

**Universidad de Puerto Rico
Recinto de Ciencias Médicas
Escuela Graduada de Salud Pública**

**Centro de Medicina Ocupacional y Ambiental Irving J. Selikoff
Escuela de Medicina, Monte Sinaí**

**Estudio Epidemiológico
en Trabajadores de las Centrales Generatrices
de la Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico**



10 de septiembre de 2005



**MOUNT SINAI
SCHOOL OF
MEDICINE**

Personal de Investigación

■ Investigadores Principales

- Rosa Pérez Perdomo, MD, MPH, PhD
- Stephen Levin, MD

■ Co-Investigadores

- Jesús A. González, PhD, CIH
- Mark Goldberg, PhD, CIH

Personal de Investigación (cont.)

■ Coordinadores

- Manuel Santiago Cabrera, MPH
- Sr. José Ocasio López
- Dianne Monahan, MD

■ Colaboradores

- Shuying Jiang, PhD
- Jaime Szeinuk, MD
- Olga D. Lorenzi Peña, MS

Trasfondo

- En 1978, el Instituto Nacional de Salud estimó que entre 8 y 11 millones de individuos han sido expuestos ocupacionalmente al asbesto en los Estados Unidos a partir de 1940.
- La exposición al asbesto ha sido asociada con el desarrollo de cicatrización del tejido pulmonar, del tejido que cubre los pulmones (asbestosis), con cáncer del pulmón, mesotelioma y cáncer del tracto digestivo.
- La literatura indica que los trabajadores en las centrales generatrices podrían desarrollar asbestosis, pero el grado de riesgo aún no se ha determinado con certeza.

Trasfondo (cont.)

- En 1991, la UTIER solicitó la asistencia del Dr. Irving J. Selikoff (COEM) para revisar alrededor de 300 radiografías del tórax en busca de anomalías relacionadas con asbesto.
 - El grado de anomalía encontrado en quienes habían comenzado su empleo por lo menos 20 años antes, fue de un 16%.

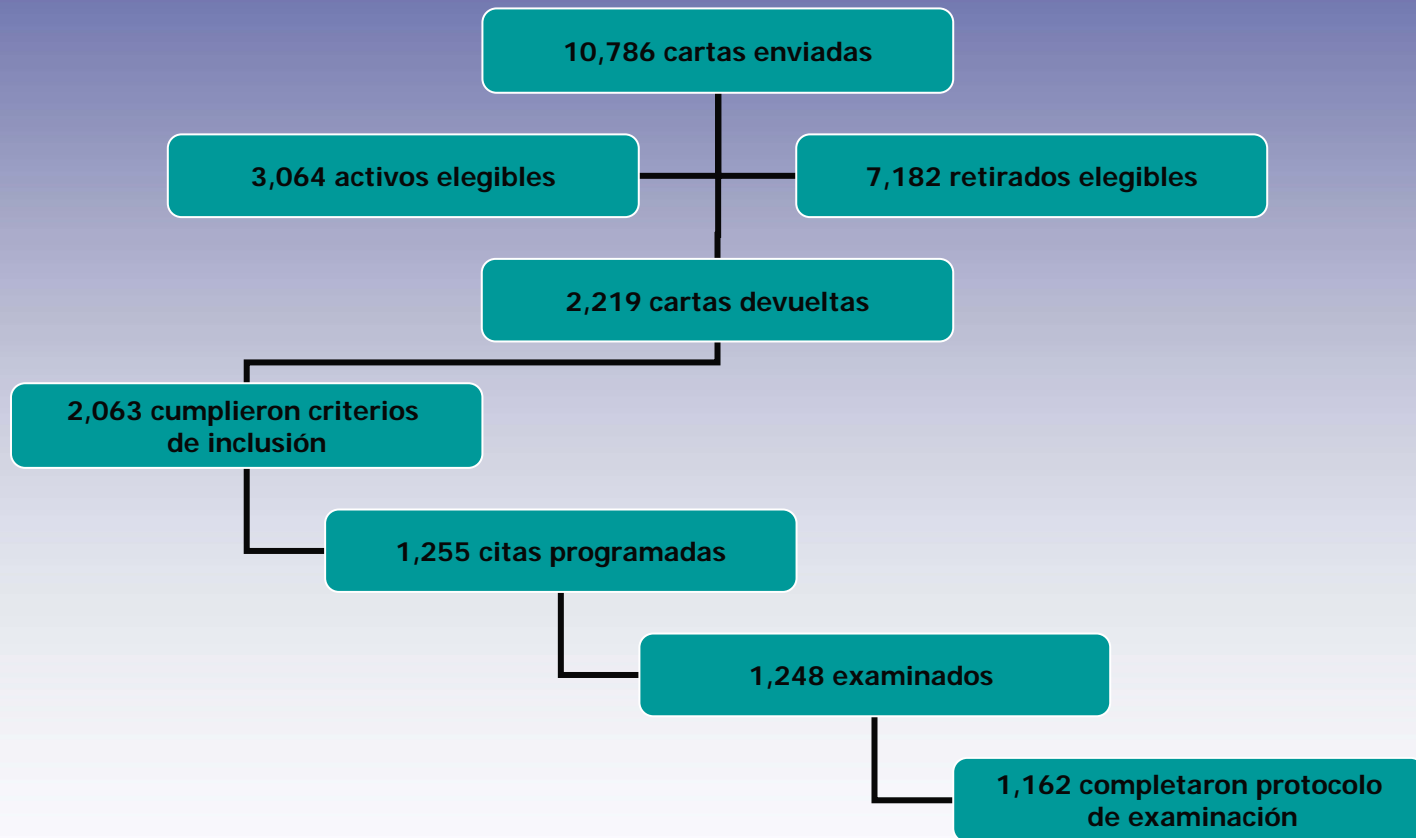
Trasfondo (cont.)

- En 1996, AEE y UTIER acordaron llevar a cabo un estudio epidemiológico para evaluar si los empleados de las centrales generatrices han desarrollado enfermedades producto de la exposición a asbesto, mercurio e hidracina.
 - El estudio epidemiológico se inició el 20 de octubre de 2003 en la Central Costa Sur, Guayanilla, PR.

Población

- Criterios de inclusión:
 - Haber trabajado al menos durante quince años (en o antes de 1987) en alguna de las cuatro Centrales Generatrices de la AEE (Palo Seco, Puerto Nuevo, Costa Sur, o Aguirre-Ciclo Combinado)
 - Mecánicos de instrumentación, técnicos de laboratorio y operadores fueron elegibles para determinar los efectos adversos a la absorción de mercurio.

Reclutamiento



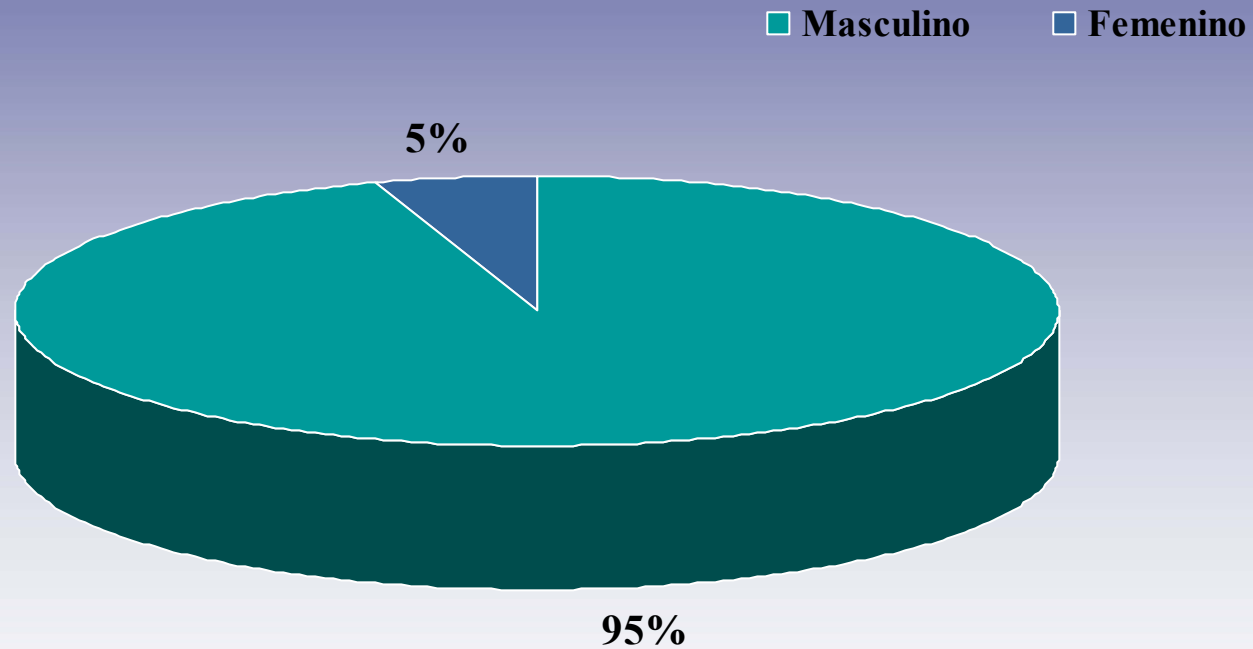
Efectos de salud relacionados con asbesto

Metodología



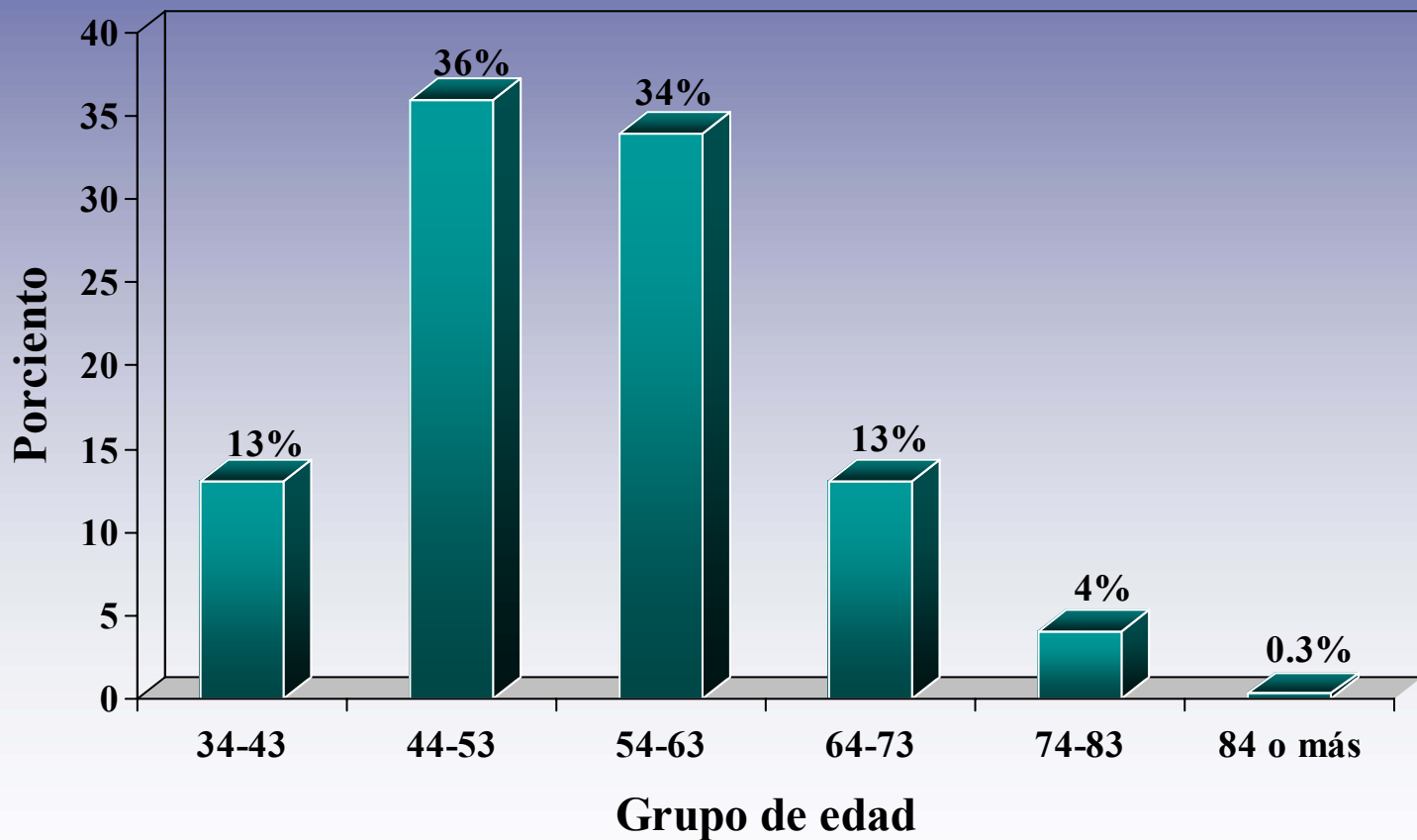
Descripción de la población

Distribución de frecuencia por género de los trabajadores, Centrales Generatrices AEE, 2003



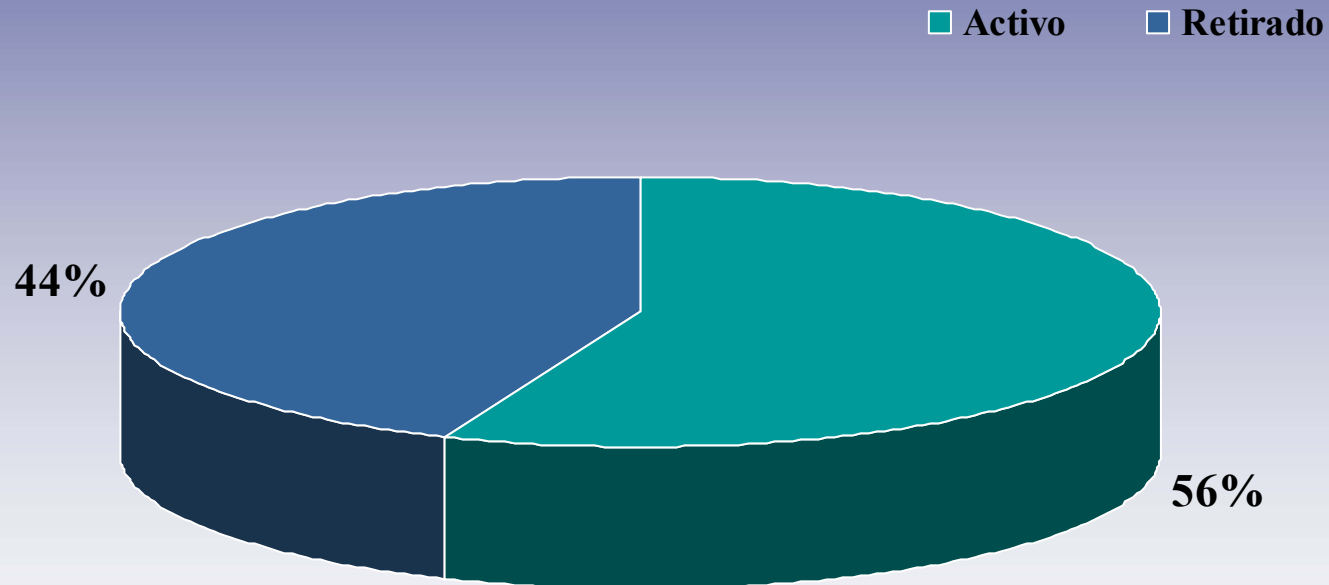
n = 1,162

Distribución de frecuencia por grupo de edad de los trabajadores, Centrales Generatrices AEE, 2003



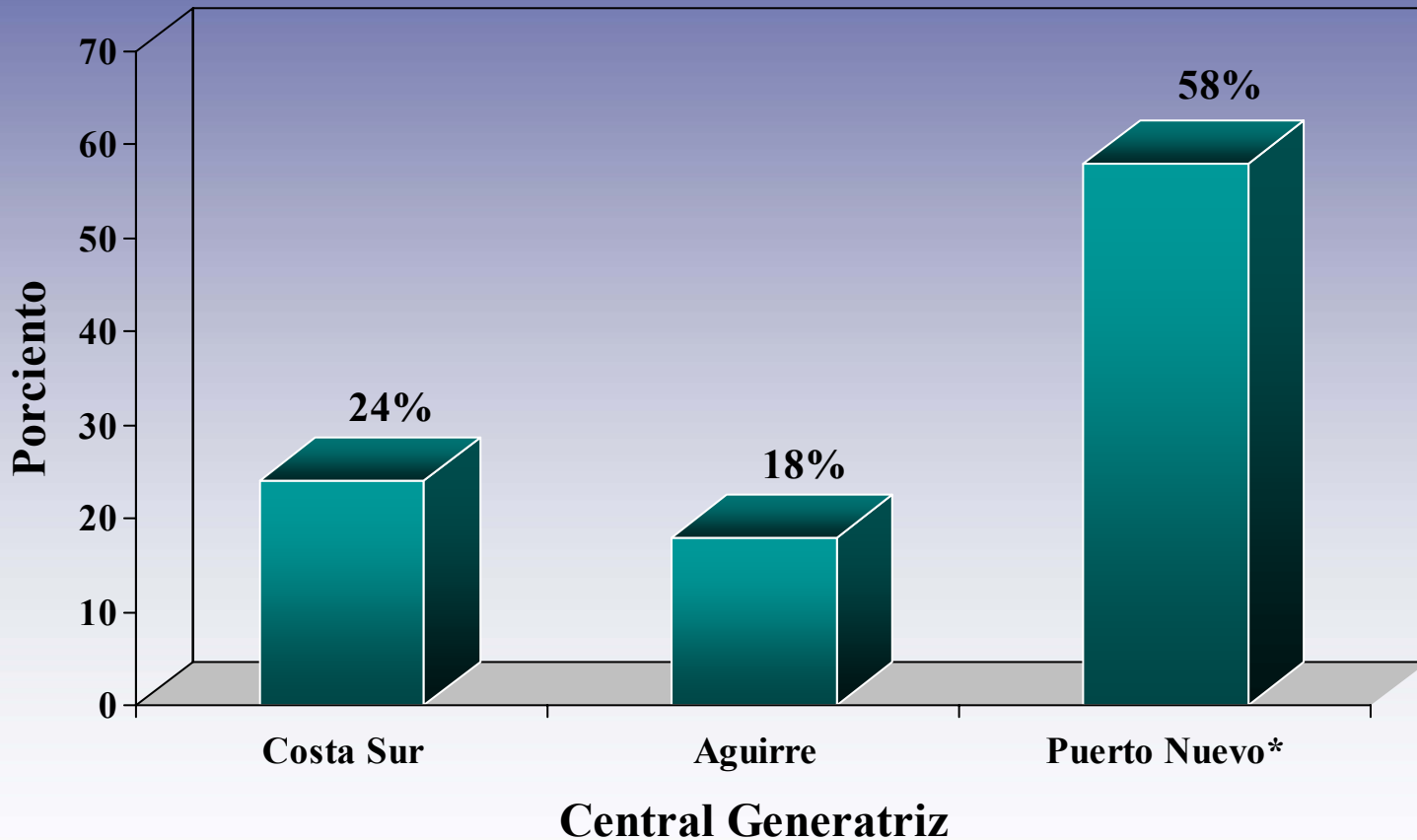
n = 1,162

Distribución de frecuencia por estatus de empleo de los trabajadores, Centrales Generatrices AEE, 2003



n = 1,162

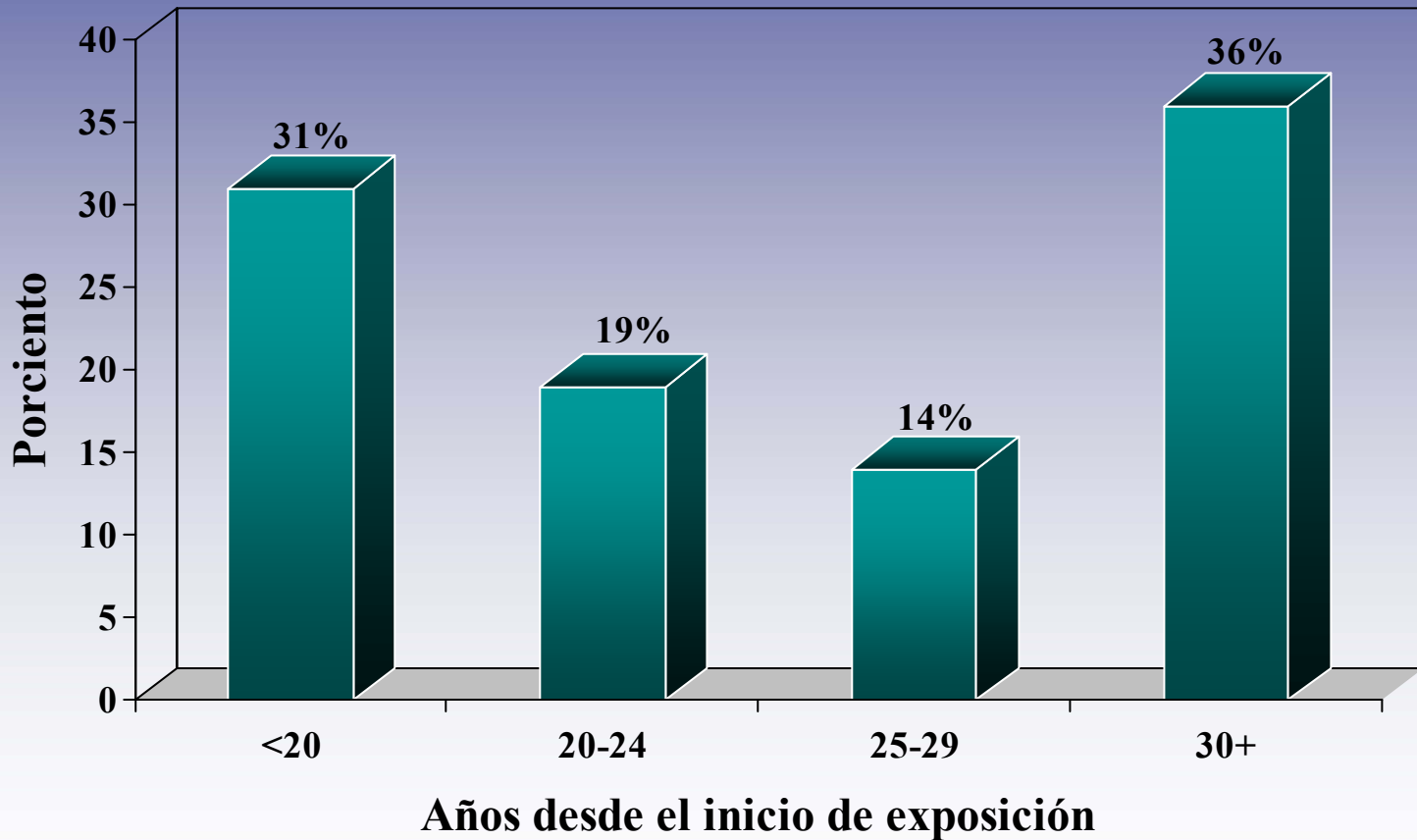
Porcentaje de participantes por lugar de examinación, Centrales Generatrices AEE, 2003



*El periodo de duración del estudio en la Central de Puerto Nuevo fue de 2 semanas.

n = 1,162

Años desde el inicio de la exposición al asbesto entre trabajadores, Centrales Generatrices AEE, 2003



Exposición al asbesto previo al empleo en la AEE en los trabajadores, Centrales Generatrices AEE, 2003

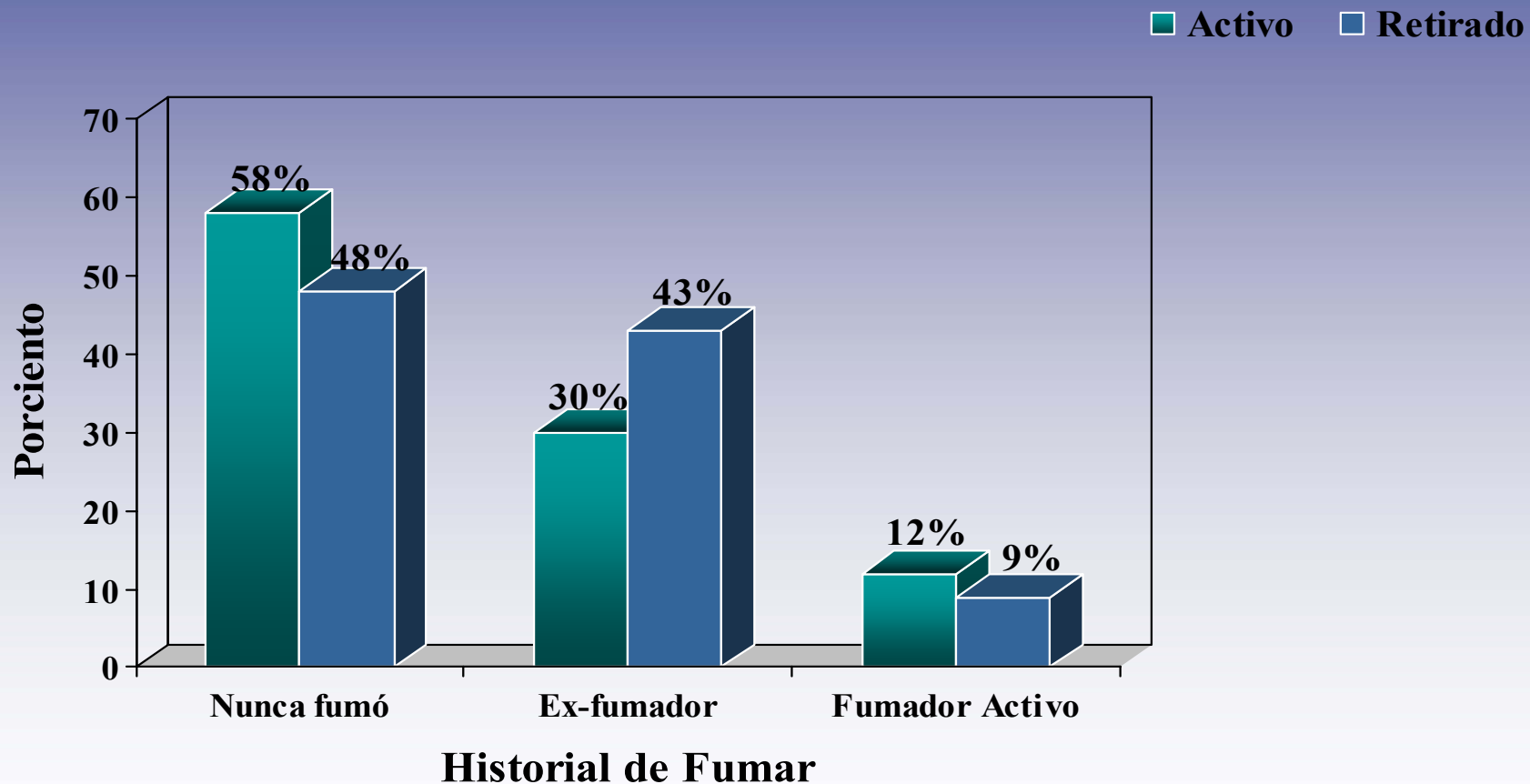
Exposición previa al asbesto	n	%
Sí	339	29
No	823	71
Total	1,162	100

Exposición al asbesto en los participantes con 20 años o más desde el inicio de la exposición a asbesto (exposición previa AEE*), Centrales Generatrices AEE, 2003

Exposición previa al asbesto	n	%
Sí	238	30
No	565	70
Total	803	100

***Fuentes primarias de exposición: trabajo en construcción o contacto a bordo de un barco durante servicio militar.**

Historial de fumar entre trabajadores, Centrales Generatrices AEE, 2003



n = 1,162

Hallazgos Clínicos

Hallazgos en radiografías del tórax en los participantes, Centrales Generatrices AEE, 2003

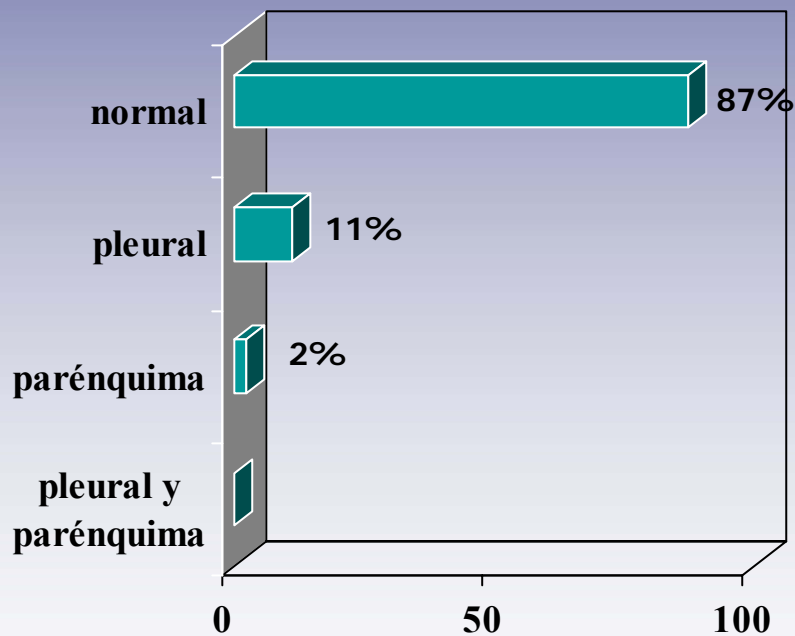
Interpretación radiológica	n	%
Normal	1,043	90
Pleural	94	8
Parénquima	21	2
Pleural y parénquima	4	< 1%
Total	1,162	100

**Hallazgos en radiografías del tórax en los participantes
con más de 20 años de exposición al asbesto,
Centrales Generatrices AEE, 2003**

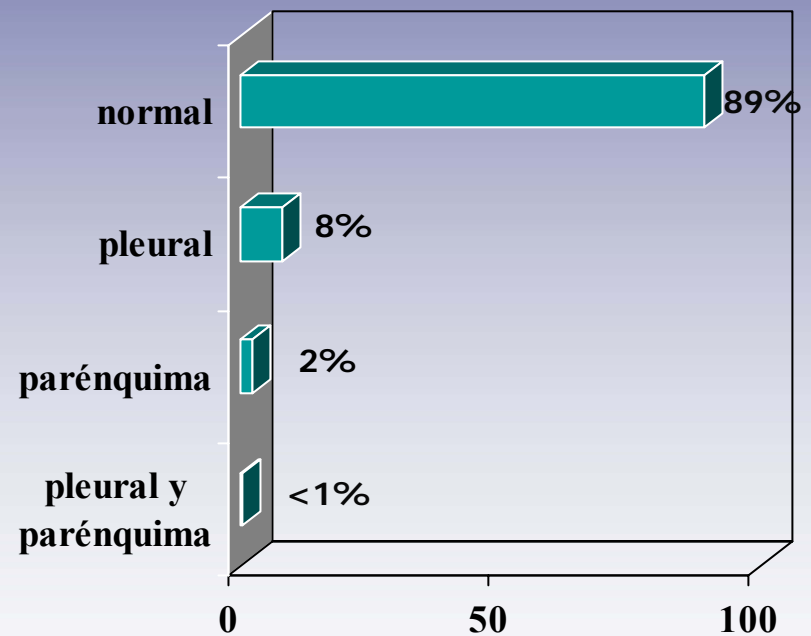
Interpretación radiológica	n	%
Normal	711	89
Pleural	71	9
Parénquima	18	2
Pleural y parénquima	3	< 1%
Total	803	100

Hallazgos en radiografías del tórax en participantes con 20 años o más desde el inicio de exposición a asbesto (exposición previa AEE), Centrales Generatrices, AEE 2003

Exposición previa



No exposición previa



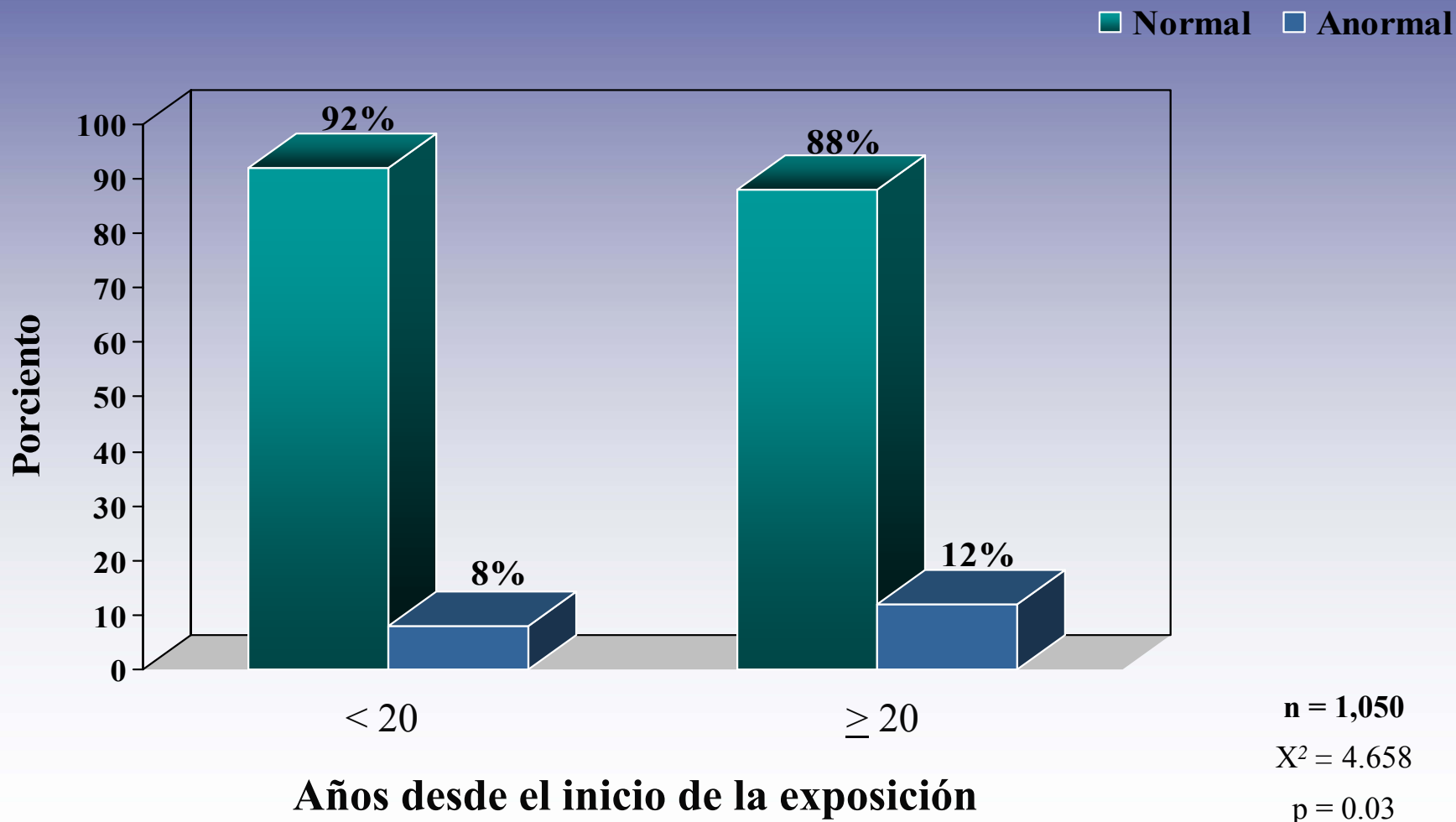
$X^2 = 2.56$ $p = 0.47$

n = 803

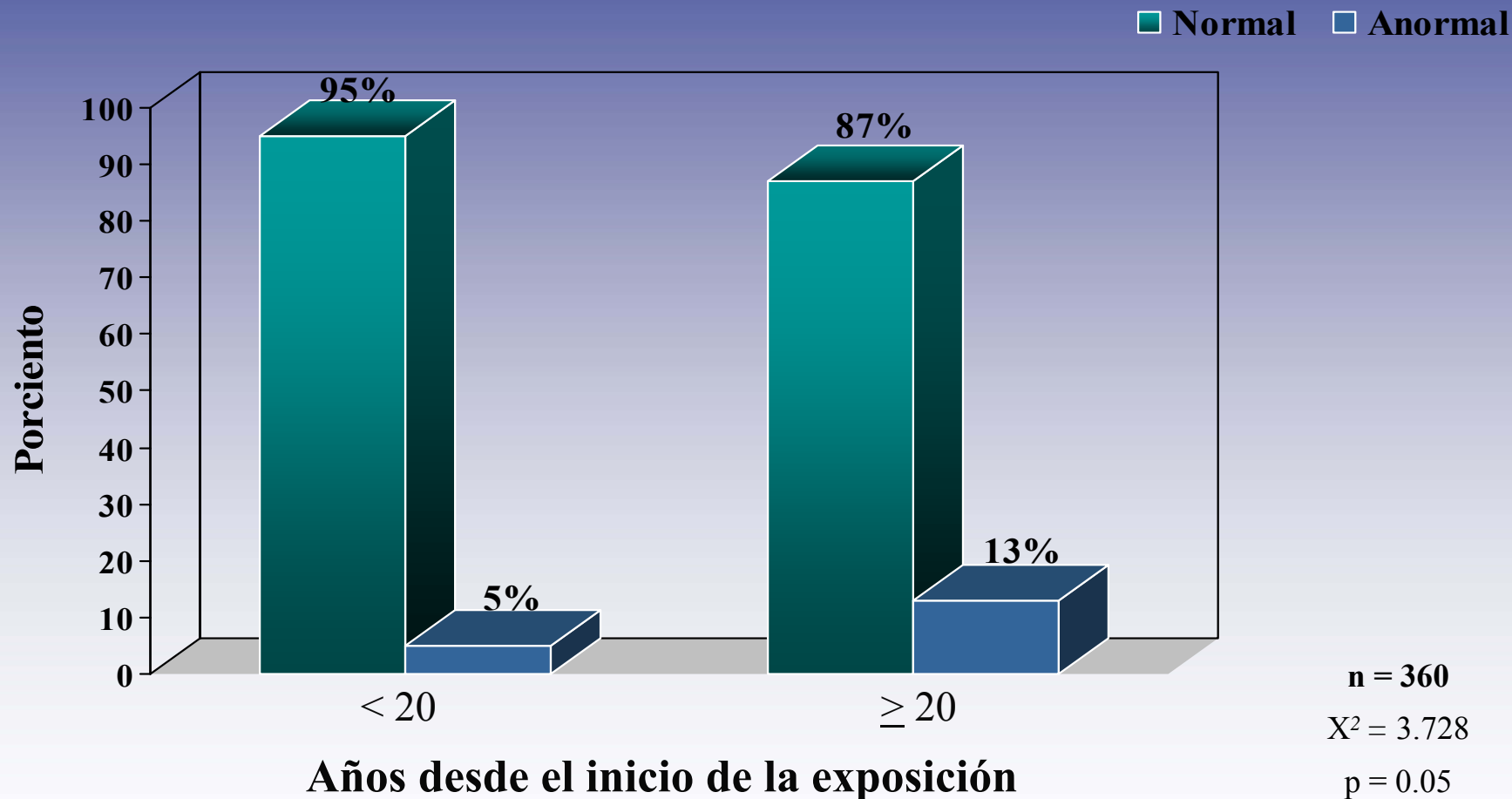
Hallazgos en radiografías del tórax

- La relación total entre años desde el inicio de la exposición y la prevalencia de anomalías radiográficas no fue estadísticamente significativa.
 - ($p = 0.45$, $X^2 = 8.85$)
- Los participantes con más de 25 años de exposición al asbesto mostraron una prevalencia más alta de anomalías relacionadas al asbesto en comparación con aquellos cuya exposición era menor de 20 años.
 - En todos los subgrupos, las anomalías pleurales predominaron.

Hallazgos en radiografías del tórax entre los trabajadores (excluyendo trabajadores de oficina), Centrales Generatrices AEE, 2003

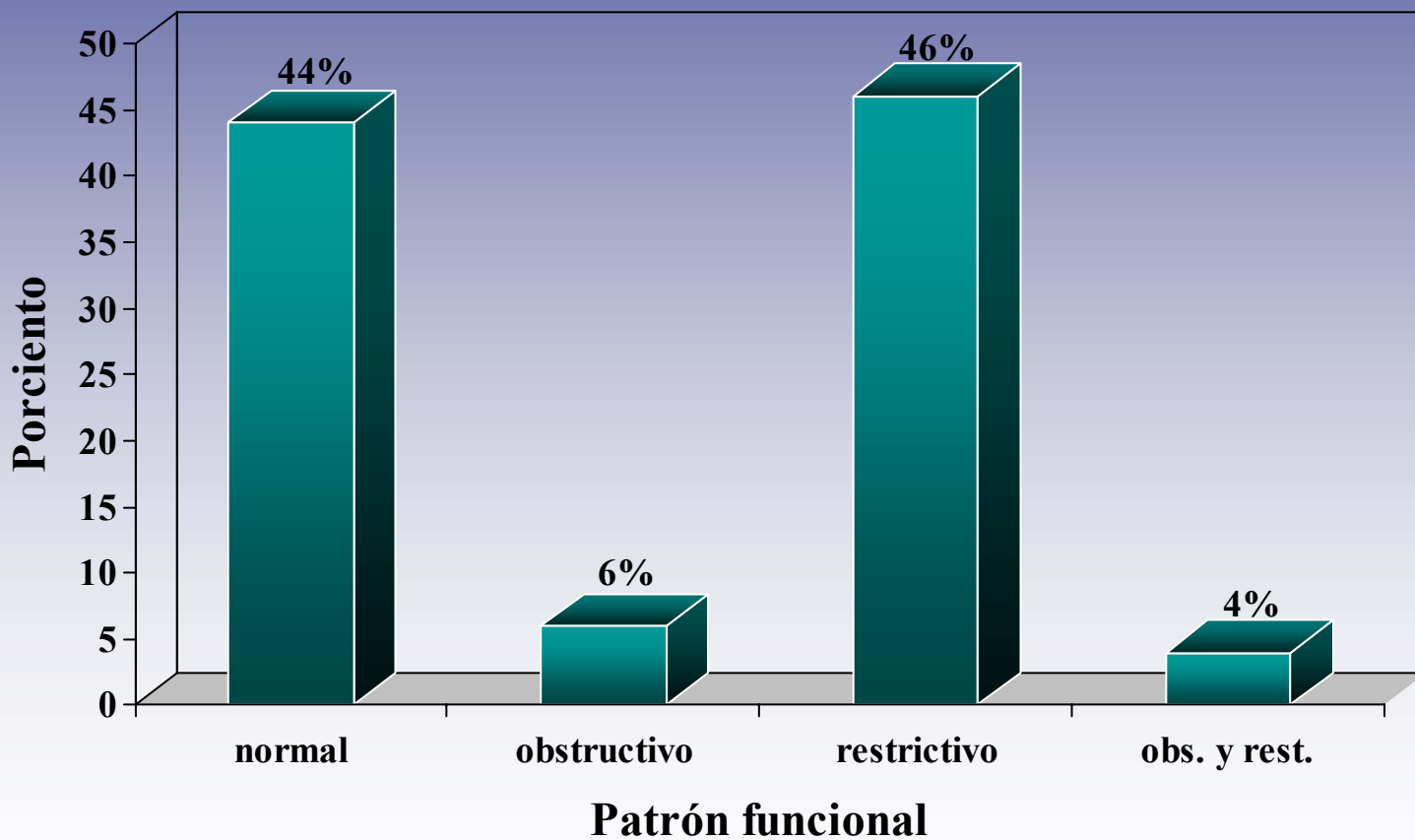


Hallazgos en radiografías del tórax entre los trabajadores de alto riesgo*, Centrales Generatrices AEE, 2003



*Alto riesgo: albañiles, soldadores, electricistas, mecánicos de caldera y operadores auxiliares.

Distribución de frecuencia de los resultados de las pruebas de función pulmonar entre participantes, Centrales Generatrices AEE, 2003

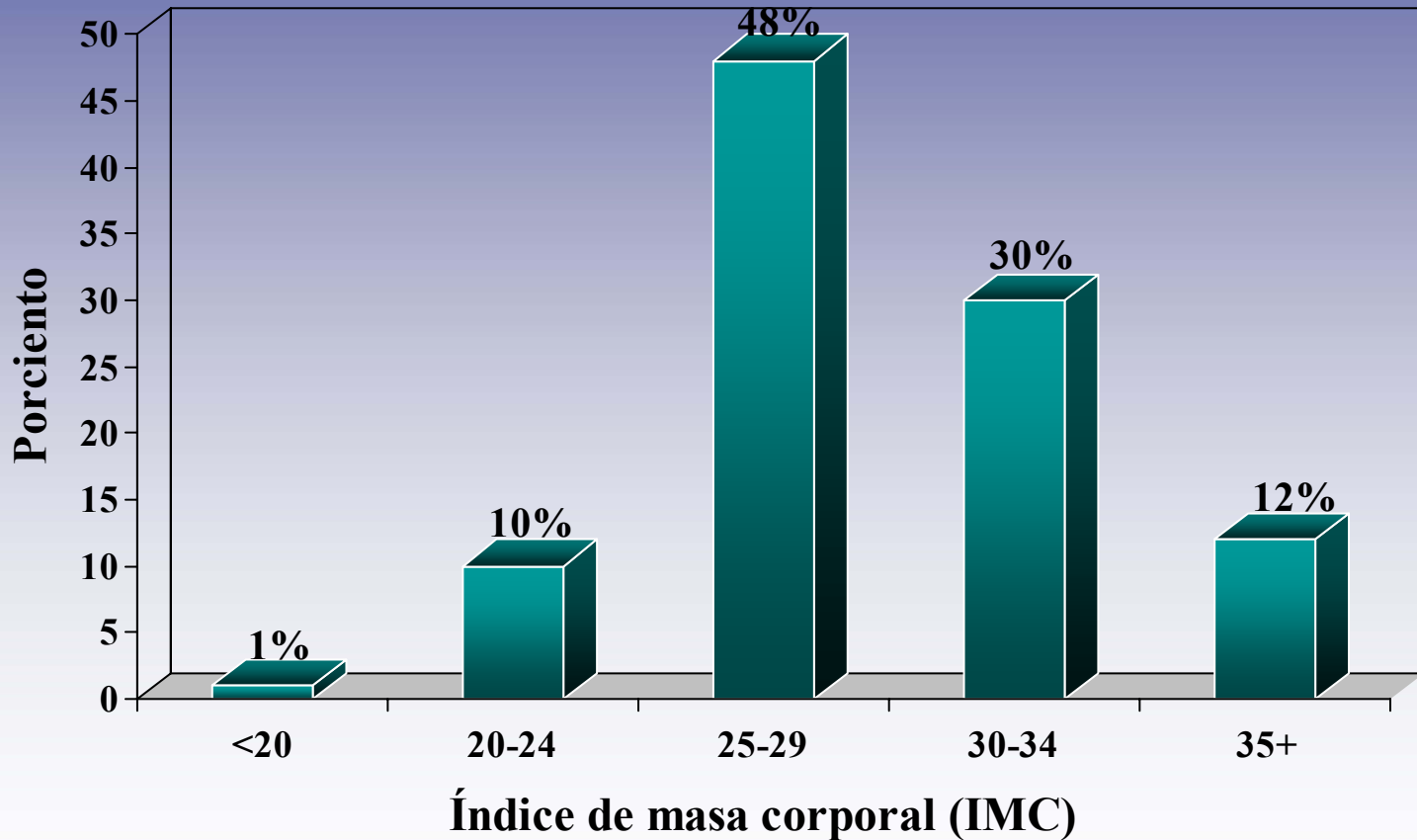


Hallazgos sobre dificultad respiratoria (disnea)

- Un síntoma primario, aunque no específico, de enfermedad relacionada a asbesto es la dificultad para respirar al esfuerzo (disnea).
 - 23% de los participantes reportó disnea
 - 18% activos y 29% retirados
 - 10% de los activos experimentó disnea ejecutando tareas en el trabajo
 - 12% de los trabajadores reportó que la disnea limitaba sus actividades sexuales
- Un 88% de los examinados describieron su dificultad para respirar como mínima o moderada.
- En un 79% de los participantes, el comienzo de los síntomas fue gradual.

Hallazgos en el examen físico

Índice de Masa Corporal (IMC) entre participantes, Centrales Generatrices AEE, 2003



n = 1,162

Relaciones entre los hallazgos y los factores de riesgo

Hallazgos en las radiografías y hábito de fumar

- No se encontró diferencia significativa en la prevalencia de anomalías radiográficas relacionadas con asbesto entre las categorías de fumadores con 20 años o más a partir de la exposición.
 - Los datos sugieren un aumento de anomalías parenquimatosas entre fumadores activos.

Hallazgos en las radiografías e índice de masa corporal (IMC)

- Los datos sugieren una posible relación (no estadísticamente significativa) entre IMC y la prevalencia de anomalía radiográfica entre aquellos con 20 años o más desde el inicio de exposición.
 - Especialmente entre aquellos examinados marcadamente obesos ($IMC \geq 30$).

Hallazgos en pruebas de función pulmonar (PFT) y hábito de fumar

- Se demostró una alta prevalencia de anomalías restrictivas entre los examinados.
 - El efecto de fumar no tuvo ningún efecto en el patrón restrictivo.
 - Pero, el efecto previsto de anomalías obstructivas en fumadores activos fue evidente.

Hallazgos en pruebas de función pulmonar (PFT) e índice de masa corporal (IMC)

- Se encontró una relación estadísticamente significativa entre los resultados de función pulmonar (PFT) y obesidad.
 - Específicamente entre obesidad y anormalidad restrictiva.
 - El grupo con mayor IMC presentó la mayor frecuencia de patrones restrictivos.
 - Aunque una frecuencia considerable de restricción (39%) se evidenció entre aquellos con un IMC normal (20-24).

Relaciones entre los hallazgos clínicos

Hallazgos en radiografía del tórax y prueba de función pulmonar (PFT)

Participantes con 20 años o más desde el inicio de la exposición

- Los participantes con anomalías radiográficas consistentes con cicatrices relacionadas con asbesto tenían menores valores en las pruebas de función pulmonar.
 - La relación no fue estadísticamente significativa.
- Un 45% de los examinados con radiografías del tórax normales mostró un patrón restrictivo en las pruebas de función pulmonar.

Hallazgos en radiografía del tórax y disnea

Participantes con 20 años o más desde el inicio de la exposición

- Se demostró una relación estadísticamente significativa entre anomalías en la radiografía del tórax y dificultad para respirar auto-reportada.
 - Reportaron disnea (moderada o severa).
 - 19% de los examinados con anomalía pleural
 - 11% de los examinados con radiografía del tórax normal

Hallazgos en función pulmonar (PFT) y dificultad para respirar (disnea)

- Se demostró una relación estadísticamente significativa entre los resultados de la prueba de función pulmonar (PFT) y la dificultad para respirar auto-reportada.
 - La prevalencia de disnea severa auto-reportada es casi dos veces la reportada por aquellos con un resultado normal de PFT.
 - todas las categorías de anomalías
- Aquellos con defecto obstructivo y restrictivo combinado reportaron mayor frecuencia de dificultad para respirar (moderada o severa).

Conclusiones

- La prevalencia de anomalías en radiografías del tórax consistente con cicatrices relacionadas al asbesto fluctuó entre 12 y 13% .
 - Exposiciones de hace 20 años son médicamente significativas.
- Once por ciento de los participantes del estudio eran fumadores activos.
 - Proporción menor a la encontrada entre el grupo de “trabajadores de cuello azul” en los Estados Unidos.

Conclusiones (cont.)

- La tasa de anomalías en las pruebas de función pulmonar fue extraordinariamente elevada.
 - Capacidad vital forzada = 46%.
- Se encontraron altas tasas de obesidad en la población bajo estudio.

Limitaciones

- La tasa de participación de los empleados activos y retirados de la AEE elegibles para este estudio no pudo ser determinada con exactitud.
 - Esto introduce la posibilidad de sesgo en el estudio, aunque la dirección del sesgo no puede ser determinada.
 - Trabajadores activos y retirados con dificultad para respirar no pudieran asistir al examen por razones de salud.
 - Participantes con síntomas de dificultad para respirar pudieron haber estado más preocupados por su salud.

Limitaciones (cont.)

- El requisito de elegibilidad para participar en este estudio incluía haber trabajado en una central generatriz en algún momento antes de 1987.
 - No excluye trabajadores de AEE cuyos trabajos eran especialmente restringidos a áreas de oficina o de trabajo exterior.
 - Exposiciones previstas a los agentes estudiados eran bajas.

Limitaciones (cont.)

- Cerca de una tercera parte de la población bajo estudio comenzó su exposición menos de 20 años antes del estudio.
 - Probablemente esta población no muestre evidencia de cambios relacionados a asbesto en sus radiografías del tórax.
- Los exámenes clínicos conducidos como parte de este estudio estaban encaminados a detección de enfermedad pero no a confirmación de un diagnóstico clínico.

Recomendaciones

- Los trabajadores con 20 años o más de exposición antes de la realización de este estudio deben continuar en un programa de vigilancia médica anual para detectar:
 - enfermedad pulmonar
 - cáncer asociado con exposición al asbesto
- Los trabajadores con anomalías en las radiografías del tórax deben someterse a evaluaciones clínicas más específicas para obtener un diagnóstico definido.
 - Futuras exposiciones al asbesto en las plantas debe ser reducidas o eliminadas, al máximo grado posible.

Recomendaciones (cont.)

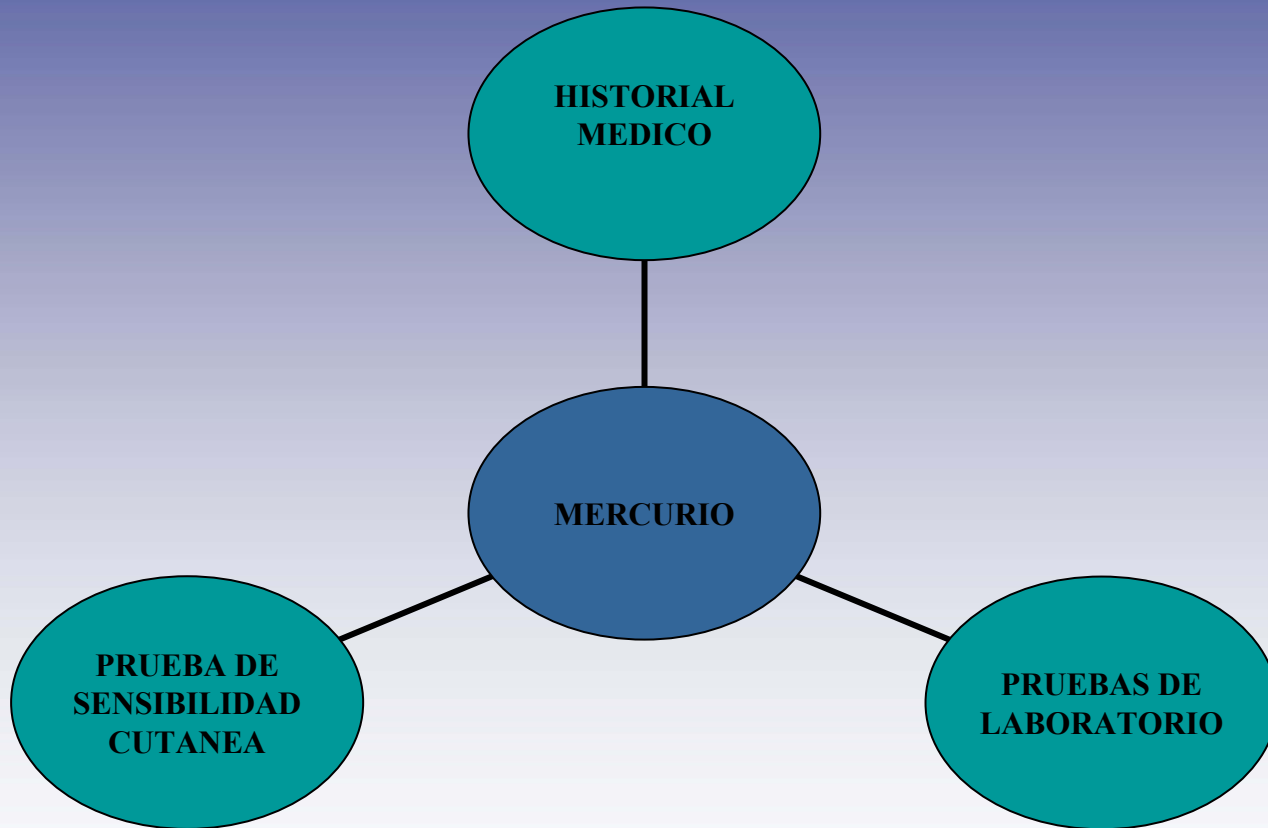
- Se deben realizar esfuerzos vigorosos para eliminar el hábito de fumar en estos trabajadores.
- Llevar a cabo estudios completos de función pulmonar (volumen pulmonar estático) para determinar mejor la naturaleza de la disfunción pulmonar observada.
- Se deben garantizar intervenciones para fomentar la reducción de peso e incorporar un programa rutinario de ejercicios.
 - Dada la relación entre obesidad y Diabetes Mellitus Tipo II.

Efectos de salud relacionados con mercurio

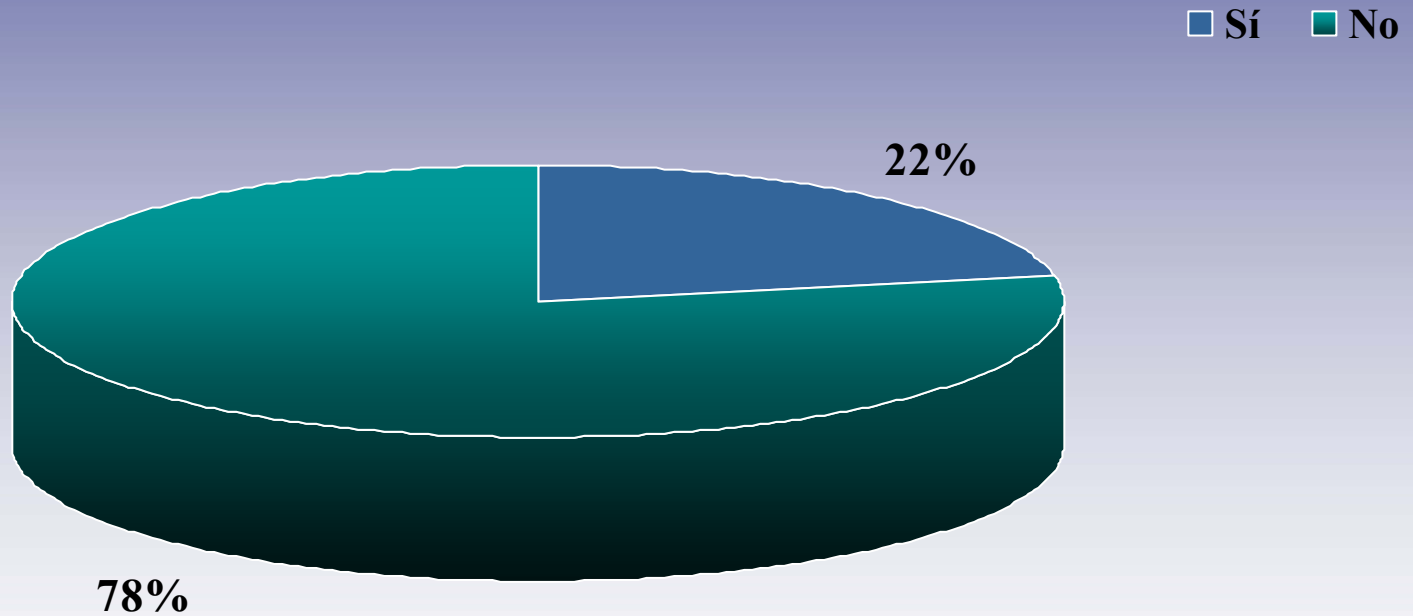
Propósito

- Determinar la prevalencia de efectos adversos a la exposición a mercurio.
 - El mercurio es bien reconocido como un agente neurotóxico y nefrotóxico.
 - Su toxicidad en el sistema nervioso consiste en efectos tanto como en el sistema nervioso central como en el periférico.

Metodología



Distribución de frecuencia de exposición al mercurio entre los participantes, Centrales Generatrices AEE, 2003



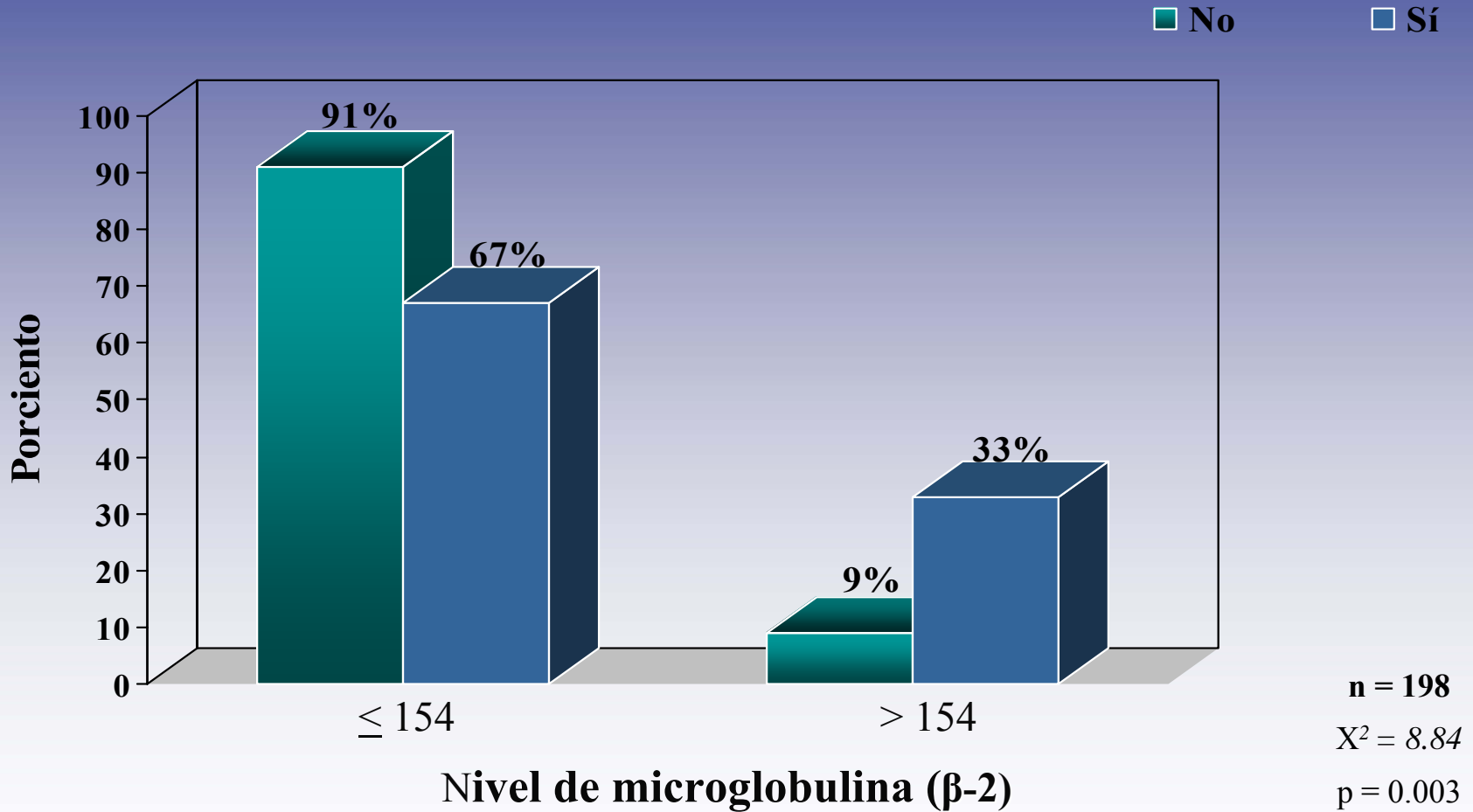
n = 1,162

Niveles de microglobulina (β -2) en orina entre participantes con posible exposición a mercurio, Centrales Generatrices AEE, 2003

Niveles de microglobulina β -2*	n	%
$\leq 154 \mu\text{g/L}$	178	89
$> 154 \mu\text{g/L}$	21	11
Total	199	100

*Normal: 5-154 $\mu\text{g/L}$

Niveles de microglobulina (β -2) y proteinuria, en participantes con posible exposición a mercurio, Centrales Generatrices AEE, 2003



*Normal: 5-154 μ g/L

Conclusiones

- Niveles de mercurio en sangre:
 - Valores no excedieron límite máximo normal.
- Prueba de sensibilidad cutánea a la vibración:
 - Disminución sensorial sutil en aquellos expuestos al mercurio.
 - Examinados no tenían exposición excesiva al mercurio recientemente.
- Once por ciento de los niveles de microglobulina β -2 en orina fueron mayores de 154 $\mu\text{g/L}$.
 - 2.5% por encima de lo esperado en la población general.

Conclusiones (cont.)

- Se encontró una relación entre proteína detectable en la orina y microglobulina β -2.
 - Un signo temprano de efectos del mercurio en el riñón
 - No es posible atribuir esta evidencia de disfunción renal a la exposición a mercurio.
 - Esta asociación sugiere la necesidad de un monitoreo cercano para detectar y prevenir el desarrollo de disfunción clínica renal.

Recomendaciones

- El grupo con niveles elevados de microglobulina β -2 en orina debe ser monitoreado.
 - análisis periódicos de:
 - proteinuria
 - niveles de nitrógeno úrico en sangre (BUN)
 - creatinina
- Realizar un monitoreo periódico para detectar evidencia temprana de disfunción renal con análisis para niveles de microglobulina β -2 en orina.

Exposición a hidracina en los trabajadores de las centrales generatrices

Propósito

El propósito de este componente del estudio fue evaluar la posible exposición de los técnicos de laboratorio de las plantas generatrices de la AEE a la hidracina.

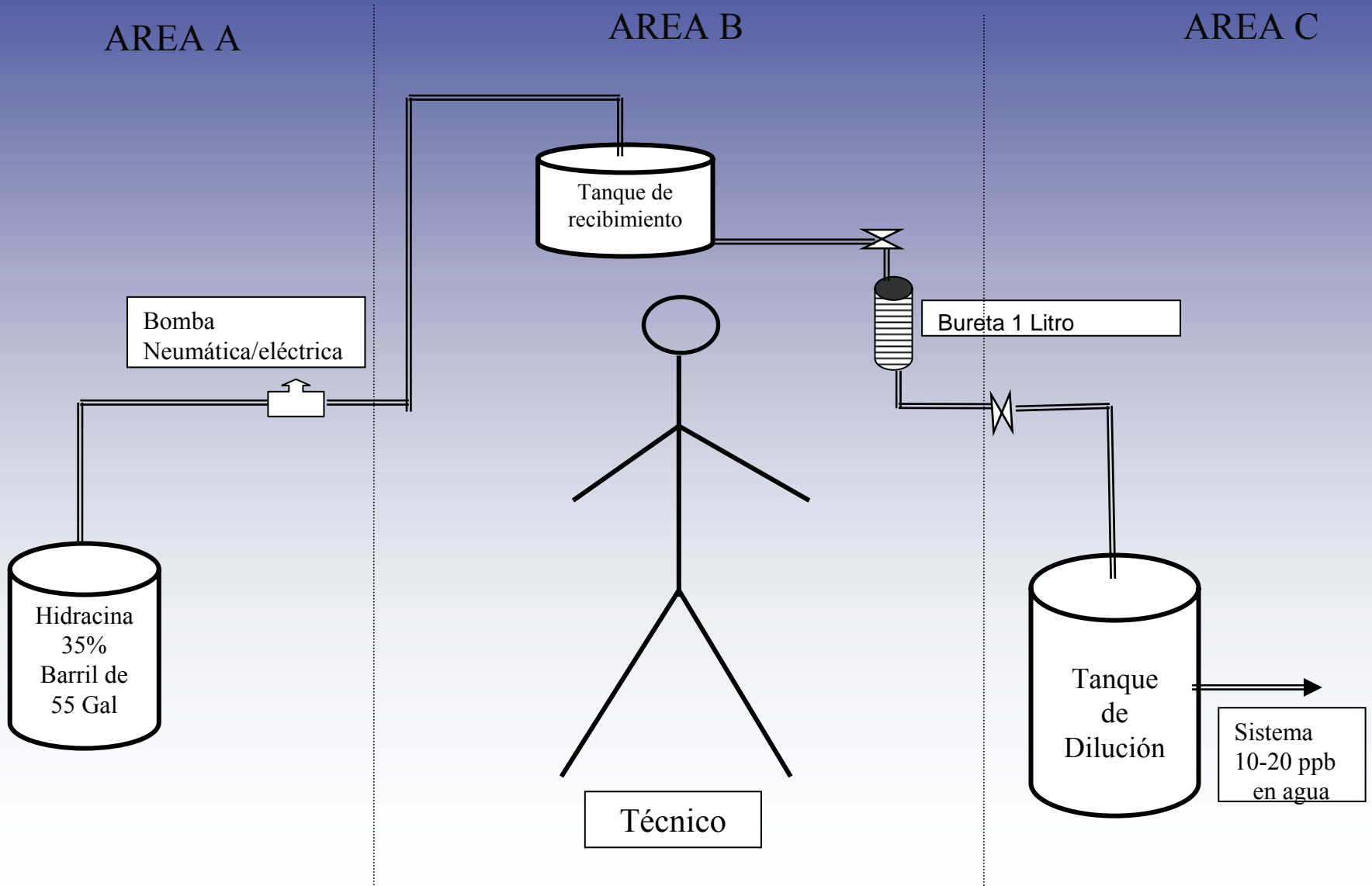
Trasfondo

La hidracina se utiliza en las plantas como un secuestrador de oxígeno para prevenir la corrosión de los componentes, reducir la formación de espuma y minimizar depósitos sobre las superficies de metal.

Efectos a la Salud

- Agencia Internacional para la investigación (IARC) en cáncer
 - Grupo 2B: posible cancerígeno en humanos
- Agencia de Protección Ambiental (EPA)
 - B2: probable cancerígeno en humanos
- Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH)
- Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH)
 - A3: cancerígeno confirmado en animales

Proceso



Método/Estrategia

- Muestras de aire – personales
 - Durante inyección de hidracina
 - Lavado de bidón
- Muestras de aire - de áreas
- Muestras de aire - al operador auxiliar
- Muestras de superficies

Resultados

Nivel de concentración de hidracina en aire

	Rango (ppm)	Promedio (ppm)	n
Personales	<0.00006 - 0.038	0.004	12
Sobre tanque de dilución	<0.00006 - 0.031	0.012	4
Sobre bidón de hidracina	<0.00006 - 0.0019	0.001	3
Personales lavado de bidón	0.014 - 0.067	0.041	2
Laboratorio	<0.00006	NA	5
Puntos de emisión de vapor	<0.00006	NA	2
Operador	<0.00006	NA	2

Exposición

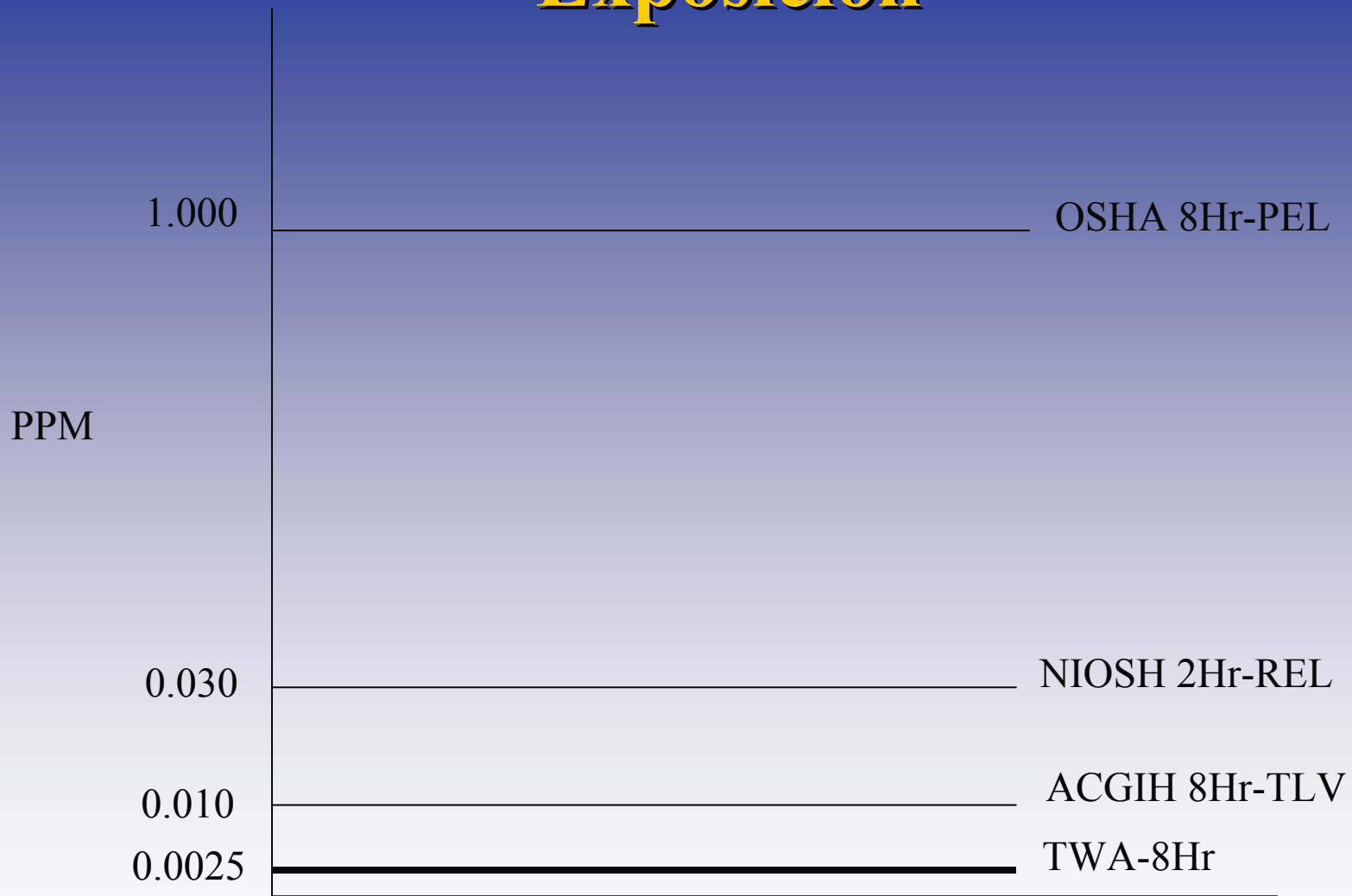
- $TWA = 0.0003$ ppm
 - 10% del tiempo durante inyección de hidracina
 - 90 % del tiempo en el laboratorio

- $TWA = 0.0016$ ppm
 - $MLE = 0.025$ ppm
 - 10% del tiempo durante inyección de hidracina
 - 90 % del tiempo en el laboratorio

Límites de exposición ocupacional

- OSHA PEL 8hr-TWA = 1.0 ppm
- NIOSH REL 2hr-TWA = 0.030 ppm
- ACGIH TLV 8hr-TWA = 0.010 ppm

Exposición



Equipo de Protección Personal

- Se observaron deficiencias en el programa de protección personal
 - Selección del tipo de respirador
 - Selección del cartucho
 - Exámenes médicos
 - Pruebas de ajuste
 - Selección de guantes

Conclusiones y Recomendaciones

- En los periodos de muestreo incluidos en este estudio, la exposición de los técnicos a hidracina esta por debajo de los límite de exposición ocupacional, aunque un análisis más profundo acerca esta exposición, al TLV de la ACGIH.
- Dada la naturaleza tóxica de esta sustancia(potencial cancerígeno en humanos) recomendamos lo siguiente:
 - Establecer un programa de monitoreo de tal manera que la exposición a hidracina de este trabajador sea evaluada por lo menos cada seis meses.

Conclusiones y Recomendaciones (cont.)

- Establecer un Programa de Protección de Vías Respiratorias que cumpla con los requerimientos de OSHA.
- Establecer un programa más completo de uso de guantes y vestimenta de protección.
- Investigar cuidadosamente la posibilidad de utilizar una sustancia menos tóxica u otro mecanismo para eliminar el uso de hidracina en esta operación.

Agradecimientos

- Escuela Graduada de Salud Pública, UPR-RCM
- Hospital Monte Sinaí
- Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico
- Unión de Trabajadores de la Industria y Riego
- Hospital Hermanos Meléndez
- Hospital San Cristóbal
- Laboratorio de Referencia Clendo
- Puerto Rico Industrial Health Services