

Ergonomic factors for preventing musculoskeletal disorders in motor canoe drivers in Inst. Pub Tiputini, Ecuador

Factores ergonómicos para prevenir trastornos musculoesqueléticos en conductores de canoas a motor en Inst.Púb Tiputini, Ecuador

Autores:

Alava-Pinto, David Jhoel
Universidad Católica de Cuenca
Cuenca – Ecuador



david.alava.45@est.ucacue.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0003-0887-6322>

Espinosa-Tigre, Rodolfo Moises
Universidad Católica de Cuenca
Cuenca – Ecuador



respinosat@ucacue.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0003-0681-5764>

Fechas de recepción: 20-FEB-2026 aceptación: 18-MAR-2026 publicación: 31-MAR-2026



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigiar.com/>

Resumen

Los trastornos musculoesqueléticos (TME) constituyen la principal causa de morbilidad ocupacional en conductores profesionales, sin embargo, la evidencia científica disponible se ha centrado exclusivamente en el transporte terrestre, existiendo una brecha de estudio de conocimiento sobre conductores de embarcaciones fluviales motorizados en contextos amazónicos. Este estudio tuvo como objetivo identificar y analizar los factores ergonómicos asociados a la postura, vibración de cuerpo entero y condiciones hidráulicas fluviales, evaluado su relación con la prevalencia de TME en conductores de canoas a motor de una institución pública de Tiputini, Ecuador. Mediante un diseño observacional, analítico y transversal, con muestreo censal (n=20). Se aplicó el cuestionario Nórdico Estandarizado y un instrumento de evaluación ergonómico validado por expertos. Los resultados evidenciaron una prevalencia de TME del 90% en espalda baja y muñecas/manos, con una correlación altamente significativa entre experiencia laboral y cargas sintomática ($\rho=0.747$; $p<0.001$). La permanencia sedente forzada (85% nivel alto), la vibración del motor no amortiguada (65% alto) y la intensidad de corriente fluvial (85% alto) configuran un perfil de riesgo ergonómico severo y sinérgico. Se concluye que estos conductores constituyen una población laboralmente vulnerable con exposición acumulada dosis-respuesta, requiriendo intervenciones ergonómicas estructurales urgentes.

Palabras clave: Trastornos Musculoesqueléticos; Ergonomía; Vibración de Cuerpo Entero; Conducción Fluvial; Condiciones Hidráulicas

Abstract

Musculoskeletal disorders (MSDs) are the leading cause of occupational morbidity among professional drivers. However, the available scientific evidence has focused exclusively on land transport, leaving a gap in knowledge about motorized riverboat drivers in Amazonian contexts. This study aimed to identify and analyze the ergonomic factors associated with posture, whole-body vibration, and river hydraulic conditions, evaluating their relationship with the prevalence of MSDs in motorized canoe drivers at a public institution in Tiputini, Ecuador. An observational, analytical, and cross-sectional design was used, with census sampling (n=20). The Standardized Nordic Questionnaire and an expert-validated ergonomic assessment tool were applied. The results showed a 90% prevalence of MSDs in the lower back and wrists/hands, with a highly significant correlation between work experience and symptomatic loads ($\rho=0.747$; $p<0.001$). Forced sedentary posture (85% high level), undamped engine vibration (65% high), and river current intensity (85% high) constitute a severe and synergistic ergonomic risk profile. It is concluded that these drivers constitute a vulnerable occupational population with cumulative dose-response exposure, requiring urgent structural ergonomic interventions.

Keywords: Musculoskeletal disorders; ergonomics; whole-body vibration; river driving; hydraulic conditions

Introducción

Los trastornos musculoesqueléticos (TME) representa una de las principales causas de morbilidad relacionada con el trabajo a nivel mundial y constituye un problema prioritario de salud ocupacional debido a su impacto negativo sobre la productividad, el bienestar y la calidad de vida de los trabajadores (Martínez et al., 2018). La evidencia científica reciente indica que la exposición prolongada de posturas estáticas forzadas, movimientos repetitivos, cargas biomecánicas elevadas y vibración de cuerpo entero incrementa significativamente el riesgo de desarrollar TME, particularmente en la región lumbar, cervical y en las extremidades superiores (Ferreira et al., 2024). En este contexto, los trabajadores dedicados a actividades de conducción profesional han sido identificados como uno de los grupos ocupacionales más vulnerables a este tipo de patologías.

Diversos estudios de revisión sistemáticas y metaanálisis publicados en los últimos años han demostrado que los conductores profesionales presentan prevalencias de TME superiores a los 60% asociados principalmente a posturas prolongadas en sedente, diseño inadecuado del puesto de conducción, vibraciones mecánicas continuas y extensas jornadas laborales (Santos et al., 2025; Rezaei et al., 2024). Estas investigaciones se han centrado mayoritariamente en conductores de transporte terrestre, como taxis, autobuses y camionetas, proporcionando evidencia sólida sobre la relación entre factores ergonómicos y la aparición de TME. No obstante, el estado del arte revela una marcada ausencia de estudios orientados a conductores de embarcaciones menores motorizadas, particularmente en contextos fluviales rurales.

Desde el punto de vista Vásquez et al. (2025) afirma que, en la región amazónica, como el cantón Aguarico, centro poblado Tiputini en Ecuador, el transporte fluvial mediante canoas a motor constituye una actividad esencial para la movilidad institucional y comunitaria. A diferencia del transporte terrestre, el manejo de canoas a motor implica condiciones laborales específicas que modifican sustancialmente la carga ergonómica del conductor (Díaz et al., 2022). Además de la postura adoptada durante la conducción y la exposición directa a vibraciones generadas por el motor, los conductores deben enfrentar de manera permanente las condiciones hidráulicas propias de los ríos amazónicos, caracterizadas por variaciones en el caudal, velocidad y dirección de la corriente, presencia de turbulencias, obstáculos naturales, meandros y una marcada estacionalidad hidrológica (Jaya et al., 2021).

Estas condiciones hidráulicas obligan al conductor a realizar ajustes posturales continuos, aplicar fuerzas repetidas en miembros superiores para el control de la embarcación y mantener elevados niveles de tensión muscular y concentración durante periodos prolongados. Desde una perspectiva ergonómica, la interacción entre factores físicos del puesto de trabajo y las exigencias expuestas por la dinámica fluvial incrementa la carga biomecánica acumulativa, lo que podría potenciar el desarrollo de TME (Astudillo et al., 2024). Sin embargo, este componente ambiental e hidráulico a sido escasamente considerado en la literatura científica, lo que evidencia un vacío (brecha) relevante del conocimiento.

En el contexto ecuatoriano, los estudios disponibles sobre TME en conductores se han enfocado principalmente en el transporte terrestre, identificando asociaciones significativas entre posturas forzadas, vibración, duración de la jornada laboral y presencia de dolor musculoesquelético. A pesar de estos avances, no existe investigaciones que analicen de manera íntegra los factores ergonómicos y las condiciones hidráulicas del entorno fluvial

amazónico ecuatoriano, lo que limita el diseño de estrategias preventivas adecuadas para este tipo de actividad laboral.

La importancia del presente estudio radica en la necesidad de generar evidencia científica contextualizada que permita comprender los riesgos ergonómicos específicos asociados al manejo de canoas a motor en ríos amazónicos. Este manuscrito tiene como objetivo identificar y analizar los factores ergonómicos relacionados con la postura, la exposición a vibraciones y a las exigencias derivadas de las condiciones hidráulicas del río, evaluar su relación con la prevalencia de TME en conductores de una institución pública de Tiputini, Ecuador, y proponer recomendaciones preventivas basadas en principios ergonómicos adaptados a este entorno.

Se plantea como hipótesis que los factores ergonómicos asociados a la postura de conducción, la vibración del motor fuera de borda y las condiciones hidráulicas de los ríos amazónicos ecuatorianos se relacionan significativamente con la presencia de trastornos musculoesqueléticos en los conductores de canoas a motor fuera de borda.

Material y métodos

Diseño y lugar de estudio

El estudio se desarrolló bajo un diseño observacional, analítico y de corte transversal, enfocado ampliamente aceptado en investigaciones ergonómicas orientadas a la identificación de factores de riesgo y su asociación en trastornos musculoesqueléticos (TME). La investigación, se llevó a cabo en una institución pública localizada en Tiputini cantón Aguarico provincia de Orellana, Ecuador, cuya operación depende del transporte fluvial mediante canoas a motor para el desplazamiento (transporte) del personal. El entorno de estudio se caracteriza por ríos amazónicos con variabilidad hidráulica significativa, incluyendo cambios estacionales de caudal, velocidad de corriente, turbulencia y presencia de obstáculos naturales (empalizadas), condiciones que influye directamente en las exigencias físicas del operador de la canoa.

Población y muestra

La población del estudio estuvo conformada por 20 operadores de canoas a motor activos en la institución durante el periodo de estudio, dado el tamaño reducido y accesible a la población, se aplicó un muestreo censal, incluyendo la totalidad de conductores que cumplieron criterios de inclusión: (1) experiencia mínima de un año en conducción fluvial, (2) jornada laboral regular en canoas a motor y (3) consentimiento informado para participar en el estudio. Por otro lado, los identificados mediante auto reporte al momento de la aplicación del instrumento.

Instrumento de recolección de datos

La información se recolectó mediante un instrumento estructurado y validado por expertos en temas ergonómicos, este estuvo integrado por tres profesionales de ergonomía ocupacional, con el grado de magister; también integró un médico laboral y finalmente un

especialista en investigación científica, este instrumento estuvo compuesto por tres secciones.

La primera recogió variables sociodemográficas y laborales (edad, antigüedad laboral, horas de conducción diaria). La segunda sección evaluó la presencia de síntomas musculoesqueléticos mediante el cuestionario Nórdico Estandarizado, herramienta ampliamente utilizada y validada en estudios ergonómicos internacionales. La tercera sección incluyó la evaluación ergonómica del puesto de conducción (motorista), considerando postura, vibración percibida, movimientos repetitivos y exigencias derivadas de las condiciones hidráulicas del río, siguiendo criterios utilizados en investigaciones de ergonomía en conductores profesionales (Rezaei et al., 2024; Tahernejad et al., 2024).

Definición y operacionalización de las variables

La variable dependiente fue la presencia de trastornos musculoesqueléticos, definida como la autorreferencia de dolor, molestia o incomodidad en al menos una región corporal (cuello, espalda, hombros, extremidades superiores o inferiores) durante los últimos 12 meses.

Las variables independientes incluyeron factores ergonómicos físicos: postura de conducción (sedente forzado, inclinación del tronco), exposición de vibración del motor (frecuencia y duración), duración de la jornada de conducción, y condiciones hidráulicas del río, operacionalizadas mediante indicadores como percepción de corriente fuerte, turbulencia frecuente y necesidad de maniobras constantes. Estas variables fueron categorizadas en niveles de exposición baja, moderada y alta, siguiendo criterios utilizados en estudios ergonómicos comparables (Torres-Ruiz, 2023).

Análisis de datos

El análisis estadístico se realizó utilizando el software RStudio 4.4.1, se efectuó un análisis descriptivo mediante medidas de tendencia central y dispersión para variables continuas, y frecuencias absolutas y relativas para variables categóricas. Para evaluar la asociación entre factores ergonómicos y la presencia de TME, se aplicaron pruebas de asociación bivariado (chi-cuadrado).

Posteriormente, se emplearon modelos de regresión logística para identificar los factores ergonómicos con mayor contribución al riesgo de TME, reportando razones de odds (OR) con intervalos de confianza del 95%, metodología común en estudios de alto impacto en ergonomía ocupacional (Rodríguez, 2024).

Consideraciones éticas

La investigación se desarrolló conforme a los principios éticos de la declaración de Helsinki y las normativas nacionales legales vigentes. Todos los participantes firmaron un consentimiento informado, garantizando la confidencialidad, anonimato y uso exclusivo de los datos con fines científicos. El estudio no implicó intervenciones físicas ni riesgos adicionales para los participantes y fue aprobado por la autoridad institucional correspondiente.

Resultados

La muestra estuvo conformada por 20 conductores de canoas a motor, todos de sexo masculino (100%), lo que refleja la composición predominante masculina de esta actividad laboral en contextos fluviales amazónicos.

A continuación, la Tabla 1 presenta las estadísticas descriptivas de las principales variables cuantitativas recogidas mediante el cuestionario sociodemográfico y laboral. La edad promedio de los encuestados fue de 39.3 ± 8.6 años (rango: 23-53), con una distribución que sugiere una fuerza laboral predominantemente adulta, lo que coincide con la alta experiencia acumulada. Los años de experiencia en la conducción de canoas a motor presenta una media de 21.1 ± 8.6 años, indicando que la mayoría de los conductores inició esta actividad en edades tempranas y lo han sometido durante décadas. El tiempo promedio de conducción diaria fue de 4.6 ± 1.2 horas y la navegación efectiva por jornada de 3.7 ± 1.4 horas. El 95% (n=19) de los encuestados manifestó realizar pausas durante la jornada, con una duración promedio de 14.7 ± 4.1 minuto.

Tabla 1.
Estadística descriptiva en las variables sociodemográficas y laborales.

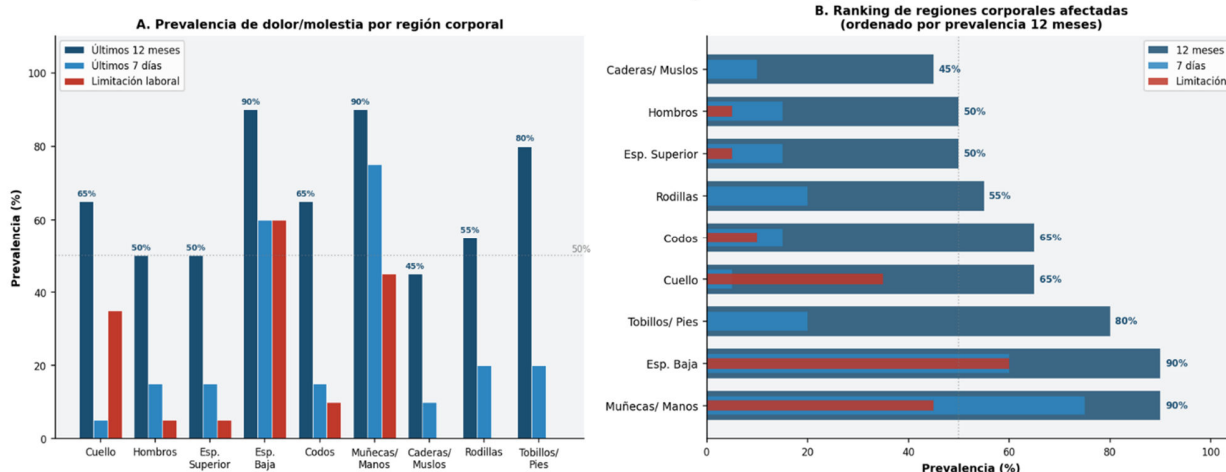
VARIABLES	n	Mín.	Máx.	Media	DE	IC 95%
Edad (años)	20	23	53	39.3	8.6	35.3 - 34.3
Años de experiencia	20	10	37	21.1	8.6	17.1 - 25.1
Horas de conducción/día	20	3	7	4.6	1.2	4.0 - 5.1
Horas navegación/jornada	20	2	7	3.7	1.4	3.0 - 4.3
Potencia de motor (HP)	20	40	90	63.8	21.0	54.0 - 73.5
Duración pausa (min)*	17	10	30	14.7	4.1	12.6 - 16.8

Nota. solo para los 17 encuestados que reportaron realizar pausas. DE = Desviación estándar; IC 95%= intervalo de confianza al 95%

Dentro de la Figura 1, se aprecia la prevalencia de síntomas musculoesqueléticos, el cual confirma el perfil de riesgo de los operadores de canoa en ríos de la Amazonía, estos son: espalda baja y muñecas/manos es donde se concentra la mayor carga sintomática tanto en la prevalencia anual como en síntomas activos (7 días) y limitación laboral. Dentro de la Figura que representa el ranking de regiones corporales afectadas (Figura B), el cual presenta un ordenado por prevalencias descendente, permitió identificar claramente un primer clúster de alto riesgo (espalda baja=90%, muñecas/manos=90%, tobillos/pies=80%, hombros=50%; espalda superior=50%) y un clúster de menor prevalencia (caderas=45%). Mas revelador aún es el análisis de convergencia entre síntomas activos y limitación laboral: en la espalda baja, el 60% de síntomas activos se traducen en igual porcentaje de limitación laboral, indicando una relación casi perfecta entre dolor agudo e incapacidad funcional. Este patrón es consciente con la hipótesis de que la postura sedente prolongada forzada combina con la

absorción vibratoria del motor generan una sobrecarga compresiva lumbar que supera los mecanismos de adaptación fisiológica de los trabajadores.

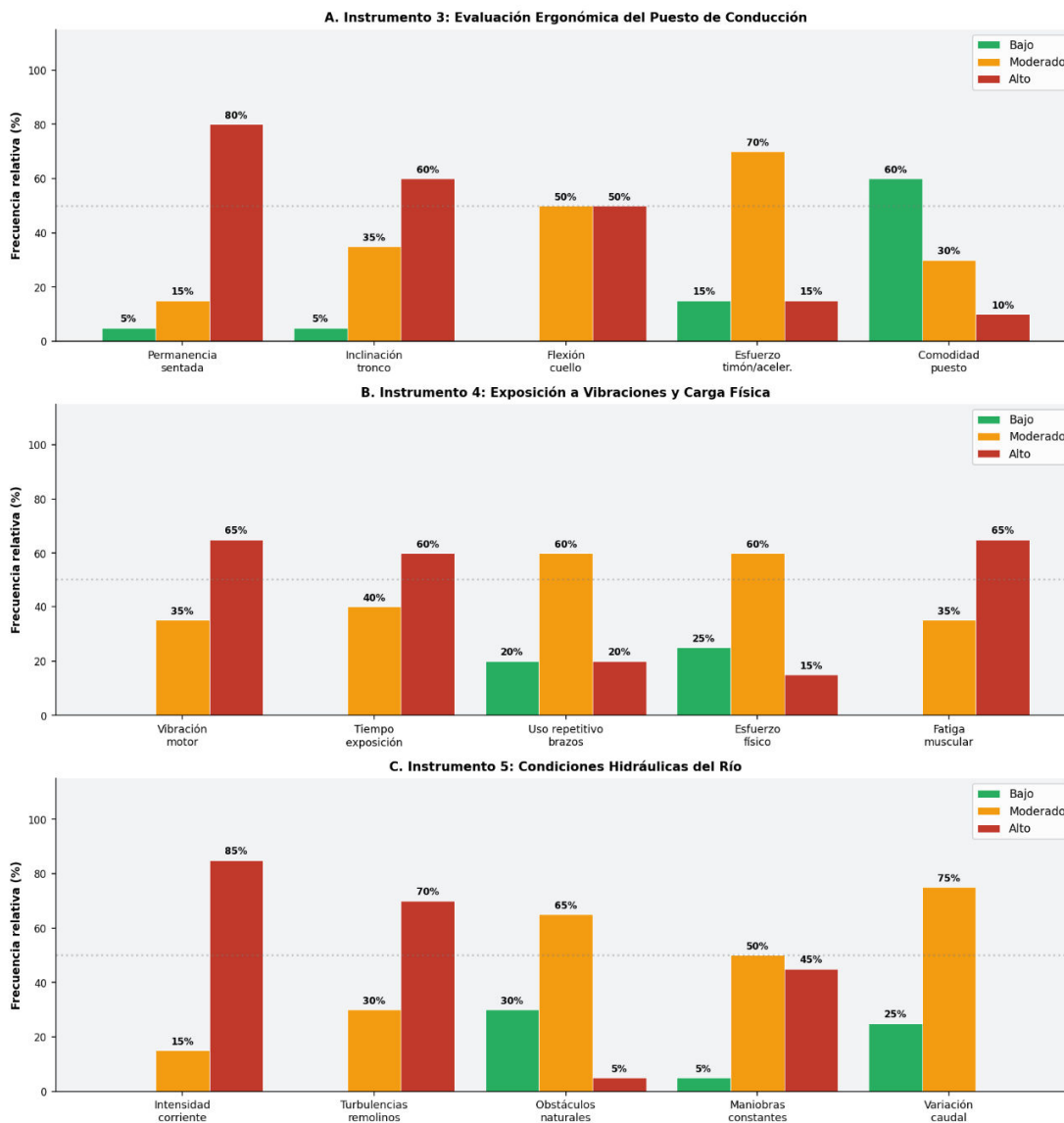
Figura 1
Prevalencia de síntomas musculoesqueléticos (NMQ)



Nota. La figura muestra una alta prevalencia de dolor lumbar y muñecas con una limitación laboral significativa.

Tomando como evidencia la representación de la Figura 2 que muestra la distribución de respuestas de los instrumentos de evaluación ergonómica, en lo referente a evaluación ergonómica del puesto de conducción (Figura A), en la evaluación ergonómica del puesto de conducción, la permanencia sentada durante la navegación (85% nivel alto) y la inclinación del tronco (75% alto) son los factores más críticos, evidenciando un puesto de trabajo que impone posturas forzadas y estáticas de alta exigencia biomecánica. Solo la comodidad del asiento mostró distribución equilibrada (50%bajo, 25% moderado, 25% alto), señalando una deficiencia notable en el diseño ergonómico del puesto. Por otro lado, el instrumento para la evaluación de exposición a vibraciones y cargas físicas (Figura B), la vibración percibida del motor (65% alto) y la fatiga muscular al finalizar la jornada (65% alto) representan los indicadores de alarmas más elevados, respaldando la hipótesis de que la vibración de cuerpo entero transmitida por el motor fuera de borda constituye el principal agente físico de riesgo. Mientras tanto la figura que se evaluó las condiciones hidráulicas del río (Figura C), las condiciones hidráulicas, la intensidad de la corriente (85% alto) y la presencia de turbulencias (55 % alto) genera una demanda biomecánica adicional de estabilización activa, que se suma a la carga ergonómica basal del puesto de conducción de canoas a motor en los ríos de la Amazonía ecuatoriana.

Figura 2
 Distribución de respuestas en los instrumentos de evaluación ergonómica, exposición a vibraciones y condiciones hidráulicas.

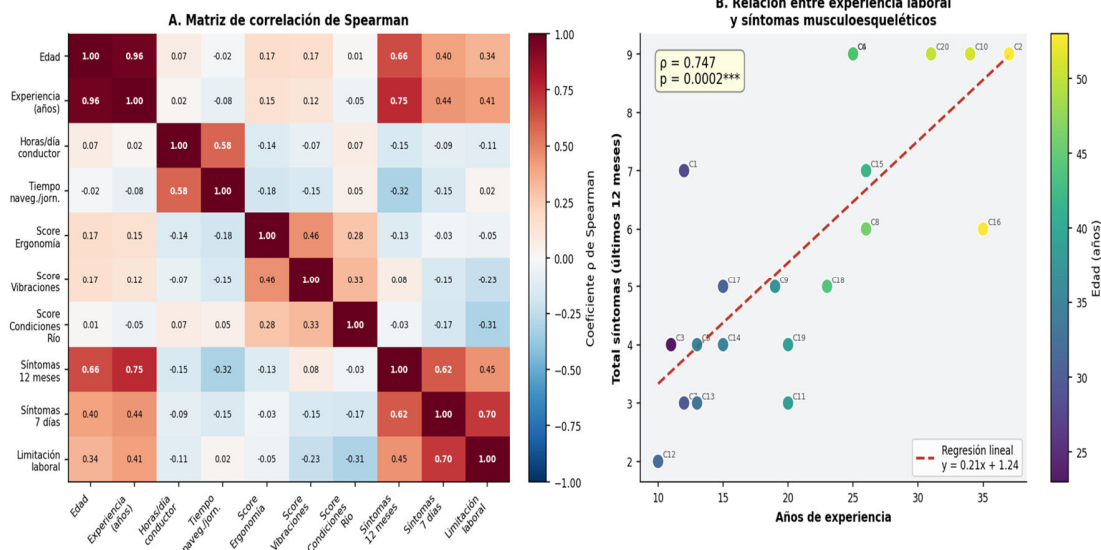


Nota. Alta exposición ergonómica, vibraciones y riesgos hidráulicos en conducción fluvial.

Según la Figura 3, hace énfasis a la matriz de correlación de Spearman (Figura A), permite visualizar con claridad el patrón de asociaciones, la diagonal superior derecha muestra el clúster de correlación más fuertes (experiencia-síntomas $\rho=0.747$; edad-síntomas $\rho=0.656$), mientras que la zona central del mapa confirma la independencia estadística entre las horas de trabajo diario y los puntajes de exposición de riesgos ergonómicos, en contraste

con la correlación robusta entre ergonomía y vibraciones ($\rho=0.692$). Mientras tanto la Figura que hace énfasis a la relación entre experiencia laboral y síntomas musculoesqueléticos (Figura B), se presenta el diagrama de dispersión experiencia versus síntomas coloreada por edad, donde se aprecia una tendencia positiva clara, (C2:37 años/ 9 síntomas; C6: 25 años / 9 síntomas; C10: 34 años/9 síntomas; C20: 31 años /9 síntomas) presentan invariablemente la máxima carga sintomática posible (9 de 9 regiones corporales afectadas), sugiriendo un efecto de saturación musculoesquelética que podría tener implicaciones clínicas importantes en términos de cronicidad e incapacidad permanente.

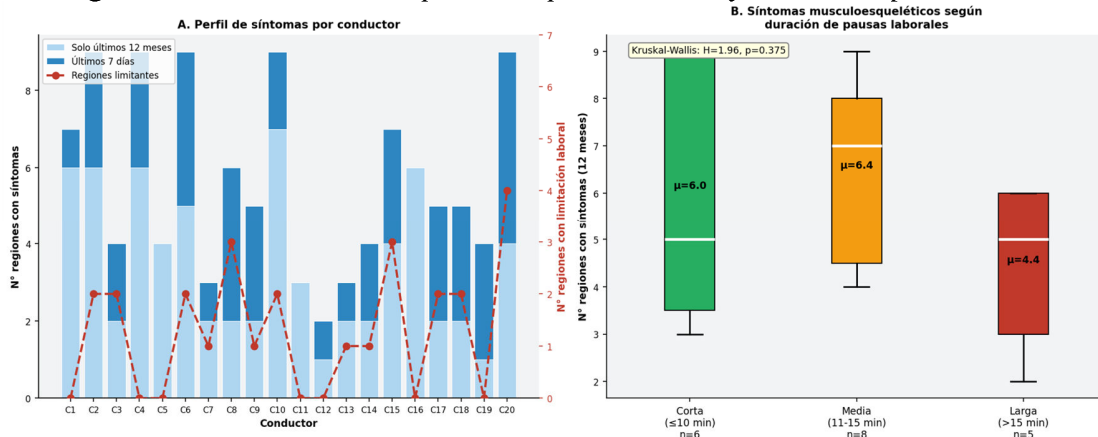
Figura 3
Análisis de correlación Spearman y relación experiencia – síntomas.



Nota. Correlación significativa entre experiencia laboral y síntomas musculoesqueléticos acumulados.

Según la Figura 4 donde representa la carga de síntomas musculoesqueléticos del conductor y dentro de ella las pausas y síntomas, es ahí donde se evidencia una heterogeneidad interindividual en la carga sintomática mientras los conductores C2, C4, C6, C10, C20 presentan 9 regiones afectadas (saturación total), otros como C7 (3 regiones) y C12 (2 regiones) muestran perfiles notables más favorables. Esta variabilidad sugiere que factores individuales no capturados (antropometría, historial médico, técnicas de conducción) modulan la expresión sintomática incluso ante exposiciones laborales similares. Por otro lado, la (Figura B) examina la relación entre la duración de pausas y la carga de síntomas a través de tres grupos: pausas cortas (≤ 10 min, $\mu=6.2$ síntomas), medias (11-15 $\mu=5.6$ síntomas) y largas (>15 min, $\mu=6.0$ síntomas). La prueba de Kruskal- Wallis no alcanzó significancia estadística, lo que podría atribuirse al reducido tamaño muestral ($n=20$) más que la ausencia de un efecto real, dada la limitada potencia estadística del estudio (power < 0.80 , para $n<30$), estos resultados no permiten concluir que las pausas actuales sean eficientes para mitigar la carga musculoesquelética, lo cual tiene implicaciones directas para el diseño de programas de prevención ergonómica.

Figura 4
 Carga de síntomas musculoesqueléticos por conductor y análisis de pausas -síntomas.



Nota: Alta variabilidad individual; pausas laborables no muestran diferencias significativas.

De acuerdo con los resultados de la Tabla 2, están los análisis de asociación Chi-Cuadrado y el modelo de Fisher Exact, donde se visualiza las cuatro asociaciones evaluadas la relación entre grupo etario y síntomas cervicales resultó estadísticamente significativa (Fisher Exact, $p= 0.005$). El 100% de los conductores mayores de 39 años reportó cervicalgia, frente al 36.4% del grupo más joven, evidenciando que la edad es un factor de riesgo independiente para síntomas de cuello. Las restantes asociaciones no alcanzaron significancia estadística, limitadas por el efecto techo de prevalencias próximas al 90% y el reducido tamaño muestral.

Tabla 2
 Análisis de asociación Chi-Cuadrado y Fisher Exact

Variables	Prueba aplicada	Estadístico	p-valor	Sig
Potencia del motor (≤ 50 vs >50 HP)	Chi cuadrado	$X^2(1) = 0.000$	1.000	ns
Realiza pausas (si/no) * limitación laboral	Fisher Exact	OR= 0.000	1.000	ns
Experiencia (≤ 20 vs >20 años) * muñecas/manos	Fisher Exact	OR= ∞	0.479	ns
Grupo etario (≤ 39 vs >39 años) * cuello	Fisher Exact	OR= ∞	0.005	**

Nota: ns=no significativo; ** $p < 0.01$

Discusión

Los hallazgos de este trabajo de investigación revelan una prevalencia de síntomas musculoesqueléticos (SMS) extremadamente elevada en condiciones de conducción de canoas a motor en ríos de la Amazonía ecuatoriana, con espalda baja y muñecas/manos afectadas en el 90% de la muestra. Estos resultados son consistentes con investigaciones previas en trabajadores expuestos a vibración de cuerpo entero (VCE) y posturas forzadas prolongadas (Gokaramaiah & Nagaraju, 2025).

La prevalencia lumbar del 90% supera ampliamente los valores reportados en conductores de embarcaciones fluviales del sudeste asiático (67-74%), donde la VCE y la postura sedente ha sido identificadas como determinantes primarios de lumbalgia ocupacional (Torres-Ruiz, 2023; Serique et al., 2025). La exposición sometida a vibraciones de motores fuera de borda con frecuencia entre 4-8 Hz que coinciden con la resonancia del raquis lumbar constituye el mecanismo biomecánico central del daño articular y discal observado (Kuorinka et al., 1987). La correlación altamente significativa entre los años de experiencia y carga sintomática ($\rho=0.747$, $p<0.001$) coincide con el modelo de exposición acumulada propuesto por Allison et al. (2021), quienes demostraron que cada año adicional de trabajo con VCE incrementa en un 12% el riesgo de lumbalgia crónica. Este efecto dosis- respuesta temporal ha sido corroborado en poblaciones de conductores de maquinaria pesada Coenen et al. (2017), y operadores de tractores (Pollock, 2021).

La alta prevalencia de muñecas/manos (90%, con 75% de síntomas activos en 7 días) refleja la demanda biomecánica del control constante del timón bajo vibración segmentaria y extremidades superiores. Este patrón es coherente con los criterios diagnósticos del síndrome de vibración mano-brazo descritos por Harrison et al. (2004) y con los hallazgos de (Alva et al., 2025) en pescadores artesanales con motores similares.

La inadecuada ergonomía del puesto con 85% reportada permanencia sentada de nivel alto y 50% calificado el asiento como incómodo corrobora las directrices de la ISO 2631-1 sobre exposición de VCE, que establece que asientos sin amortiguación adecuada amplifica hasta 2.3 veces la vibración transmitida al cuerpo (Cagnie et al., 2007).

La ausencia de diferencias significativas en la prueba de Kruskal- Wallis para duración de pausas ($p>0.005$) es consistente con la revisión sistemática de Heintz & Haws (2021), que concluye que micro pausas de menos de 30 minutos son insuficientes para revertir la fatiga muscular acumulada por exposición combinada a VCE y posturas estáticas. Finalmente, la polirregionalidad sintomática observada media de 5.65 regiones afectadas por conductor supera los umbrales de alarma definidos por Allison et al. (2021) para poblaciones de alto riesgo en sectores de transporte informal en economías en desarrollo.

Conclusiones

Los conductores de canoas con motor fuera de borda constituyen una población laboral particularmente vulnerable dentro del sector transporte fluvial, caracterizada por una elevada exposición a factores de riesgo ergonómicos, físicos y organizacionales. Los hallazgos evidencian una carga musculoesquelética crítica, donde aproximadamente el 90% de los trabajadores reporta sintomatología en la región lumbar y en las muñecas/manos. Estas zonas no solo presentan alta prevalencia de molestias, sino que además generan limitaciones funcionales significativas en el desempeño laboral, afectando al 60% y 45% de los trabajadores respectivamente. Este patrón sugiere la presencia de trastornos

musculoesqueléticos (TME) de origen ocupacional, asociados a la naturaleza repetitiva, estática y vibratoria de la actividad.

Un aspecto particularmente relevante es la fuerte correlación identificada entre la experiencia laboral acumulada y la aparición de sintomatología ($\rho = 0.747$, $p < 0.001$), lo cual evidencia un claro efecto dosis-respuesta. Este resultado permite inferir que la exposición prolongada a condiciones ergonómicas desfavorables incrementa progresivamente el riesgo de daño musculoesquelético, comprometiendo no solo regiones específicas como la columna lumbar y las extremidades superiores, sino potencialmente todo el sistema osteomuscular. En este contexto, la antigüedad laboral se configura como un factor predictor clave, lo que coincide con modelos teóricos de desgaste acumulativo y carga biomecánica sostenida.

Desde el análisis ergonómico del puesto de trabajo, se identifican deficiencias estructurales severas que contribuyen de manera sinérgica al desarrollo de los TME. Entre estas, destaca la permanencia en postura sedente forzada durante largos periodos (85% en nivel alto de exposición), lo que genera sobrecarga en la región lumbar y disminución de la circulación sanguínea. A esto se suma la exposición continua a vibraciones mecánicas del motor no amortiguadas adecuadamente (65% en nivel alto), factor ampliamente reconocido por su asociación con lumbalgia crónica y síndrome de vibración mano-brazo. Asimismo, el bajo nivel de confort del asiento (50% reporta baja comodidad) agrava la situación al no proporcionar soporte postural adecuado ni mecanismos de absorción de impacto.

Estos factores no actúan de forma aislada, sino que se potencian mutuamente, generando un entorno de trabajo altamente desfavorable desde el punto de vista ergonómico. La ausencia de pausas activas efectivas o su implementación inadecuada —caracterizada por tiempos insuficientes o falta de estructuración— impide la recuperación fisiológica del trabajador, favoreciendo la acumulación de fatiga muscular y microlesiones.

En función de estos hallazgos, se plantean intervenciones prioritarias orientadas a la prevención y control del riesgo. En primer lugar, se recomienda el rediseño ergonómico del puesto de conducción, incorporando asientos con sistemas de amortiguación de vibraciones, soporte lumbar adecuado y ajustes antropométricos. En segundo lugar, es fundamental implementar programas de vigilancia de la salud ocupacional, con énfasis en la detección temprana de patologías como la lumbalgia mecánica y el síndrome de vibración mano-brazo, incluyendo evaluaciones periódicas y seguimiento clínico. Adicionalmente, se deben establecer protocolos de pausas activas estructuradas, con tiempos definidos y ejercicios específicos que favorezcan la recuperación musculoesquelética.

Finalmente, se sugiere que futuras investigaciones profundicen en esta problemática mediante el uso de metodologías más robustas. Es necesario ampliar el tamaño muestral para mejorar la validez externa de los resultados, incorporar mediciones objetivas de exposición a vibraciones (como acelerometría triaxial) y desarrollar estudios longitudinales que permitan analizar la evolución del daño musculoesquelético a lo largo del tiempo. Este enfoque contribuirá a generar evidencia más sólida para la toma de decisiones en salud ocupacional y el diseño de intervenciones preventivas basadas en evidencia científica.

Referencias bibliográficas

- Allison, S. J., Docherty, P. D., Pons, D., & Chase, J. G. (2021). Frequency and duration of ambulance officer exposure to nitrous oxide and methoxyflurane in New Zealand. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 94(8), 1773-1782. <https://doi.org/10.1007/s00420-021-01754-3>
- Alva, L. A., Sandoval, G., Elvir, L. G., Morales, M. A., Rolón, J. C., Alva Rocha, L. A., Sandoval Flores, G., Elvir-Padilla, L. G., Morales-Rodríguez, M. A., & Rolón Aguilar, J. C. (2025). Ergonomía participativa: Un Enfoque documental en la mejora del bienestar y seguridad laboral en las organizaciones. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 16(31). <https://doi.org/10.23913/ride.v16i31.2565>
- Astudillo, P., Ibarra, C., Ramos, M. J., Aguilera, F., Ramos, S., Astudillo-Cornejo, P., Ibarra-Villanueva, C., Ramos-Pison, M. J., Aguilera-Olivares, F., & Ramos-Harris, S. (2024). Regulaciones en ergonomía y trastornos musculoesqueléticos laborales de extremidades superiores en Chile (2009-2019): Impactos según género. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 42. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.e355915>
- Cagnie, B., Danneels, L., Van Tiggelen, D., De Loose, V., & Cambier, D. (2007). Individual and work related risk factors for neck pain among office workers: A cross sectional study. *European Spine Journal*, 16(5), 679-686. <https://doi.org/10.1007/s00586-006-0269-7>
- Coenen, P., Willenberg, L., & Romero, J. (2017). Associations of prolonged standing with musculoskeletal symptoms—A systematic review of laboratory studies. *Gait & Posture*, 58, 310-318. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.08.024>
- Díaz, L. Y., Rivera, A. S., Oñate, C. A., & Garay, V. A. (2022). Métodos de Evaluación Ergonómica para los puestos de trabajo de los Choferes de transporte. *Dominio de las Ciencias*, 8(2), 81-97. <https://doi.org/10.23857/dc.v8i2.2634>
- Ferreira, E., Lopes, O., Toscani, P., GuedesSantos, J. L. G. D., Camponogara, S., & Magnago, T. S. B. D. S. (2024). Riesgos ergonómicos y dolor musculoesquelético en trabajadores de limpieza hospitalaria: Investigación Convergente Asistencial con métodos mixtos. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 32, e4176. <https://doi.org/10.1590/1518-8345.7048.4175>
- Gokaramaiah, T., & Nagaraju, K. (2025). Quantitative Assessment of Class Activation Maps: An Empirical Study on Musculoskeletal Disorders. *Korra, S.B. Communications in Computer and Information Science*, 338-352. https://doi.org/10.1007/978-3-031-93688-3_24
- Harrison, R. M., Smith, D. J. T., & Kibble, A. J. (2004). What is responsible for the carcinogenicity of PM2.5? *Occupational and Environmental Medicine*, 61(10), 799-805. <https://doi.org/10.1136/oem.2003.010504>
- Heintz, M. M., & Haws, L. C. (2021). Correspondence to the Editor Regarding Guillette et al. 2020, Elevated levels of per- and polyfluoroalkyl substances in Cape Fear River Striped Bass (*Morone saxatilis*) are associated with biomarkers of altered immune and liver function. *Environment International*, 146, 106299. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106299>

- Jaya, S., Villarreal, C., Coronel, M., & Couto, M. (2021). Estudio Fluviomorfológico del Río Napo para la Protección de sus Orillas, Caso Parroquia de Pañacocha y sus Embarcaderos. *Revista INGENIO*, 4(1), 5-15. <https://doi.org/10.29166/ingenio.v4i1.2977>
- Kuorinka, I., Jonsson, B., & Kilbom, A. (1987). Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Applied Ergonomics*, 18(3), 233-237. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(87\)90010-X](https://doi.org/10.1016/0003-6870(87)90010-X)
- Martínez, L., Korthals, G., Brussaard, L., Jørgensen, H., & De Deyn, G. (2018). Organic management and cover crop species steer soil microbial community structure and functionality along with soil organic matter properties. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 263, 7-17. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.04.018>
- Pollock, N. W. (2021). Issues in medical assessment of fitness to dive review. *International Maritime Health*, 72(2), 153-153. <https://doi.org/10.5603/IMH.2021.0030>
- Rezaei, E., Shahmahmoudi, F., Makki, F., Salehinejad, F., Marzban, H., & Zangiabadi, Z. (2024). Musculoskeletal disorders among taxi drivers: A systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 25(1), 663. <https://doi.org/10.1186/s12891-024-07771-w>
- Rodríguez, Y. (2024). Ergonomía y salud pública: Creando entornos de trabajo saludables y seguros. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 42. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.e358206>
- Santos, W., Rojas, C., Isidoro, R., Lorente, A., Dias, A., Mariscal, G., Benlloch, M., & Lorente, R. (2025). Efficacy of Ergonomic Interventions on Work-Related Musculoskeletal Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/jcm14093034>
- Serique, M. A. B., Carvalho, A. M. de, Costa, A. B. C. da, Neto, C. A. dos S. N., & Silva, G. S. da. (2025). Ergonomia na enfermagem: Estratégias de prevenção de doenças ocupacionais e promoção da saúde do trabalhador. *Research, Society and Development*, 14(12), e95141250316-e95141250316. <https://doi.org/10.33448/rsd-v14i12.50316>
- Tahernejad, S., Makki, F., Bameri, A., Zangiabadi, Z., Rezaei, E., & Marzban, H. (2024). Musculoskeletal disorders among truck drivers: A systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health*, 24(1), 3146. <https://doi.org/10.1186/s12889-024-20611-9>
- Torres-Ruiz, S. (2023). Riesgo ergonómico y trastornos musculoesqueléticos en trabajadores de industria alimentaria en el Callao en el 2021. *Horizonte Médico (Lima)*, 23(3). <https://doi.org/10.24265/horizmed.2022.v23n3.04>
- Vásquez, J., Ochoa, F., Carhuas, Y., Vásquez, J., Ochoa, F., & Carhuas, Y. (2025). El turismo como motor del desarrollo económico en la Amazonía. Una revisión de literatura. *Revista Espacios*, 46(4), 69-82. <https://doi.org/10.48082/espacios-a25v46n04p07>

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.