

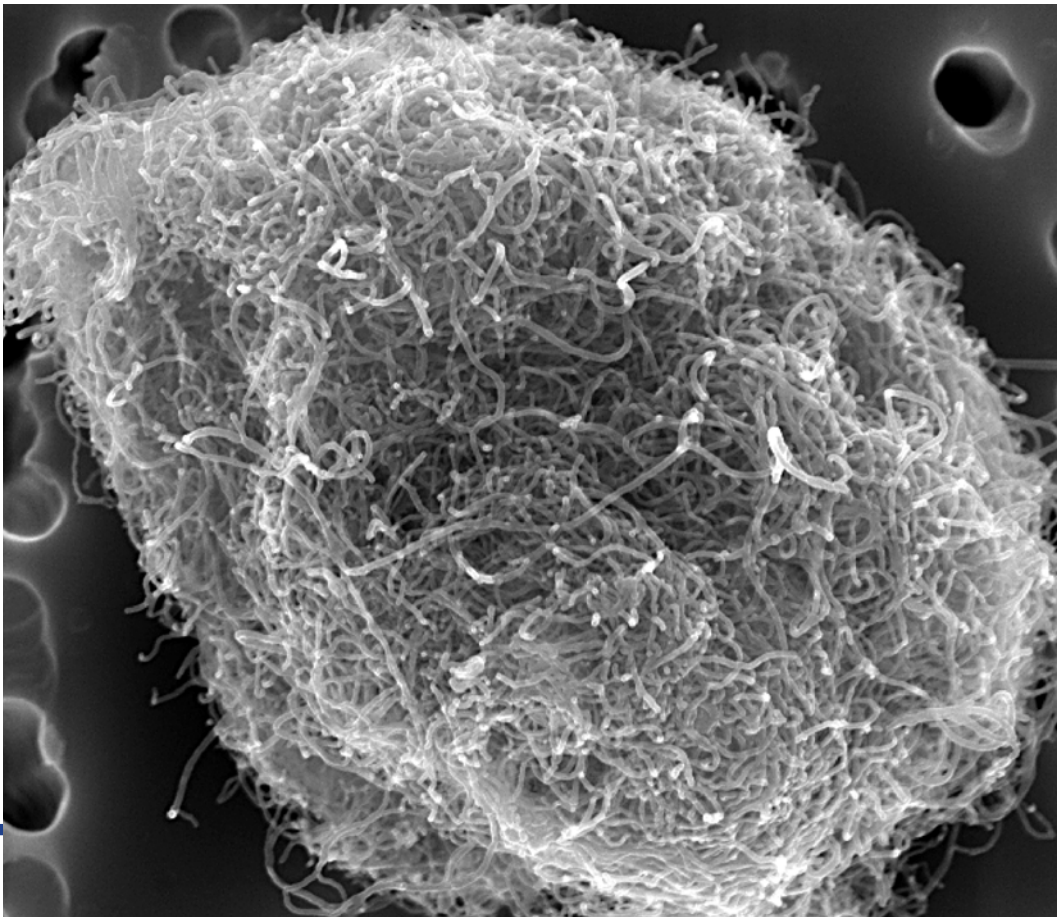


GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRABAJO, MIGRACIONES
Y SEGURIDAD SOCIAL



En colaboración con las Comunidades Autónomas



POTENCIAL EXPOSICIÓN A NANOMATERIALES EN ENTIDADES DE I+D+i

2019

Título:

Potencial exposición a nanomateriales en entidades de I+D+i, 2019

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Miren Agurtzane Zugasti Macazaga
Luz M^a Marcos Rico

Edita:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.
C/ Torrelaguna, 73 - 28027 Madrid
Tel. 91 363 41 00, fax 91 363 43 27
www.insst.es

Composición:

Servicio de Ediciones y Publicaciones del INSST

Edición:

Madrid, octubre 2019

NIPO (en línea): 871-19-090-1

NIPO (en papel): 871-19-089-9

Depósito legal: M-33322-2019

Hipervínculos:

El INSST no es responsable ni garantiza la exactitud de la información en los sitios web que no son de su propiedad. Asimismo la inclusión de un hipervínculo no implica aprobación por parte del INSST del sitio web, del propietario del mismo o de cualquier contenido específico al que aquel redirija.

Agradecimientos:

El INSST agradece la colaboración de los técnicos de las Comunidades Autónomas y la participación de las entidades de I+D+i en el estudio.

Catálogo de publicaciones de la Administración General del Estado:

<http://cpage.mpr.gob.es>

Catálogo de publicaciones del INSST:

<http://www.insst.es/catalogo-de-publicaciones>



POTENCIAL EXPOSICIÓN A
NANOMATERIALES EN ENTIDADES
DE I+D+i

2019

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. DESCRIPCIÓN DE LAS ENTIDADES	7
3. CARACTERÍSTICAS DE LA ACTIVIDAD CON NANOMATERIALES	9
3.1 Actividad con los nanomateriales	9
3.2 Tipos de nanomateriales utilizados	11
3.3 Adquisición y aplicaciones de los nanomateriales	15
4. MEDIDAS DE CONTROL COLECTIVAS	21
5. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	24
5.1 Equipos de protección respiratoria	24
5.2 Ropa de protección	26
5.3 Guantes de protección	26
5.4 Protección ocular	27
5.5 Datos globales del uso de equipos de protección individual	28
5.6 Información general sobre los equipos de protección individual	28
6. OTRA INFORMACIÓN DE INTERÉS	30
6.1 Información a los trabajadores de los riesgos	30
6.2 Existencia de procedimientos escritos de trabajo	30
6.3 Formación e información a los trabajadores	30
6.4 Información al Servicio de Prevención de Riesgos Laborales	31
6.5 Análisis conjunto de la información	31
6.6 Gestión de residuos	32
7. DATOS DESTACADOS DEL ESTUDIO	33
8. PROPUESTAS DE ACTUACIÓN PREVENTIVA	36
9. FUENTES BIBLIOGRÁFICAS	38

1. INTRODUCCIÓN

Los nanomateriales se caracterizan por tener propiedades únicas y diferentes a las del mismo material en escala no nanométrica, lo que hace que generen gran interés en la industria presentando valiosas aplicaciones en diferentes sectores como construcción, medicina, automoción, energía o cosmética, lo que implica que un gran número de trabajadores pudieran estar potencialmente expuestos a los mismos. En el año 2013, un grupo de expertos de la Unión Europea estimó que podría haber entre 300 000 y 400 000 trabajos en los que se están manipulando nanomateriales¹.

Actualmente, el enorme esfuerzo realizado en I+D+i supone que las actividades con nanomateriales estén evolucionando rápidamente y que, continuamente, se prueben y utilicen una gran variedad de nanomateriales cuyas características fisicoquímicas y morfológicas pueden ser muy diferentes entre sí. Asimismo, para la mayoría de esos materiales se desconocen sus efectos toxicológicos por lo que es necesario, desde el punto de vista preventivo, implementar medidas de control y de protección adecuadas con el objetivo de reducir al máximo posible el riesgo de exposición de los trabajadores durante la manipulación de los mismos.

El Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), basándose en iniciativas similares llevadas a cabo en otros países como Francia², Alemania³ o Reino Unido^{4,5}, ha promovido un estudio de investigación a nivel nacional con objeto de conocer la situación en cuanto al uso de nanomateriales en entidades de I+D+i y de las principales medidas preventivas adoptadas en esos lugares de trabajo. Este estudio, además de aportar una visión de los nanomateriales más investigados o utilizados en España, pretende detectar necesidades y asesorar sobre posibles deficiencias observadas, aportando una serie de propuestas preventivas que ayuden a mejorar las condiciones de seguridad y salud de los trabajadores de las entidades de I+D+i.

El estudio se ha realizado, inicialmente, en centros tecnológicos y de investigación y más adelante, podría ampliarse a otros ámbitos como el universitario, las empresas fabricantes de nanomateriales o las usuarias intermedias que incorporan nanomateriales en sus productos.

La recogida de información se ha realizado durante el año 2018 a través de una encuesta, previamente validada por el INSST en algunos de los centros de investigación y posteriormente, consensada con técnicos de las Comunidades Autónomas. Las encuestas se han llevado a cabo de manera presencial por dichos técnicos quienes previamente han recibido instrucciones sobre el tipo de información a recoger y la forma en la que registrar las respuestas de los encuestados con el objetivo de que la información obtenida sea lo más homogénea y comparable posible. Asimismo, para que la información proporcionada por las entidades sea completa, se ha propuesto que durante la entrevista estén presentes los investigadores y las personas responsables de prevención de riesgos laborales de la organización.

El cuestionario consta de 92 preguntas, la mayoría cerradas, que se han agrupado en cinco bloques para facilitar su análisis y descripción posterior. El primero de ellos corresponde a la información general de la entidad y al tipo de modalidad preventiva que dispone. El segundo bloque recoge información sobre el personal que trabaja directamente con nanomateriales y el número de trabajadores que pudieran entrar en contacto, en algún momento, con los mismos. En el tercero se obtienen datos sobre las características de la actividad con los nanomateriales en la entidad. A continuación, la encuesta recaba la información relacionada con las medidas de control y de protección implementadas en las zonas de trabajo donde se realizan actividades con nanomateriales. Por último, el cuestionario finaliza con un quinto bloque de preguntas generales sobre prevención de riesgos laborales.

La relación de las 71 entidades de I+D+i a participar en el estudio se ha obtenido a través de la información pública que facilitan la Fundación Phantoms, el Directorio de Centros Tecnológicos y Centros de Apoyo a la Innovación Tecnológica y el Centro de Investigación Biomédica en Red de Bioingeniería, Biomateriales y Nanomedicina. Es de destacar que las entidades han mostrado buena predisposición a participar en el estudio, obteniéndose un porcentaje de respuesta del 73 %, valor muy superior a otros estudios europeos en los que la participación media fue alrededor del 50 %, permitiendo disponer de la información de 52 entidades de I+D+i que se trata de forma conjunta.

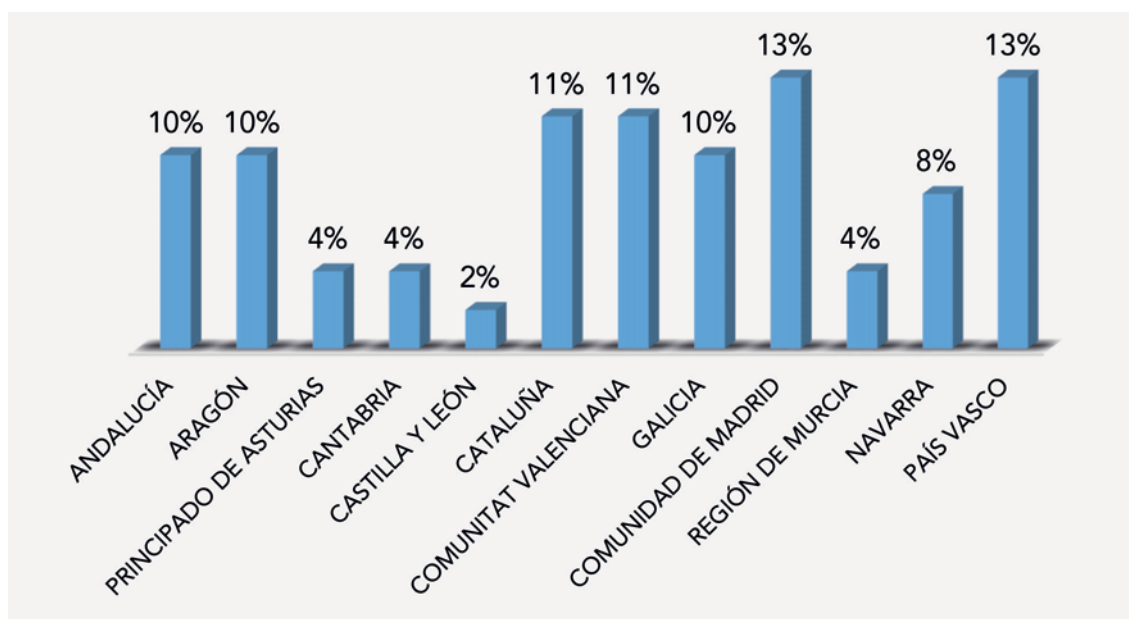
Este documento recoge los resultados del estudio que se han agrupado en cinco apartados: descripción de las entidades, características de la actividad con nanomateriales, medidas de control colectivas, equipos de protección individual y otra información de interés. En el apartado final del mismo, se incluyen los datos destacados del estudio y algunas propuestas de actuación preventiva que pudieran ser de interés para las entidades de I+D+i.

2. DESCRIPCIÓN DE LAS ENTIDADES

En este capítulo se describen las características de las entidades que han participado en el estudio. Para ello, se analizan variables como la Comunidad Autónoma a la que pertenecen las entidades, la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE), el año de fundación, el número de trabajadores y el tipo de modalidad preventiva de las entidades.

Los resultados del estudio muestran que, prácticamente, en todas las Comunidades Autónomas se están realizando actividades de I+D+i con nanomateriales y que el mayor porcentaje de ellas corresponde a las Comunidades de Madrid, País Vasco, Cataluña y Comunitat Valenciana (véase Gráfico 1).

Gráfico 1. Porcentaje de entidades participantes en el estudio por Comunidad Autónoma



Para abordar y sistematizar el estudio, considerando el código CNAE, las entidades se han agrupado en cuatro bloques:

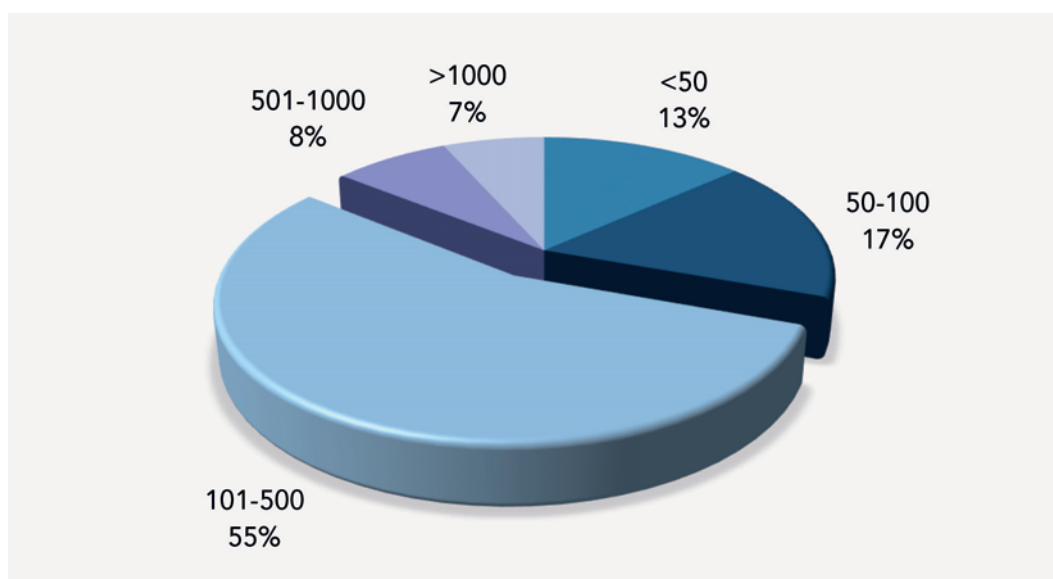
- Investigación y desarrollo experimental en ciencias naturales y técnicas: código 7219,
- Investigación y desarrollo en biotecnología: código 7211,
- Investigación biomédica/médica: código 7310, y
- Actividades generales de la Administración Pública: código 8411.

Al distribuir las entidades de I+D+i, que usan nanomateriales, en estos bloques, se observa que la mayor parte de ellas (84 %) corresponden a entidades agrupadas en ciencias naturales y técnicas, mientras que las relacionadas con la biotecnología o investigación biomédica suponen en conjunto algo menos del 15 % y las relacionadas con la administración pública el 2 % del total.

En cuanto al año de fundación de las entidades, la mayor proporción de ellas (39 %) indica que fue anterior a 1990, a continuación, las que lo hicieron entre 2001 y 2010 (35 %), seguidas de las fundadas entre 1990 y 2000 (18 %) y finalmente, el 8 % señala que iniciaron su actividad en esta última década. Es de destacar que en las dos últimas décadas se han fundado entidades, que suponen el 12 % de las que han participado en el estudio, cuya actividad se centra exclusivamente en las nanotecnologías.

Con respecto al número de trabajadores, los datos recogidos muestran que la mayoría de las entidades, el 55 %, tiene una plantilla entre 101 y 500 trabajadores (véase Gráfico 2).

Gráfico 2. Número de trabajadores en las entidades en porcentaje de las mismas



Por otra parte, analizando el tipo de modalidad preventiva más habitual de entre las posibles, es decir, la asumida por el empresario, por los trabajadores designados (TD), mediante servicio de prevención propio (SPP), como servicio de prevención mancomunado (SPM) o a través de un servicio de prevención ajeno (SPA), cabe señalar que en ninguna entidad se ha dado como respuesta la opción del empresario y que en varios casos la respuesta ha sido múltiple, es decir, SPA + TD; SPA + SPP o SPA + TD + SPP.

Al analizar más detalladamente el tipo de modalidad preventiva y relacionarla con el número de trabajadores en la entidad, se observa que la mayoría de las entidades que tienen hasta 500 trabajadores opta por un SPA como modalidad preventiva y las entidades con más de 500 trabajadores disponen de SPP (véase Tabla 1). Asimismo, este tipo de modalidad preventiva también lo tienen, en menor proporción, algunas entidades con menos de 500 trabajadores.

Tabla 1. Relación del número de trabajadores en la entidad con tipo de modalidad preventiva

Número de trabajadores		Modelo preventivo			
		Solamente SPP	Solamente SPM	Solamente SPA	SPA y otros
< 50	(13 %) ¹	14 %		72 %	14 %
50 - 100	(17 %) ¹	22 %		67 %	11 %
101 - 500	(55 %) ¹	21 %		55 %	24 %
> 500	(15 %) ¹	57 %	14 %		29 %

¹ Porcentaje de entidades participantes en el estudio.

SPP: Servicio de Prevención Propio.

SPM: Servicio de Prevención Mancomunado.

SPA: Servicio de Prevención Ajeno.

SPA y otros: Servicio de Prevención Ajeno + Trabajador Designado/SPP.

3. CARACTERÍSTICAS DE LA ACTIVIDAD CON NANOMATERIALES

En este capítulo se presenta, en primer lugar, la información relacionada con el año de inicio de la actividad con nanomateriales en las entidades, el aumento del uso de los mismos, el número de operarios que trabajan directamente con nanomateriales, el número de trabajadores de mantenimiento o limpieza que pudieran entrar en contacto con los mismos, el número de trabajadores presentes en la zona de trabajo, el número de horas anuales dedicadas a las operaciones con nanomateriales y el tipo de proyectos que se llevan a cabo.

En segundo lugar, se analizan los nanomateriales utilizados en las entidades, el número de ellos por entidad, el uso, las cantidades empleadas al mes, el tamaño de partícula primaria y el tipo de envase en el que se adquieren.

Por último, se completa la información sobre la forma de obtener el nanomaterial, las fichas de datos de seguridad, el tipo de operación que se realiza, las propiedades a investigar y los sectores de aplicación.

3.1 Actividad con los nanomateriales

La información sobre el año de inicio de la actividad con los nanomateriales se ha relacionado con el año de fundación de las entidades. Como se ha mencionado anteriormente, la mayoría de las entidades (74 %) que han participado en el estudio se han fundado en fechas anteriores a 1990 o bien, en el periodo 2001 a 2010. El inicio de la actividad con los nanomateriales para las entidades fundadas con anterioridad a 1990, se sitúa principalmente entre los años 2005 y 2010 con un porcentaje de respuesta del 55 %, mientras que el 88 % de las fundadas entre 2001 y 2010 indican que empezaron la actividad entre los años 2005 y 2015 (véase Tabla 2).

Tabla 2. Relación del año de fundación de la entidad con año de inicio de la actividad con nanomateriales

Año de fundación	Año de inicio de actividad con nanomateriales			
	2016 - 2017	2011 - 2015	2005 - 2010	< 2005
< 1990 (39 %) ¹		25 %	55 %	20 %
1990 - 2000 (18 %) ¹	12 %	22 %	44 %	22 %
2001 - 2010 (35 %) ¹		44 %	44 %	12 %
> 2010 (8 %) ¹	40 %	60 %		

¹ Porcentaje de entidades participantes en el estudio.

Con relación a si se ha producido un aumento del uso de nanomateriales con respecto al inicio de la actividad con los mismos, el 81 % de las entidades responde afirmativamente, indicando el 62 % de estas que el aumento se ha dado a partir del año 2013, el 21 % desde 2017, el 12 % desde 2008 y el 5 % indica que ha sido anterior a 2008.

Los datos correspondientes al número de trabajadores que pudieran estar expuestos a los nanomateriales se han considerado en tres grupos: el primero, corresponde al número de operarios que trabajan directamente con nanomateriales, el segundo, al número de trabajadores de mantenimiento o limpieza que pudieran entrar en contacto con los nanomateriales y el tercero, al número de trabajadores presentes en las zonas de trabajo con nanomateriales (excluyendo a los que trabajan directamente y a los de mantenimiento o limpieza). Estos tres grupos de datos se han analizado en función del número de trabajadores en la entidad. Los

valores muestran que en la mayoría de las entidades el número de operarios que trabaja con nanomateriales es inferior a 10 salvo en aquellas que tienen entre 101 y 500 trabajadores donde el mayor porcentaje de respuesta, el 34 %, corresponde al intervalo entre 10 y 25 operarios (véase Tabla 3). Asimismo, independientemente del número de trabajadores en la entidad, los datos muestran que el número de los operarios de mantenimiento o limpieza que pudieran entrar en contacto con los nanomateriales es inferior a cinco y los que están presentes en la zona de trabajo con nanomateriales es inferior a 10.

Tabla 3. Relación del número de trabajadores en la entidad con número de operarios que trabajan directamente con nanomateriales, número de trabajadores de mantenimiento o limpieza que pudieran entrar en contacto con los nanomateriales y número de trabajadores presentes en las zonas de trabajo con nanomateriales

Número de trabajadores en entidad	Nº operarios trabajan con NM		Nº trabajadores manten./limpieza contacto NM		Nº trabajadores en zona de trabajo con NM	
< 50 (13 %) ¹	< 10	86 %	< 5	100 %	< 10	71 %
	10 - 25	14 %			10 - 25	29 %
50 - 100 (17 %) ¹	< 10	67 %	0	22 %	0	22 %
	10 - 25	33 %	< 5	56 %	< 10	56 %
			5 - 10	22 %	10 - 25	22 %
101 - 500 (55 %) ¹	< 10	28 %	0	24 %	0	10 %
	10 - 25	34 %	< 5	59 %	< 10	56 %
	26 - 50	20 %	5 - 10	17 %	10 - 25	25 %
	51 - 100	10 %			26 - 50	6 %
	> 100	4 %			51 - 100	3 %
	SR	4 %				
> 500 (15 %) ¹	< 10	58 %	0	14 %	0	14 %
	10 - 25	14 %	< 5	58 %	< 10	58 %
	51 - 100	14 %	20 - 40	14 %	10 - 25	14 %
	> 100	14 %	No sabe	14 %	> 200	14 %

¹ Porcentaje de entidades participantes en el estudio.

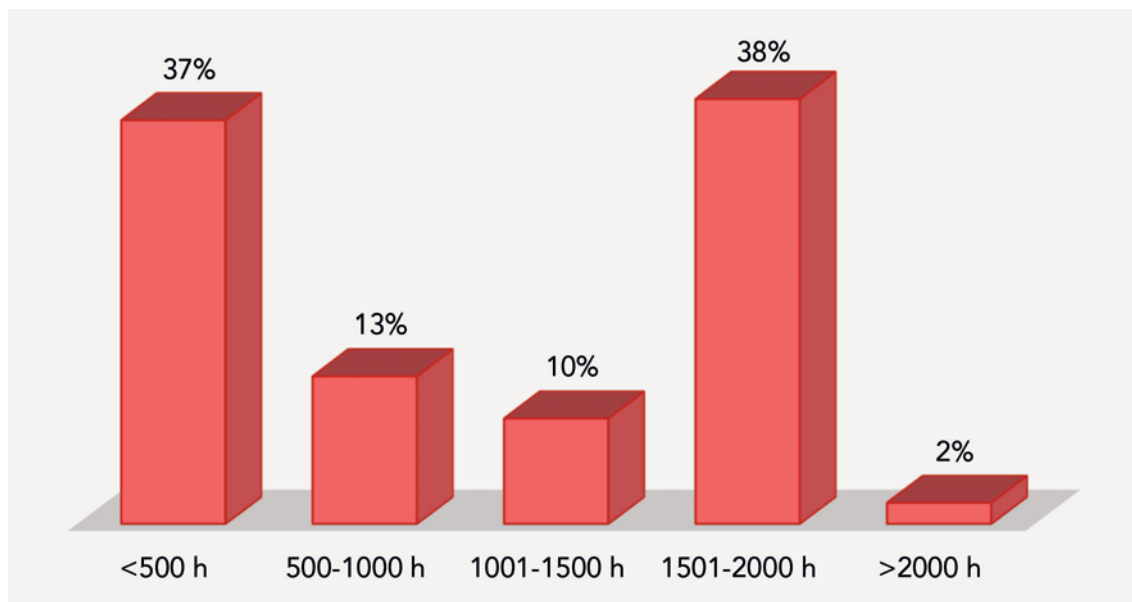
NM: nanomateriales; SR: sin respuesta.

En relación con las horas anuales dedicadas a las operaciones con nanomateriales, las respuestas de las entidades se pueden agrupar en dos grupos principalmente: uno, en el que el 38 % de los centros señala que dedica entre 1501 y 2000 horas anuales y el otro, con un 37 % de respuesta corresponde a una dedicación inferior a 500 horas (véase Gráfico 3).

Las actividades de investigación que se llevan a cabo con los nanomateriales en este tipo de entidades pueden estar incluidas principalmente dentro de proyectos de investigación nacionales o internacionales pero también pueden estar dirigidas a pymes o a grandes empresas. Las entidades señalan como mínimo dos de las opciones anteriores. Así, el 86 % de ellas indica que su actividad con los nanomateriales corresponde a proyectos nacionales o internacionales pero que también parte de ella, en menor proporción, va dirigida a grandes empresas y a pymes con un porcentaje de respuesta del 62 % y del 54 %, respectivamente. Considerando el conjunto de

las actividades con nanomateriales en las entidades, a los proyectos nacionales e internacionales les correspondería aproximadamente un 90 % de la actividad, mientras que para las grandes empresas y pymes el porcentaje sería próximo al 10 %.

Gráfico 3. Horas anuales dedicadas a las operaciones con nanomateriales en porcentaje de entidades



3.2 Tipos de nanomateriales utilizados

La información facilitada por las entidades muestra que se están utilizando una gran variedad de nanomateriales muy diferentes entre sí, incluyendo tanto materiales de tipo orgánico como inorgánico (véase Tabla 4). El número de nanomateriales diferentes usados en el conjunto de las entidades supera la cifra de 50.

En general, las entidades manifiestan emplear más de un nanomaterial. Los datos muestran que el 40 % utiliza de 6 a 10 nanomateriales diferentes, el 31 % usa de 1 a 5 nanomateriales y finalmente, el 29 % señala que manipula 11 o más nanomateriales.

Si se relaciona el número de nanomateriales utilizados en las entidades con el número de operarios que trabajan directamente con los mismos, los datos indican que en las entidades en las que se emplean entre 1 y 5 nanomateriales, en el 100 % de ellas, la cifra de operarios es inferior a 10, en las que usan entre 6 y 10 nanomateriales, en el 73 % de ellas la cifra es de 10 a 25 operarios y en las entidades que emplean más de 10 nanomateriales, en el 67 % de ellas el número de operarios es superior a 25.

Además de conocer el tipo de nanomaterial empleado en las entidades, se ha especificado la frecuencia de su uso, es decir, si se utiliza de forma habitual o esporádica. Asimismo, para aquellos que se usan habitualmente, se dispone de información adicional. Debido a que esta información puede resultar muy extensa, se han seleccionado aquellos nanomateriales de mayor uso en el conjunto de entidades y también, los casos en los que un determinado tipo de nanomaterial es la principal actividad de la entidad en este campo. De todos los nanomateriales citados, los que se emplean de forma habitual en mayor número de centros, aunque en distintas cantidades, son: SiO₂ (48 %), TiO₂ (40 %), grafeno (38 %), oro (36 %), plata y nanotubos de carbono (31 %) (véase Gráfico 4). Es decir, aunque la variedad de nanomateriales investigados

en las entidades de I+D+i es alta, puede considerarse a la sílice, al dióxido de titanio, al grafeno y al oro como los más representativos y utilizados para investigación, desarrollo e innovación en España.

Tabla 4. Relación de algunos nanomateriales utilizados en las entidades

Tipo de nanomaterial		
Acrilatos	Cápsulas orgánicas (PLGA, PEGDA)	Carbonato cálcico
Carbono metaporoso	Carburo de silicio	Circonio/Óxidos de circonio
Citostáticos	Cloruro cálcico	Cobre/Óxidos de cobre
Dicalcogenuros de metales de transición	Dióxido de silicio	Dióxido de titanio
Espinelas (mezcla de óxidos)	Estaño	Fosfato de calcio (hidroxiapatita)
Fullerenos	Grafeno	Lantánidos
Látex bit	Liposomas	Manganeso/Óxidos de manganeso
Micelas poliméricas	Micro/nanopartículas orgánicas	Nanoarcillas
Nanocelulosa	Nanodiamantes	Nanofibras (carbono/poliméricas)
Nanopartículas de hierro/Óxidos de hierro	Nanopartículas metalorgánicas	Nanopartículas de tierras raras
Negro de humo	Oro	Óxido de aluminio
Óxido de cerio	Óxido de cobalto	Óxido de cinc
Óxido de itrio	Óxido de níquel	Paladio
Perovskitas	Plata	Platino
Polímeros	Poliurea	Quantum dots
Rutenio	Seleniuro de estaño	Sulfuro de molibdeno
Sulfuro de cadmio	Teluro de bismuto	UCNP (<i>upconverting nanophosphors</i>)

De acuerdo a la clasificación de las entidades en función del código CNAE, los nanomateriales más utilizados (habitual y esporádicamente) en las entidades incluidas en el código 7219 "Investigación y desarrollo experimental en ciencias naturales y técnicas" son: SiO₂, TiO₂, grafeno, ZnO, nanotubos de carbono y plata (véase Gráfico 5). Por otro lado, las entidades agrupadas dentro del código 7211 "Investigación y desarrollo en biotecnología" indican que los nanomateriales más usados son: TiO₂, ZnO, grafeno, plata, oro y nanopartículas/óxidos de hierro. Finalmente, las entidades clasificadas bajo el código 7310 "Investigación biomédica/médica" señalan que los más utilizados son el oro y las nanopartículas/óxidos de hierro.

En cuanto a la cantidad total utilizada en el conjunto de las entidades, en gramos por mes, de los nanomateriales de uso habitual seleccionados, se observa que los valores máximos corresponden al CaCO₃ y al SiO₂ (véase Tabla 5). Estos valores máximos se ven afectados por las cifras proporcionadas por algunas entidades. En el caso del CaCO₃, una de las entidades indica que utiliza 10 000 g/mes, mientras que en el SiO₂, dos centros señalan que usan 2000 y

Gráfico 4. Porcentaje de entidades que usan habitualmente el nanomaterial

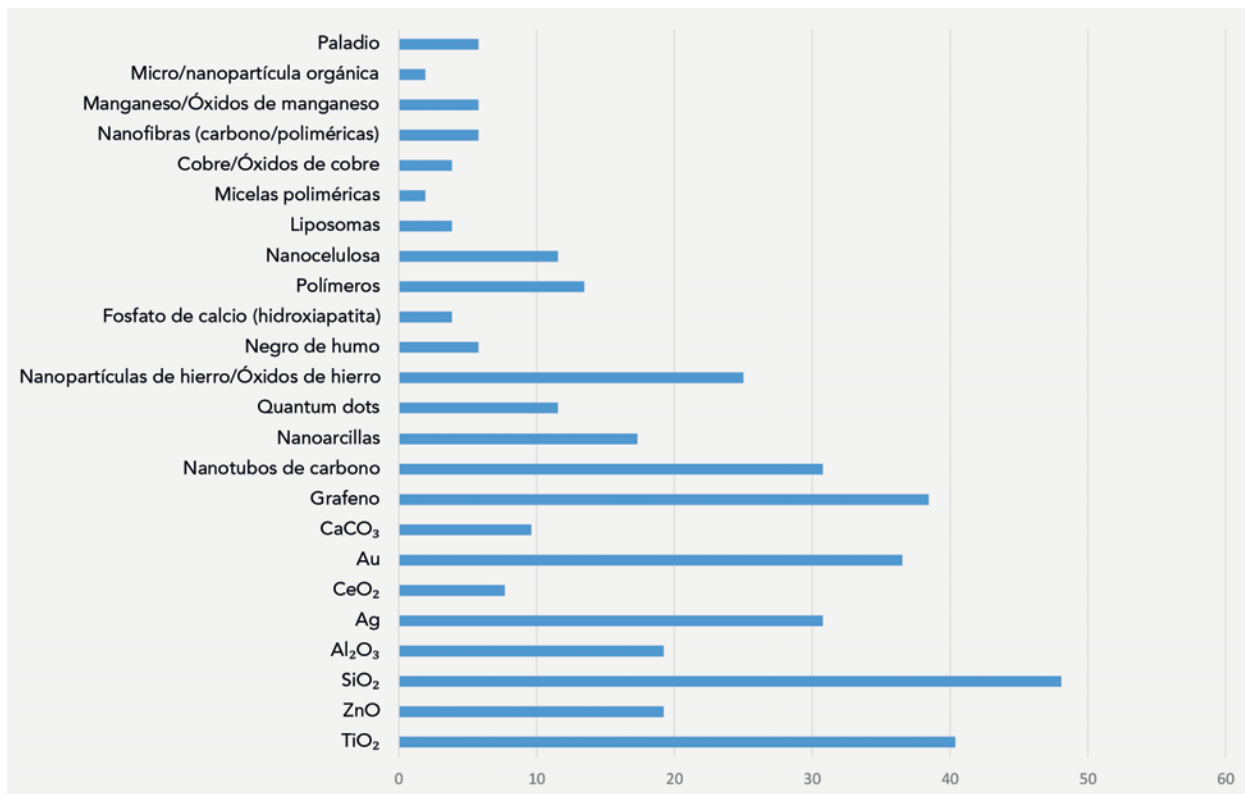
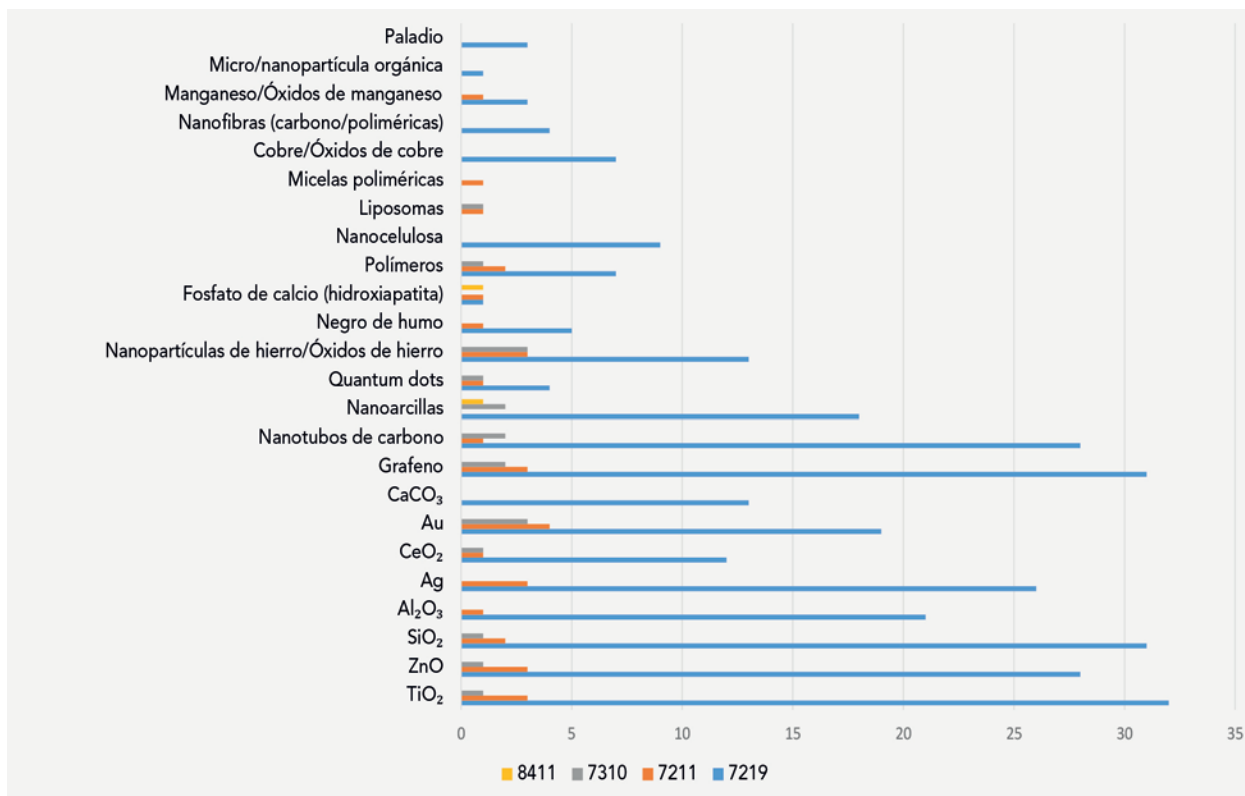


Gráfico 5. Número de entidades que utilizan (habitual o esporádicamente) los diferentes tipos de nanomateriales, clasificadas por código CNAE



5000 g/mes, respectivamente. Analizando los valores individuales de cada una de las entidades, el mayor porcentaje de ellas indica que principalmente, la cantidad de cada nanomaterial utilizado al mes es inferior a 2 gramos aunque para algunos nanomateriales como SiO₂, TiO₂,

nanoarcillas, nanocelulosa o negro de humo estas cantidades son superiores. Asimismo, si se relaciona los diferentes nanomateriales que se utilizan en más de cinco entidades de forma habitual con el código CNAE, los valores máximos de cantidad de nanomaterial usado al mes corresponden al código 7219 excepto para las nanopartículas y óxidos de hierro y los quantum dots que se encuentran dentro de los códigos 7310 y 7211, respectivamente.

Tabla 5. Información sobre algunos nanomateriales de uso habitual

Tipo NM	Cantidad total (g/mes)	Nº ent. ¹	Código CNAE	Cantidad g/mes	Tamaño partícula 1 ^{aria} (nm)
SiO ₂	7993	25	7219 (92 %) 7211 (4 %) 7310 (4 %)	≤ 1 (25 %) > 1 - 20 (38%) 50 - 200 (29 %) 2 000 - 5 000 (8 %)	< 20 (25 %) 20 - 50 (36 %) >50 - 100 (25 %) > 100 (14 %)
TiO ₂	1165	20	7219 (90 %) 7211 (10 %)	≤ 2 (40 %) 5 - 50 (45 %) 200 - 508 (15 %)	< 20 (30 %) 20 - 50 (46 %) > 100 (10 %)
Grafeno	912	18	7219 (94 %) 7310 (6 %)	≤ 1 (50 %) > 1 - 18 (28 %) > 18 - 500 (22 %)	Nº capas: < 10 (45 %) < 30 (55 %)
Au	48	17	7219 (63 %) 7211 (21 %) 7310 (16 %)	≤ 1 (65 %) > 1 - 20 (45 %)	< 20 (43 %) 20 - 50 (30 %) > 100 (9 %)
Ag	35	16	7219 (81 %) 7211 (19 %)	≤ 2 (75 %) > 2 - 10 (25 %)	< 20 (34 %) 20 - 50 (39 %) > 100 (9 %)
NTC	434	15	7219 (86 %) 7211 (7 %) 7310 (7 %)	≤ 1 (47 %) ≤ 20 (33 %) > 20 - 170 (20 %)	Tipo: SWCNT (36 %) MWCNT (64 %)
Fe	55	11	7219 (73 %) 7211 (9 %) 7310 (18 %)	≤ 1,5 (64 %) 10 - 20 (36 %)	< 50 (72 %) > 100 (6 %)
Al ₂ O ₃	932	10	7219 (100 %)	≤ 10 (60 %) > 10 - 500 (40 %)	< 20 (37 %) > 100 (16 %)
ZnO	527	10	7219 (90 %) 7310 (10 %)	≤ 1 (80 %) > 1 - 502 (20 %)	< 20 (37 %) > 100 (21 %)
Nanoarcillas	1692	8	7219 (100 %)	≤ 50 (75 %) > 50 - 1000 (25 %)	≤ 100 (88 %)
Nanocelulosa	587	6	7219 (100 %)	≤ 100 (67 %) 200 - 250 (33 %)	< 100 (75 %) > 100 (25 %)
Quantum Dots	56	5	7219 (60 %) 7211 (20 %) 7310 (20 %)	≤ 4 (80 %) 50 (20 %)	< 20 (83 %) 20 - 50 (17 %)
CaCO ₃	10 415	5	7219 (100 %)	≤ 5 (40 %) 200 (40 %) 1000 (20%)	> 100 (71 %)
CeO ₂	32	4	7219 (75 %) 7211 (25 %)	≤ 1 (50 %) > 1 - 20 (50 %)	< 20 (60 %)

Tipo NM	Cantidad total (g/mes)	Nº ent. ¹	Código CNAE	Cantidad g/mes	Tamaño partícula 1 ^{aria} (nm)
Polímeros	6	4	7219 (75 %) 7310 (25 %)	≤ 2 (100 %)	< 100 (56 %) > 100 (44 %)
Negro de humo	1200	3	7219 (100 %)	≤ 1 (34 %) 200 - 1000 (66 %)	< 20 (25 %) 20 - 50 (75 %)
Nanofibras	20	2	7219 (100 %)	0,05 (50 %) 20 (50 %)	> 100 (100 %)
Paladio	1	2	7219 (100 %)	≤ 1 (100 %)	< 20 (50 %) > 100 (25 %)
Liposomas	0,05	2	7211 (50 %) 7310 (50 %)	≤ 0,5 (100 %)	> 100 (100 %)
Micro/NP orgánicas	40	1	7219 (100 %)	40 (100 %)	>100 (100 %)
Cobre	4	1	7219 (100 %)	4 (100 %)	< 20 (100 %)
Micelas poliméricas	0,001	1	7211 (100 %)	0,001 (100 %)	50 - 100 (100 %)

¹ Número de entidades que proporcionan la información.

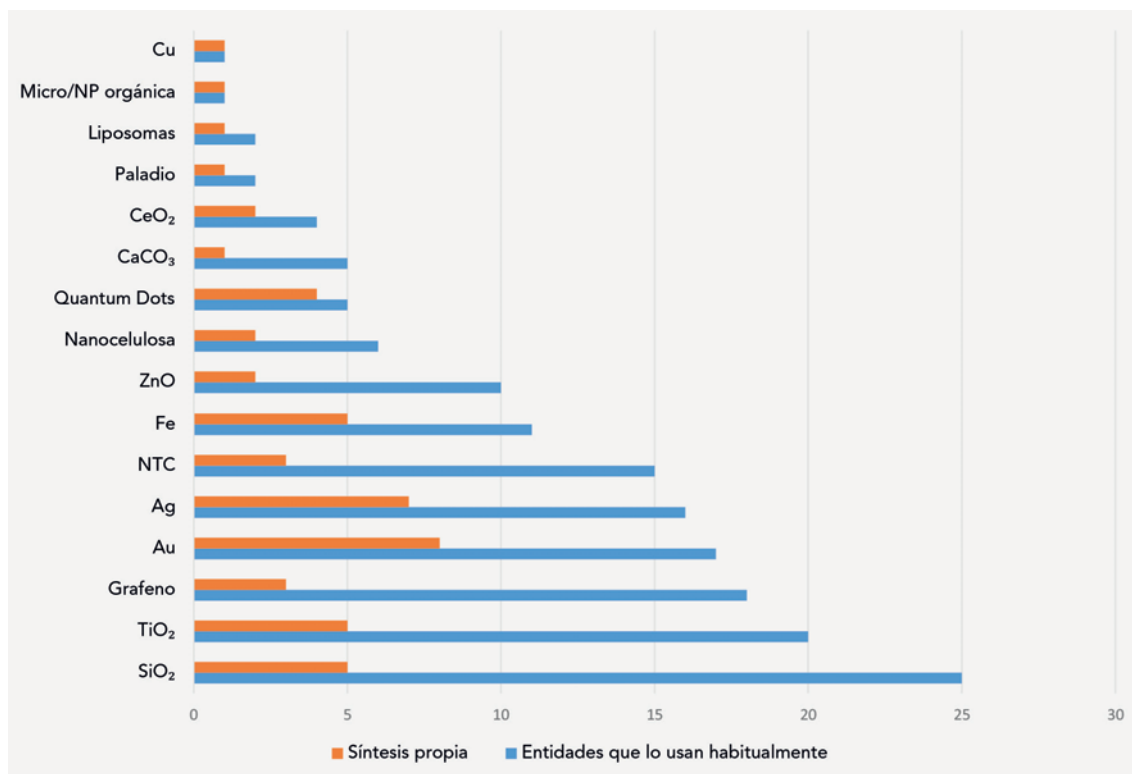
Un factor importante a considerar en la caracterización de los nanomateriales es el tamaño de partícula primaria. La información obtenida muestra que las entidades utilizan para un mismo nanomaterial diferentes tamaños de partícula primaria. En general, la mayoría de las respuestas corresponden a tamaños inferiores a 20 nm y a tamaños entre 20 nm y 50 nm. Es de destacar que dependiendo del nanomaterial, en muchas de las entidades también utilizan materiales con partículas primarias superiores a 100 nm. En el caso de algunos nanomateriales como el grafeno o los nanotubos de carbono la caracterización se basa en otros factores diferentes al tamaño de partícula primaria. Para el grafeno se han diferenciado dos tipos en función del número de capas, aquellos en los que el número es inferior a 10 o bien, inferior a 30. Los resultados muestran que los dos tipos de grafeno se utilizan prácticamente en la misma proporción. Con respecto a los nanotubos de carbono (NTC), los datos revelan que los nanotubos de carbono de pared múltiple (MWCNT) se utilizan en mayor porcentaje que los de pared simple (SWCNT).

3.3 Adquisición y aplicaciones de los nanomateriales

Los nanomateriales que se utilizan en las entidades encuestadas se obtienen bien por síntesis propia o se adquieren en España, en la Unión Europea o fuera de esta. En general, las entidades indican más de una opción. Así, el 71 % de ellas los obtiene por síntesis propia, el 79 % los adquiere en España, el 63 % en la Unión Europea y en menor medida, el 40 % de ellas fuera de la Unión Europea.

Si se analiza la obtención por síntesis propia de los nanomateriales citados en la Tabla 5, se observa que varía sustancialmente en función del nanomaterial (véase Gráfico 6). Así, alrededor del 20 % de las entidades que utilizan habitualmente SiO₂, TiO₂, grafeno, nanotubos de carbono o ZnO indica que los obtienen por síntesis propia, mientras que para otros nanomateriales como oro, hierro, paladio o liposomas el porcentaje es en torno al 50 % e incluso alcanza valores entre el 80 % y el 100 % para los quantum dots, cobre o nanopartículas orgánicas.

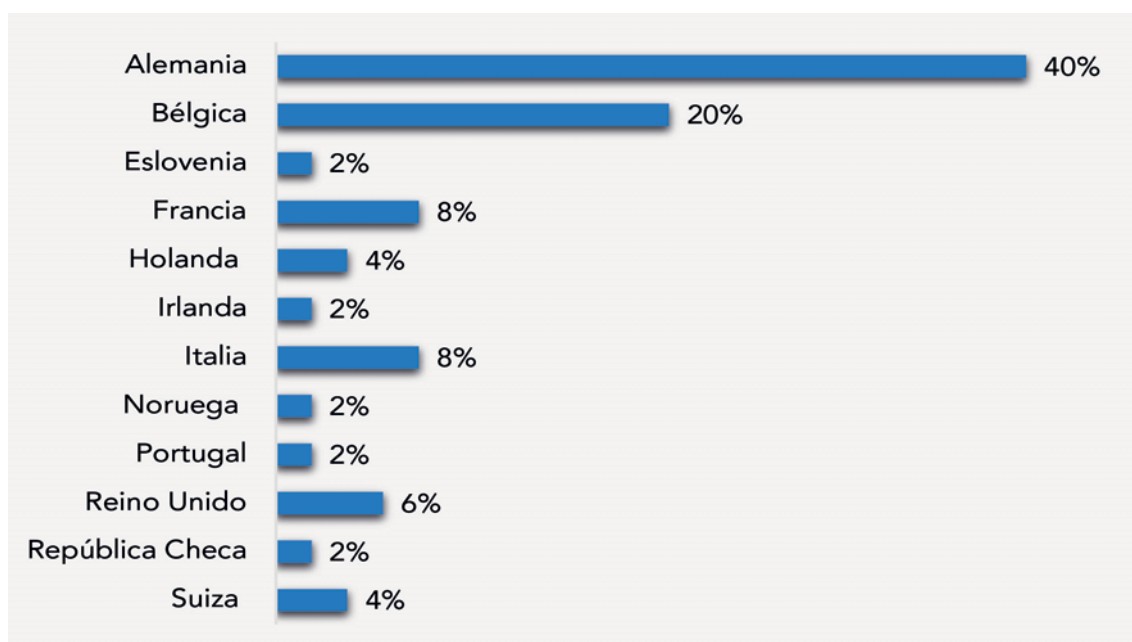
Gráfico 6. Número de entidades que usan habitualmente el nanomaterial y lo obtienen por síntesis propia



En relación con la compra de nanomateriales en la Unión Europea, las entidades proporcionan más de una respuesta. Los datos muestran que principalmente se adquieren en Alemania con el 40 % del total de las respuestas y en Bélgica, con el 20 % de las mismas (véase Gráfico 7).

Con respecto a la adquisición de los nanomateriales fuera de la Unión Europea, esta se realiza principalmente en Estados Unidos, el 61 % del total de las respuestas, en China, el 20 %, seguida de Japón, el 13 %, y Canadá, el 6 %.

Gráfico 7. Compra de nanomateriales en la Unión Europea en porcentaje de respuesta



Las entidades pueden adquirir o sintetizar los nanomateriales en diversas formas, como polvo homogéneo, depósito en superficie, suspensión líquida o suspensión sólida. También en este punto las entidades indican más de una opción. Así, el 81 % de ellas señala que lo adquieren o sintetizan en forma de polvo homogéneo o en suspensión líquida, respectivamente, y en menor medida, el 29 % en depósito en superficie, el 21 % en suspensión sólida y el 13 % señala la opción de "otros" en la que se especifica información como granza, gas metano o en cartucho como precursor. Es de destacar que el 13 % de las entidades indica que utiliza las cuatro formas de adquirir o sintetizar los nanomateriales.

Desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales, es importante considerar la forma en la que se presenta el nanomaterial y el tipo de envase en el que se adquiere debido a que en el momento de la apertura o manipulación del mismo, las partículas pueden liberarse pasando al aire y en consecuencia, aumentar el riesgo de exposición por inhalación. Con respecto a esta información, las entidades han facilitado respuestas múltiples.

Los resultados del estudio muestran que cuando el estado del nanomaterial es sólido, el tamaño del envase para algunos de ellos como SiO_2 , TiO_2 , grafeno, ZnO, nanotubos de carbono o plata es mayoritariamente inferior a 100 gramos mientras que para otros, Al_2O_3 , nanoarcillas, nanocelulosa o negro de humo el tamaño de los envases es superior (véase Tabla 6). En algunos casos como SiO_2 , TiO_2 , ZnO, nanoarcillas, nanocelulosa y CaCO_3 , las entidades indican que también los adquieren en envases de entre 5 y 10 kilogramos.

Además del estado sólido, algunos nanomateriales también se compran en forma de suspensiones líquidas en las que el tamaño del envase principalmente es menor o igual a 100 ml o 500 ml.

Si se relacionan las dos formas de adquisición de los nanomateriales, bien en estado sólido o bien como suspensión líquida, los datos reflejan que los nanomateriales se adquieren principalmente en estado sólido aunque para algunos de ellos, como hierro, grafeno o plata la presentación del producto en forma de suspensión líquida puede alcanzar alrededor del 40 % de las adquisiciones del nanomaterial.

Con respecto al tipo de envase, los nanomateriales pueden adquirirse en envases en forma de bote, bolsa o saco. Los datos muestran que mayoritariamente se adquieren en formato de bote aunque algunos de ellos como SiO_2 , grafeno, nanotubos de carbono, nanocelulosa o nanofibras se compran también en bolsa. Finalmente, en formato saco se adquieren nanomateriales como SiO_2 , TiO_2 , grafeno, nanoarcillas, negro de humo o CaCO_3 .

Los nanomateriales adquiridos deben venir acompañados de la correspondiente Ficha de Datos de Seguridad (FDS) en la que se recoge información sobre el nanomaterial, por ejemplo, la identificación de peligros, la manipulación y almacenamiento o las medidas de control y protección personal a considerar. De acuerdo con los datos obtenidos, el 81 % de las entidades señala que dispone de las FDS de los nanomateriales adquiridos mientras que el 4 % indica lo contrario. Es de destacar que el 15 % de las entidades que indica que no dispone de las FDS, obtiene los nanomateriales por síntesis propia por lo que en este caso las FDS no son necesarias.

Con relación al tipo de operación que se realiza, en general, las entidades indican más de una respuesta. El mayor porcentaje de las entidades señala que caracteriza y/o analiza las propiedades de los nanomateriales o los productos que contienen nanomateriales (92 %) y que crea mezclas para formulación (81 %). Asimismo, el 33 % de las entidades señala la opción "otros" en la que se especifica información como ensayos de toxicidad, sensores o modificación superficial de los nanomateriales. En el Gráfico 8 se muestra en detalle las principales operaciones.

Tabla 6. Tamaño y tipo de envase en el que se adquieren algunos nanomateriales de uso habitual

Tipo NM	Tamaño del envase ¹	Relación susp. lida ²	Envase 5 - 10 kg ³	Tipo de envase ⁴			
				Bote	Bolsa	Saco	
SiO ₂	≤ 100 g	45 %	17 %	21 %	60 %	16 %	24 %
	≤ 100 ml	50 %					
TiO ₂	≤ 100 g	38 %	16 %	19 %	62 %	10 %	28 %
	> 100 g - 1 kg	38 %					
	> 500 ml - 1 l	75 %					
Grafeno	≤ 100 g	69 %	38 %		76 %	18 %	6 %
	≤ 500 ml	80 %					
Au	≤ 10 g	89 %	25 %		100 %		
	≤ 100 ml	67 %					
Ag	≤ 100 g	80 %	38 %		100 %		
	≤ 100 ml	67 %					
NTC	≤ 100 g	59 %	15 %		67 %	33 %	
	≤ 500 ml	67 %					
Fe	≤ 100 g	75 %	43 %		100 %		
	≤ 100 ml	100 %					
Al ₂ O ₃	≤ 1 kg	67 %	8 %				
	≤ 1000 ml	100 %					
ZnO	≤ 100 g	70 %		10 %	80 %	20 %	20 %
Nanoarcillas	≤ 1 kg	67 %		17 %	78 %		22 %
Nanocelulosa	≤ 1 kg	75 %	20 %	25 %	75 %	25 %	
	≤ 500 ml	100 %					
Quantum Dots	≤ 1 kg	100 %			100 %		
CaCO ₃	5 - 10 kg	75 %		75%	20 %	20%	60 %
CeO ₂	≤ 1 kg	100 %			100 %		
Polímeros	≤ 500 ml	100 %					
Negro de humo	≤ 1 kg	75 %			50 %	25 %	25 %
Nanofibras	≤ 10 g	100 %				100 %	
Cobre	≤ 1 kg	100 %					

¹ Se muestran los valores más representativos.

² Relación susp. lida: respuestas suspensión líquida/respuestas material sólido + suspensión líquida (%).

³ Relación: Envase 5 - 10 kg/respuestas material sólido (%).

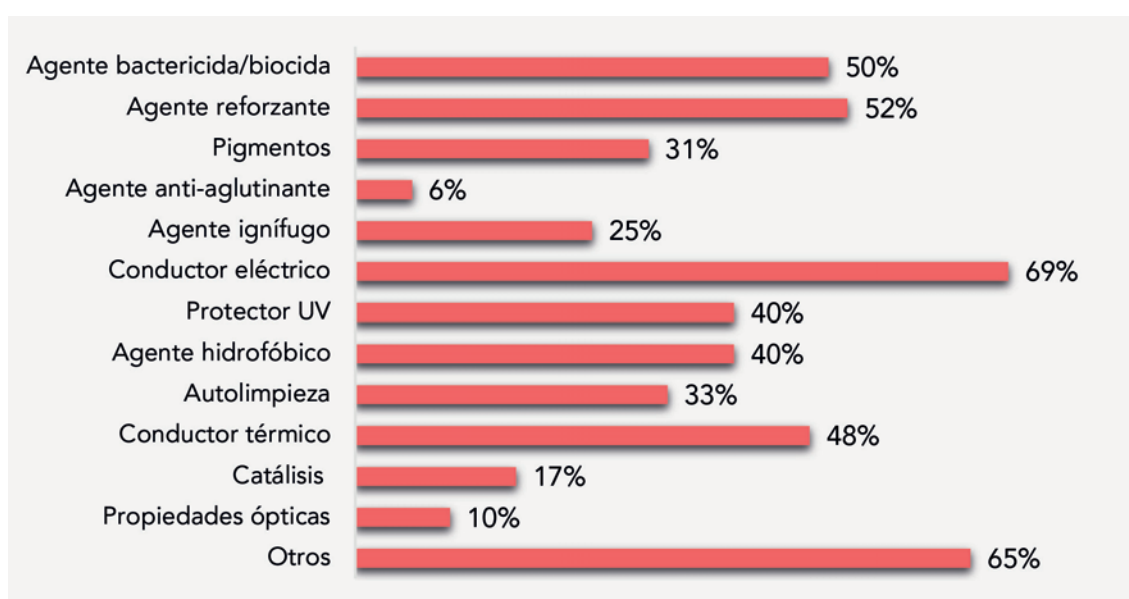
⁴ Porcentaje de respuesta para cada tipo de envase y nanomaterial.

Gráfico 8. Tipo de operación realizada con el nanomaterial en porcentaje de entidades



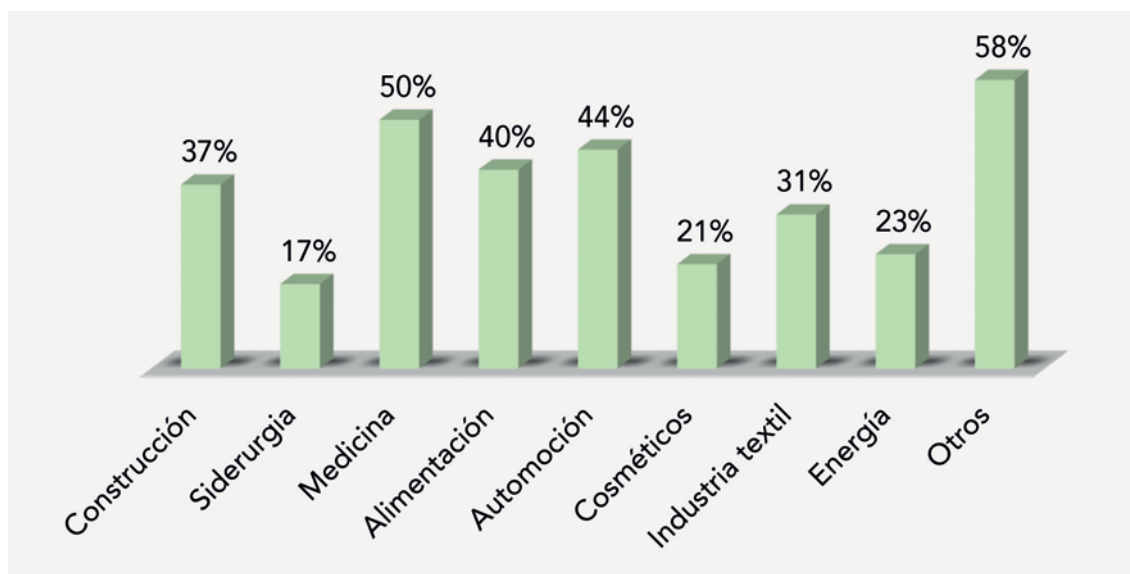
Respecto a las propiedades de los nanomateriales empleados, el 69 % de las entidades señala que investigan la conductividad eléctrica, el 52 % el uso como agente reforzante, el 50 % la propiedad bactericida o biocida, el 48 % la conductividad térmica y el 40 % la propiedad hidrofóbica o la protección ultravioleta (véase Gráfico 9). Cabe señalar que el 65 % de las entidades investiga otras propiedades diferentes a las especificadas como la eliminación de contaminantes, el uso como agentes de contraste para diagnóstico médico, agentes terapéuticos para enfermedades, el estudio de propiedades mecánicas o magnéticas, etc.

Gráfico 9. Propiedades investigadas de los nanomateriales en porcentaje de entidades



Complementario al estudio de las propiedades de los nanomateriales, es de interés conocer los sectores en los que pueden tener aplicaciones. Así, el 50 % de las entidades señala la medicina como sector de aplicación, el 44 % la automoción y el 40 % la alimentación (véase Gráfico 10). Llama la atención que el 58 % de las entidades indica en este punto la opción "otros", lo cual pone de manifiesto las posibilidades que pueden tener los nanomateriales en los diferentes sectores. Algunos ejemplos significativos en este grupo son las investigaciones en aeronáutica, medio ambiente, electrónica o tratamiento de aguas.

Gráfico 10. Sectores de aplicación de los nanomateriales utilizados en porcentaje de entidades



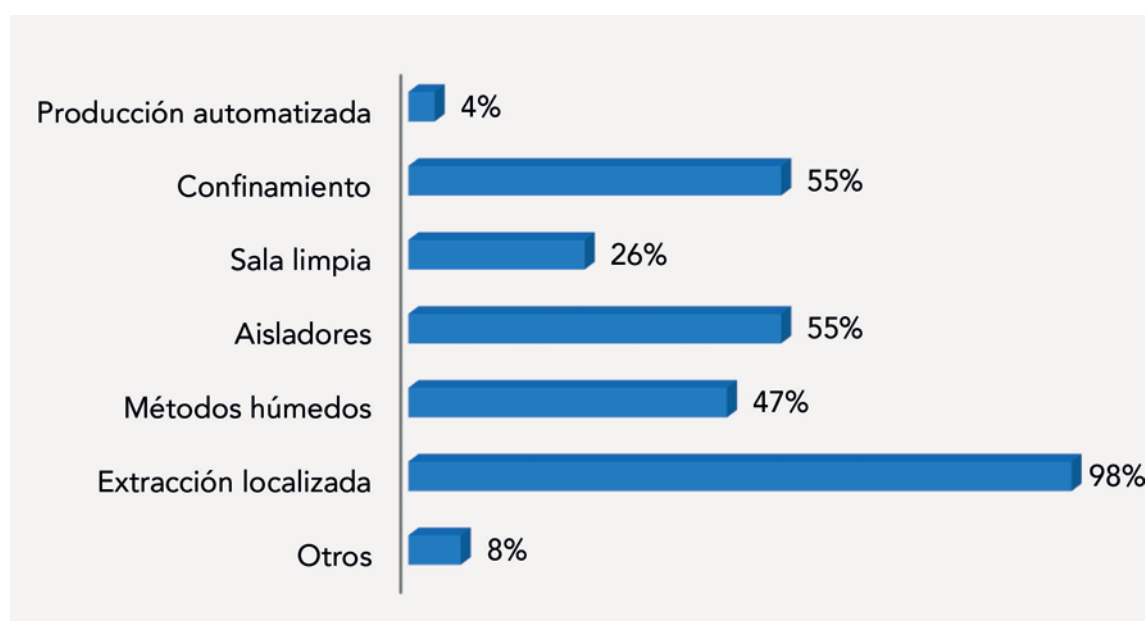
4. MEDIDAS DE CONTROL COLECTIVAS

En este capítulo se analizan las medidas de control colectivas que se han implementado en las entidades, la relación de estas con el número de operarios que trabajan directamente con nanomateriales o el número de estos, además de los diferentes tipos de sistemas de extracción o el uso de filtros HEPA (*High Efficiency Particle Air*)/ULPA (*Ultra Low Penetration Air*), las operaciones de mantenimiento, la periodicidad y el registro interno de las mismas.

Los datos del estudio muestran que el 94 % de las entidades ha adoptado alguna medida de control colectiva en los lugares de trabajo en los que se realizan actividades con nanomateriales. El 6 % restante no ha indicado ninguna medida de control y corresponde a entidades que emplean materiales de tamaño superior a 100 nm, usan esporádicamente el nanomaterial para caracterizar sus propiedades o bien, utilizan un nanomaterial que se incorpora a productos farmacéuticos y alimenticios.

En general, las entidades disponen de más de una medida de control colectiva. Considerando las 49 entidades que señalan disponer de alguna medida de control colectiva, la de mayor implementación es la extracción localizada con el 98 % de respuesta, seguida del confinamiento, los aisladores (bolsa de guantes, etc.) y los métodos húmedos (véase Gráfico 11). En la opción "otros" se especifican medidas como presión negativa, sala con ventilación general forzada y sala limitada al uso con procedimiento de trabajo sin aerosolización de materiales.

Gráfico 11. Medidas de control colectivas implementadas en porcentaje de las entidades que disponen de alguna de ellas



Relacionando las medidas de control colectivas con el número de operarios que trabajan directamente con nanomateriales, es de destacar que el 100 % de las entidades en las que el número de operarios que manipulan nanomateriales es igual o superior a 10 utilizan la extracción localizada como medida de control. Asimismo, otra información a considerar es la implementación de los métodos húmedos en los centros en los que el número de operarios se encuentra entre 10 y 50, superando a los aisladores y en algún caso, al confinamiento.

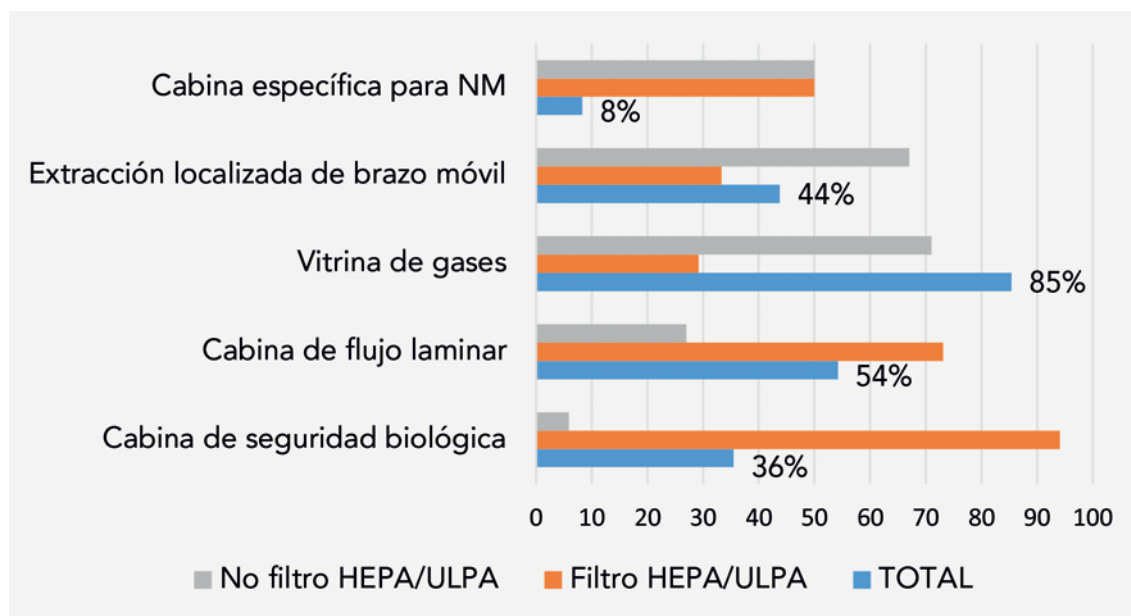
Además, al correlacionar las medidas de control con el número de nanomateriales empleados en la entidad, puede observarse que la extracción localizada se utiliza en todas las entidades

que manipulan más de cinco nanomateriales. Cuando el número de nanomateriales se encuentra entre 1 y 5, el porcentaje de los aisladores y los métodos húmedos es similar, 38 % y 31 % respectivamente. En los casos en los que se manipula entre 6 y 10 nanomateriales, el confinamiento supera a los aisladores y a los métodos húmedos, mientras que si el número es superior a 10, los métodos húmedos y los aisladores quedan por encima del confinamiento.

En relación con la extracción localizada, las entidades que la utilizan proporcionan información sobre el tipo de sistema de extracción que emplean y si este dispone de filtro HEPA/ULPA. En algunos casos, las entidades señalan que utilizan más de un tipo de sistema de extracción. Así, los resultados muestran que el 85 % de las entidades que indican que utilizan extracción localizada dispone de vitrinas de gases, el 54 % cabinas de flujo laminar, el 44 % extracción localizada de brazo móvil, el 36 % cabinas de seguridad biológica y el 8 % cabinas diseñadas específicamente para manipular nanomateriales (véase Gráfico 12). A las entidades que señalaron este último tipo de extracción localizada, se les solicitó información sobre las características de la cabina que dispones. Al analizar la información facilitada, se comprobó que no estaban diseñadas específicamente para manipular nanomateriales por lo que dichas respuestas se han incluido en el grupo correspondiente. No obstante en el 8 % citado no se pudo contrastar la información.

Con respecto a si el sistema de extracción dispone de filtro HEPA/ULPA, las respuestas son muy diferentes. En las entidades que tienen cabinas de seguridad biológica, en el 94 % de ellas la respuesta es positiva mientras que para los otros tipos de sistemas de extracción la respuesta es inferior, en las cabinas de flujo laminar, el 73 %, en las cabinas diseñadas específicamente para manipular nanomateriales, el 50 %, el 33 % en la extracción localizada de brazo móvil y finalmente, el 29 % en las vitrinas de gases.

Gráfico 12. Tipos de sistema de extracción y uso de filtros HEPA/ULPA en los mismos en porcentaje de entidades que disponen de extracción localizada



Como se ha mencionado, el 36 % de las entidades que indica que tienen extracción localizada dispone de cabinas de seguridad biológica que pueden ser de diferentes tipos. Los datos muestran que el tipo de cabina más utilizada es la de Clase II tipo A con el 39 % de las respuestas, seguida de la de Clase II tipo B con el 25 %, el 21 % para las de Clase I, el 11 % para las de Clase III y el 4 % señala que desconoce el tipo de cabina.

Un aspecto importante a tener en cuenta cuando se implementan medidas de control colectivas es que continúen siendo eficientes a lo largo del tiempo por lo que resulta necesario realizar operaciones de mantenimiento a las mismas. Los datos revelan que el 65 % de las 49 entidades que dispone de alguna medida de control realiza el mantenimiento anualmente, el 14 % lo lleva a cabo semestralmente, el 8 % cada dos años y el 6 % indica que no lo realiza. Asimismo, el 18 % de ellas señala la opción de "otros" en la que se especifica que la periodicidad del mantenimiento es mensual para algunos equipos o según las horas de funcionamiento y en algunos casos expresan que el mantenimiento es correctivo.

También es importante llevar un registro interno de las operaciones de mantenimiento que se realizan a las medidas de control colectivas adoptadas. Considerando las 49 entidades que han implementado alguna medida de control, el 74 % de ellas indica que lleva el registro interno de las operaciones de mantenimiento, el 22 % responde negativamente y el 4 % lo desconoce.

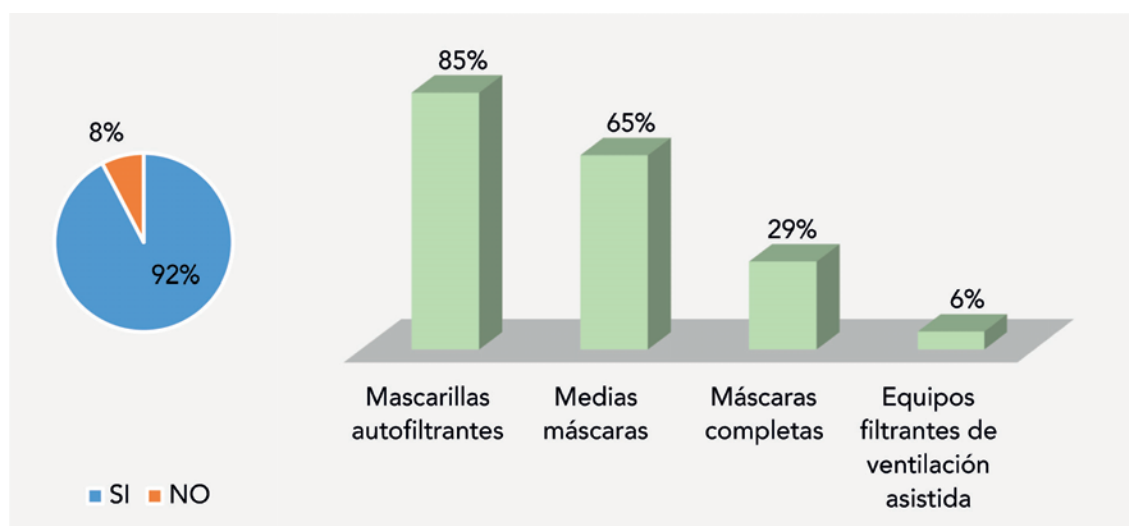
5. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Este capítulo proporciona información sobre los diferentes equipos de protección individual (EPI) que se utilizan en las entidades de I+D+i encuestadas como los equipos de protección respiratoria (EPR), la ropa de protección, los guantes de protección y la protección ocular. El estudio también analiza si las entidades disponen de sistema de mantenimiento de los EPI o si los trabajadores han recibido formación e información sobre el uso correcto de los mismos.

5.1 Equipos de protección respiratoria

Los equipos de protección respiratoria se utilizan en el 92 % de las entidades. Principalmente, se emplean mascarillas autofiltrantes (85 % de las entidades que señalan el uso de EPR), medias máscaras (65 %), máscaras completas (29 %), equipos filtrantes de ventilación asistida con máscara completa o media máscara (4 %) y equipos filtrantes de ventilación asistida incorporados a casco o capuz (2 %) (véase Gráfico 13).

Gráfico 13. Uso y tipos de equipos de protección respiratoria en porcentaje de entidades que disponen de ellos



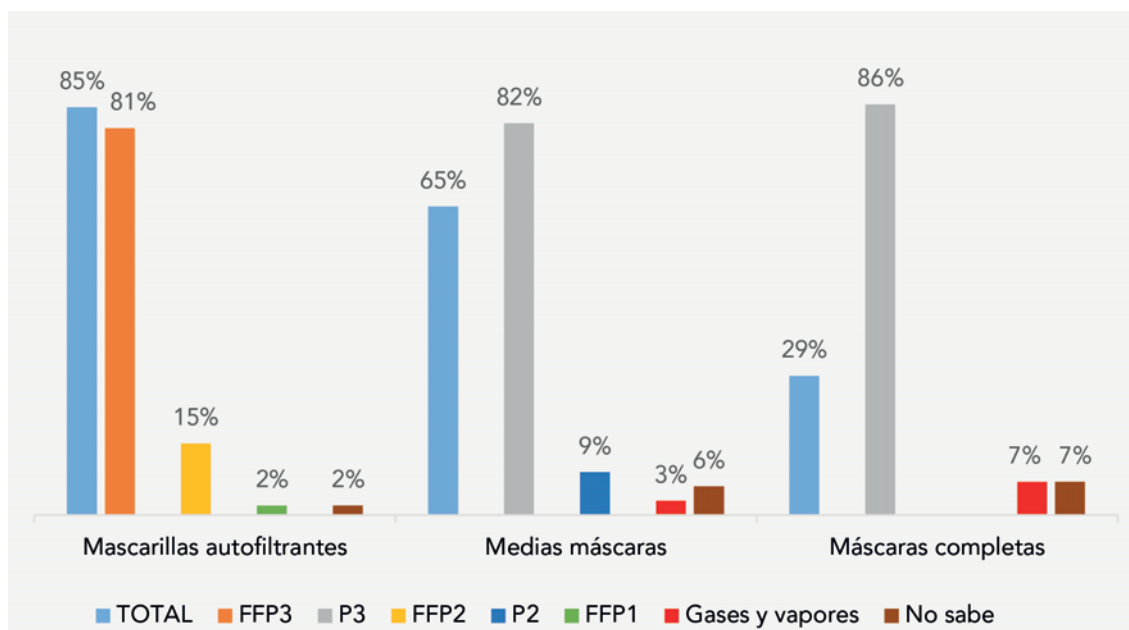
Los diferentes tipos de equipos de protección respiratoria pueden clasificarse, a su vez, en distintos grupos en función del grado de protección que proporcionen. Considerando cada uno de ellos, el 81 % de las respuestas que corresponden a las mascarillas autofiltrantes es del tipo FFP3, el 15 % FFP2, el 2 % FFP1 y el 2 % lo desconoce (véase Gráfico 14). Cabe señalar que la entidad que indica que utiliza mascarilla autofiltrante de tipo FFP1, manipula materiales de tamaño superior a 100 nm y hace uso de ella en operaciones de recogida de polvo.

En relación con las medias máscaras, el 82 % de las respuestas señala que utilizan filtros P3, el 9 % filtros P2, el 3 % filtros para gases y vapores, en concreto para vapores orgánicos A1, y el 6 % lo desconoce.

En el caso de las máscaras completas, el 86 % de las respuestas recaen en las de tipo P3, el 7 % para gases y vapores y en la misma proporción quedan las respuestas que lo desconocen.

Con respecto a los equipos filtrantes de ventilación asistida con máscara completa o media máscara y los incorporados a casco o capuz, el 100 % de las respuestas señala que son de tipo TM3P y TH3P, respectivamente.

Gráfico 14. Algunos tipos de equipos de protección respiratoria utilizados en porcentaje de respuesta

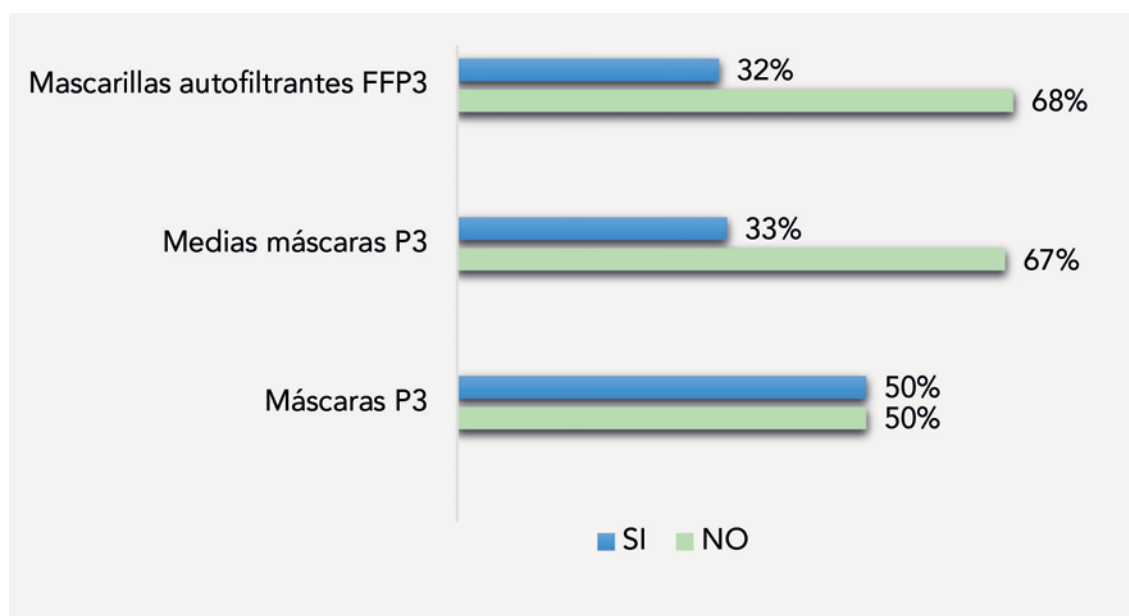


TOTAL: porcentaje de entidades que disponen del equipo de protección respiratoria

Una prueba que permite asegurar que el equipo de protección respiratoria seleccionado se ajusta perfectamente a la cara de la persona proporcionando el grado de protección necesario es el test de ajuste. Teniendo en cuenta las entidades que utilizan EPR, los datos muestran que el 60 % de ellas señala que no realizan el test de ajuste del equipo, el 25 % lo realizan para todos los equipos, el 9 % sólo para algunos y el 6 % desconoce si se lleva a cabo esta prueba.

Si se relacionan los datos correspondientes al test de ajuste de los EPR con los diferentes equipos de tipo FFP3 o P3 mostrados en el Gráfico 14, se puede ver que las respuestas negativas para las mascarillas autofiltrantes y medias máscaras son similares, 68 % y 67 %, respectivamente, mientras que para las máscaras completas es del 50 % (véase Gráfico 15).

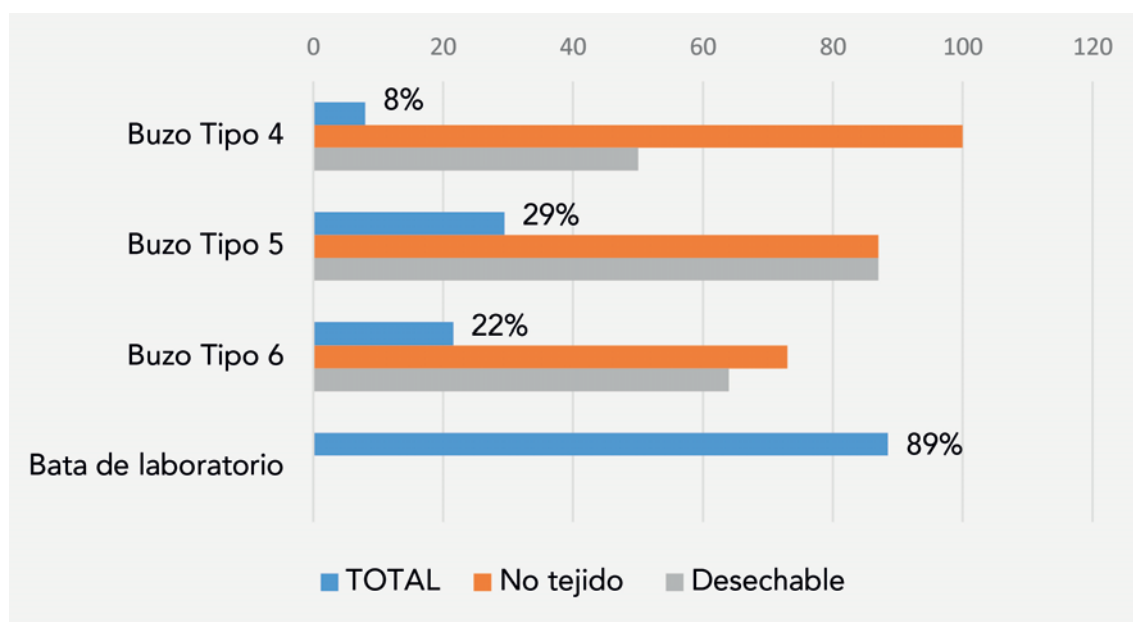
Gráfico 15. Test de ajuste en los EPR de tipo P3 en porcentaje de respuesta



5.2 Ropa de protección

Con respecto a la ropa de protección, los datos muestran que el 89 % de las entidades de I+D+i usa bata de laboratorio, el 29 % trajes de protección química frente a partículas (Tipo 5), el 22 % trajes de protección frente a salpicaduras de un líquido (Tipo 6) y el 8 % trajes de protección frente a líquidos pulverizados (Tipo 4). El 6 % de los encuestados señala la opción "otros" en la que se recoge información adicional como calzas para zapatos o ropa para el trabajo (véase Gráfico 16).

Gráfico 16. Ropa de protección utilizada expresada en porcentaje según los tipos



TOTAL: porcentaje de entidades que disponen de la ropa de protección

En la ropa de protección se pueden emplear materiales "no tejidos" que parecen ser más efectivos en la retención de nanomateriales que los tejidos convencionales.

Teniendo en cuenta la información proporcionada para los diferentes tipos de trajes de protección química, los datos muestran que el material es del tipo "no tejido" en el 100 % de las entidades que señalan que emplean trajes de Tipo 4, en el 87 % para las que usan los de Tipo 5 y en el 73 % en las que utilizan los de Tipo 6. Asimismo, se dispone de la información sobre si las entidades consideran la ropa de protección de un solo uso. En este caso, el 50 % de las entidades que utiliza trajes de Tipo 4 los considera desechables, el 87 % para las que emplean los de Tipo 5 y el 64 % para las que usan los de Tipo 6.

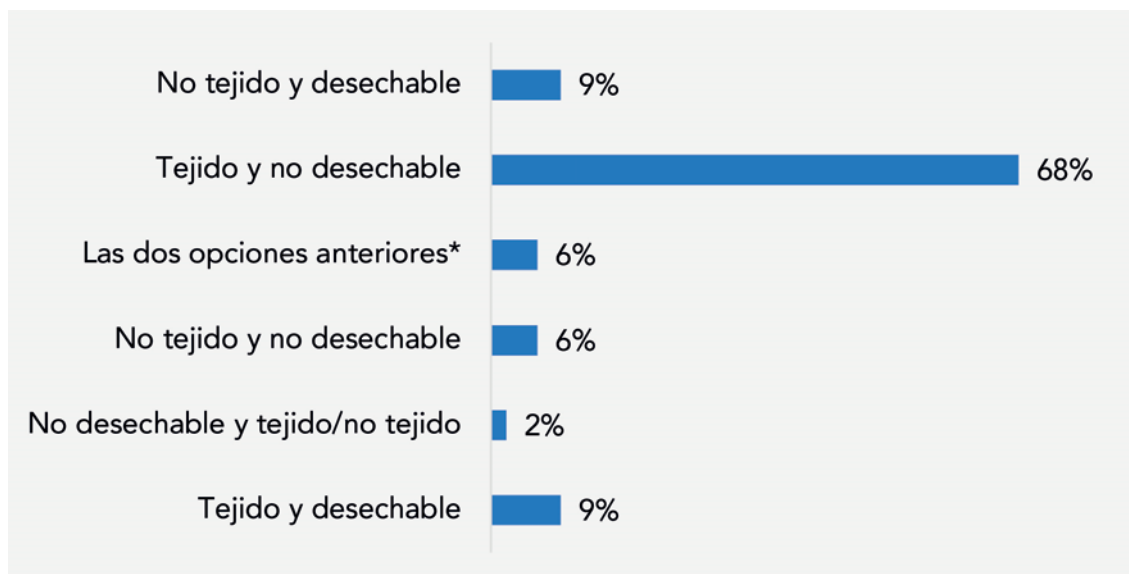
En relación a las características de la bata de laboratorio, la información obtenida sobre el tipo de material y el número de usos de la misma es muy diversa. La mayor proporción de respuestas, el 68 %, corresponde a la opción tejido y no desechable (véase Gráfico 17).

5.3 Guantes de protección

Todas las entidades que participan en el estudio señalan que utilizan guantes de protección química, siendo los de mayor uso los de nitrilo en el 98 % de las entidades, a continuación, los de látex y en menor medida, los de neopreno y butilo (véase Gráfico 18).

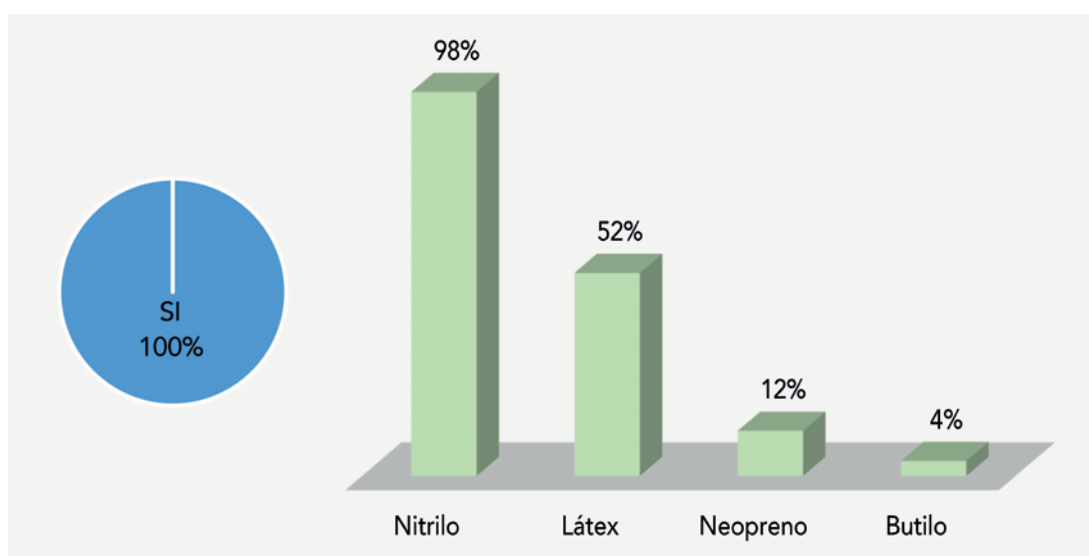
Asimismo, el 98 % de las entidades indica que los guantes son desechables y el 46 % de ellas que utiliza doble guante.

Gráfico 17. Características de las batas de laboratorio utilizadas en las entidades en porcentaje de respuesta



* No tejido y desechable junto con tejido y no desechable

Gráfico 18. Uso y tipo de guantes de protección química en porcentaje de entidades

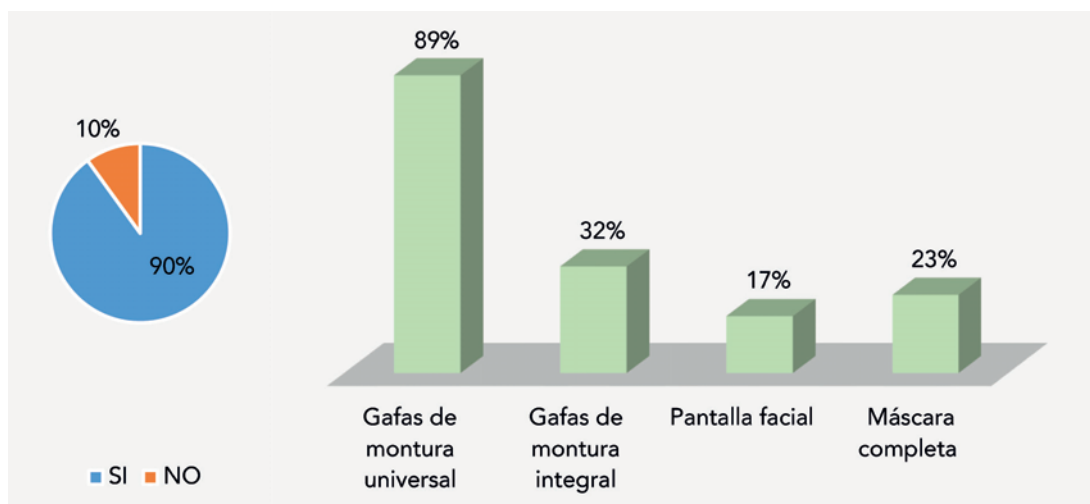


5.4 Protección ocular

En relación con la protección ocular, el 90 % de las entidades indica que dispone de ella. Teniendo en cuenta las entidades que han respondido afirmativamente, la protección ocular de mayor implementación entre las entidades es la gafa de montura universal y la de menor, la pantalla facial (véase Gráfico 19).

Si se relaciona el tipo de protección ocular con el estado en el que se adquiere el nanomaterial que presenta mayor riesgo de exposición, es decir, en forma de polvo homogéneo o en suspensión sólida, las gafas de montura universal son las de mayor implementación, alrededor del 50 % de las respuestas, seguidas de las gafas de montura integral, la máscara completa y finalmente, la pantalla facial.

Gráfico 19. Uso y tipo de protección ocular en porcentaje de entidades que disponen de ella



5.5 Datos globales del uso de equipos de protección individual

Considerando la información sobre los equipos de protección individual de forma conjunta, las 52 entidades que han participado en el estudio señalan que utilizan guantes de protección química y ropa de protección y, un número ligeramente menor de ellas indica que usan equipos de protección respiratoria y de protección ocular (véase Tabla 7). Si se analiza el número de respuestas para cada tipo de EPI, los de mayor puntuación son los guantes de nitrilo, la bata de laboratorio, las gafas de montura universal y las mascarillas autofiltrantes (véase Tabla 7).

5.6 Información general sobre los equipos de protección individual

Al igual que ocurre para las medidas de control técnico, la entidad debe disponer de un sistema de mantenimiento de los EPI no desechables que contemple el almacenamiento, mantenimiento, limpieza y reparación de los mismos. De acuerdo con los datos obtenidos, el 40 % de las entidades indica que disponen de un sistema de mantenimiento para todos los EPI no desechables utilizados en las tareas que implican el uso de nanomateriales, el 21 % de ellas señala que lo tiene para algunos, mientras que el 39 % responde que no dispone de ello.

Respecto a si los trabajadores que manipulan nanomateriales han recibido formación e información sobre el uso correcto de los EPI, el 73 % de las entidades indica que lo han proporcionado a todos los trabajadores, el 12 % sólo a algunos de ellos, mientras que el 15 % señala que no lo ha facilitado.

Tabla 7. Equipos de protección individual clasificados por grupos y número de respuestas

Grupo de EPI	Nº entidades	Tipo de EPI	Nº respuestas
Protección respiratoria	48	Mascarillas autofiltrantes	41
		Medias máscaras	31
		Máscaras completas	14
		Equipos filtrantes de ventilación asistida con máscara completa/media máscara	2
		Equipos filtrantes de ventilación asistida incorporados a casco o capuz	1
Ropa de protección	52	Buzo Tipo 4	4
		Buzo Tipo 5	15
		Buzo Tipo 6	11
		Bata de laboratorio	46
		Otros	3
Guantes de protección	52	Nitrilo	51
		Látex	27
		Neopreno	6
		Butilo	2
Protección ocular	47	Gafas de montura universal	42
		Gafas de montura integral	15
		Pantalla facial	8
		Máscara completa	11

6. OTRA INFORMACIÓN DE INTERÉS

En este capítulo se recoge información adicional que se ha considerado de interés desde el punto de vista de la seguridad y salud en el trabajo con nanomateriales como son la información a los trabajadores de los riesgos específicos de los nanomateriales, la existencia de procedimientos escritos de trabajo, la formación e información a los trabajadores, la información al Servicio de Prevención de Riesgos Laborales para la vigilancia de la salud y la gestión de residuos de los nanomateriales.

6.1 Información a los trabajadores de los riesgos

La normativa vigente señala que el empresario debe garantizar que los trabajadores reciban una formación e información adecuadas sobre los riesgos derivados de la presencia de agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo, así como sobre las medidas de prevención y protección que hayan de adoptarse.

De acuerdo con los datos obtenidos, el 73 % de las entidades indica que ha informado a los trabajadores sobre los riesgos específicos de los nanomateriales y las medidas a adoptar. Cabe destacar que en el caso de las entidades que han respondido negativamente, en el 36 % de ellas el número de nanomateriales utilizados es superior a 10 y un 28 % utiliza nanotubos de carbono de forma habitual.

Si se relacionan los datos relativos a la información a los trabajadores de los riesgos específicos de los nanomateriales y de las medidas a adoptar con el tipo de modelo preventivo que disponen las entidades, el mayor porcentaje de respuestas positivas corresponde al SPA más otros (91 %), a continuación, el SPA (74 %) y el SPP (62 %).

De la misma manera, si se cruza dicha información con los datos relativos al número de trabajadores en la entidad, el mayor porcentaje de respuestas positivas corresponde a las entidades cuyo número de trabajadores es inferior a 50 (86 %), seguido de las que tienen entre 101 y 500 trabajadores (76 %), a continuación, las de 50 a 100 trabajadores y finalmente, los valores más bajos se presentan para aquellas cuyo número es superior a 500 (57 %).

6.2 Existencia de procedimientos escritos de trabajo

Los datos obtenidos muestran que el 65 % de las entidades no dispone de procedimientos escritos para el trabajo con nanomateriales y de ellas, el 26 % emplea más de 10 nanomateriales y el 38 % utiliza nanotubos de carbono de forma habitual.

Asimismo, si se relaciona la disponibilidad de procedimientos escritos para el trabajo con nanomateriales con el tipo de modelo preventivo en la entidad, en el caso del SPA las respuestas positivas y negativas son próximas, 48 % y 52 % respectivamente, mientras que tanto para el SPP y el SPA y otros las respuestas negativas, 92 % y 64 % respectivamente, superan a las positivas.

6.3 Formación e información a los trabajadores

El 60 % de las entidades indica que la entidad proporciona formación e información a los trabajadores sobre manipulación segura de los nanomateriales. Es de resaltar que si se analizan las entidades que han respondido negativamente, el 33 % de ellas emplea más de 10 nanomateriales y el 38 % utiliza habitualmente nanotubos de carbono.

Si se relaciona esta información con el tipo de modelo preventivo en la entidad, el porcentaje positivo es superior para el SPA y otros (73 %), seguido del SPA (67 %), mientras que para el SPP, el 62 % de las entidades que disponen de este modelo preventivo responde negativamente.

6.4 Información al Servicio de Prevención de Riesgos Laborales

Los datos muestran que el 75 % de las entidades señala que la entidad ha informado al Servicio de Prevención de Riesgos Laborales sobre la utilización de nanomateriales para que los consideren en la vigilancia de la salud de los trabajadores. Es de destacar que el 23 % de las entidades que responden negativamente utiliza más de 10 nanomateriales entre los que se encuentran los nanotubos de carbono.

Al igual que en los puntos anteriores, si se relaciona la información al Servicio de Prevención de la utilización de nanomateriales para la vigilancia de la salud de los trabajadores con el tipo de modelo preventivo en la entidad, los valores más altos de las respuestas positivas corresponden al SPA y otros (91 %), seguido del SPA (74 %) y del SPP (69 %).

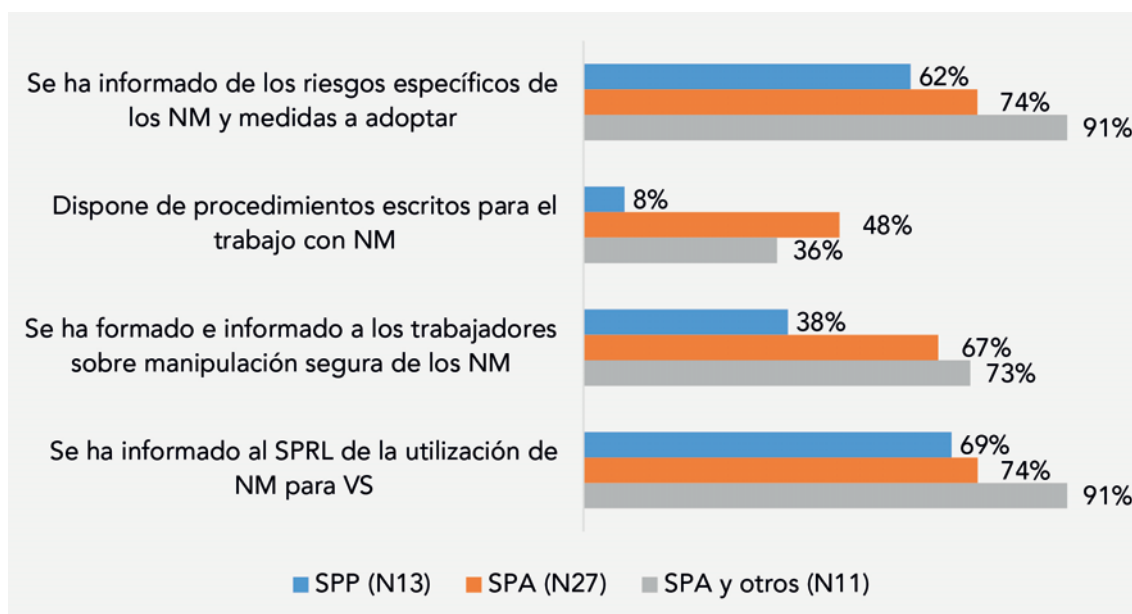
Es de destacar que, al relacionar esta información con el número de trabajadores en la entidad, las respuestas positivas se encuentran alrededor del 80 % cuando el número de trabajadores es superior a 50 pero cuando es inferior, la respuesta positiva cae al 43 %.

Asimismo, si se correlacionan los datos de la información al Servicio de Prevención con el número de operarios que trabaja directamente con nanomateriales, la respuesta positiva es del 100 % cuando el número de operarios es superior a 50, del 87 % cuando se encuentra entre 10 y 25, del 67 % si el número está entre 26 y 50 operarios y en menor medida, del 63 % cuando la cifra de operarios es inferior a 10.

6.5 Análisis conjunto de la información

Si se analiza de forma conjunta la información de interés considerada anteriormente, es decir, si la entidad ha informado de los riesgos específicos y de las medidas a adoptar, si dispone de procedimientos escritos, si ha proporcionado formación e información sobre manipulación segura y si ha informado al Servicio de Prevención de la utilización de nanomateriales para la vigilancia de la salud, es de destacar que solamente el 23 % de las entidades responde afirmativamente a las cuatro cuestiones. De la misma forma, si se cruza la información de interés con el tipo de modelo preventivo en la entidad, el mayor porcentaje de respuesta positiva corresponde, en general, al SPA y otros, seguido del SPA y del SPP. En el caso del SPM para todos estos puntos citados solamente se dispone de un dato y este es negativo (véase Gráfico 20).

Gráfico 20. Respuesta positiva en porcentaje de entidades que disponen del modelo preventivo



VS: vigilancia de la salud

6.6 Gestión de residuos

El 40 % de las entidades indica que considera los nanomateriales en el sistema de gestión de residuos, el 15 % los trata como residuos químicos y el 2 % señala que algunos nanomateriales se tratan específicamente y otros como residuos químicos. Lo más destacable de la información recogida en este punto es que el 33 % de las entidades de I+D+i no considera los nanomateriales en el sistema de gestión de residuos y que un 10 % de las mismas lo desconoce o no contesta.

7. DATOS DESTACADOS DEL ESTUDIO

En este capítulo se mencionan los datos más destacados del estudio agrupados de acuerdo a la estructura seguida en el documento.

Descripción de las entidades

- Las entidades de I+D+i de prácticamente todas las Comunidades Autónomas realizan actividades con nanomateriales.
- El mayor porcentaje de entidades que han participado en el estudio corresponden a las Comunidades Autónomas de Madrid, País Vasco, Cataluña y Comunitat Valenciana.
- La mayor parte de las entidades pueden incluirse en el código CNAE 7219 "Investigación y desarrollo experimental en ciencias naturales y técnicas".
- El 74 % de las entidades de I+D+i se han fundado en fechas anteriores a 1990 o bien, en el periodo 2001 a 2010.
- En las dos últimas décadas, se han fundado las entidades que representan el 12 % de las que han participado en el estudio y que desarrollan exclusivamente actividades relacionadas con las nanotecnologías.
- El 55 % de las entidades tiene una plantilla entre 101 y 500 trabajadores.
- La mayoría de las entidades de hasta 500 trabajadores tienen servicio de prevención ajeno como modalidad preventiva.

Características de la actividad con nanomateriales

- La actividad con los nanomateriales comenzó entre los años 2005 y 2015 y la mayor parte de entidades indica que se ha producido un aumento de la actividad a partir del año 2013.
- En la mayoría de las entidades, el número de operarios que trabaja con nanomateriales es inferior a 10 salvo en aquellas que tienen entre 101 y 500 trabajadores donde el mayor porcentaje de respuesta, el 34 %, corresponde al intervalo entre 10 y 25 operarios.
- Independientemente del número de trabajadores en la entidad, el número de operarios de mantenimiento o limpieza que pudieran entrar en contacto con los nanomateriales es inferior a cinco y los trabajadores presentes en la zona de trabajo durante las operaciones con nanomateriales es menor de 10.
- Las entidades dedican a las operaciones con nanomateriales principalmente, entre 1501 y 2000 horas anuales o periodos inferiores a 500 horas.
- Las entidades dedican aproximadamente un 90 % de la actividad a proyectos nacionales e internacionales mientras que el 10 % restante va dirigido a grandes empresas y pymes.
- El número de diferentes tipos de nanomateriales utilizados por el conjunto de las entidades es superior a 50, donde el 40 % de las mismas emplea entre 6 y 10 nanomateriales diferentes.
- En el 100 % de las entidades que utilizan entre 1 y 5 nanomateriales diferentes, el número de operarios que trabajan directamente con nanomateriales es inferior a 10, en el 73 % de las que usan entre 6 y 10 la cifra es de 10 a 25 operarios y en las que emplean más de 10 nanomateriales, en el 67 % de ellas el número de operarios es superior a 25.
- Los nanomateriales más utilizados de forma habitual son: SiO₂ (48 %), TiO₂ (40 %), grafeno (38 %), oro (36 %), plata (31 %) y nanotubos de carbono (31 %).

- Considerando la clasificación de las entidades en función del código CNAE, los nanomateriales más usados en las entidades que se han incluido en el código 7219 son: SiO₂, TiO₂, grafeno, ZnO, nanotubos de carbono y plata; en el código 7211: TiO₂, ZnO, grafeno, plata, oro y nanopartículas/óxidos de hierro; y en el código 7310: oro y nanopartículas/óxidos de hierro.
- La cantidad mensual de cada nanomaterial utilizado por entidad es, en general, inferior a 2 gramos aunque algunos nanomateriales como SiO₂, TiO₂, nanoarcillas, nanocelulosa o negro de humo se emplean en mayor cantidad.
- Las partículas primarias de los nanomateriales presentan tamaños inferiores a 20 nm o entre 20 y 50 nm. Para algunos nanomateriales se usan también las de tamaño superior a 100 nm.
- Los nanomateriales principalmente se adquieren en estado sólido, en formato de bote aunque algunos de ellos como SiO₂, grafeno, nanotubos de carbono, nanocelulosa o nanofibras se compran también en bolsa o en envases de 5 a 10 kilogramos como SiO₂, TiO₂, ZnO, nanoarcillas, nanocelulosa o CaCO₃.
- Los nanomateriales se obtienen principalmente por síntesis propia o se adquieren en España o en la Unión Europea, en forma de polvo homogéneo o en suspensión líquida.
- El 4 % de las entidades no dispone de las FDS de los nanomateriales adquiridos.
- En relación con el tipo de operación que se realiza con los nanomateriales, el mayor porcentaje de las entidades señala que caracteriza y/o analiza las propiedades de los nanomateriales o los productos con nanomateriales y que crea mezclas para formulación.
- El estudio muestra que la medicina, la automoción y la alimentación son los sectores de mayor aplicación de los nanomateriales.

Medidas de control colectivas

- El 94 % de las entidades ha adoptado alguna medida de control colectiva en los lugares de trabajo en los que se realizan actividades con nanomateriales.
- La medida de control colectiva de mayor implementación es la extracción localizada, seguida del confinamiento y los aisladores, los métodos húmedos, la sala limpia y la producción automatizada.
- Las vitrinas de gases son el tipo de sistema de extracción más utilizado.
- El 71 % de las vitrinas de gases no dispone de filtro HEPA/ULPA.
- El 6 % de las entidades que disponen de alguna medida de control no realiza operaciones de mantenimiento.
- El 22 % de las entidades que han implementado alguna medida de control no lleva el registro interno de las operaciones de mantenimiento.

Equipos de protección individual

- El 92 % de las entidades indica que dispone de equipos de protección respiratoria, siendo la de mayor uso la mascarilla autofiltrante de tipo FFP3.
- El 60 % de las entidades señala que no realizan el test de ajuste del equipo de protección respiratoria.
- El 89 % de las entidades utiliza bata de laboratorio y en menor medida, trajes de protección Tipo 4, 5 o 6.

- Las entidades utilizan guantes de protección química, principalmente de nitrilo y desechables y el 46 % de ellas indica el uso de doble guante.
- La mayoría de las entidades emplea protección ocular siendo las gafas de montura universal las más utilizadas.
- El 39 % de las entidades indica que no dispone de un sistema de mantenimiento de los EPI no desechables.
- El 15 % de las entidades no proporciona formación e información sobre el uso correcto de los EPI.

Otra información de interés

- El 27 % de las entidades no ha informado a los trabajadores sobre los riesgos específicos de los nanomateriales y las medidas a adoptar.
- El 65 % de las entidades no dispone de procedimientos escritos para el trabajo con nanomateriales.
- El 40 % de las entidades no proporciona formación e información a los trabajadores sobre manipulación segura de los nanomateriales.
- El 25 % de las entidades no ha informado al Servicio de Prevención de Riesgos Laborales sobre la utilización de nanomateriales para que los consideren en la vigilancia de la salud de los trabajadores.
- Solamente el 23 % de las entidades responde afirmativamente a los cuatro puntos anteriores.
- Si se relacionan los cuatro puntos anteriores con el tipo de modelo preventivo en la entidad, el mayor porcentaje de respuestas positivas corresponde al SPA y otros, seguido del SPA y del SPP.
- El 33 % de las entidades no considera los nanomateriales en el sistema de gestión de residuos y el 10 % de ellas lo desconoce o no contesta.

8. PROPUESTAS DE ACTUACIÓN PREVENTIVA

El estudio ha permitido detectar deficiencias en algunos aspectos del trabajo con nanomateriales analizados por lo que a continuación, se proponen actuaciones que puedan ser de ayuda a las entidades desde el punto de vista preventivo.

- Evitar la dispersión de partículas en el aire. Para ello:
 - ◆ Trabajar con suspensiones líquidas, siempre que sea posible.
 - ◆ Adecuar el tamaño del envase a la cantidad a utilizar.
 - ◆ Evitar el uso de envases de tipo bolsa en materiales que presenten una gran capacidad de pulverulencia como grafeno, nanotubos de carbono o nanofibras.
- Exigir al fabricante o distribuidor del nanomaterial la Ficha de Datos de Seguridad. La FDS proporciona información sobre la sustancia química comercializada, incluyendo entre otras, la manipulación y almacenamiento de la misma o las medidas de control y protección personal a adoptar. Deben mantenerse actualizadas.
- Respecto a las medidas de control colectivas:
 - ◆ Seleccionar la medida de control colectiva considerando la actividad que se realice, la cantidad y tipo de nanomaterial que se utilice.
 - ◆ Disponer de filtros de alta eficacia HEPA de clase H14 o ULPA en los sistemas de extracción localizada y, siempre que sea posible, que tengan salida al exterior⁷.
 - ◆ Hacer un mantenimiento adecuado de las medidas de control.
 - ◆ Llevar un registro interno de las operaciones de mantenimiento.
 - ◆ Dar formación a los trabajadores sobre cómo utilizar y comprobar el buen funcionamiento de los sistemas de extracción localizada y en caso contrario, cómo actuar⁷.
- Respecto a los EPI:
 - ◆ Realizar una adecuada selección, uso y mantenimiento de los EPI.
 - ◆ Formación e información a los trabajadores en el uso correcto de los EPI.
 - ◆ Retirar los EPI en orden adecuado para evitar cualquier contaminación. Se hará de detrás hacia delante, de arriba hacia abajo y de dentro hacia fuera. En ningún momento es aconsejable tocar la parte frontal de los equipos.
 - ◆ Equipos de Protección Respiratoria:
 - Utilizar equipos filtrantes de partículas de clase 3 (mascarilla autofiltrante FFP3 y filtros P3 acoplados a máscara completa o a media máscara).
 - Usar filtro P3 con prestaciones para gases y vapores cuando se emplee el nanomaterial junto con otro tipo de agente químico, por ejemplo, disolventes.
 - Consultar al fabricante para seleccionar el tipo de filtro más adecuado, en caso de duda.
 - Realizar pruebas de ajuste en la selección inicial del EPR que permitan determinar el modelo y la talla que mejor se adapten a la cara de la persona.
 - Facilitar a los trabajadores formación e información sobre cómo realizar las comprobaciones previas al uso de los EPR.
 - ◆ Ropa de protección:
 - Realizar la selección dependiendo de la actividad, cantidad y tipo de nanomaterial manipulado.
 - Considerar en la selección los materiales “no tejidos” frente a los tejidos como

el algodón, debido a que parecen ser mucho más eficientes en la retención de nanomateriales⁶.

- ◆ Guantes de protección:
 - Emplear guantes de protección química, desechables.
 - Usar doble guante dependiendo del espesor del mismo y del tipo de nanomaterial que se manipule⁷.
- ◆ Protección ocular:
 - Seleccionar en función de la tarea y de la forma de presentación del nanomaterial.
- Dar la debida formación e información a los trabajadores sobre los riesgos específicos de los nanomateriales y las medidas que se han adoptado para reducir o eliminar la exposición a los mismos.
- Establecer procedimientos escritos de trabajo que incluyan las medidas de control técnicas y de organización adoptadas.
- Proporcionar formación e información a los trabajadores sobre manipulación segura de los nanomateriales.
- Informar al servicio de prevención de la utilización de nanomateriales para que los consideren en la vigilancia médica de los trabajadores.
- Establecer un registro de los trabajadores que trabajan con nanomateriales.
- Considerar los nanomateriales en el sistema de gestión de residuos de la entidad.

9. FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

1. European Commission (2013). High-expert group on key enabling technologies.
2. Honnert B. et al. (2014). Manufactured nano-objects: an occupational survey study in five industries in France. *Ann. Occup. Hyg.*, vol 58, 1, 121-135.
3. Baua (2006). *Questionnaire on aspects of worker during the production and handling of engineered nanomaterials.*
4. HSE (2013). The use of nanomaterials in UK universities: an overview of occupational health and safety.
5. Materials UK (2010). *Nanotechnology: a UK Industry View.*
6. Nanosafe (2008). *Are conventional protective devices such as fibrous filter media, respirator cartridges, protective clothing and gloves also efficient for nanoaerosols?*
7. HSE (2013). Using nanomaterials at work.



DD.105.1.19