



POSITIVA
COMPANÍA DE SEGUROS

suma 5.0

educa
comunica y cultura preventiva

VIGILADO SUPERINTENDENCIA FINANCIERA DE COLOMBIA

Plan Nacional de Educación **Multimodal** en SST 2026

Talentos que **hacen país**



Positiva Prevención

GRUPO
BICENTENARIO



Comunidad Nacional de Conocimiento en

Investigación de la Enfermedad Laboral

Talentos que **hacen país**



SESIÓN 6: NANOPARTÍCULAS - EL NUEVO RIESGO RESPIRATORIO EN AMBIENTES INDUSTRIALES



Cristian Alonso R. experto

COMUNIDAD NACIONAL DE CONOCIMIENTO EN INVESTIGACIÓN
DE LA ENFERMEDAD LABORAL



cristianalonso_r@hotmail.com



3165292972

Perfil profesional:

MÉDICO UNIVERSIDAD NACIONAL POSTGRADO SALUD
OCUPACIONAL UJTL. MAESTRÍA DE EDUCACIÓN CON ÉNFASIS EN
INVESTIGACIÓN CUALITATIVA U DE LA SABANA. DIPLOMADO
PROMOCIÓN DE LA SALUD CIP-SALUD, U. DE ANTIOQUIA, EVES -
ESPAÑA ASESOR INTERNACIONAL DE CALIFICACIÓN DE
INVALIDEZ Y ORIGEN, CERTIFICADOR DE DISCAPACIDAD,
PROFESOR DE POSTGRADO Y MAESTRÍA U EXTERNADO DE
COLOMBIA, U NACIONAL UDES, UJTL, U DE CUENCA ECUADOR



Ruta del **conocimiento**

01

SESIÓN 1:
DISRUPTORES
ENDOCRINOS - EL NUEVO
DESAFÍO INVISIBLE EN LA
ENFERMEDAD LABORAL

02

SESIÓN 2:
METALES TÓXICOS - ¿CÓMO
IDENTIFICAR DAÑO
HEPÁTICO OCUPACIONAL?

03

SESIÓN 3:
BENCENO Y SANGRE -
DETECCIÓN TEMPRANA DE
ALTERACIONES
HEMATOLÓGICAS
LABORALES

04

SESIÓN 4:
SENSIBILIZACIÓN QUÍMICA
MÚLTIPLE - EL RETO
DIAGNÓSTICO DEL SIGLO XXI

05

SESIÓN 5:
MOHOS Y HONGOS
OCUPACIONALES -
ENFERMEDADES
RESPIRATORIAS QUE PASAN
DESAPERCIBIDAS

Ruta del **conocimiento**

06

SESIÓN 6:
NANOPARTÍCULAS - EL
NUEVO RIESGO
RESPIRATORIO EN
AMBIENTES INDUSTRIALES

07

SESIÓN 7:
NEUROTOXICIDAD
OCUPACIONAL - EL
VERDADERO IMPACTO DE LOS
PLAGUICIDAS MODERNOS

08

SESIÓN 8:
MONÓXIDO DE CARBONO
CRÓNICO - UN
SOSPECHOSO OCULTO EN
LA ENFERMEDAD
CARDÍACA LABORAL

09

SESIÓN 9:
SALUD REPRODUCTIVA
OCUPACIONAL - LO QUE LA
MEDICINA DEL TRABAJO
DEBE EVALUAR

10

SESIÓN 10:
ENFERMEDADES LABORALES
MULTISISTÉMICAS - NUEVAS
RUTAS PARA LA
INVESTIGACIÓN MÉDICA

Evaluémonos



“La innovación impulsa el progreso; la prevención protege a las personas.”

Autor: anónimo



Contenido

 **01.** Que son las nanopartículas

 **02.** Por que son un riesgo ocupacional

 **03.** Tipos de nanopartículas y como se producen en el trabajo

 **04.** Por que las nanopartículas son factores de riesgo.

 **05.** Vías de ingreso, fisiopatología Signos y síntomas y laboratorios

 **06.** Órganos blanco y patologías que producen las nanopartículas

 **07.** Intervención en empresa





POSITIVA
COMPAÑÍA DE SEGUROS

suma 5.0



educa
comunica y cultura preventiva

01.

Entender que son y como actúan y como se producen las nanopartículas en los procesos de trabajo

02.

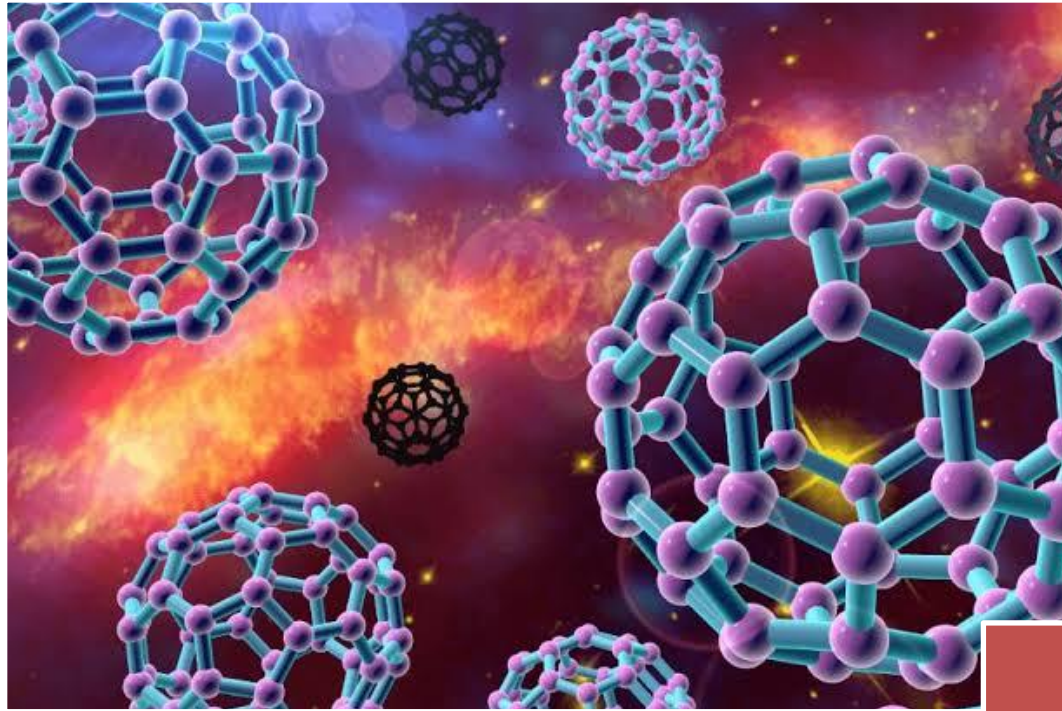
Entender la fisiopatología del daño por nanopartículas y como genera daño en los trabajadores en las empresas

03.

Como hacer la intervención en empresa para el riesgo por nanopartículas.

Objetivo





¿Qué son las nanopartículas?

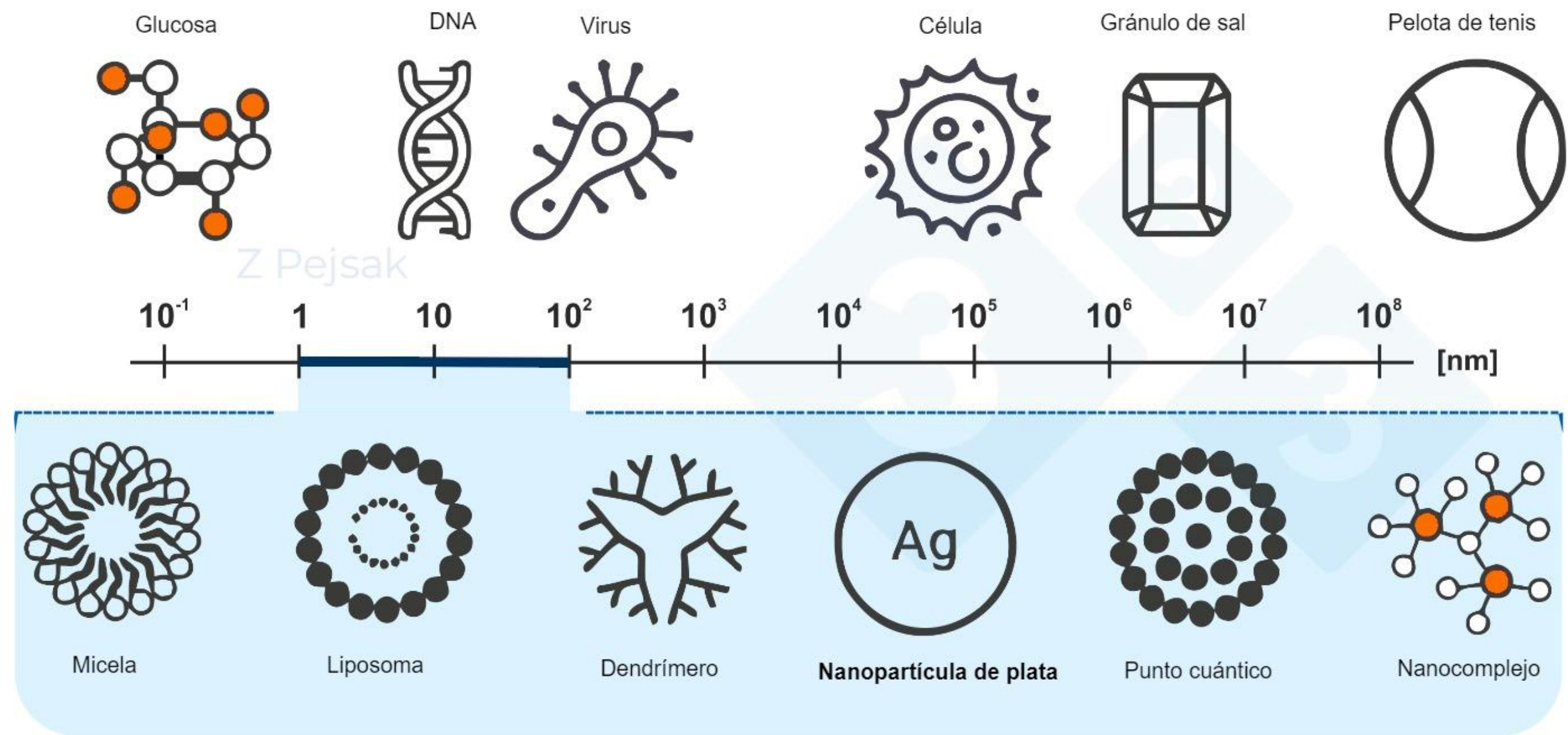
Las **nanopartículas (NP)** son partículas sólidas o líquidas que poseen al menos una dimensión inferior a **100 nanómetros (nm)** (1 nm = una milmillonésima parte de un metro).



Como referencia:

- Cabello humano: 80.000–100.000 nm
- Eritrocito: 7.000 nm
- Bacteria: 1.000–5.000 nm
- Virus: 20–300 nm
- Nanopartículas: 1–100 nm

¿Qué son las nanopartículas?

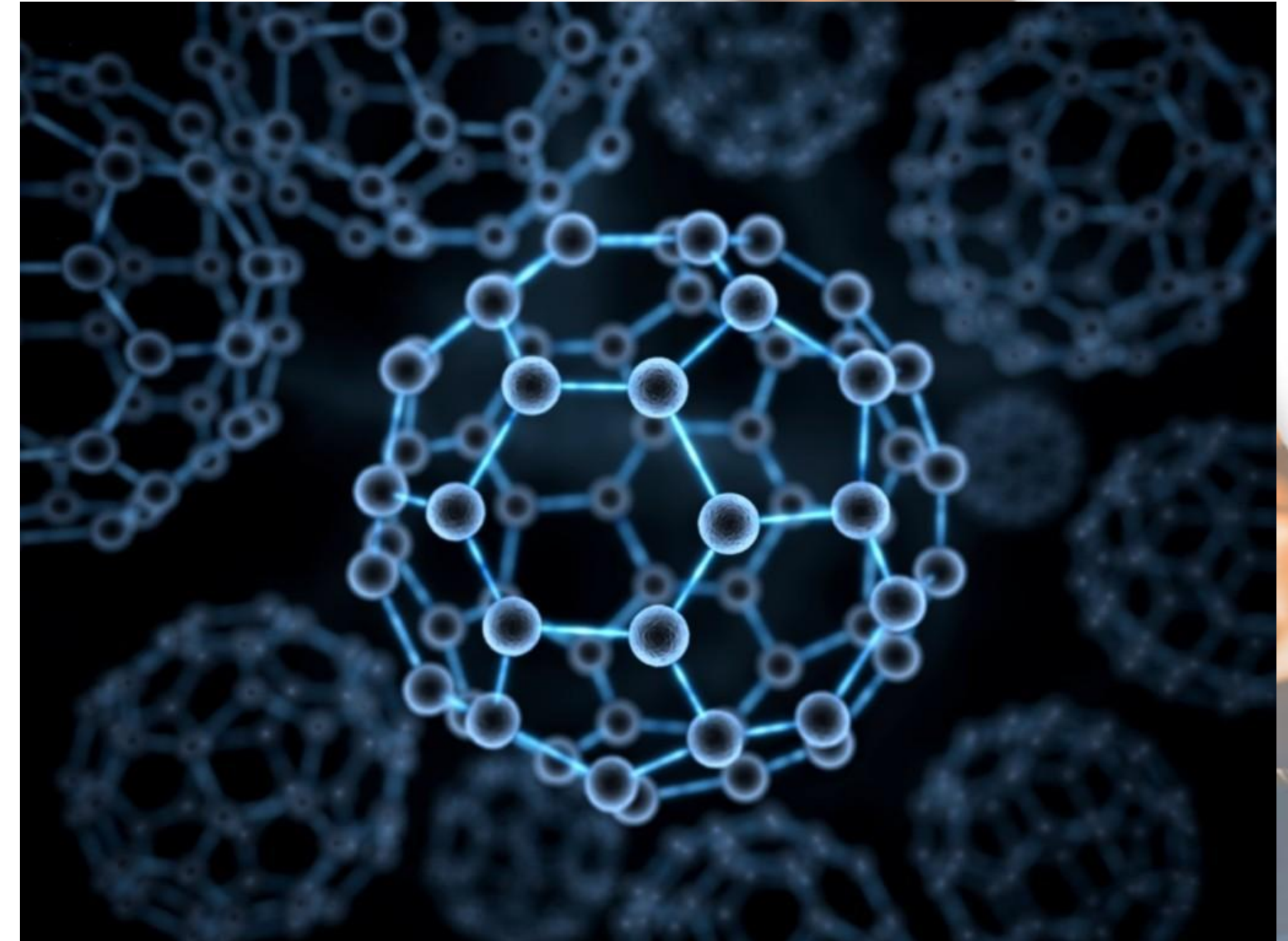


La Organización Mundial de la Salud (OMS) define los **nanomateriales manufacturados** como materiales diseñados con dimensiones nanométricas que presentan propiedades fisicoquímicas diferentes a las del mismo material en tamaño convencional.

¿Por qué constituyen un riesgo ocupacional?

Las nanopartículas poseen:

- enorme relación superficie/masa
- alta capacidad reactiva
- elevada producción de radicales libres
- gran movilidad en el aire
- penetración profunda hasta los alvéolos
- paso al torrente sanguíneo
- capacidad para atravesar membranas celulares
- posibilidad de llegar al cerebro mediante el nervio olfatorio
- persistencia en tejidos



Por ello, una misma sustancia puede ser relativamente inocua en tamaño micrométrico y mucho más tóxica en tamaño nanométrico.

Su peligrosidad no depende únicamente de la composición química sino de sus propiedades físicas.

Crecimiento acelerado de la nanotecnología

En las últimas dos décadas, la nanotecnología ha experimentado una expansión notable. Hoy en día se utilizan nanomateriales en:

- medicina;
- electrónica;
- cosméticos;
- textiles;
- alimentos;
- pinturas;
- baterías;
- construcción;
- energía;
- agricultura.



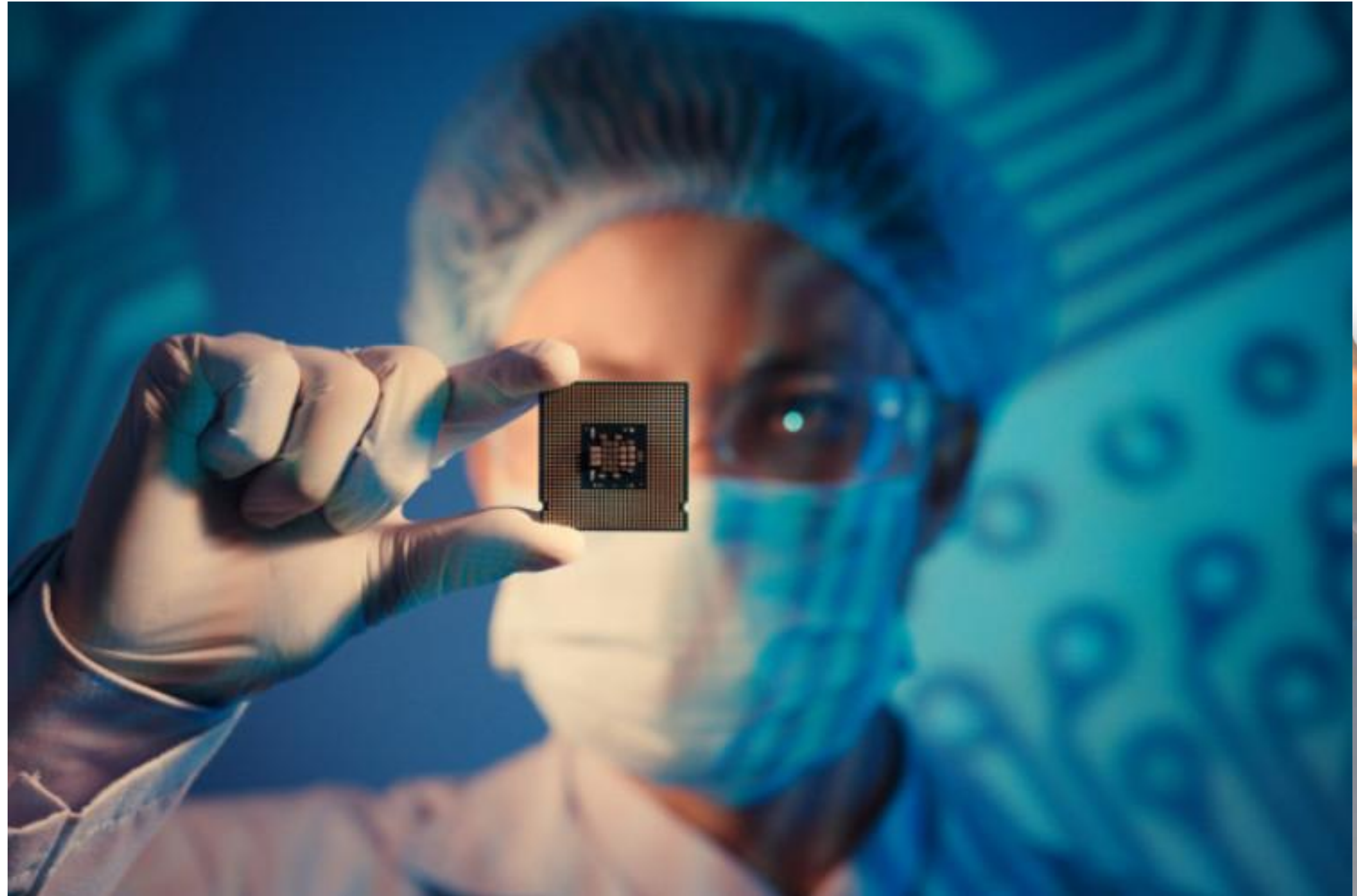
Cada año aumenta el número de trabajadores potencialmente expuestos.

Tipos de nanopartículas

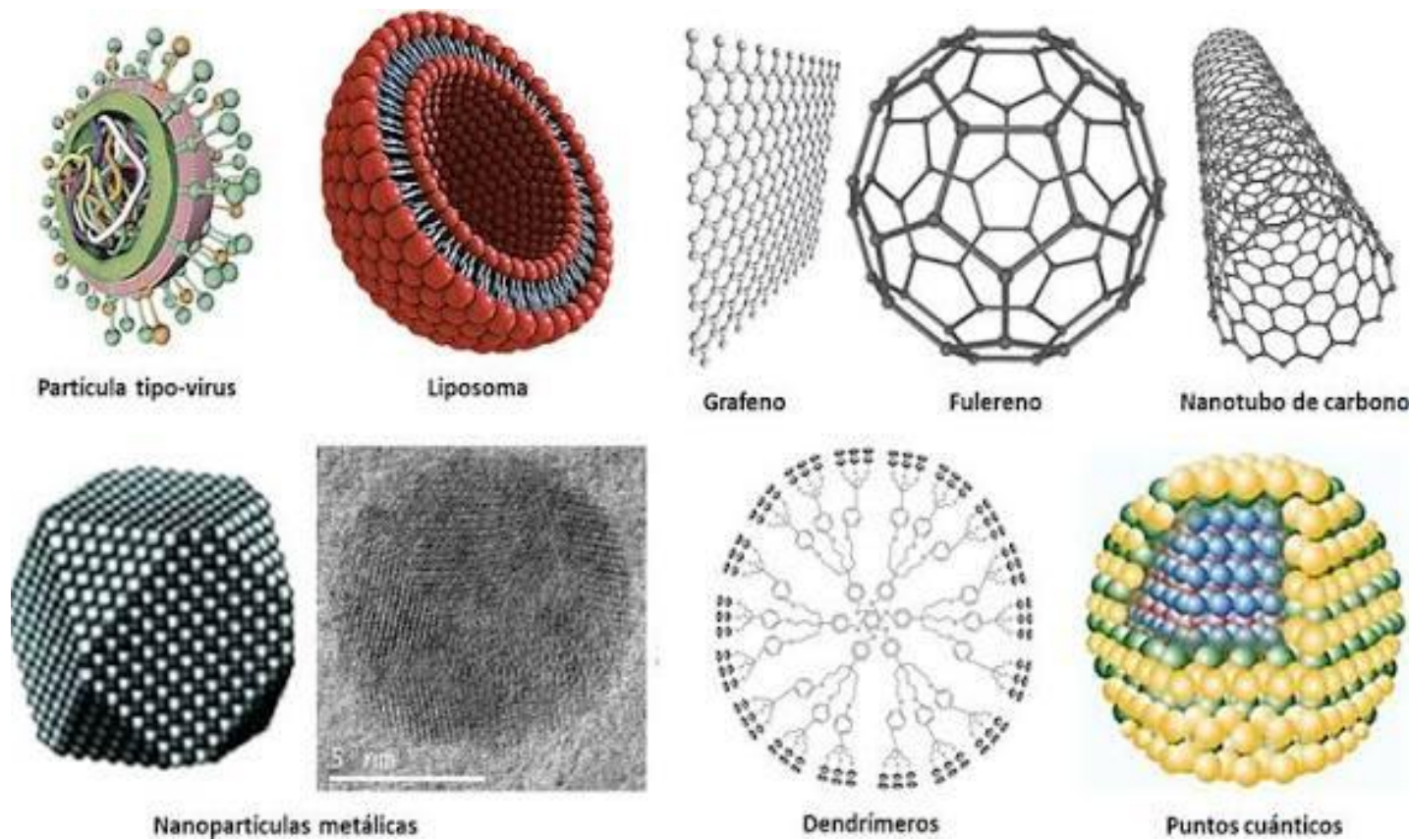
Naturales

**Incidentalmente
producidas**

Manufacturadas



Tipos de nanopartículas



Naturales

- cenizas volcánicas
- incendios forestales
- aerosoles marinos
- polvo del desierto

Incidentalmente producidas

- motores diésel
- soldadura
- corte por plasma
- fundición
- hornos industriales
- combustión
- impresión 3D

Manufacturadas

- nanotubos de carbono
- grafeno
- dióxido de titanio
- dióxido de silicio
- nanopartículas de plata
- óxido de zinc
- óxido de hierro
- óxido de cerio

¿Cómo se producen en la industria?

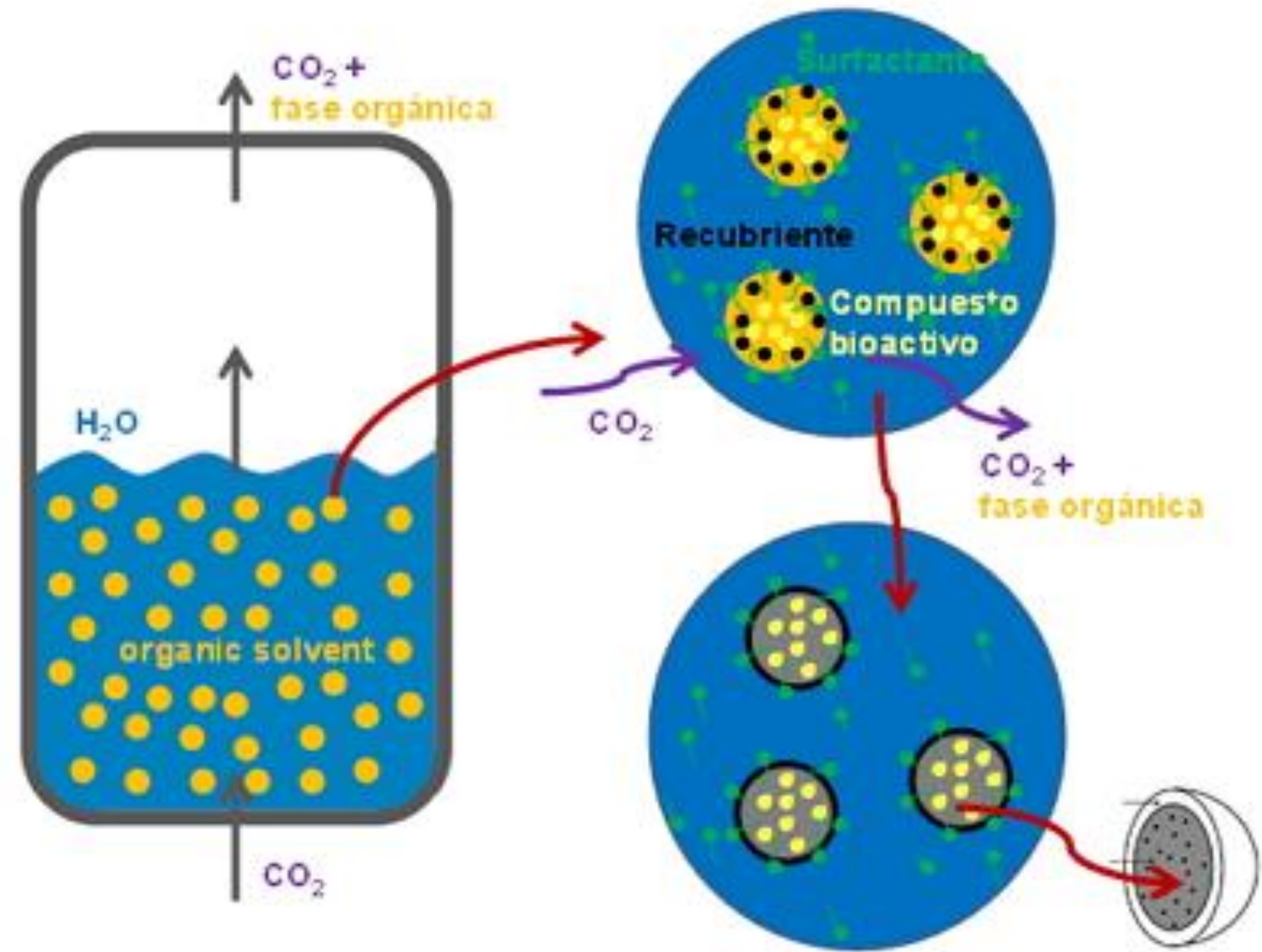
Las nanopartículas pueden liberarse durante:

Fabricación

Transformación

**Procesos
térmicos**

Mantenimiento



¿Cómo se producen en la industria?

Las nanopartículas pueden liberarse durante



Fabricación

- síntesis química
- secado
- molienda
- mezclado

Transformación

- lijado
- pulido
- corte
- perforación
- trituración

Procesos térmicos

- soldadura
- hornos
- fundición
- corte láser
- corte por plasma

Mantenimiento

- limpieza de filtros
- cambio de reactores
- apertura de equipos

Trabajos con mayor exposición

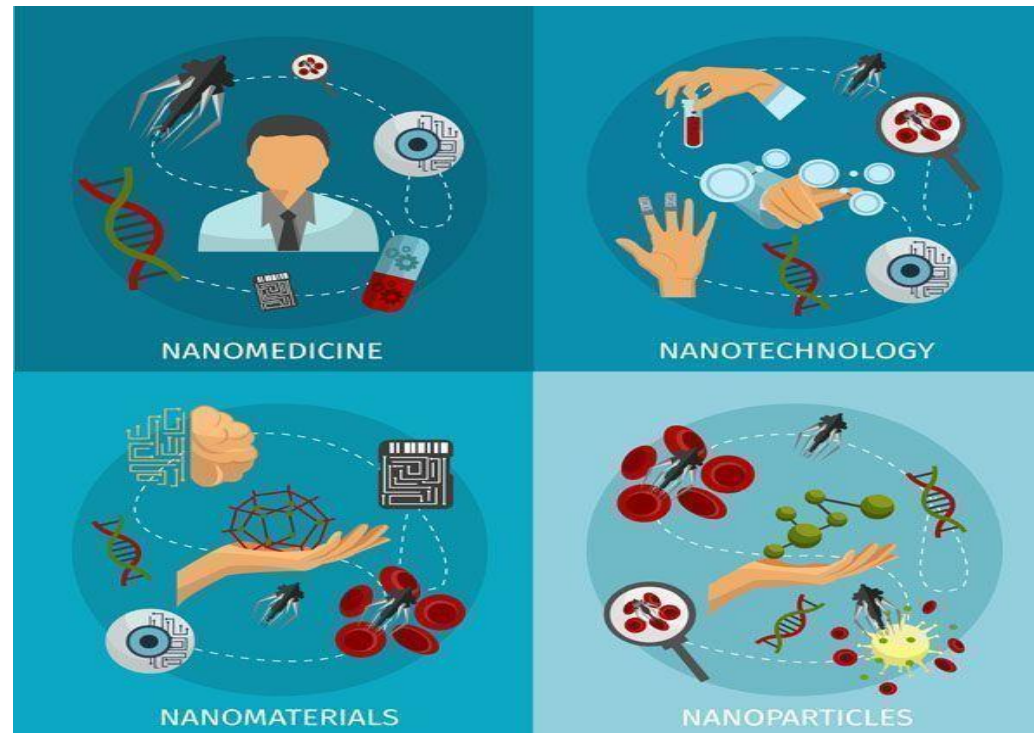
Entre las ocupaciones con mayor riesgo se encuentran:

- industria metalúrgica
- soldadores
- fundiciones
- minería
- fabricación de pinturas
- industria farmacéutica
- producción de semiconductores
- fabricación de baterías de litio
- laboratorios nanotecnológicos
- fabricación de cosméticos
- industria textil
- impresión 3D
- fabricación de cemento
- fabricación de vidrio
- industria automotriz
- fabricación de neumáticos
- reciclaje electrónico



Propiedades diferentes a las partículas convencionales

La toxicidad de una sustancia no depende únicamente de su composición química, sino también de su tamaño.
Por ejemplo, un kilogramo de dióxido de titanio convencional tiene un comportamiento muy distinto al mismo material en escala nanométrica.



Las nanopartículas presentan:

- mayor área superficial;
- mayor reactividad química;
- mayor capacidad para generar especies reactivas de oxígeno (ROS);
- mayor penetración en tejidos;
- mayor biodisponibilidad.



¿Por qué son Riesgo las nanopartículas?

Llegan a órganos donde otras partículas no llegan

Las partículas mayores suelen quedar retenidas en la nariz o en los bronquios. En cambio, las nanopartículas pueden:

- alcanzar los alvéolos pulmonares;
- atravesar la barrera alveolo-capilar;
- ingresar al torrente sanguíneo;
- distribuirse a hígado, riñón, corazón y cerebro;
- algunas pueden acceder al sistema nervioso central a través del nervio olfatorio.

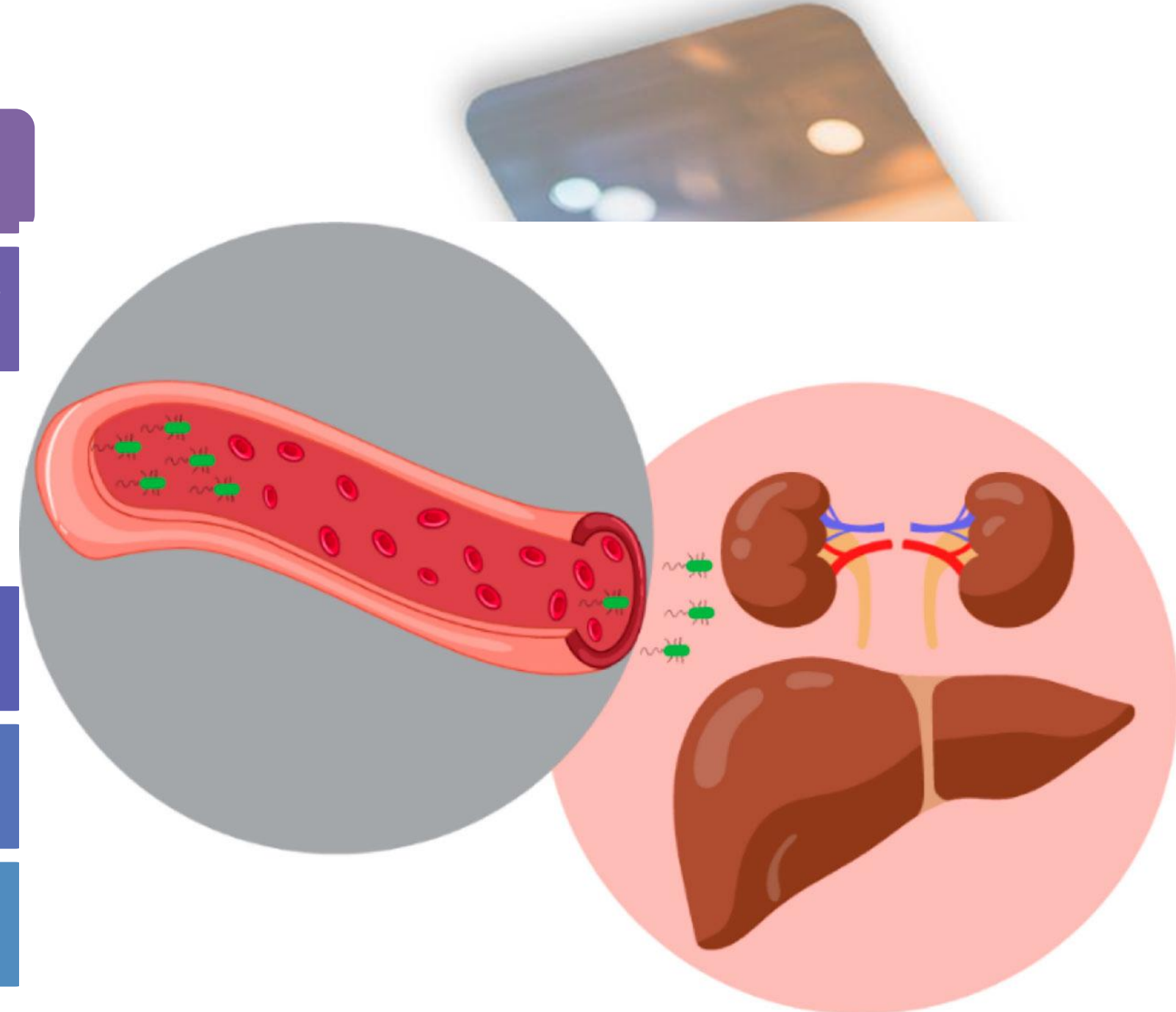
Esta capacidad de translocación las diferencia de muchos contaminantes tradicionales.

Generan daño antes de que aparezcan síntomas

La exposición puede producir:

- estrés oxidativo;
- inflamación crónica de bajo grado;
- alteraciones celulares y moleculares.

Estos cambios pueden presentarse mucho antes de que las pruebas convencionales (como la radiografía de tórax) detecten enfermedad, lo que dificulta la vigilancia temprana.



Persisten incertidumbres científicas

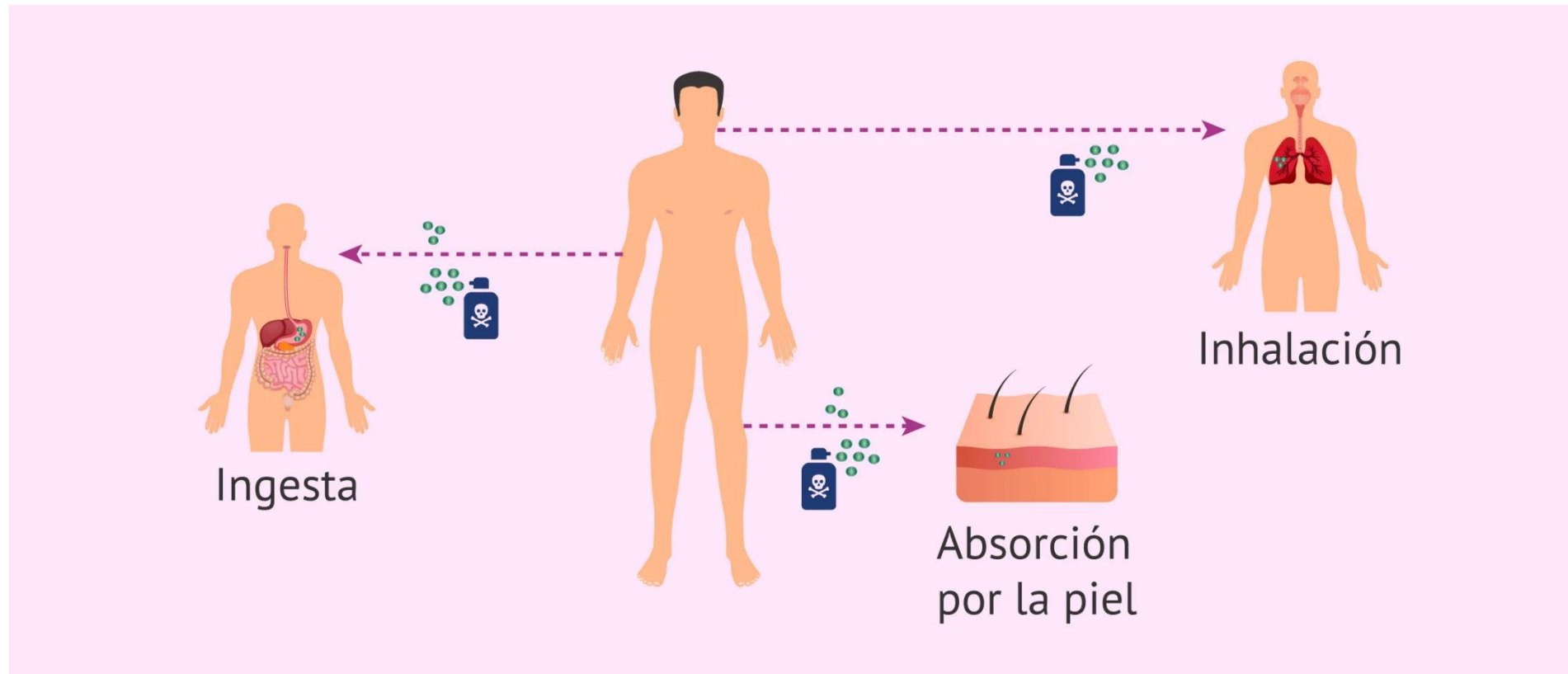
Aunque la evidencia experimental demuestra efectos tóxicos para numerosos nanomateriales, todavía se investiga:

- los efectos de exposiciones de baja intensidad durante décadas;
- la interacción entre diferentes nanomateriales;
- la susceptibilidad genética individual;
- el riesgo de enfermedades crónicas y cáncer en humanos.

Por ello, organismos internacionales como la OMS y el NIOSH recomiendan aplicar el **principio de precaución**, es decir, controlar la exposición aun cuando existan incertidumbres científicas.



Principales vías de ingreso



1

Inhalación (principal)

- Representa aproximadamente el **90 % del riesgo ocupacional**.

2

Las partículas menores de 100 nm alcanzan:

- bronquiolos terminales
- alvéolos
- macrófagos alveolares
- circulación sanguínea

3

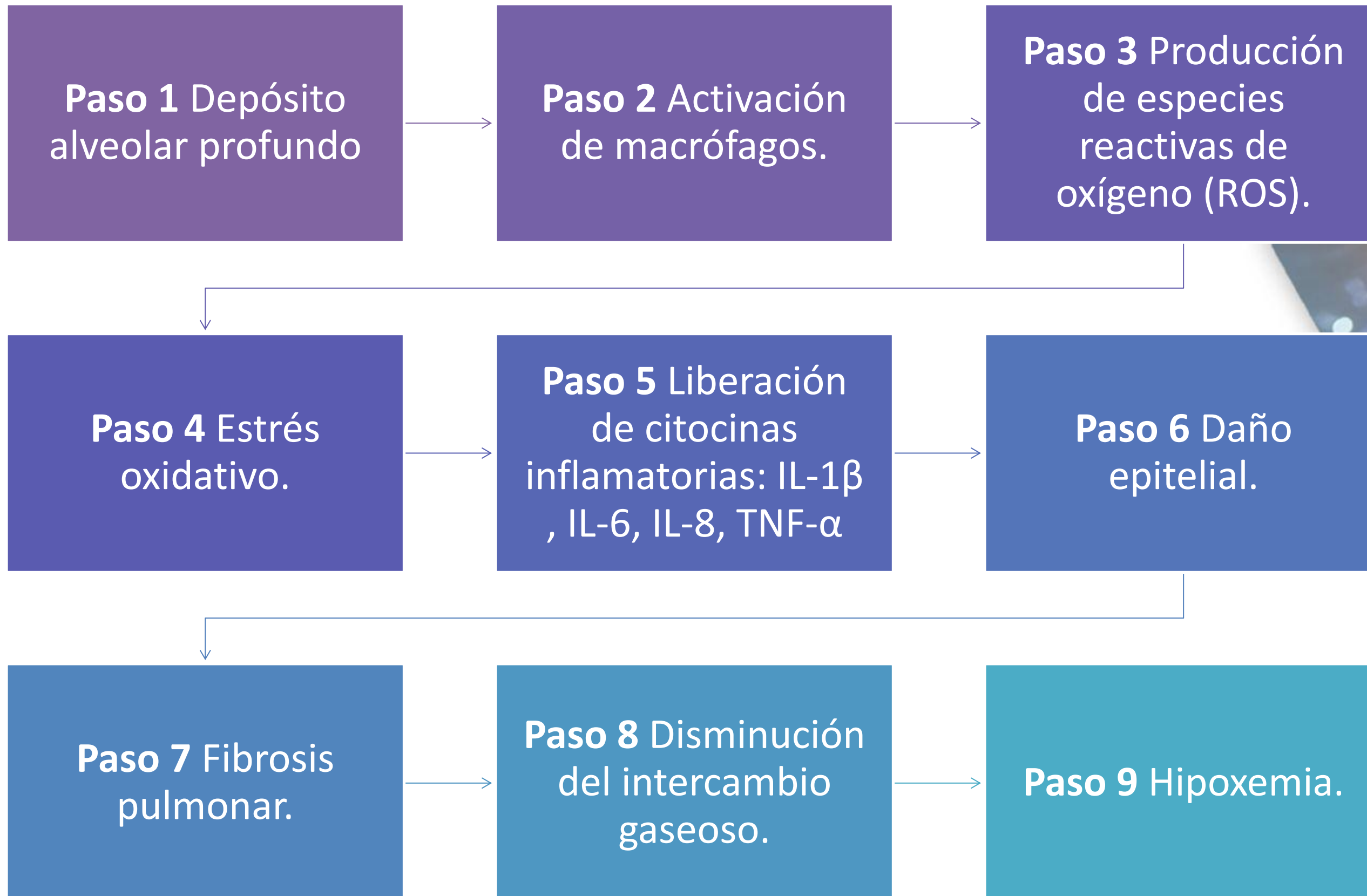
Otras vías

- contacto dérmico
- ingestión accidental
- vía ocular

4

La inhalación sigue siendo la principal preocupación para la salud ocupacional.

Fisiopatología del daño



Otros mecanismos de daño

Las
nanopartículas
pueden
producir:

- daño mitocondrial
- apoptosis celular
- alteración del ADN
- inflamación crónica
- fibrosis
- angiogénesis anormal
- alteración inmunológica
- daño endotelial
- hipercoagulabilidad



Órganos afectados

Además del pulmón
pueden comprometer:

cerebro	corazón	hígado	riñón	piel	placenta	sistema reproductor
---------	---------	--------	-------	------	----------	---------------------

En modelos experimentales se han descrito efectos pulmonares, cardiovasculares y sistémicos, con mayor toxicidad para algunos nanomateriales como nanotubos de carbono y dióxido de titanio ultrafino.





Signos y síntomas tempranos



Respiratorios

- tos seca
- disnea de esfuerzo
- sibilancias
- opresión torácica
- irritación nasal
- irritación faríngea

Generales

- fatiga
- cefalea
- disminución de tolerancia al ejercicio

Casos avanzados

- hipoxemia
- insuficiencia respiratoria
- fibrosis pulmonar

Examen físico



Puede encontrarse:

- estertores bibasales
- disminución del murmullo vesicular
- sibilancias
- taquipnea
- hipocratismo digital (casos avanzados)



Evaluación ocupacional

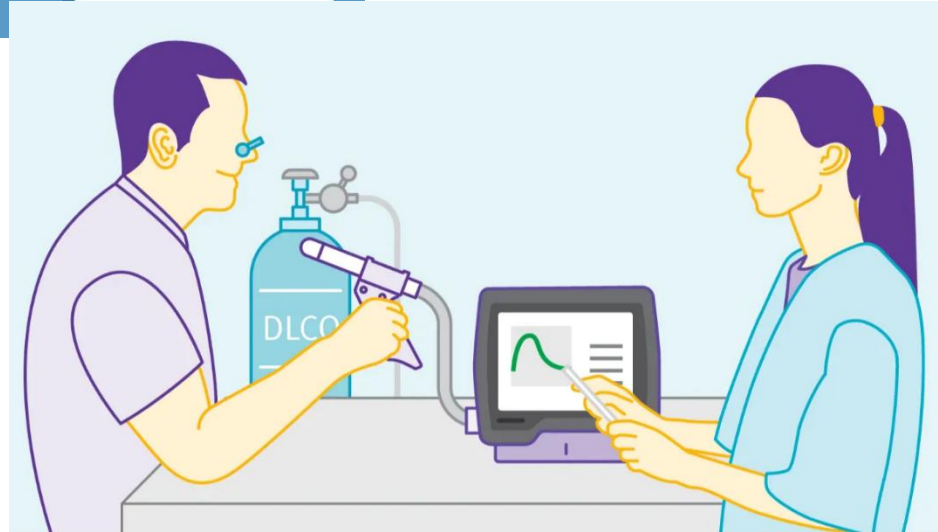


Debe
incluir:

- historia laboral detallada
- tiempo de exposición
- tipo de nanopartícula
- concentración ambiental
- uso de EPP
- tareas críticas
- ventilación del proceso
- antecedentes respiratorios
- tabaquismo



Vigilancia médica



Espirometría

Puede mostrar:

- patrón restrictivo
- patrón obstructivo
- reducción del FEV1
- disminución de la FVC

Difusión pulmonar (DLCO)

Es una de las pruebas más sensibles para detectar daño alveolar precoz.

Oximetría

- reposo
- ejercicio

Radiografía de tórax

Puede ser normal inicialmente.

TAC de alta resolución

Es el estudio de elección para detectar:

- fibrosis inicial
- vidrio esmerilado
- engrosamiento intersticial
- nódulos

Biomarcadores (en investigación)



No existe actualmente un biomarcador validado y específico para vigilancia ocupacional rutinaria. En investigación se han utilizado:

- Proteína C reactiva (PCR)
- IL-6
- TNF- α
- IL-8
- malondialdehído (MDA)
- 8-OHdG (daño oxidativo del ADN)
- glutatión reducido/oxidado
- fibrinógeno



Exámenes complementarios recomendados

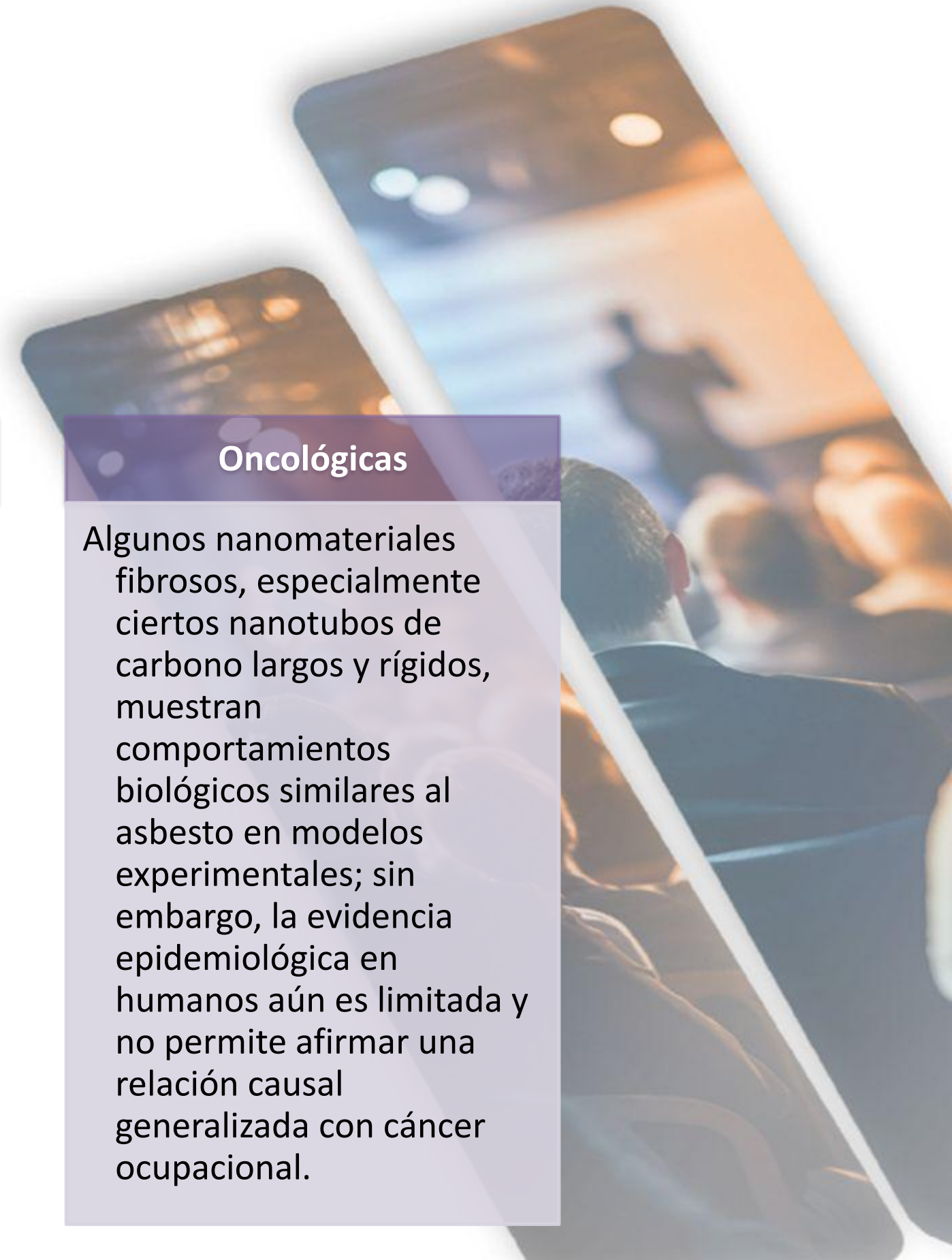


En programas
de vigilancia
pueden
considerarse:

- Espirometría basal y periódica
- DLCO
- TACAR cuando esté indicada
- Oximetría
- Cuadro hemático
- PCR
- Perfil inflamatorio según disponibilidad
- Evaluación cardiopulmonar en trabajadores sintomáticos



Enfermedades asociadas



Respiratorias

- bronquiolitis
- asma ocupacional
- enfermedad pulmonar intersticial
- fibrosis pulmonar
- neumonitis por hipersensibilidad
- EPOC acelerada

Cardiovasculares

- hipertensión
- aterosclerosis
- disfunción endotelial
- arritmias

Neurológicas

- neuroinflamación
- deterioro cognitivo
- enfermedad de Parkinson (asociación en investigación)

Oncológicas

Algunos nanomateriales fibrosos, especialmente ciertos nanotubos de carbono largos y rígidos, muestran comportamientos biológicos similares al asbesto en modelos experimentales; sin embargo, la evidencia epidemiológica en humanos aún es limitada y no permite afirmar una relación causal generalizada con cáncer ocupacional.

Tratamiento

Actualmente **no existe un antídoto específico.**

El manejo incluye:

- **Eliminación de la exposición**
 - Es la medida más importante.
- **Tratamiento médico**
 - broncodilatadores
 - corticoides inhalados cuando estén indicados
 - oxigenoterapia
 - rehabilitación pulmonar
 - tratamiento de complicaciones
 - manejo de fibrosis según guías clínicas específicas



Vulnerabilidad



¿Qué trabajadores presentan mayor vulnerabilidad frente a las nanopartículas y por qué?



La vulnerabilidad frente a las nanopartículas depende de tres factores principales:

- **Mayor exposición** (concentración y tiempo de contacto).
- **Mayor susceptibilidad biológica** (enfermedades preexistentes, edad o condiciones fisiológicas).
- **Menor capacidad de protección** (deficiencias en los controles o en el uso de elementos de protección personal).



Trabajadores biológicamente más vulnerables

Aunque dos trabajadores tengan la misma exposición, algunos presentan un riesgo significativamente mayor debido a condiciones individuales.

Personas con enfermedades respiratorias

- Asma
- EPOC
- Fibrosis pulmonar
- Bronquiectasias
- Enfermedad pulmonar intersticial

¿Por qué?

- Su reserva pulmonar ya está disminuida y cualquier inflamación adicional puede acelerar la pérdida de función respiratoria.



Trabajadores con mayor exposición ocupacional

Sector	Trabajadores	Fuente de nanopartículas
Metalurgia	Soldadores, fundidores, operadores de hornos	Humos metálicos ultrafinos (Fe, Mn, Cr, Ni)
Minería	Mineros, trituración y molienda	Polvos ultrafinos de sílice y metales
Construcción	Corte de concreto, demolición, pulido	Sílice cristalina ultrafina
Industria del cemento	Operarios de hornos y molienda	Nanopartículas minerales
Fabricación de nanomateriales	Ingenieros, técnicos y operarios	Nanotubos de carbono, grafeno, TiO ₂ , Ag, ZnO
Industria farmacéutica	Producción y formulación	Nanopartículas de principios activos
Impresión 3D	Operadores y técnicos	Partículas ultrafinas de polímeros y metales
Industria automotriz	Pintura, soldadura y mecanizado	Nanopartículas metálicas y pigmentos
Fabricación de baterías	Operarios	Litio, cobalto, níquel y grafito
Reciclaje electrónico	Desensamble y trituración	Mezcla de nanopartículas metálicas
Laboratorios de investigación	Investigadores y auxiliares	Nanomateriales sintetizados

Fumadores



El tabaquismo produce:

- inflamación bronquial crónica;
- alteración del aclaramiento mucociliar;
- disminución de la actividad de los macrófagos alveolares;
- incremento del estrés oxidativo.

Las nanopartículas potencian estos mecanismos, aumentando el riesgo de enfermedad pulmonar y cardiovascular.

Personas con enfermedades cardiovasculares

que son:

- Hipertensión arterial
- Cardiopatía isquémica
- Insuficiencia cardíaca
- Arritmias

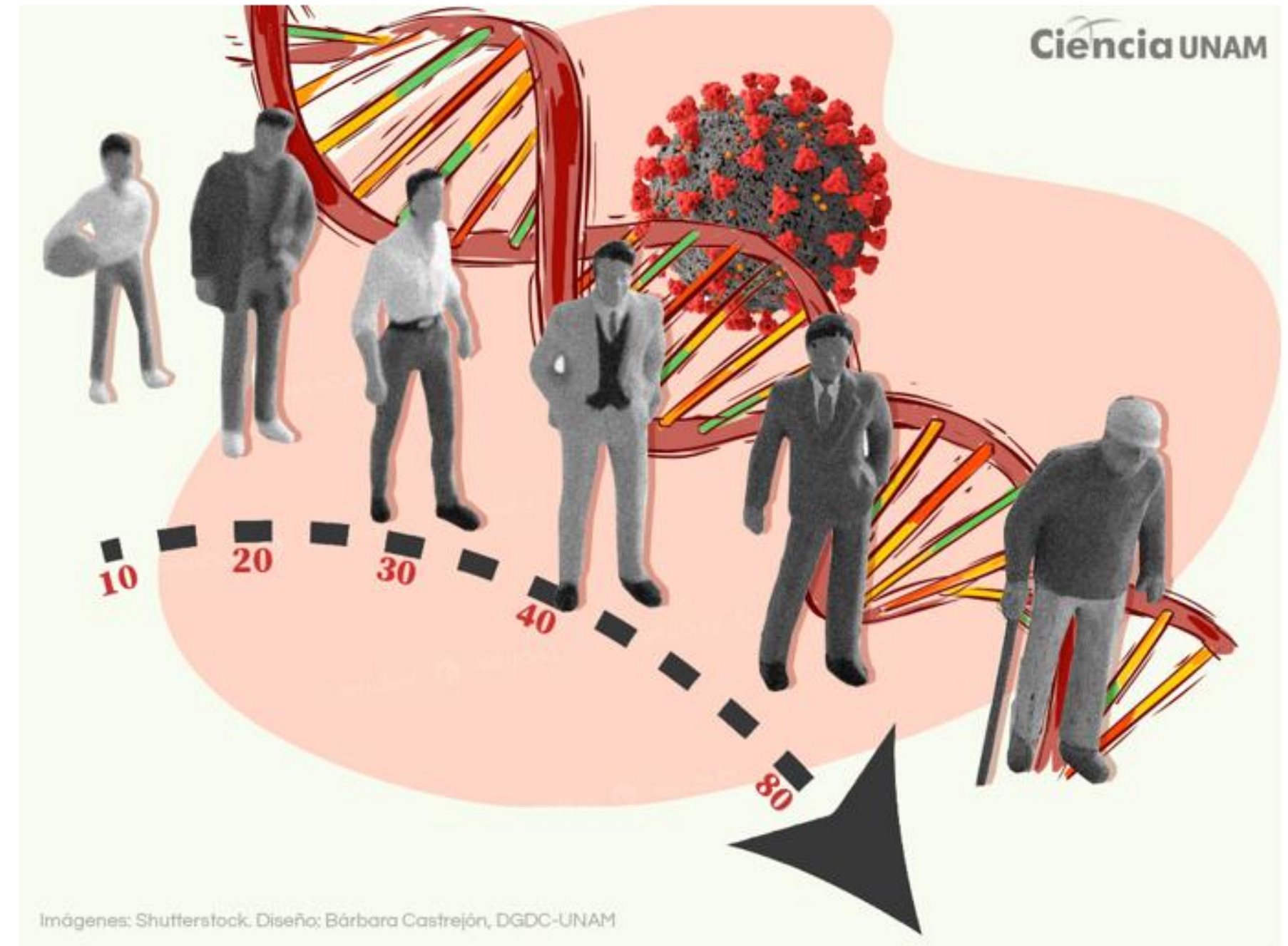


Las nanopartículas pueden inducir inflamación sistémica, disfunción endotelial y favorecer la trombosis, incrementando el riesgo de eventos cardiovasculares.

Personas mayores de 60 años

Presentan:

- menor capacidad antioxidante;
- disminución de la función pulmonar;
- menor depuración de partículas;
- inmunosenescencia.

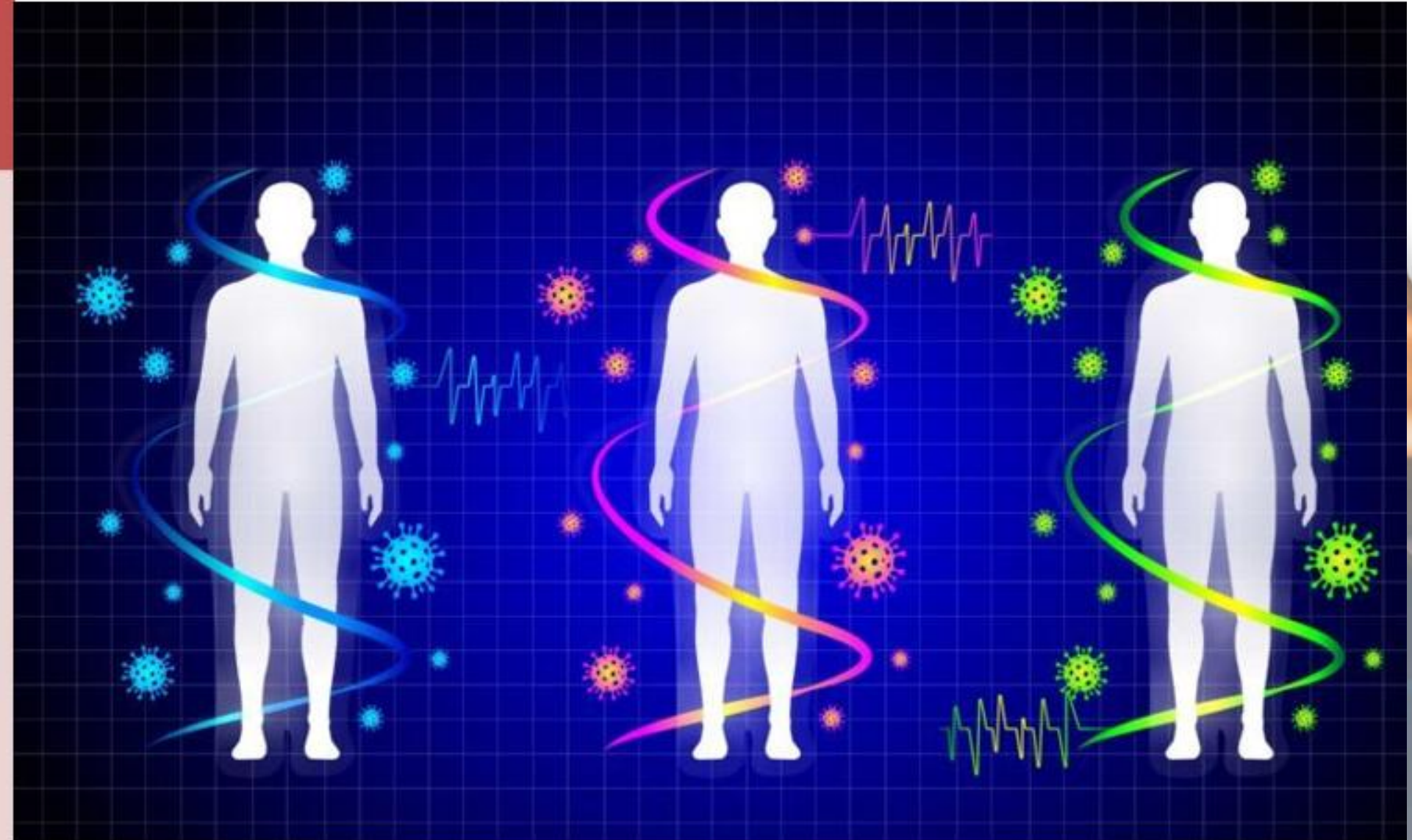


Esto favorece una mayor persistencia de las nanopartículas en el organismo y una respuesta inflamatoria más intensa.

Trabajadores inmunosuprimidos

Por ejemplo:

- trasplantados;
- pacientes con enfermedades autoinmunes tratados con inmunosupresores;
- personas con cáncer en tratamiento.



Tienen mayor susceptibilidad a infecciones respiratorias y menor capacidad para controlar la inflamación inducida por nanopartículas.

Mujeres embarazadas

- Algunos estudios experimentales sugieren que determinadas nanopartículas pueden atravesar la placenta y alcanzar el feto. Aunque la evidencia en humanos aún es limitada, se recomienda aplicar el principio de precaución y minimizar la exposición durante el embarazo.



Prevención en la empresa.



Prevención en empresa



A. Sustitución

- Reemplazar nanomateriales de mayor toxicidad por alternativas más seguras cuando sea posible.

B. Controles de ingeniería

- sistemas cerrados
- cabinas de extracción localizada
- ventilación con presión negativa
- filtros HEPA
- automatización de procesos

C. Controles administrativos

- procedimientos seguros
- capacitación
- señalización
- limitación del tiempo de exposición
- mantenimiento preventivo
- limpieza húmeda o con aspiradoras HEPA (evitar barrido en seco)

D. Elementos de protección personal

- respiradores N95, FFP3 o superiores según evaluación del riesgo
- protección ocular
- guantes adecuados
- ropa de protección desechable o exclusiva para el proceso

La OMS recomienda priorizar la jerarquía de controles, comenzando por la eliminación o sustitución del riesgo y favoreciendo controles de ingeniería antes que el uso exclusivo de EPP.

Vigilancia epidemiológica ocupacional

Un Programa de Vigilancia Epidemiológica (PVE) para exposición a nanopartículas debería contemplar:

- Inventario de nanomateriales utilizados.
- Identificación de procesos críticos.
- Caracterización de la exposición.
- Monitoreo ambiental (concentración numérica, masa y/o área superficial de partículas según el material).
- Clasificación de trabajadores expuestos.
- Evaluación médica de ingreso.
- Espirometría periódica.
- Vigilancia de síntomas respiratorios mediante cuestionarios estandarizados.
- Registro de incidentes y eventos de exposición.
- Capacitación continua.
- Auditorías de cumplimiento.



Medición de la exposición

La evaluación suele combinar varias métricas:

- concentración por número de partículas (partículas/cm³)
- concentración por masa (mg/m³ o µg/m³)
- área superficial (m²/cm³)

Equipos utilizados:

- Condensation Particle Counter (CPC)
- Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS)
- Optical Particle Counter (OPC)
- Electron Microscopy (TEM/SEM) para caracterización
- Muestreo personal con filtros y análisis gravimétrico o elemental según el nanomaterial



No existe un único método universal, por lo que se recomienda un enfoque multimétrico

CONCLUSIÓN

Las nanopartículas constituyen un riesgo ocupacional emergente porque combinan una exposición creciente con propiedades fisicoquímicas únicas que les permiten atravesar barreras biológicas, alcanzar múltiples órganos y desencadenar procesos de estrés oxidativo e inflamación que pueden preceder durante años a la aparición de enfermedad clínica. Debido a que el conocimiento sobre sus efectos a largo plazo aún está en evolución, la prevención debe basarse en el principio de precaución y en la implementación rigurosa de la jerarquía de controles.



Bibliografía

- Kuempel, E., Roberts, J., Roth, G., et al. (2021). *Current Intelligence Bulletin 70: Health Effects of Occupational Exposure to Silver Nanomaterials*. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).
- McCormick, S., Niang, M., & Dahm, M. (2021). Occupational Exposures to Engineered Nanomaterials: A Review of Workplace Exposure Assessment Methods. *Current Environmental Health Reports*, 8(3), 223–234.
- World Health Organization. (2017). *WHO Guidelines on Protecting Workers from Potential Risks of Manufactured Nanomaterials*. Geneva: WHO.
- World Health Organization. (2017). Executive Summary. *WHO Guidelines on Protecting Workers from Potential Risks of Manufactured Nanomaterials*.
- NIOSH. (2014). *Current Intelligence Bulletin 60: Interim Guidance for Medical Screening and Hazard Surveillance for Workers Potentially Exposed to Engineered Nanoparticles*.
- Schulte, P. A., Murashov, V., Zumwalde, R., et al. (2016). Occupational exposure limits for manufactured nanomaterials: A systematic review. *Annals of Work Exposures and Health*.
- Organización Mundial de la Salud – Guía sobre nanomateriales y protección de los trabajadores
- CDC/NIOSH – Nanotechnology Topic Page y preguntas frecuentes
- CDC/NIOSH – Vigilancia médica para trabajadores expuestos a nanopartículas
- CDC/NIOSH – Exposición ocupacional a nanomateriales de plata

Evaluémonos



Preguntas



Recuerda que Positiva tiene para ti:



posipedia

<https://www.posipedia.com.co/>



Cursos virtuales



Artículos



Audios



Juegos digitales



OVA's



Guías



Mailings



Videos

¿Quieres profundizar tus conocimientos y
potenciar tus competencias en SST?

¡Capacítate y fortalece
la seguridad de tu empresa!

CURSOS

**VIRTUALES SG-SST
DE 50 Y 20 HORAS**

Escanea e insíbete



Para trabajadores de todas las empresas, áreas y sectores.

¡TE ESPERAMOS!



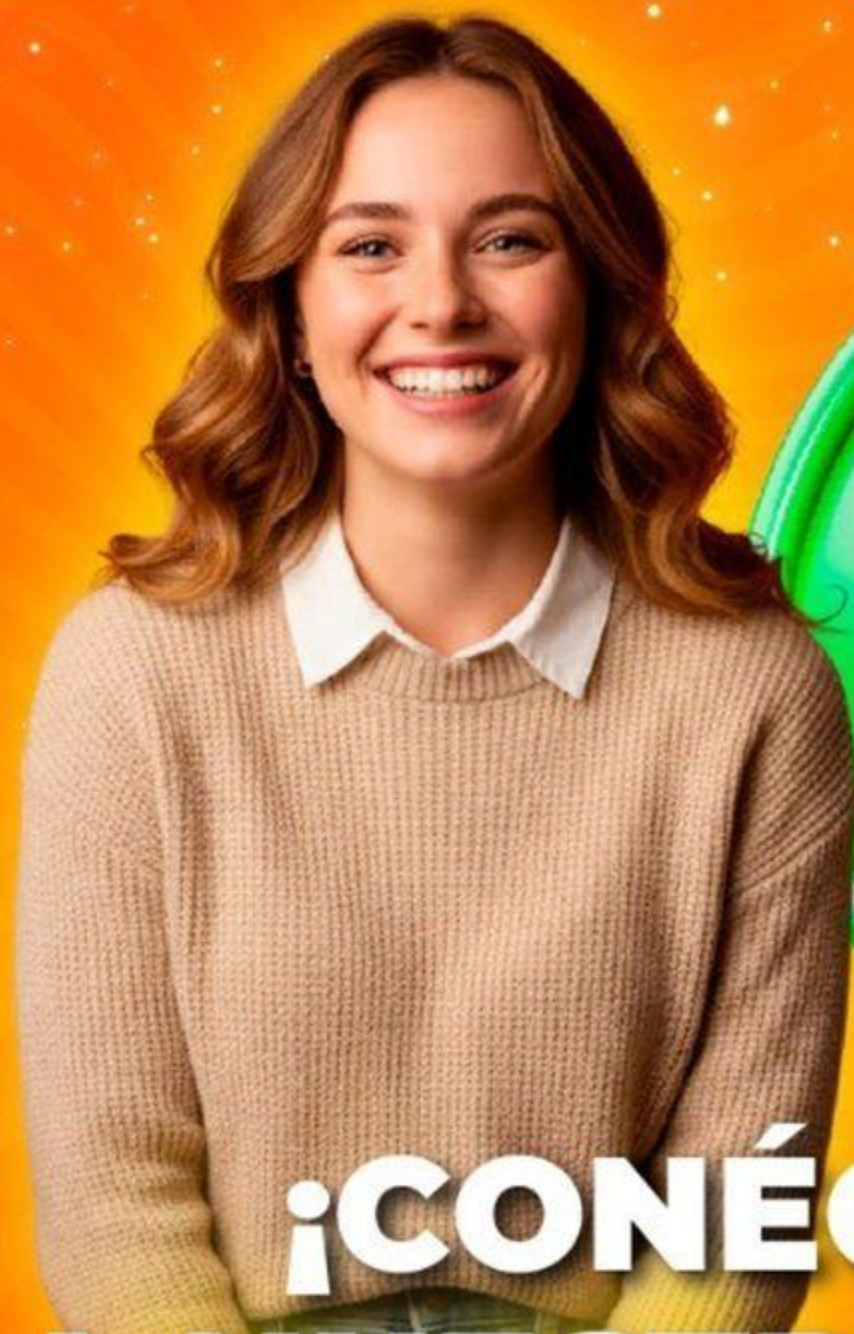


POSITIVA
COMPAÑÍA DE SEGUROS

suma 5.0



educa
comunica y cultura preventiva



**¡CONÉCTATE
A NUESTRO CANAL
de WhatsApp!**

POSITIVA PREVENCIÓN



Descubre campañas, novedades y tips en Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) que te ayudarán a fortalecer tu bienestar y la cultura de prevención laboral.

**¡Únete y sé parte de la
comunidad de Positiva!**



POSITIVA
COMPANÍA DE SEGUROS

suma 5.0

educa
comunica y cultura preventiva

¡Síguenos en nuestra COMUNIDAD EDUCATIVA!



Escanea el código QR para entrar
a nuestro Canal de Whatsapp