

A large blue and yellow sign for the Instituto Asturiano de Prevención de Riesgos Laborales. The sign features a yellow triangle with a black exclamation mark inside. The text is in white, with 'PREVENCIÓN' in a larger font. The sign is supported by four black pillars and is set against a background of a brick building and greenery.

INSTITUTO ASTURIANO DE
PREVENCIÓN
DE RIESGOS LABORALES

NANOTEUNOLOGÍA

un nuevo reto de salud llaboral

Nélida Busto Serrano

Inxeniera de Mines y Técnico Superior
en Prevención de Riesgos Llaborales

ENTAMU

La gestión de la prevención de riesgos laborales dividíase en cuatro estades:

- Vigilancia de la salud.
- Seguridad industrial.
- Ergonomía y psicología aplicada.
- Higiene industrial.

Esta última dedicase al control de los contaminantes físicos y químicos que pueden producir una enfermedad profesional en el caso en que un trabajador se vea expuesto a los mismos en su actividad laboral.

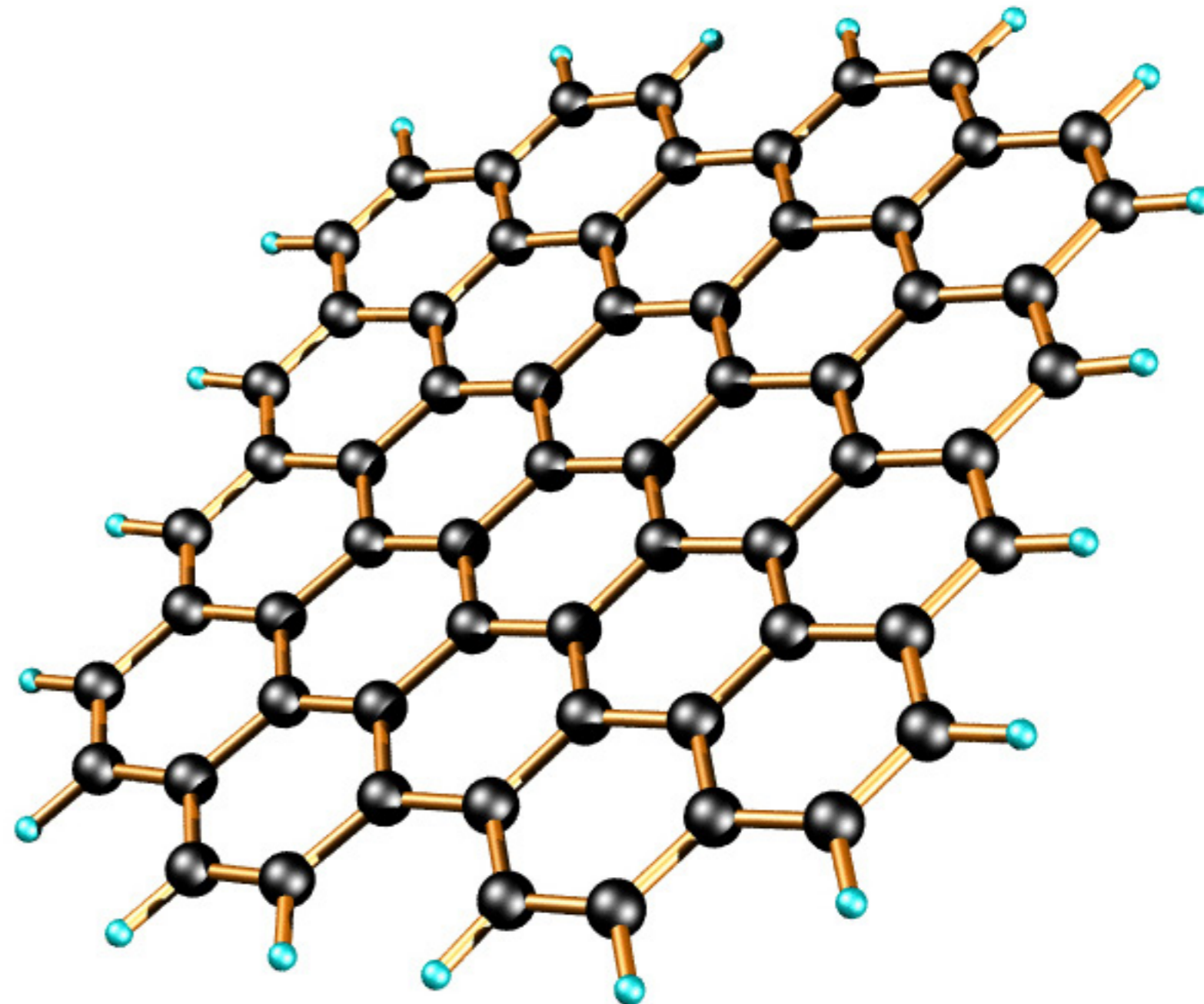
La higiene industrial tradicional se basa en la idea de medir la concentración de los contaminantes que hay en un lugar de trabajo y después compararla con un valor máximo de referencia que nunca ha de superarse: *Valores Límite Ambientales (VLA)* españoles, *Threshold Limit Value (TLV)* americanos, etc. De esta manera la empresa puede asegurar que los propios trabajadores pueden desarrollar su actividad sin riesgo de sufrir una enfermedad profesional en el futuro.

Hasta hace pocos años, todos los descubrimientos hechos en Química y otras ramas de la ciencia con aplicación industrial podían hacer aparecer productos nuevos que la toxicología tuviera por investigar para conocer las consecuencias de la exposición, ajustar los valores límite ambientales, etc. Pero estas circunstancias ya eran perfectamente compatibles con los principios de la higiene industrial tradicional.

Ya, encontramos ante una nueva tecnología que, además de allargar las bases de lo que puede ser la Revolución Industrial del siglo XXI, desafía los principios que aplicaron en los años previos: la Nanotecnología.

Alcontrámonos ante una nueva tecnología que desafía los principios que aplicaron en los años previos, además de allargar las bases de lo que puede ser la Revolución Industrial del siglo XXI

DERECHA
Grafeno



Estamos hablando de manipular material con granulometrías comprendidas entre 1 y 100 nanómetros (1 nm es la millonésima parte de un milímetro). Para hacerse una idea clara de las dimensiones de las que estamos hablando, podemos comparar este dato con algunas de las referencias de esta tabla:

TAMAÑO MEDIO EN NANÓMETROS	
Grosor de una uña	500.000 – 1.000.000
Diámetro de un pelo humano	17.000 – 180.000
Tamaño de una bacteria	500 – 5.000
Tamaño del virus de la gripe	80 - 120

Esta nueva manera de manejar y construir el material, que puede hacerse de arriba hacia abajo o viceversa, llevó al descubrimiento de nuevas aplicaciones que ya están en periodo de desarrollo, implantación o son parte de la nueva vida cotidiana en la que lo sabemos.

Algunos ejemplos curiosos de productos desarrollados a partir de nanomateriales son: lentes que no rayan, parabrisas que se limpian solos, ropa que no se mancha ni se engrucia, esquís que esbarran mejor, raquetas de tenis más flexibles, crema solar que protege el factor de protección.

Otro ejemplo de importancia incalculable en

este ámbito la ingeniería y el descubrimiento de los nanotubos de carbono que, además de tener muchas otras características, ya es el primer material que desafía, por la alta resistencia, la relación espesor/alto necesaria en los diseños constructivos para que los edificios aguanten de pie y que esculpable de la necesidad de llenar los coches con esas columnas tan altas. Este material permitirá diseños arquitectónicos nunca antes imaginados, posibilitará el almacenamiento de hidrógeno (el combustible del futuro), así como otras aplicaciones que ya se usan o están siendo estudiadas.

La importancia de la Nanotecnología ya ta-

mién nes aplicaciones médiqes coles que tán alcontrándose los científicos. Dende'l nano-diagnósticu, como la capacidá d'allumar célules cancerixenes nel torrente sanguíneu aplicando *puntos cuánticos* o *nanoshells*; hasta la nanoterapia, qu'inclúi conceptos como la lliberación intelixente de fármacos o l'ataque selectivu de les célules cancerixenes acabando con munchos de los efectos secundarios de la quimioterapia.

Entós, ¿qué problema pue haber nel usu d'una teunoloxía qu'agospia tantes esperances de futuru? La mesma desconocencia que fai que los científicos alcuentren nueves aplicaciones torga que los prevencionistes sepan qué riesgos conleva'l remanar estes sustancias, cómo cuantificar la esposición y qué midíes aplicar pa prevenir les consecuencias negatives que puean afectar a los trabayadores.

NANOTOXICOLOXÍA

Güei nun hai conocencia clara de les característiques toxicolóxicques de los nanomateriales, anque sí hai dos axomes de referencia:

- El tamañu perpequeñu de les nanopartícules fai incorreutu asemeyar el comportamientu toxicolóxicu d'éstes col de les de la mesma composición química y tamañu macroscópicu.
- Nun ye posible falar d'unos efeutos toxicolóxicos globales de les nanopartícules, siendo necesario estudiar cada casu independientemente, d'ehí que teamos énte'l nacimientu d'una nueva disciplina: la Nanotoxicoloxía.

Magar que ye verdá qu'esta regla nun pue aplicase al 100% de les sustancias, too apunta a que'l comportamientu toxicolóxicu d'una nanopartícula sedrá peor que'l de la sustancia macroscópica de la mesma composición química atendiendo a dellos principios científicos:

- Reactividá: al ser de menor diámetru tien mayor superficie específica, lo qu'aumenta la reactividá siendo más probable la so interacción col organismu.

- Les vías de penetración de la sustancia varien: mientras qu'enantes faláremos de Respiratoria/Dérmica/Dixestiva/Parenteral, per esti orde d'importancia, agora tenemos que nos decatar de que la nanopartícula tien la capacidá de penetrar al traviés de los texíos, camudando'l vieyu conceutu d'entrada y permanencia del contaminante nel organismu. Hai estudios fechos con rates de llaboratoriu qu'apunten cómo les nanopartícules que dempués d'inspirase quedaben na rexón nasal, treslladábense direutamente al cerebru al traviés del nerviu olfativu en cuenta d'al pulmón peles vías respiratorias.

Pa comprender la toxicoloxía de la partícula ye fundamental caracterizala física y químicamente, siendo perimportantes estes propiedaes:

- Tamañu de la partícula.
- Forma de la partícula.
- Superficie específica.
- Actividá catalítica y potencial REDOX.

Hai que enseñar que los nanotubos de carbonu son consideraos de les nanopartícules más peligroses pola mor de la so forma de partícula y la capacidá de formar agregaos que queden allugaos nos alveolos comportándose de manera asemeyada a la síliz llibre cristalino culpable de la enfermedá profesional conocida como silicosis.

Los nanotubos de carbonu son de les partícules más peligroses pola so forma y la capacidá de formar agregaos que –allugaos nos alveolos pulmonares– compórtense como la síliz culpable de la silicosis.

VALORACIÓN DE LA ESPOSICIÓN A NANOPARTÍCULES

N'hixene industrial tradicional úsense muestreos químicos personales o midiciones directes de la concentración d'un contaminante nel ambiente pa llueu comparar esi datu col valir d'esposición llende ambiental.

Si intentamos facer esto colos nanomateriales atoparemos dos torgues:

- Nun se publicaron tovía VLA específicos pa nanopartícules.
- Nun hai mididor direutu de concentración de nanopartícules portátil que puea usase nel llugar de trabayu y, si queremos facer un muestreu personal a un trabayador, nun hai filtros qu'actúen como soportes de captación de les nanopartícules yá que, pola mor del tamañu de poru, usar filtros tradicionales ye como querer garrar una mosca cola mesma rede qu'usáremos pa cazar una parpayuela.

Por eso dalgunes publicaciones apunten hacia l'aplicación de metodoloxíes cualitatives pa la valoración de la esposición como ye'l *Control Banding*. Esto consiste en facer una carauterización de la peligrosidá d'una sustancia sobre la base a les rempuetes consiguies nuna encuesta hixénica qu'entruiga sobre les carauterístiques fi

sico-químiques, datos toxicolóxicos conocíos de la nanopartícula y de la sustancia macroscópica de la mesma composición química y manera d'usu. Según esto, pue clasificase'l trabayu en cuatro niveles de riesgu qu'indiquen les midíes a aplicar:

1. Midíes de control tradicionales.
2. Estación d'aire llocalizada.
3. Confinamientu.
4. Consulta a un espertu.

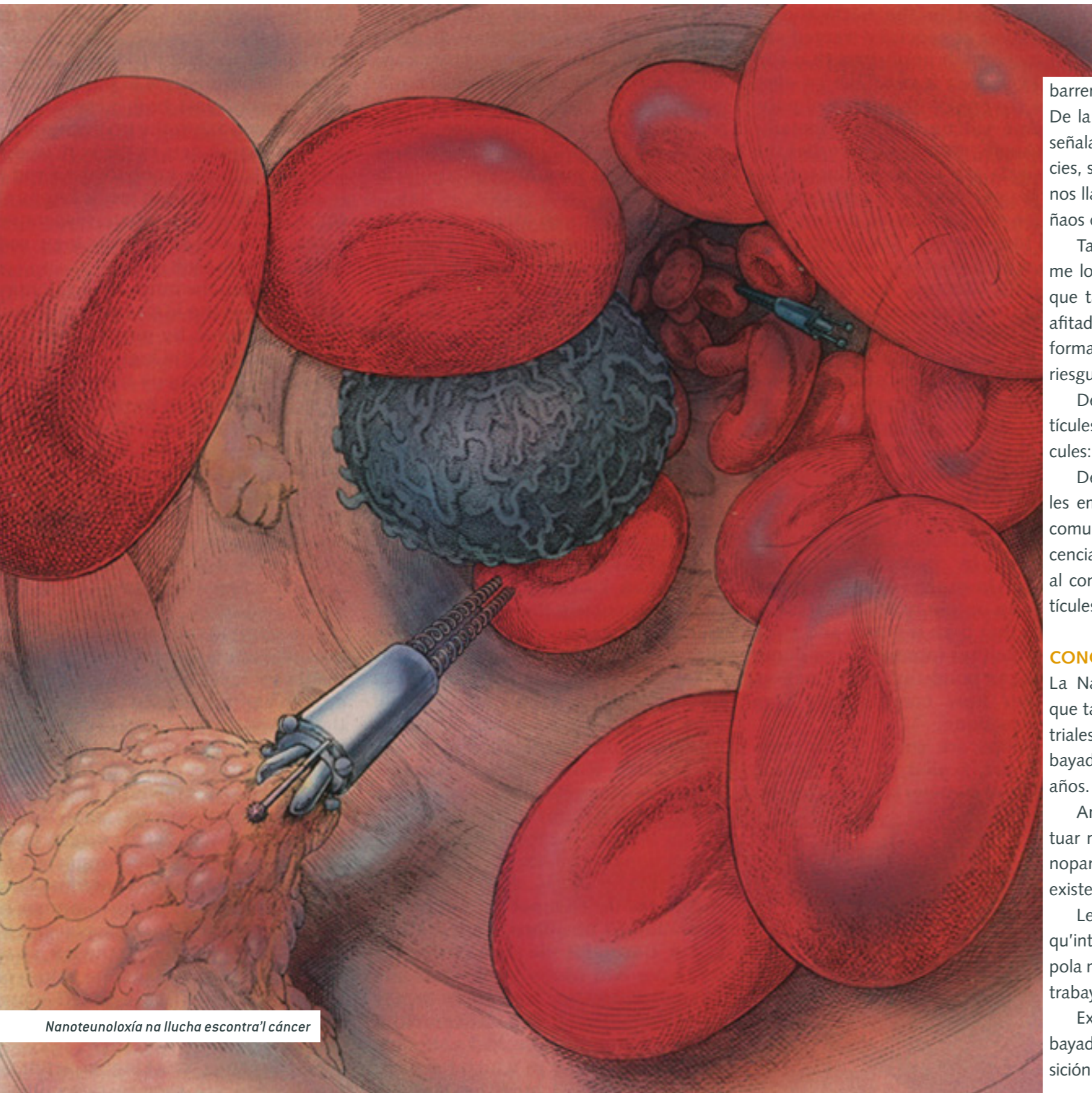
Otra opción ye aplicar les midíes de proteición magar que nun se conozan los valores d'esposición. Tales midíes puen ser:

- Equipos de proteición individual (E.P.I.). Anque seya difícil demostrar la so eficacia, yá que la nanopartícula pue colase pelos texíos de la ropa de proteición, ta indicáu l'usu. Amás, descubriéronse y ta trabayándose nel desendolcu de texíu que torne les nanopartícules. Esti texíu, sorprendentemente, ta fecho a partir de nanopartícules, polo que'l problema ye parte de la solución.

- Implantar procedimientos de trabayu más seguros. Por exemplu, ye meyor utilizar les nanopartícules en disolución coloidal col fin de llantales, no posible, a otru y evitar que tean llibres pa dispersase pel llugar de trabayu.

- Midíes organizacionales: dientro d'esti grupu taríen sistemes d'organización de la producción que llenda'l número de trabayadores espuestos, tiempu d'esposición, etc.

- Diseñu de los llugares y equipos de trabayu: tien que procurase confinar los equipos qu'usen nanopartícules a granel, interponiendo



Nanoteunoloxía na llucha escontra'l cáncer

barreres físicas ente éstos y los trabayadores. De la mesma manera, hai que llendar, zarrar y señalar les zones onde se remanen estes sustancias, siendo un exemplu a seguir les mides usaes nos llaboratorios de microbioloxía que tán diseñaos como sales blanques.

Tamién ye fundamental que la empresa forme los sos trabayadores sobre los riesgos a los que tán espuestos, qu'amás ye una obligación afitada na llei de prevención, y los mantenga informaos de les mides adoptaes pal control del riesgu por esposición a nanopartícules.

Destacáu III: El texíu que torne les nanopartícules tará fecho tamién a partir de nanopartícules: el problema sedrá parte de la solución

De la mesma manera, ye perimportante que les empreses que remanen estos materiales se comuniquen ente elles y actualicen la so conciencia sobre l'estáu de la téunica no que cinca al control del riesgu por esposición a nanopartícules.

CONCLUSIONES

La Nanoteunoloxía ye una ciencia emerxente que tará involucrada en milenta procesos industriales, polo que ye d'esperar que muchos trabayadores tean espuestos a ellos dientro d'unos años.

Anque hai munches duldes sobre cómo actuar na xestión del riesgu por esposición a nanopartícules puen aplicase munchos principios existentes na hixene tradicional.

Les empreses han de conocer los riesgos qu'introducen nos sos procesos productivos pola mor d'usar nanopartícules ya informar a los trabayadores.

Exemplos históricos como'l númberu de trabayadores que morrieron nos años 70 pola esposición a asbestos cuando nun había conciencia

de les consecuencias de la mesma, diznos que ye necesario acompañar los avances tecnolóxicos con esfuercu n'investigación sobre los riesgos que conlleva y cómo lluchar escontra ellos.

Otru casu por toos conocíu ye'l de la esposición a los Rayos X. Los descubrimientos cola aplicación de los Rayos X y la reactividá fechos por Marie Curie y muchos otros investigadores abríen nueves posibilidaes a muchos campos de la ciencia, sobre manera na medicina. En 1934, Marie Curie morría víctima d'una enfermedá causada polos mesmos cuerpos radioactivos a los que-yos dedicó la so carrera.

Pero esto nun ye un argumentu pa frenar el desendolcu científicu y naide pue discutir que la nuesa calidá de vida actual sedría impensable ensin la conocencia de la radioactividá y los Rayos X. Y güei aplíquense mides preventives nel usu d'esta teunoloxía que protexe a los trabayadores y al públicu en xeneral de sufrir una enfermedá pola mor de la esposición a la mesma.

D'ehí que, como dixo Confucio: «Estudia'l pasáu si quies pronosticar el futuru», y polo tanto, heba que da-y tantu pesu a los estudios que lleven a conocer y prevenir los riesgos remanechos de l'aplicación de la nanoteunoloxía como a los que desendolquen nueves aplicaciones y productos con nanopartícules.

Asina, non solo pronosticaremos el futuru, sinón que diremos per delantre d'él y podremos disfrutar de tolos adelantos que nos brinda la Nanoteunoloxía previniendo les sos posibles consecuencias negatives.

Pa una meyor conocencia sobre los nanomateriales pue consultase l'artículu «Los nanomateriales, una revolución teunolóxica y un retu pa la Cristalografía» de Santiago García-Granda en *Ciencias* 1: 26-37.