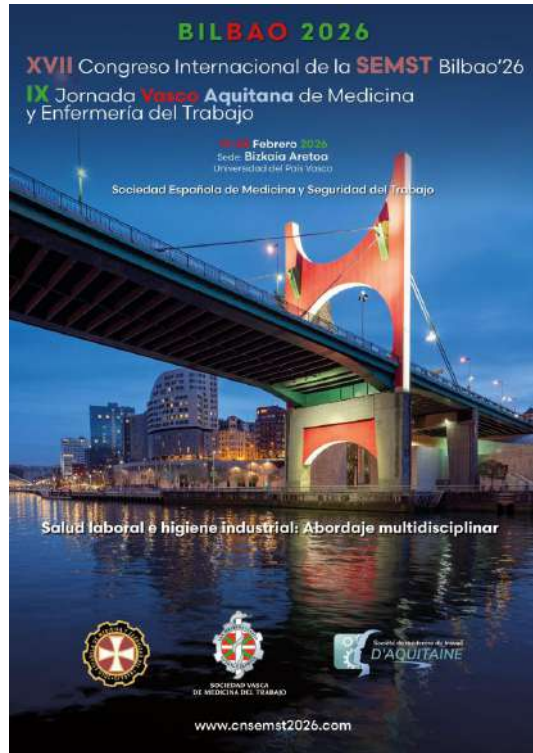


Módulo de Patología respiratoria por Contaminantes Químicos (nanomateriales, **sílice**, formaldehido...).



A. López Guillén

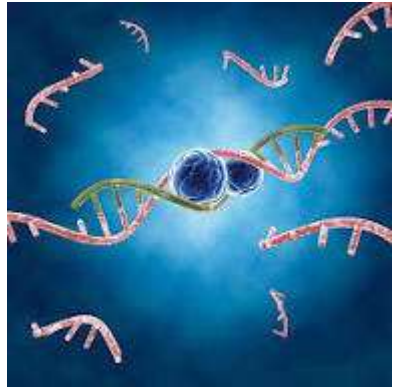
- Neumólogo
- Director médico 4lar
- Coordinador OIN España
- Universitat de Barcelona





Silicosis: 2017

Conocemos la causa
y cómo evitarla,
¿por qué no
hacemos más?



1.Introducción

2.Agentes

3.Epidemiología

4.Diagnóstico de silicosis

1.Pilares actuales

2.Métodos “innovadores”

5. Perspectivas futuras

Agentes silicógenos

Heterogeneidad clínica

Las neumoconiosis presentan gran variabilidad:

- Respuestas estables vs. fibrosis progresiva

Modelo tradicional limitado

La clasificación por agente causal no explica la variabilidad individual

Nuevo modelo: Continuum biológico y clínico

Extremo NO fibrosante

- Digestión macrofágica
- Remodelación tisular mínima

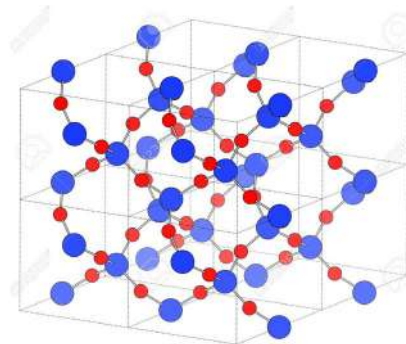
Extremo FIBROSANTE

- Inflamación persistente
- Activación profibrótica
- Distorsión arquitectural

Agente Desencadenante: Sílice Cristalina (SLC)

- Partícula respirable ($<5 \mu\text{m}$) \rightarrow Depósito alveolar
- Superficie cristalina reactiva (SiO_2)
- No es inerte: es una partícula bioactiva
- Exposición necesaria, pero no suficiente para explicar variabilidad individual

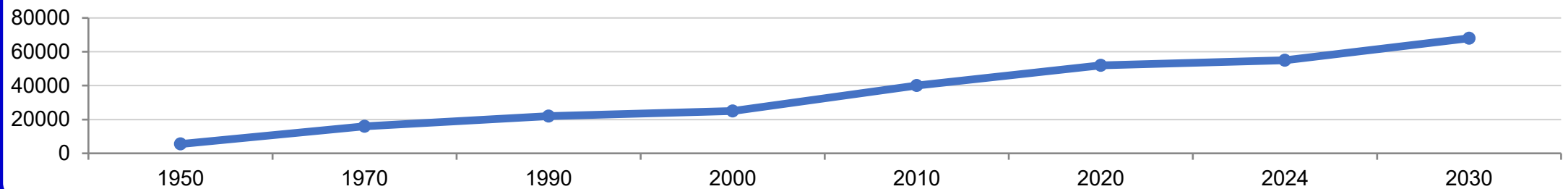
Nuevos materiales (piedras artificiales, nanos) y actividades (chorreo con arena, fracking)



Silicosis. Epidemiología

- Problema relevante de salud pública a escala global
 - persistencia de exposiciones clásicas
 - nuevos materiales y procesos productivos modifican perfiles de riesgo

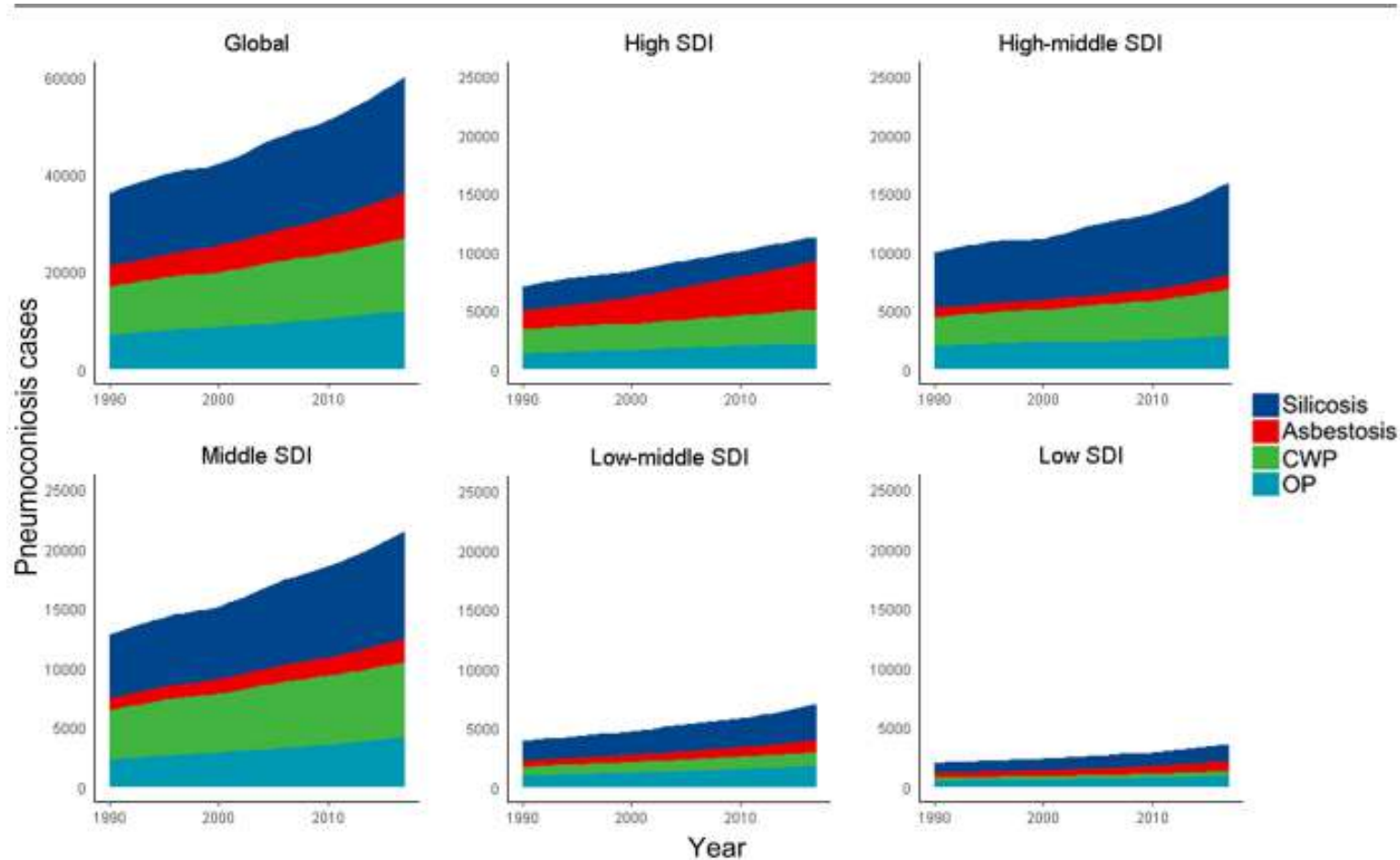
Consumo Global de Materiales con Sílice Cristalina (SiO₂) - Mt



Incidencia Global de Silicosis (miles de casos nuevos/año)



* Estimación basada en datos de: España (5.900+ casos 2007-2024), China (>23.000 casos/año), EE.UU. (1.800 muertes/año), Reino Unido, Australia. Subestimación probable en países sin registros sistemáticos.



Casos de neumoconiosis causados por diferentes agentes y por regiones del SDI de 1990 a 2017.
CWP, neumoconiosis de los trabajadores del carbón; OP, otras neumoconiosis; SDI, índice sociodemográfico.

SILICOSIS. CASOS. CREACIÓN DEL CEPROSS 2007



Fuentes: Ministerio de Trabajo (1985-1999), Anuarios del Ministerio de Empleo (2000-2006), CEPROSS (2007-2024).
El valor para 2024 (330) se estima como proporción de las neumoconiosis inorgánicas sobre los 472 casos con baja total.

AÑO 2025. TOTAL : **218** .- A Polvo de sílice libre 3 30 101 24 3 1 **196**



NEUMOCONIOSIS: prevención



Prevención primaria (Evitar la enfermedad)	<ul style="list-style-type: none">• Control de niveles de polvo respirable• Recomendar medidas de protección personal
Prevención secundaria (Diagnóstico precoz)	<ul style="list-style-type: none">• Vigilancia de trabajadores expuestos• Deshabituación tabáquica• Control de infección tuberculosa
Prevención terciaria (Tratamiento y rehabilitación)	<ul style="list-style-type: none">• Evitar exposición a inhalación de polvo• Comunicar casos, recomendar evaluación de enfermedad profesional• Control de infección tuberculosa• Tratamiento de limitación al flujo aéreo y de la insuficiencia respiratoria

Hierarchy of Controls

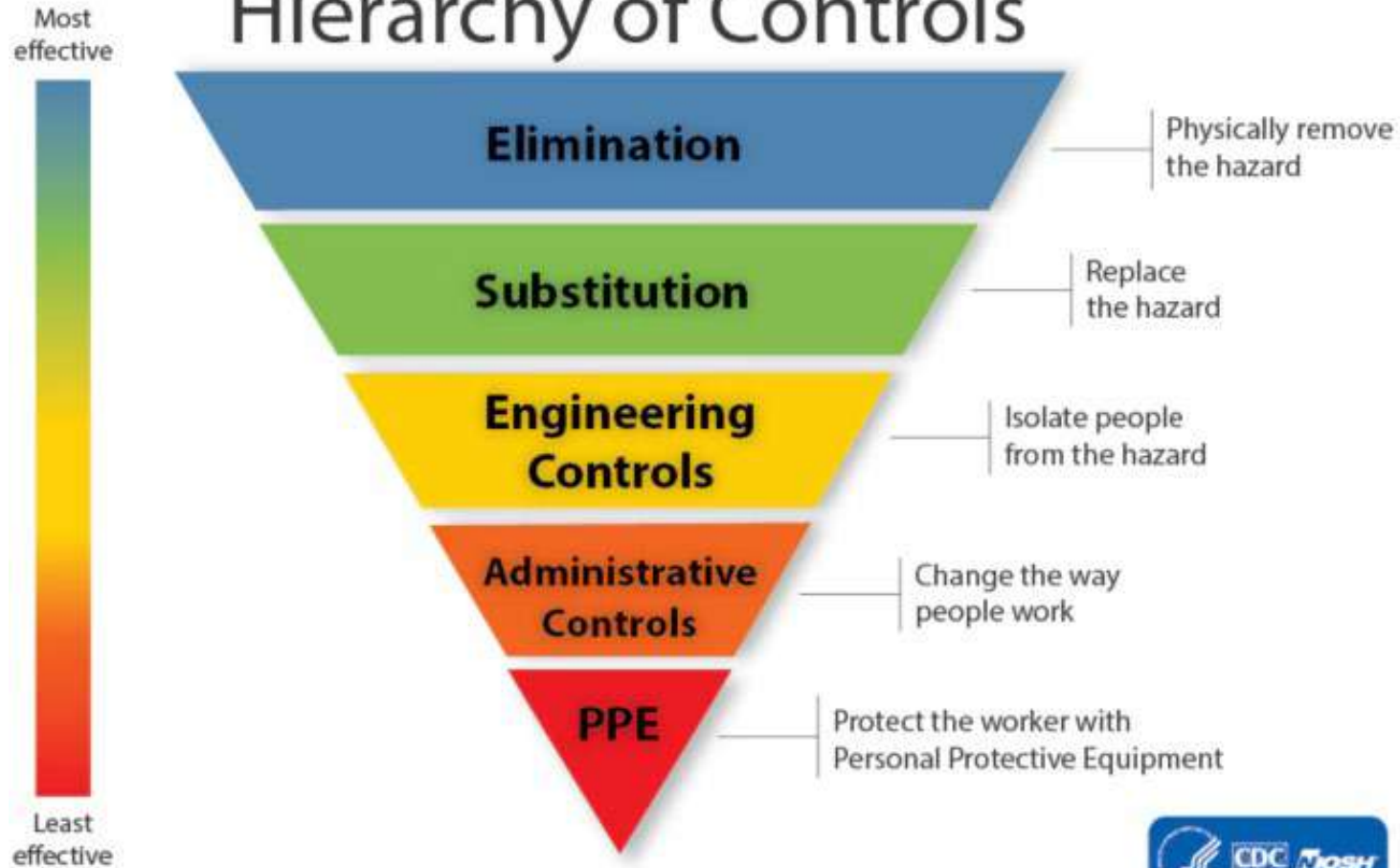
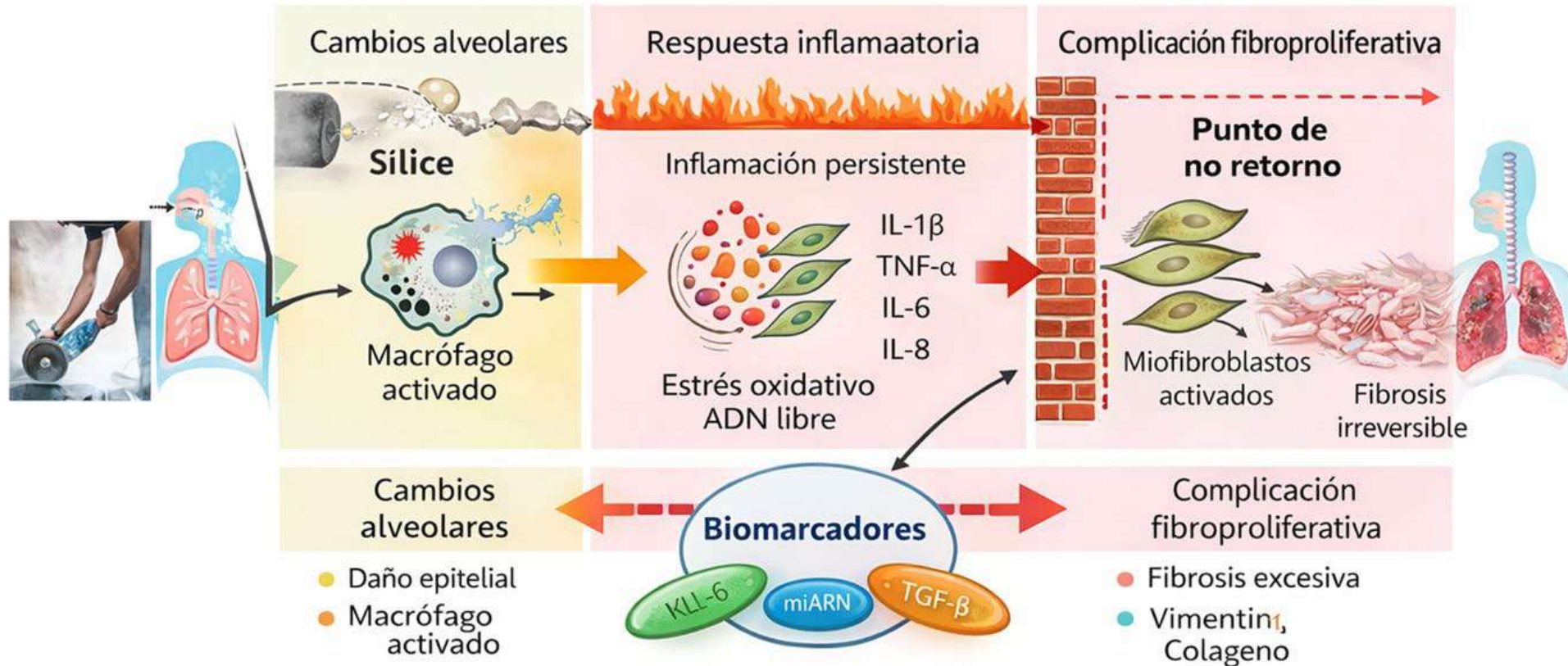


Image by NIOSH



Jerarquía de controles desarrollada por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH): para identificar y clasificar los métodos de protección de los trabajadores contra los peligros.

Silicosis. Fisiopatología: de la inhalación a la fibrosis



(Fuente: elaboración propia)

DETECCIÓN PRECOZ = PREVENCIÓN REAL

Protocolo de vigilancia
sanitaria específica.
Silicosis



5.1. Criterios diagnóstico silicosis

- **Historia laboral** de exposición a sílice con plausibilidad biológica
- **Hallazgos radiológicos** consistentes con silicosis: Rx de tórax con profusiones iguales o superiores a 1/1 de la lectura ILO 2011/2022
- Exclusión de otras causas

1. Introducción

2. Agente

3. Epidemiología

4. Diagnóstico de silicosis

1. Pilares actuales

2. Métodos “innovadores”

5. Perspectivas futuras

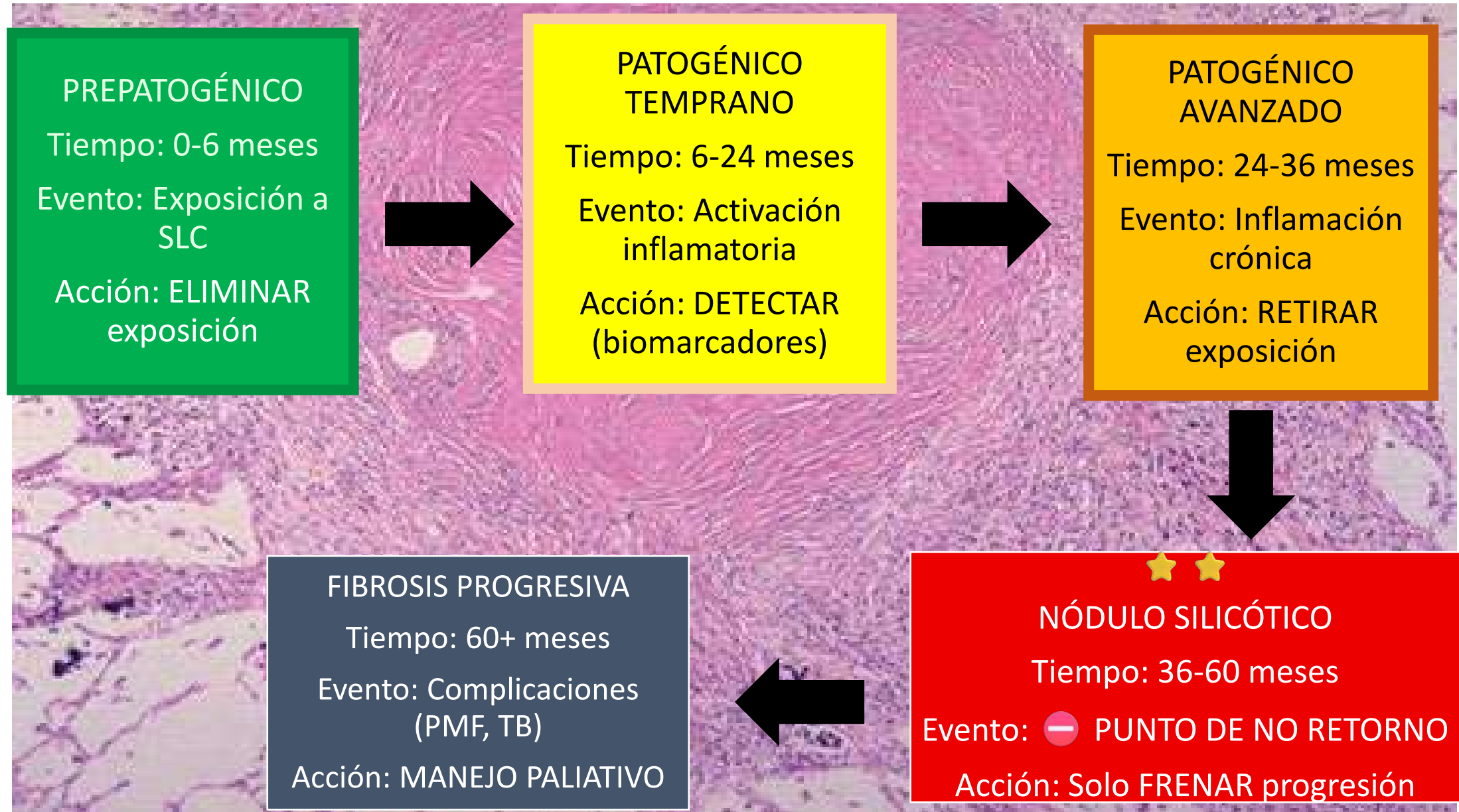
Propuesta: Métodos innovadores

- **IA: Rx simple, TCAR**
 - Las técnicas radiológicas avanzadas, no pueden detectar lesiones hasta que no se han producido.
 - Por tanto, es necesario detectar la enfermedad en periodos previos.
- **Biomarcadores**



Silicosis. Actual
¿Cómo detectar la
enfermedad
antes de que sea
irreversible?

PUNTO DE IRREVERSIBILIDAD EN SILICOSIS



Dx de silicosis. Métodos innovadores

TC Alta Resolución: Comparativa de Nuevas Técnicas

Técnica	Principio	Ventaja Clave	Precisión	Aplicación Principal
TC Cuantitativa (QCT)	Análisis volumétrico automatizado nódulos/fibrosis	Objetividad numérica absoluta	Reproducibilidad >95%	Monitorización progresión
IA y Deep Learning (CAD)	Redes neuronales entrenadas con miles imágenes	Detección automatizada precoz	Precisión 90-97%	Screening masivo poblacional
TC Espectral / Dual-Energy	Doble energía para caracterización tisular	Distinción inflamación vs fibrosis	Especificidad >85%	Estratificación terapéutica

Impacto en Práctica Clínica

Detección Precoz

Cambios sutiles **ANTES de síntomas** clínicos y antes de fibrosis irreversible

Seguimiento Objetivo

Cuantificación precisa para **ensayos terapéuticos** y decisiones clínicas

¿QUÉ ES UN BIOMARCADOR?

Definición:

Un biomarcador es una "señal de alarma" que indica enfermedad

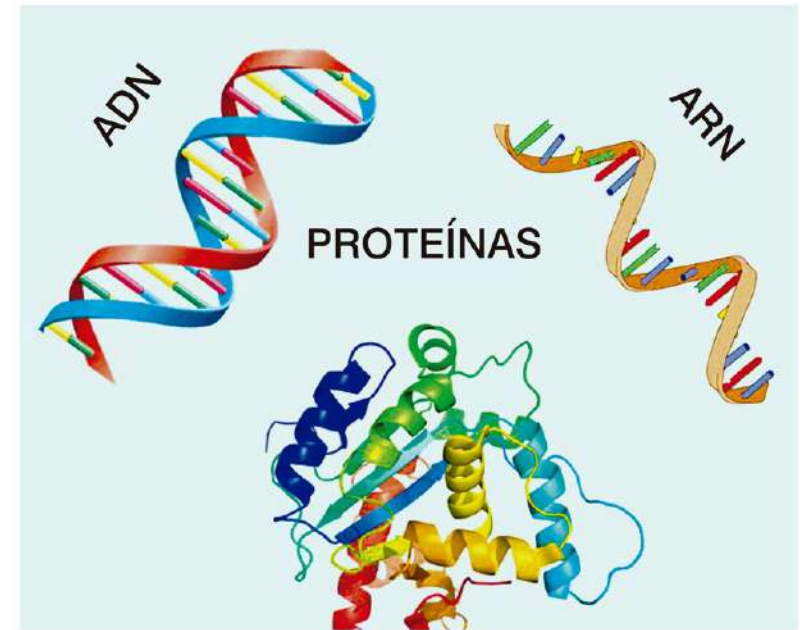
Analogía del coche:

- Luz del motor encendida = Proteína alterada en sangre
- Humo en escape = Sustancia en aire exhalado
- Ruido extraño = Citoquina detectada

Para qué sirven:

- Medir gravedad
- Detectar enfermedad ANTES de síntomas
- Predecir progresión
- Monitorizar tratamiento

TIPOS DE BIOMARCADORES MOLECULARES



Dx de silicosis. Métodos innovadores

Cascada Inflamatoria en Silicosis: Línea Temporal

HORAS-DÍAS → **microRNAs** (↓miR-486-5p, ↑miR-21, ↑miR-155) + **VOCs** estrés oxidativo (acetona, nonanal)

DÍAS-SEMANAS → Daño epitelial: ↓**CC16** (proteína club cells) + ↑**SP-D** (neumocitos tipo II)

SEMANAS-MESES → Inflamación aguda: ↑↑**TNF- α** , **IL-1 β** , **IL-6**, **IL-8**, **IL-18**, **neopterina**

MESES → Transición a fibrosis: ↑↑**KL-6** (mejor marcador actual), ↑**TGF- β 1**, ↑**MMP-7**, ↑**MMP-2**

AÑOS → Fibrosis establecida → Cambios radiológicos evidentes → Síntomas clínicos

Punto clave: Los **microRNAs y VOCs** son los primeros biomarcadores detectables (horas-días), muy anteriores a cualquier cambio radiológico. Actúan como "sistema de alerta temprana" antes del daño irreversible.

Algoritmo Clínico y Perspectivas Futuras

Algoritmo diagnóstico propuesto

TRABAJADOR EXPUESTO A SÍLICE



Screening anual: CC16 + VOCs



¿Alteración detectada? → Sí



Confirmación: KL-6 + microRNAs + Rx



¿Cambios sugestivos? → Sí



Estratificación: Citoquinas + TCAR



¿Alta probabilidad? → Sí



Pronóstico IA: Perfil + algoritmo



INTERVENCIÓN PRECOZ + Vigilancia

Objetivo: Detectar silicosis en fase pre-radiológica cuando la intervención puede modificar historia natural.

Perspectivas 2025-2030

1. Citoquinas + IA (YA DISPONIBLE)

- Perfil Cádiz validado clínicamente
- 85% precisión predictiva individual
- Implementable en laboratorios clínicos

2. microRNAs aire exhalado (2025-2027)

- Detección pre-clínica no invasiva
- Dispositivos portátiles en desarrollo
- Paneles específicos silicosis






3. Nariz electrónica e-Nose (2026-2030)

- Screening masivo en puesto trabajo
- Análisis VOCs en 5 minutos
- IA interpretación automática
- Coste reducido, alta escalabilidad

Perspectivas Futuras en Silicosis

Prevención, Diagnóstico Precoz y Nuevos Tratamientos

Conclusiones

-  **Prevención secundaria:** Screening inteligente y estratificado
-  **Diagnóstico:** TC cuantitativa + IA + biomarcadores revolucionan detección precoz
-  **Biomarcadores:** microARN, KL-6 y citoquinas son los más prometedores
-  **Tratamiento:** Antifibróticos, terapias celulares y nanotecnología abren nuevas vías
-  **Futuro:** Medicina de precisión personalizada para la silicosis

La era de la detección precoz y tratamiento efectivo para la silicosis está llegando

SILICOSIS.PERSPECTIVAS FUTURAS

La batalla contra la silicosis se está desplazando.

- El futuro no es solo esperar a ver el daño en una radiografía.
- La ciencia nos permite escuchar las señales de alarma moleculares que el pulmón emite antes, mediante biomarcadores en sangre y en el propio aliento.
- Integrar esta 'vigilancia biológica temprana' en los programas de salud laboral, es la estrategia más prometedora para **detectar a los trabajadores en riesgo *antes* de que crucen el punto de no retorno** hacia la fibrosis visible.



#sinCiencia
no hay futuro

Muchas gracias

