nanoestructurados porosos para la depuración o desalación de agua
- los puntos cuánticos para ser usados en nuevas generaciones de paneles solares
- nanomateriales como el grafeno para mejorar la eficiencia de celda solares orgánicas
- los diodos LED / OLED como sistema ubicuo de iluminación
- el grafeno como material para ser usado en diferentes partes de baterías o de supercondensadores tanto de Litio como de Sodio
- materiales nanoestructurados que permiten hacer cables superconductores para ahorrar en el transporte de electricidad
- sistemas basados en nanoelectrónica capaces de realizar fotosíntesis artificial eficiente
- catalizadores más eficientes para reducir emisiones de gases nocivos de nuestros vehículos
- materiales nanocompuestos más ligeros y resistentes para ser usados en las aspas de los aerogeneradores, en fuselaje de aviones o en vehículos

- nanomateriales para ser usados en pilas de combustible de hidrógeno
- nanofluidos o grafeno para mejora de la conductividad térmica
- nanomateriales que mejoran el aislamiento térmico de productos textiles y viviendas

Como puede verse las temáticas de los trabajos que pueden hacerse son muy amplias y corresponde al participante en el certamen detectar un tema de intersección, bucear en él y sus diferentes aspectos, para elaborar un informe que refleje sus principales hallazgos y las principales conclusiones a las que llega. Evidentemente, además de los anteriores aspectos, los participantes se plantearán nuevas preguntas y nuevas respuestas, que proporcionarán un gran valor añadido y originalidad a sus trabajos.

### **Consejos generales**

Para facilitar la vida al experto que supervisará el trabajo se recomienda tener en cuenta las siguientes pautas:

- Realizar el trabajo intentando enfocarse en el tema propuesto evitando extenderse en otros temas como las aplicaciones de la nanotecnología en medicina, en deporte, en alimentación, etc.
- El trabajo debe ser concreto, no muy largo, evitando introducciones a la nanotecnología demasiado largas. Se recomienda un máximo de 25 páginas.
- Estructurar el trabajo en secciones y sub-secciones bien diferenciadas, que respondan a una lógica argumentativa..
- Escribir con claridad, sin faltas de ortografía y una buena sintaxis.
- Evitar el plagio de otros trabajos o de páginas web. El "corta-pegar" no está permitido. Las frases que se usen literalmente deben ser entrecorilladas y su fuente tiene que ser citada convenientemente.

- Realizar una buena selección (no es necesario que sea muy larga) de referencias. Intentar minimizar las referencias a noticias publicadas en medios de comunicación, e ir a las fuentes originales (grupos de investigación, universidades, etc). En la referencia indicar título, autor, fecha y enlace web.
- Incluir fotos o imágenes (citando su procedencia) solo si están relacionadas con el texto escrito. No incluir imágenes por ilustrar, sin más, ni incluir toda una batería de imágenes al final. Hay que procurar insertar cada imagen o foto en el sitio donde corresponda con su pie de figura.
- Si es posible, es recomendable incluir alguna actividad o experiencia de producción propia: encuestas y su análisis, entrevista a investigadores, informe de visita a laboratorio, experimento realizado en el aula, etc.
- También es muy importante incluir reflexiones y opiniones propias (razonadas) en el trabajo.
- En el documento debe quedar claro el título del trabajo, la línea temática, la autoría y el colegio o instituto de procedencia.

### **Referencias y materiales de apoyo**

Antes de pasar a enumerar algunas referencias de posible utilidad, hay que mencionar que un buscador en internet encuentra decenas de millones de sitios relacionados con la nanotecnología. En éste como en otros temas lo que sobra es información y, por tanto, se debe ser cauto a la hora de seleccionar las fuentes de información más adecuadas, siendo esta fase de gran importancia para la correcta realización del trabajo de investigación. Las referencias que se muestran están relacionadas con la nanotecnología en general y se han añadido algunas relacionadas con el tema propuesto en esta edición. La búsqueda de referencias veraces y útiles sobre los temas planteados es parte del trabajo que debe desarrollar cada alumno participante. Estas referencias, junto con aquellas que se comparten en el foro, son tan solo

el punto de partida de un largo camino que durará varios meses. ¡Buena suerte!

### **Enlaces relacionados con el tema “Nanotecnología”**

- Guías elaboradas en ediciones pasadas del Programa Investiga IDI para la temática de Nanotecnología, junto a algunas de las presentaciones efectuadas por los alumnos finalistas, se pueden descargar en:
  - <http://www.fundacionsanpatricio.com/investiga/pdf/Guiananociencia.pdf>
  - <http://www.fundacionsanpatricio.com/investiga/pdf/guias2011/GUIANANOTEKNOLOGIAPARALAALIMENTACIONYELCONSUMO.pdf>
  - [http://www.fundacionsanpatricio.com/investiga/pdf/guias2012/GUIA\\_NANO-ROBOTS.pdf](http://www.fundacionsanpatricio.com/investiga/pdf/guias2012/GUIA_NANO-ROBOTS.pdf)
  - <http://www.fundacionsanpatricio.com/investiga/pdf/nuevosmaterialesparaeldeporte.ppt>, <http://www.fundacionsanpatricio.com/investiga/pdf/PresentacionNanotecnologia.ppt>,
  - <http://www.fundacionsanpatricio.com/investiga/pdf/LINEA%204%20-%20NANO.ppt>
  - [http://www.fundacionsanpatricio.com/investiga/pdf/guias2014-15/GUIA4\\_INTRODUCCION\\_NANOTEKNOLOGIA-NANO\\_QUE\\_LLEVAMOS.pdf](http://www.fundacionsanpatricio.com/investiga/pdf/guias2014-15/GUIA4_INTRODUCCION_NANOTEKNOLOGIA-NANO_QUE_LLEVAMOS.pdf)
- “Unidad Didáctica de Nanociencia y Nanotecnología” (J.A. Martín-Gago, E. Casero, C. Briones y P.A. Serena, FECYT, 2008). Disponible de manera gratuita en versión digital en la página web <http://www.fecyt.es> o en la dirección <http://www.oei.es/salactsi/udnano.pdf>
- Presentación de P.A. Serena sobre la nanotecnología (formato Power Point). Disponible en <http://www.fundacionsanpatricio.com/investiga/pdf/presentacione>

s2013-14/PresentacionNanotecnologia-

AutorExpertoPedroSerena.ppt

- Presentación de P.A. Serena sobre la nanotecnología (formato PDF). Disponible en [http://www.fundacionsanpatricio.com/investiga/pdf/presentaciones14\\_15/PresentacionNanotecnologiametodologiasymaterialesparaelaula.PedroSerena.pdf](http://www.fundacionsanpatricio.com/investiga/pdf/presentaciones14_15/PresentacionNanotecnologiametodologiasymaterialesparaelaula.PedroSerena.pdf)
- "La Nanotecnología" (P. A. Serena, Colección "Qué sabemos de...", Editorial La Catarata y el CSIC, Madrid, 2010).
- "El nanomundo en tus manos" (J.A. Martín Gago, C. Briones, E. Casero y Pedro A. Serena, Colección Drakontos, Editorial Crítica, 2014).
- "Los Riesgos de la Nanotecnología" (M. Bermejo y P. A. Serena, Colección "Qué sabemos de...", Editorial La Catarata y el CSIC, Madrid, 2017).
- Serie de televisión "Qué sabemos de la nanotecnología". Universidad Nacional de Educación a Distancia y CSIC. Esta serie consta de 17 capítulos a los que se puede acceder mediante el enlace <https://canal.uned.es/serial/index/id/875>
- En la página web <http://product.statnano.com/> hay un inventario de productos de la Nanotecnología en el que ya se mencionan más de 8000 productos que contienen algún tipo de nanocomponente.
- Otro inventario de productos (más de 3000) en <http://nanodb.dk/>
- La belleza del nanomundo puede observarse en la galería de imágenes finalistas del concurso internacional SMPAGE, coorganizado por el CSIC y la Universidad Autónoma de Madrid (<http://www.icmm.csic.es/spmage> ). Estas galerías son de libre uso.
- El diario "El Mundo" tiene una sección completa dedicada a la nanotecnología llena de noticias, artículos y entrevistas. <http://www.elmundo.es/elmundo/nanotecnologia.html>
- En España, una gran parte de los grupos de investigación que trabajan en la temática de la nanotecnología se encuentran

agrupados en la Red Española de Nanotecnología (NANOSPAIN) (<http://www.nanospain.org>). En la sección "Members" pueden identificarse más de 370 grupos que trabajan en este tema, lo que puede ser de interés para realizar entrevistas que pueden incluirse como parte del trabajo.

- Iniciativa Nacional de Nanotecnología de los EE.UU. (NNI, <http://www.nano.gov/>). Hay una sección interesante dedicada a temas educativos con muchos recursos.

### **Enlaces relacionados con el tema "Energía y Medioambiente".**

- Informe Brundtland. "Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future", Organización de las Naciones Unidas, 1987. Disponible en: <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>
- ONU, Objetivos de desarrollo sostenible (2016–2030). Enlace en <http://www.un.org/es/millenniumgoals/beyond2015-news.shtml>
- ONU. "Proyecto de documento final de la cumbre de las Naciones Unidas para la aprobación de la agenda para el desarrollo después de 2015". [http://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/2030\\_agenda\\_es.pdf](http://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/2030_agenda_es.pdf)
- Nanotecnología en el Programa Horizonte 2020 de la Unión Europea ([http://ec.europa.eu/research/industrial\\_technologies/nanoscience\\_and-technologies\\_en.html](http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/nanoscience_and-technologies_en.html)).
- "WTEC Panel Report on Nanotechnology Research Directions for Societal Needs in 2020 Retrospective and Outlook", September 30, 2010, Editors Mihail C. Roco, Chad A. Mirkin, Mark C. Hersam, WTEC, NSF, EE.UU. ([http://www.nano.gov/sites/default/files/pub\\_resource/wtec\\_nano\\_2\\_report.pdf](http://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/wtec_nano_2_report.pdf)). En este informe se señala el impacto de la

nanotecnología tema a tema. Puede ser una buena guía para que el profesor oriente a los alumnos.

- European Nanotechnology landscape report, ObservatoryNANO, 2010 ([http://www.nanotec.it/public/wp-content/uploads/2014/04/ObservatoryNano\\_European\\_Nanotechnology\\_Landscape\\_Report.pdf](http://www.nanotec.it/public/wp-content/uploads/2014/04/ObservatoryNano_European_Nanotechnology_Landscape_Report.pdf)). En este informe se muestran muchas aplicaciones del tema "nano" en energía y medioambiente. Puede ser una buena guía para que el profesor oriente a los alumnos.
- "Un planeta en busca de energía" (Pedro Gómez Romero, Editorial Síntesis, 2007).
- <http://www.cienciateca.com/> (Web con bastantes artículos de divulgación sobre el tema de la energía y de la nanotecnología).
- "Nanotecnología y Energía" (National Nanotechnology Initiative – NNI, 2014, folleto en español dirigido a jóvenes) [https://www.nano.gov/sites/default/files/pub\\_resource/nano\\_energy\\_brochure\\_spanish\\_for\\_web\\_jan\\_28\\_2014.pdf](https://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/nano_energy_brochure_spanish_for_web_jan_28_2014.pdf)