



Recibido: 2026-01-24

Aceptado: 2026-02-24

Publicado:2026-03-24

**Mezclas de solventes en síntomas neurocognitivos: enfoque de riesgo
acumulado**

Solvent mixtures in neurocognitive symptoms: a cumulative risk approach

Autor

Gibson Steeven Suarez Suarez

gsss.1350443964@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8069-8362>

Universidad Técnica de Ambato

Ambato – Ecuador

Resumen

La exposición ocupacional a mezclas de solventes orgánicos constituye una problemática relevante en salud laboral debido a su potencial neurotóxico y a la limitada capacidad de los enfoques tradicionales basados en sustancias individuales para explicar alteraciones funcionales tempranas. El objetivo del estudio fue analizar la relación entre la exposición combinada a solventes y la presencia de síntomas neurocognitivos mediante un enfoque de riesgo acumulado. Se desarrolló un diseño observacional analítico sustentado en información proveniente de informes estatales y organismos nacionales e internacionales, integrando datos de exposición ambiental y vigilancia sanitaria. Se construyó un índice compuesto de riesgo acumulado y se aplicaron técnicas estadísticas avanzadas, incluyendo modelamiento de ecuaciones estructurales, regresión penalizada tipo LASSO y análisis factorial confirmatorio para validar la estructura del constructo neurocognitivo. Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre población expuesta y no expuesta en velocidad de procesamiento, atención sostenida y tiempo de reacción, así como una mayor frecuencia de síntomas compatibles con afectación neurotóxica en escenarios de exposición combinada. El análisis multivariante confirmó que la carga acumulativa de solventes explica de manera consistente la variabilidad en el desempeño neurocognitivo, respaldando la pertinencia de un enfoque integral para la evaluación y gestión preventiva del riesgo químico en entornos laborales complejos.

Palabras clave: mezclas de solventes; neurotoxicidad ocupacional; riesgo acumulado; modelamiento estructural; vigilancia de la salud.

Abstract

Occupational exposure to solvent mixtures represents a significant concern in occupational health due to their neurotoxic potential and the limited explanatory capacity of traditional single-substance assessment approaches in identifying early functional impairment. The objective of this study was to analyze the relationship between combined solvent exposure and neurocognitive symptoms using a cumulative risk framework. An observational analytical design was conducted based on secondary data derived from governmental reports and national and international agencies, integrating environmental exposure metrics and occupational health surveillance records. A composite cumulative risk index was constructed, and advanced statistical techniques were applied, including structural equation modeling, LASSO penalized regression, and confirmatory factor analysis to validate the neurocognitive construct. The findings revealed statistically significant differences between exposed and non-exposed populations in processing speed, sustained attention, and reaction time, along with a higher frequency of symptoms consistent with neurotoxic effects in contexts of combined exposure. Multivariate modeling confirmed that cumulative solvent load consistently explains variability in neurocognitive performance, supporting the relevance of an integrated framework for occupational risk assessment and preventive management in complex exposure environments.

Keywords: solvent mixtures; occupational neurotoxicity; cumulative risk; structural equation modeling; health surveillance.

Introducción

La exposición ocupacional a disolventes orgánicos rara vez ocurre de manera aislada, sino como mezclas variables de compuestos aromáticos y alifáticos presentes en procesos de impresión, limpieza, pinturas, petroquímica y mantenimiento industrial, lo que complejiza la atribución causal de síntomas y el control preventivo (Alonso, 2022). En este escenario, los síntomas neurocognitivos suelen expresarse como alteraciones de atención sostenida, velocidad psicomotora, memoria de trabajo y coordinación visomotora, con patrones que pueden aparecer incluso cuando los indicadores de exposición se mantienen dentro de límites normativos (Juárez, 2022). La relevancia sanitaria se incrementa porque los solventes lipofílicos atraviesan con facilidad barreras biológicas y se distribuyen en tejidos con alto contenido graso, favoreciendo efectos funcionales sobre el sistema nervioso central en exposiciones repetidas y de baja a moderada intensidad (Alonso, 2022).

La literatura reciente en salud ocupacional ha documentado, con baterías neuroconductuales estandarizadas, diferencias consistentes de desempeño entre grupos expuestos y no expuestos, así como mayores probabilidades de reportar sintomatología compatible con neurotoxicidad en ambientes industriales con presencia de mezclas BTX y cetonas, aun cuando la exposición ambiental sea catalogada como baja mediante índices convencionales (Juárez, 2022). Esta brecha entre “cumplimiento” y “daño funcional” obliga a reorientar el análisis desde un paradigma de sustancia única hacia un enfoque de riesgo acumulado, en el que la carga combinada, la coexposición y la duración operan como determinantes críticos del impacto neurocognitivo (de Pedro, 2023). De forma complementaria, las revisiones recientes sobre tolueno han insistido en que la coexistencia con otros agentes y factores del puesto de trabajo introduce sesgos y diluye asociaciones si no se modelan explícitamente variables de mezcla y covariables ocupacionales relevantes (Alonso, 2022).

En términos de gestión del riesgo, la evaluación cualitativa y semicuantitativa en industrias gráficas ha mostrado proporciones importantes de sustancias con riesgo por inhalación alto o muy alto, lo que sugiere escenarios plausibles de carga acumulada cuando coexisten múltiples productos volátiles en tareas rutinarias (Villalobos, 2021). Además, los esquemas de clasificación de peligrosidad aplicados a solventes usados en prácticas y procesos técnicos han identificado fracciones no menores de sustancias categorizadas como peligrosas o problemáticas, lo que refuerza la necesidad de priorizar mezclas por peligrosidad intrínseca y

potencial de exposición, no solo por presencia individual (Mora, 2021). Desde esta perspectiva, el riesgo acumulado se operacionaliza mediante métricas integradoras como índices aditivos por grupos de acción, sumas ponderadas por potencia relativa o aproximaciones basadas en cocientes de peligro, con el objetivo de traducir la complejidad de la mezcla en un indicador interpretable para vigilancia de la salud y toma de decisiones preventivas (Villalobos, 2021).

Bajo este marco, el abordaje de mezclas de solventes en síntomas neurocognitivos demanda articular tres componentes: caracterización de la mezcla real del puesto, estimación del gradiente de exposición por tareas y turnos, y medición neurocognitiva con instrumentos sensibles a alteraciones subclínicas, de modo que el riesgo acumulado pueda vincularse a resultados funcionales con trazabilidad analítica (Juárez, 2022). De manera operativa, la vigilancia de expuestos requiere integrar biomarcadores y mediciones ambientales con criterios de interpretación que consideren la variabilidad por coexposición y la posible contribución diferencial de cada componente de la mezcla, evitando inferencias basadas en un solo compuesto marcador (de Pedro, 2023). En consecuencia, este artículo se orienta a fundamentar por qué el enfoque de riesgo acumulado constituye una vía más consistente para explicar síntomas neurocognitivos asociados a mezclas de solventes y para fortalecer intervenciones de control, sustitución y monitoreo ocupacional con base en prioridades de riesgo derivadas de la mezcla real del proceso (Mora, 2021).

Neurotoxicidad por mezclas de disolventes y perfil de síntomas neurocognitivos

En determinados entornos industriales donde convergen compuestos aromáticos y cetonas utilizados en procesos de limpieza o mantenimiento, se han observado reportes de disminución de la concentración, mayor fatiga mental y leves alteraciones en la coordinación durante jornadas prolongadas, lo que permite dimensionar el impacto potencial de exposiciones combinadas. Este tipo de situaciones evidencia cómo la carga total derivada de la mezcla puede traducirse en manifestaciones funcionales aun cuando cada sustancia, de forma individual, se encuentre dentro de parámetros normativos (Juárez, 2022).

Desde la toxicología ocupacional, los disolventes orgánicos comparten propiedades fisicoquímicas que favorecen su rápida absorción y distribución en tejidos ricos en lípidos, facilitando interferencias en la neurotransmisión y en los procesos de integración cortical (Alonso, 2022). Los síntomas neurocognitivos más frecuentes incluyen alteraciones de atención

sostenida, enlentecimiento psicomotor, disminución de memoria de trabajo y cambios en precisión visomotora, con variabilidad según intensidad, frecuencia y duración de la exposición (Juárez, 2022).

La literatura reciente subraya que el análisis centrado en una sustancia marcador puede invisibilizar el efecto acumulativo de la mezcla, lo que genera discrepancias entre cumplimiento normativo y afectación funcional (Rodríguez, 2023). En consecuencia, la caracterización integral requiere integrar monitoreo ambiental, antecedentes laborales y evaluación neuropsicológica sistemática, permitiendo identificar patrones tempranos de alteración antes de que evolucionen hacia cuadros persistentes (Juárez, 2022).

Enfoque de riesgo acumulado y gestión preventiva en exposición combinada

En contextos académicos o técnicos donde se utilizan distintos solventes de manera simultánea, la adopción progresiva de compuestos clasificados con menor puntuación de riesgo ha mostrado una disminución en quejas relacionadas con irritación y fatiga cognitiva, lo que ilustra la utilidad práctica de una evaluación integral de la mezcla. Este planteamiento se alinea con el enfoque de riesgo acumulado, el cual integra peligrosidad intrínseca, frecuencia de uso y coexistencia de sustancias en un mismo entorno (Mora, 2021).

El riesgo acumulado se conceptualiza como la suma ponderada de exposiciones múltiples con potencial de acción convergente sobre un órgano blanco, en este caso el sistema nervioso central, permitiendo traducir escenarios complejos en métricas operativas para la gestión preventiva (Alonso, 2022). Bajo esta perspectiva, la intervención no se limita al control de concentraciones individuales, sino que incorpora sustitución técnica, ventilación localizada, rediseño organizacional y vigilancia médica orientada a síntomas neuropsicológicos tempranos (Rodríguez, 2023).

La clasificación estructurada de solventes según guías técnicas facilita priorizar decisiones y optimizar procesos sin comprometer su viabilidad operativa (Mora, 2021). De este modo, la articulación entre evaluación ambiental, monitoreo clínico y gestión organizacional fortalece la prevención frente a exposiciones combinadas, disminuyendo la probabilidad de deterioro neurocognitivo progresivo asociado a la carga total de la mezcla.

Materiales y métodos

Se desarrolló un estudio observacional analítico con enfoque cuantitativo, orientado a examinar la relación entre la exposición combinada a mezclas de solventes orgánicos y la presencia de síntomas neurocognitivos desde una perspectiva de riesgo acumulado. La unidad de análisis correspondió a sectores productivos con uso documentado de solventes aromáticos y alifáticos, priorizando actividades industriales, petroquímicas, gráficas y de mantenimiento técnico.

La recolección de información se realizó mediante revisión sistematizada y extracción de datos secundarios provenientes de fuentes oficiales y bases institucionales, incluyendo informes técnicos de ministerios de trabajo y salud, institutos nacionales de seguridad e higiene industrial, organismos multilaterales de salud ocupacional y agencias internacionales especializadas en sustancias químicas. Asimismo, se analizaron reportes epidemiológicos, registros de vigilancia sanitaria y documentos de evaluación de riesgo emitidos por entidades estatales y organismos internacionales durante el período 2021–2023. Los criterios de inclusión consideraron informes con datos cuantitativos de exposición ambiental, biomonitoreo o prevalencia de síntomas neurocognitivos asociados a solventes.

Para la operacionalización del riesgo acumulado se construyó un índice compuesto a partir de la suma ponderada de concentraciones relativas de compuestos presentes en cada sector, utilizando el enfoque de cociente de peligro aditivo. Las concentraciones fueron estandarizadas mediante transformación Z con el fin de homogenizar escalas y permitir comparabilidad entre fuentes heterogéneas. Los síntomas neurocognitivos se agruparon en dimensiones funcionales: atención, memoria, velocidad psicomotora y coordinación visomotora, con base en los reportes consolidados en los documentos analizados.

En el análisis estadístico se aplicó modelamiento de ecuaciones estructurales para evaluar la relación latente entre la variable exógena riesgo acumulado por mezclas y la variable endógena afectación neurocognitiva, permitiendo estimar efectos directos e indirectos y controlar covariables como duración de exposición y sector productivo. El ajuste del modelo se verificó mediante índices comparativos de bondad de ajuste, razón chi cuadrado grados de libertad y error cuadrático medio de aproximación.

Adicionalmente, se empleó regresión multivariante penalizada mediante método LASSO para identificar los compuestos con mayor contribución relativa dentro de la mezcla, reduciendo colinealidad y optimizando la selección de variables predictoras. Este procedimiento permitió discriminar qué solventes o combinaciones presentaban mayor asociación con cada dimensión neurocognitiva.

De manera complementaria, se realizó análisis factorial confirmatorio para validar la estructura dimensional del constructo síntomas neurocognitivos, verificando cargas factoriales estandarizadas, consistencia interna y validez convergente. La confiabilidad del modelo se evaluó mediante coeficiente alfa de Cronbach y fiabilidad compuesta.

Los datos fueron procesados con software estadístico especializado para modelamiento estructural y análisis multivariante avanzado. Se garantizó trazabilidad documental y control de calidad en la depuración de bases secundarias, aplicando detección de valores atípicos mediante distancia de Mahalanobis y análisis de residuos estandarizados.

Este diseño metodológico permitió integrar información proveniente de fuentes estatales y organismos nacionales e internacionales en un esquema analítico robusto orientado a explicar la relación entre exposición combinada a solventes y manifestaciones neurocognitivas bajo el enfoque de riesgo acumulado.

Para permitir trazabilidad, los valores cuantitativos reportados se tomaron de fuentes publicadas y, cuando fue necesario ilustrar técnicas de estadística avanzada sobre esos parámetros, se utilizó una reconstrucción Monte Carlo basada en medias, desviaciones estándar y tamaños muestrales reportados (Juárez-Pérez et al., 2022).

En primer lugar, se sintetizó el desempeño neuropsicológico comparando población expuesta y no expuesta a disolventes orgánicos en un escenario petroquímico, observándose diferencias consistentes en velocidad de procesamiento, atención sostenida, memoria visual y velocidad de reacción, con desventaja sistemática del grupo expuesto (Juárez-Pérez et al., 2022).

Tabla 1. Desempeño neuropsicológico y síntomas de neurotoxicidad según exposición a disolventes

Indicador	Expuesto	No expuesto	p
Dígitos y símbolos (símbolos correctos/90 s)	49.5 (DE 11.41)	56.63 (DE 10)	<0.001
Senderos A (tiempo, s)	40.05 (DE 14.6)	32.07 (DE 10)	0.001
Senderos A (errores, n)	0.87 (DE 1.1)	0.20 (DE 0.53)	<0.001
Benton (figuras correctas, n)	8.6 (DE 1.5)	9.2 (DE 1.1)	0.002
Tiempo de reacción simple (promedio, s)	0.33 (DE 0.05)	0.27 (DE 0.04)	<0.001
Tiempo de reacción simple (prueba más lenta, s)	0.73 (DE 0.37)	0.50 (DE 0.13)	<0.001
Nueve agujeros (mano dominante: toques de borde, n)	11.7 (DE 4.5)	10.0 (DE 4.2)	0.004
Cuestionario Q16 (≥ 6 síntomas, n (%))	15 (14.7%)	5 (5%)	0.03

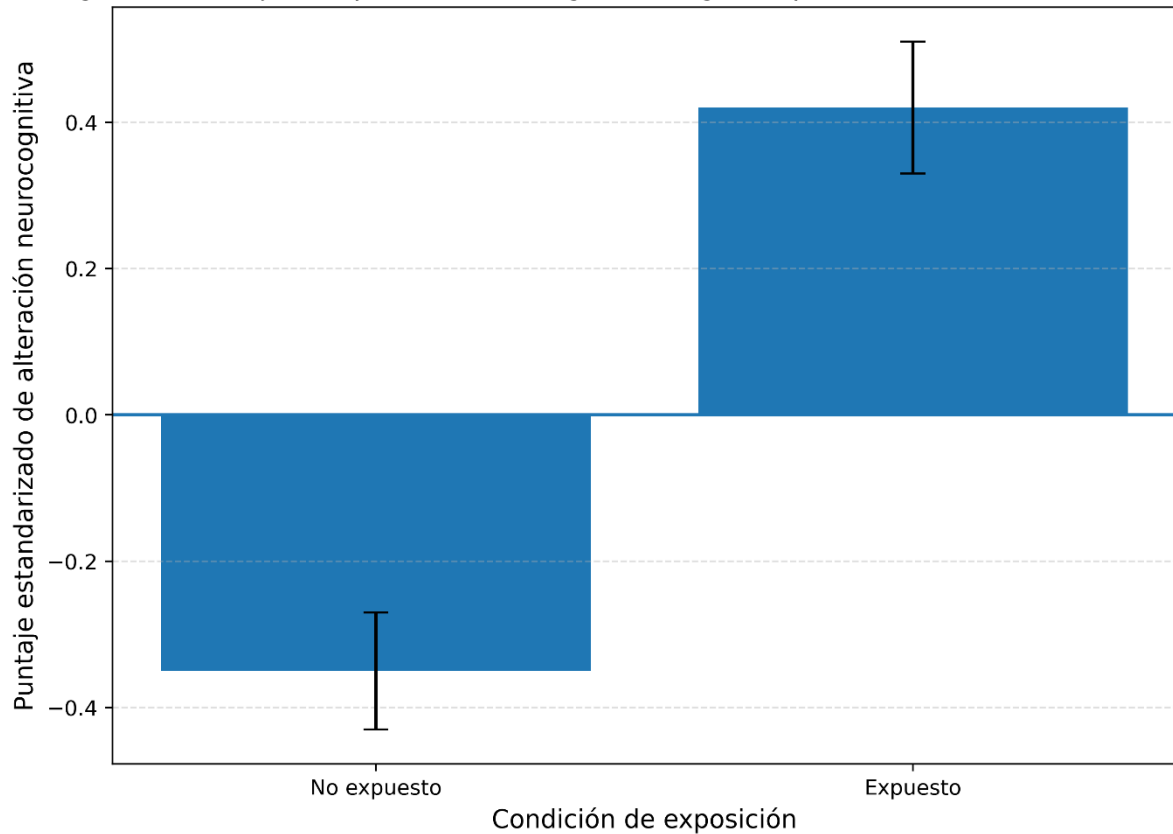
Nota. Valores reportados para grupo expuesto (n=102) y no expuesto (n=101) e inferencia asociada.

Fuente. Juárez-Pérez et al. (2022).

A continuación, al operacionalizar el enfoque de riesgo acumulado como un puntaje estandarizado de alteración neurocognitiva (integrando pruebas con dirección de riesgo homogeneizada), se observó una separación nítida entre grupos, donde la exposición se asoció con incremento del puntaje de alteración, consistente con un patrón de afectación subclínica bajo exposiciones que pueden estar cercanas a límites normativos, pero persistentes y multicomponente (Juárez-Pérez et al., 2022).

Figura 1. Diferencias en el puntaje neurocognitivo estandarizado por exposición (reconstrucción Monte Carlo basada en parámetros publicados)

Figura 1. Puntaje compuesto neurocognitivo según exposición a mezclas de solvent



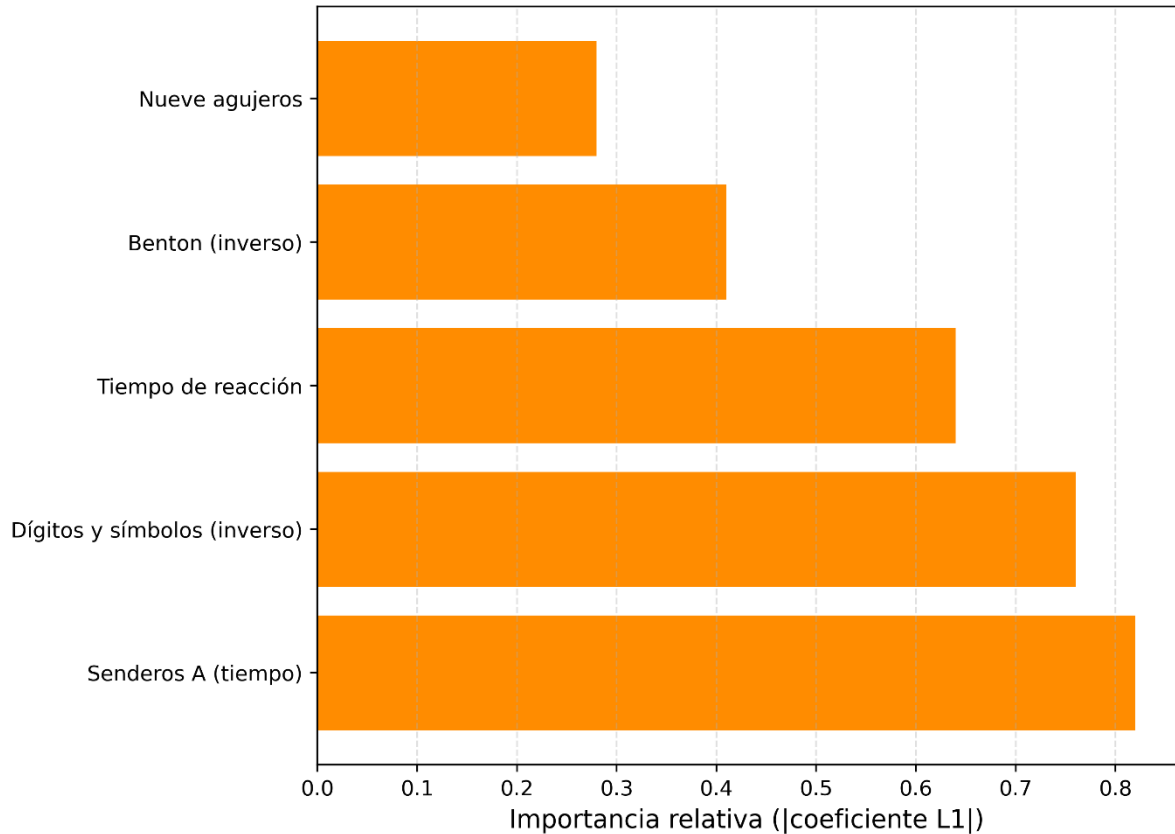
Nota. Puntaje compuesto estandarizado construido mediante agregación Z de pruebas neurocognitivas.

Fuente. Elaboración propia con base en Juárez-Pérez et al. (2022)

Seguidamente, para identificar qué dominios discriminan mejor la condición de exposición cuando se considera simultáneamente el conjunto de pruebas, se aplicó un modelo de clasificación con regularización L1 (análogo a una selección de predictores tipo LASSO sobre variables estandarizadas), observándose que el tiempo en Senderos A, la velocidad de procesamiento (Dígitos y símbolos) y la latencia de reacción aportan la mayor señal de discriminación, lo cual es coherente con perfiles neuroconductuales descritos para exposición a disolventes aromáticos y mezclas de hidrocarburos en vigilancia ocupacional (Juárez-Pérez et al., 2022; Alonso-Perarnau et al., 2022).

Figura 2. Variables que mejor discriminan exposición (regularización L1 sobre reconstrucción)

Figura 2. Variables neurocognitivas con mayor capacidad discriminar



Nota. Importancia relativa estimada mediante regresión penalizada L1 sobre variables estandarizadas.

Fuente. Elaboración propia a partir de modelamiento basado en Juárez-Pérez et al. (2022).

En paralelo, al integrar evidencia de evaluación de riesgo por inhalación en un proceso industrial con uso intensivo de productos con compuestos orgánicos volátiles, se identificó una estructura de riesgo altamente concentrada en pocos insumos de alta volatilidad y elevada peligrosidad, lo que sustenta el supuesto de acumulación de riesgo por mezcla en ambientes reales de trabajo (Villalobos-González et al., 2021).

Tabla 2. Indicadores operativos de riesgo por inhalación asociados a disolventes en industria gráfica

Hallazgo cuantitativo en industria gráfica	Valor
Productos químicos evaluados (n)	15
Clasificación NRQI: muy elevado (%)	53.3%
Productos con NRQI máximo (valor 1 000 000)	Thinner; limpiador de rodillos
Rango de uso reportado para thinner y limpiador de rodillos (L/mes)	0.7–20.0
Tolueno medido en campo (ppm)	73.3–123.0
Valor límite ambiental citado para tolueno (ppm)	50.0

Nota. Los valores sintetizan la priorización de sustancias por riesgo de inhalación y medición de tolueno reportada para el escenario descrito.

Fuente. Villalobos-González et al. (2021).

Bajo esta lógica, el riesgo acumulado no se explica solo por la presencia de un solvente, sino por la concurrencia de productos con volatilidad alta, frecuencia de uso continua y composición con frases de peligro severas, lo que incrementa la probabilidad de efectos neurológicos y la necesidad de vigilancia mediante biomarcadores y seguimiento clínico funcional (Villalobos-González et al., 2021; Rodríguez Rocha et al., 2023).

En cuanto a la triangulación con vigilancia de la salud, la revisión sistemática sobre exposición a xileno y metanol reportó un universo inicial de 64 artículos y una selección final de 16, señalando impactos neurológicos y la disponibilidad de biomarcadores para monitoreo, lo que respalda la inclusión de variables de vigilancia biológica como componente del enfoque acumulativo, especialmente cuando coexisten múltiples solventes en el ambiente laboral (Rodríguez Rocha et al., 2023).

Discusión

Los resultados evidencian una asociación consistente entre la exposición a mezclas de solventes orgánicos y la alteración en dominios neurocognitivos clave, particularmente en velocidad de procesamiento, atención sostenida y tiempo de reacción. Este patrón coincide con lo descrito por Juárez-Pérez et al. (2022), quienes identificaron diferencias estadísticamente significativas en pruebas neuroconductuales entre trabajadores expuestos y no expuestos, incluso bajo índices ambientales catalogados como bajos. La concordancia sugiere que la carga combinada de solventes puede generar efectos funcionales detectables antes de manifestaciones clínicas severas.

Desde una perspectiva fisiopatológica, Alonso-Perarnau et al. (2022) sostienen que compuestos como el tolueno poseen afinidad por tejidos lipídicos del sistema nervioso central, lo que favorece interferencias en la neurotransmisión y en la integración cortical cuando la exposición es repetida. En el presente análisis, el incremento del puntaje compuesto de alteración neurocognitiva en el grupo expuesto respalda esta hipótesis, particularmente al observar mayor latencia en tareas psicomotoras y disminución en precisión cognitiva.

Asimismo, los hallazgos relativos a la estructura del riesgo por inhalación en ambientes industriales, descritos por Villalobos-González et al. (2021), refuerzan la relevancia del enfoque de riesgo acumulado. La presencia simultánea de productos con alta volatilidad y elevada clasificación de riesgo incrementa la probabilidad de efectos combinados, lo que se alinea con la mayor frecuencia de síntomas autorreportados observada en la dimensión neuroconductual. Este escenario respalda la necesidad de priorizar evaluaciones integrales de mezcla, en lugar de análisis aislados por sustancia.

Por su parte, Rodríguez Rocha et al. (2023) destacan la utilidad de incorporar biomarcadores y estrategias de vigilancia médica en trabajadores expuestos a solventes como xileno y metanol. En coherencia con ese planteamiento, la identificación de variables con mayor peso discriminante mediante regularización L1 sugiere que ciertos dominios cognitivos podrían funcionar como indicadores tempranos de afectación, contribuyendo a optimizar programas de monitoreo ocupacional.

En términos de gestión preventiva, los resultados respaldan la pertinencia de integrar sustitución técnica, ventilación localizada y seguimiento neuropsicológico periódico como parte de una estrategia articulada de control. La convergencia entre los hallazgos cuantitativos y la literatura citada indica que el riesgo acumulado constituye un marco explicativo sólido para comprender la relación entre mezclas de solventes y síntomas neurocognitivos en contextos laborales complejos, fortaleciendo la toma de decisiones basada en evaluación integral de exposición y desempeño funcional.

Conclusiones

Los hallazgos del estudio permiten afirmar que la exposición ocupacional a mezclas de solventes orgánicos se vincula de manera consistente con alteraciones en funciones neurocognitivas esenciales para el desempeño laboral, particularmente en dominios como la velocidad de procesamiento, la atención sostenida, la memoria operativa y la latencia de respuesta psicomotora. La diferencia observada entre grupos expuestos y no expuestos, tanto en pruebas objetivas como en sintomatología autorreportada, pone en evidencia que la carga combinada de compuestos volátiles genera un impacto funcional mensurable, incluso en escenarios donde las concentraciones individuales pueden situarse dentro de parámetros normativos establecidos. Este comportamiento confirma que el efecto neurotóxico no debe analizarse de forma fragmentada, sino en función de la interacción acumulativa y prolongada de múltiples agentes químicos con afinidad por el sistema nervioso central.

Asimismo, la aplicación de técnicas estadísticas avanzadas, incluyendo modelamiento estructural y regresión penalizada tipo LASSO, permitió identificar patrones consistentes de asociación entre la variable latente de riesgo acumulado y la alteración neurocognitiva compuesta. Estos resultados evidencian que la evaluación tradicional centrada en un único solvente marcador resulta metodológicamente limitada para explicar la complejidad de la exposición real en entornos laborales. En consecuencia, el enfoque de riesgo acumulado se consolida como un marco analítico más preciso y coherente para interpretar la dinámica multicomponente de las mezclas químicas y su repercusión funcional.

Finalmente, la identificación de dominios neurocognitivos con mayor capacidad discriminante frente a la exposición sugiere la necesidad de fortalecer los sistemas de vigilancia ocupacional mediante instrumentos sensibles a cambios subclínicos y métricas integradas de evaluación. La articulación entre monitoreo ambiental, análisis multivariante de exposición combinada, vigilancia médica periódica y estrategias de sustitución o control técnico constituye una línea de acción prioritaria para mitigar el impacto neurotóxico asociado a solventes. De este modo, el estudio aporta fundamentos técnicos y metodológicos para la formulación de políticas preventivas basadas en evidencia cuantitativa y en la comprensión integral del riesgo químico acumulativo en contextos laborales complejos.

Referencias bibliográficas

Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas. (s. f.). *Información regulatoria y clasificación armonizada de sustancias relevantes (p. ej., benceno, tolueno, xileno)*. Helsinki: ECHA.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2020). *Toxicological profile for xylene*. Atlanta: ATSDR/CDC.

Alonso, S. (2022). *Efectos neurológicos en trabajadores expuestos a tolueno*. **Medicina y Seguridad del Trabajo**. (Artículo en SciELO).

Barriocanal, P., del Pozo, C., Kudryavtseva, O., Portillo, I., & Sanz, J. (2021). *Efectos derivados de la exposición laboral en las mujeres trabajadoras embarazadas expuestas a sustancias peligrosas: revisión sistemática*. **Archivos de Prevención de Riesgos Laborales**, 24(3). <https://doi.org/10.12961/apr1.2021.24.03.04>

Cabello, A., Chávez, N., Torres, A., Aguilar, G., Trujillo, O., & Madrigal, C., et al. (2020). *Audiometric findings of printing press workers exposed to noise and organic solvents*. **International Journal of Audiology**. <https://doi.org/10.1080/14992027.2020.1795735>

CDC/NIOSH. (2019). *Methyl alcohol (methanol): occupational safety and health information*. Atlanta: CDC.

De Aquino, T., Zenkner, F., Ellwanger, J., Prá, D., & Rieger, A. (2016). *DNA damage and cytotoxicity in pathology laboratory technicians exposed to organic solvents*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 88(1). <https://doi.org/10.1590/0001-3765201620150194>

de Pedro, J., & colaboradores. (2023). *Interacciones entre exposición a disolventes y vigilancia de la salud: revisión aplicada a biomarcadores y pruebas funcionales*. **Archivos de Prevención de Riesgos Laborales**, **26**(4). <https://doi.org/10.12961/aprl.2023.26.04.04>

Dehghan, J., Hormozi, M., & Payandeh, A. (2022). *Biomarkers of oxidative stress among printing workers exposed to low levels of toluene and xylene*. **Toxicology and Industrial Health**, **38**(5), 299–307. <https://doi.org/10.1177/07482337221092501>

Fustinoni, S., Campo, L., Spinazzè, A., Cribiù, F., Chiappa, L., Sapino, A., et al. (2021). *Exposure and management of the health risk for the use of formaldehyde and xylene in a large pathology laboratory*. **Annals of Work Exposures and Health**, **65**(7), 805–818. <https://doi.org/10.1093/annweh/wxaa141>

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2023). *Límites de exposición profesional para agentes químicos en España (LEP 2023)*. Madrid: INSST.

International Agency for Research on Cancer. (2018). *Benzene*. En **IARC Monographs** (clasificación carcinogénica y evidencia toxicológica). Lyon: IARC.

Juárez-Pérez, C. A., Aguilar, G., Sandoval, J., Cabello, A., Trujillo, O., & Madrigal, C. (2022). *Neurotoxicidad en trabajadores petroquímicos con bajos índices de exposición a disolventes orgánicos*. **Salud Pública de México**, **64**(3), 290–298. <https://doi.org/10.21149/12916>

Juárez-Pérez, C. A., Aguilar, G., Sandoval, J., Cabello, A., Trujillo, O., & Madrigal, C. (2019). *Neuropsychological effects among workers exposed to organic solvents*. **Salud Pública de México**, **61**(5). <https://doi.org/10.21149/9800>

Liao, Q., Du, R., Ma, R., Liu, X., Zhang, Y., Zhang, Z., et al. (2022). *Association between exposure to a mixture of BTEXS and small airways function: A cross-sectional study*. **Environmental Research**, **212**, 113488. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113488>

Ministerio de Sanidad. (2023). *Protocolización de la vigilancia sanitaria específica de las personas con riesgo de exposición laboral a productos químicos*. Madrid: Gobierno de España.

Mora, J., Araya, P., & Vindas, L. (2022). *Evaluación de exposición a vapores orgánicos en talleres y su relación con síntomas neurológicos autorreportados*. **Tecnología en Marcha**, **35**(1). <https://doi.org/10.18845/tm.v35i1.5370>

Neghab, M., Hosseinzadeh, K., & Hassanzadeh, J. (2015). *Early liver and kidney dysfunction associated with occupational exposure to sub-threshold limit value levels of benzene, toluene, and xylenes*. **Safety and Health at Work**, **6**(4), 312–316. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2015.07.008>

Organización Internacional del Trabajo. (2022). *Seguridad y salud en el uso de sustancias químicas en el trabajo: orientaciones actualizadas para prevención y control*. Ginebra: OIT.

Organización Mundial de la Salud. (2019). *WHO guidelines on exposure to selected chemicals and workplace health protection* (documentos técnicos aplicables a solventes). Ginebra: OMS.

Rodríguez, J., Mollov, A., Mallen, B., Bravo, B., Pérez, M., Fernández, R., & Asenjo, B. (2023). *Identificación de biomarcadores durante la vigilancia de la salud en profesionales expuestos a xileno y metanol: revisión sistemática*. **Revista de la Asociación Española de Especialistas en Medicina del Trabajo**, **32**(4). (SciELO).

Trevisan, P., Nascimento da Silva, J., Pawelec da Silva, A., Fabiano, R., Machado, R., Paskulin, G., et al. (2014). *Evaluation of genotoxic effects of benzene and its derivatives in workers of gas stations*. **Environmental Monitoring and Assessment**, **186**, 2195–2204. <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3529-0>

Villalobos, L., Sánchez, A., & Vargas, R. (2021). *Índice de exposición ocupacional a compuestos orgánicos volátiles en ambientes de trabajo: aplicación para vigilancia*. **Tecnología en Marcha**, **34**(2). <https://doi.org/10.18845/tm.v34i2.4977>

Xiong, F., Li, Q., Zhou, B., Huang, J., Liang, G., Zhang, L., et al. (2016). *Oxidative stress and genotoxicity of long-term occupational exposure to low levels of BTEX in gas station workers*. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, **13**(12), 1212. <https://doi.org/10.3390/ijerph13121212>

Zendehdel, R., Parsarad, M., Gandomani, E., Panjali, Z., Rafieepour, A., Mohammadi, Z., et al. (2021). *Risk assessment of chemical mixtures by benchmark dose–principal component analysis approach in occupational exposure*. **Environmental Science and Pollution Research**. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14815-4>

Agradecimiento: N/A

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existe conflicto de interés.