

Optimizing Ergonomics in Coffee Harvesting: Design and Analysis of a Prototype for Collection

María José Ramos, Eng.¹; Raquel María Banegas, Eng.²; Yaro Cáceres Teruel, M.Sc³;
^{1,2,3} Universidad Tecnológica Centroamericana. UNITEC, Tegucigalpa, Honduras, mariajose.ramos@unitec.edu,
raquel.banegas@unitec.edu, yaro.caceres@unitec.edu.hn

Musculoskeletal disorders are a major occupational health concern among coffee harvesters due to the ergonomic risks associated with improper postures and the traditional basket's attachment. Prolonged exposure to these risk factors can lead to chronic injuries, reduced productivity, and long-term health complications. This study focuses on the design and preliminary analysis of an ergonomic prototype aimed at mitigating these risks and improving working conditions. An ergonomic assessment was conducted using RULA and OWAS methods, identifying high-risk postures that primarily affect the thoracolumbar spine. Additionally, biomechanical evaluations were performed with Kinovea software to analyze movement patterns, joint angles, and force distribution during harvesting tasks. Based on these findings, a prototype was developed to promote healthier postures, improve weight distribution, and reduce physical strain. The proposed design seeks to enhance both workers' well-being and harvesting efficiency by providing a practical and adaptable alternative to traditional collection methods. Preliminary results indicate its potential effectiveness; however, further testing under real working conditions is recommended to validate its long-term benefits and usability

Keywords— Coffee harvesting, ergonomic risks, musculoskeletal disorders, biomechanics, ergonomic prototype, kinovea

Optimizando la Ergonomía en la Cosecha de Café: Diseño y Análisis de un Prototipo para la Recolección

María José Ramos, Eng.¹; Raquel María Banegas, Eng.²; Yaro Cáceres Teruel, M.Sc³;
^{1,2,3} Universidad Tecnológica Centroamericana. UNITEC, Tegucigalpa, Honduras, mariajose.ramos@unitec.edu,
raquel.banegas@unitec.edu, yaro.caceres@unitec.edu.hn

Los trastornos musculoesqueléticos son una preocupación importante de salud ocupacional entre los recolectores de café debido a los riesgos ergonómicos asociados con posturas inadecuadas y la sujeción a aparatos de transporte de café tradicional. La exposición prolongada a estos factores de riesgo puede provocar lesiones crónicas, reducción de la productividad y complicaciones de salud a largo plazo. Este estudio se enfoca en el diseño y validación preliminar de un prototipo ergonómico destinado a mitigar estos riesgos y mejorar las condiciones laborales. Se realizó una evaluación ergonómica utilizando los métodos RULA y OWAS, identificando posturas de alto riesgo que afectan principalmente la columna toracolumbar. Además, se realizaron evaluaciones biomecánicas con el software Kinovea fundamentadas en modelos fisicomatemáticos para analizar los patrones de movimiento, los ángulos articulares y la distribución de fuerzas durante las tareas de recolección. Con base en estos hallazgos, se desarrolló un prototipo para promover posturas más saludables, mejorar la distribución del peso y reducir el esfuerzo físico. El diseño propuesto busca mejorar tanto el bienestar de los trabajadores como la eficiencia de la cosecha, ofreciendo una alternativa práctica y adaptable a los métodos tradicionales de recolección. Los resultados preliminares indican su efectividad potencial; sin embargo, se recomienda realizar más pruebas en condiciones reales de trabajo para validar sus beneficios a largo plazo y su viabilidad.

Palabras clave— Cosecha de café, riesgos ergonómicos, trastornos musculoesqueléticos, biomecánica, prototipo ergonómico, kinovea

I. INTRODUCCIÓN

El trabajo agrícola resulta en una elevada exposición a riesgos ergonómicos, lo que incrementa la probabilidad de desarrollar trastornos, afecciones o enfermedades que afectan tendones, músculos, nervios y otras estructuras responsables de la estabilidad y soporte del cuerpo. En el sector cafetalero de Honduras, estos riesgos se deben principalmente a las exigencias físicas de la labor, como la adopción de posturas incómodas, la repetición constante de movimientos, la manipulación manual de cargas y la aplicación de fuerzas excesivas [1]. Además, la vulnerabilidad del sector se ve agravada por el impacto del cambio climático, que no solo dificulta las condiciones laborales, sino que también reduce los recursos financieros disponibles, limitando la capacidad de los caficultores para implementar medidas de prevención y mejorar la resiliencia ante los nuevos desafíos [2].

La recolección de café, clave para la economía de Honduras, exige un esfuerzo físico intenso que expone a los trabajadores a riesgos para la salud. Factores como posturas prolongadas, carga de peso y herramientas poco ergonómicas, como canastas atadas a la cintura, pueden generar afecciones musculoesqueléticas [3]. Durante la recolección, la flexión constante del tronco y extremidades aumenta el riesgo de lesiones asociadas a la posición de trabajo. Además, los tres principales riesgos en el sector agrícola son el levantamiento y transporte de peso, la repetición de movimientos y el trabajo manual [4].

Durante la recolección de café, los trabajadores utilizan herramientas como canastas o sacos ajustados a la cintura para recoger los granos. Bajo la supervisión de un jefe de corte, realizan su labor recorriendo los surcos del cafetal, inclinándose para alcanzar los granos inferiores y estirándose para los superiores. Una vez que la canasta alcanza su capacidad máxima, aproximadamente 10 kg, el contenido se vacía en sacos que pueden llegar a pesar hasta 60 kg, los cuales son transportados al beneficiadero para su pesaje final [5].

El objetivo de esta investigación es desarrollar un prototipo ergonómico para el almacenamiento temporal del café durante la recolección, como alternativa al uso de la canasta tradicional. Para ello, se identifican los procesos y herramientas utilizadas en la recolección de café, así como los trastornos musculoesqueléticos asociados al uso de la canasta tradicional. A través de un análisis biomecánico, se analizan las posturas adecuadas para reducir estos riesgos, para finalmente elaborar un prototipo ergonómico que optimice el depósito temporal del café y mejore las condiciones laborales de los recolectores, sometiendo este a pruebas preliminares, contrastando los resultados del análisis biomecánico evaluando su efecto sobre los factores previamente identificados.

Este artículo se organiza en varias secciones. La sección II describe el sustento teórico, la sección III detalla la metodología empleada en el estudio, mientras que la sección IV presenta los resultados junto con su análisis. Finalmente, se incluyen las conclusiones y las referencias consultadas.

II. SUSTENTO TEÓRICO

A. Ciclo Productivo del Café en Honduras.

El café en Honduras se cultiva en zonas montañosas con altitudes entre 900 y 1,600 metros sobre el nivel del mar. Más del 90 % de las plantaciones están bajo sombra de especies forestales, lo que protege el suelo y mejora el microclima para el cultivo. Este sistema agroforestal no solo favorece la calidad del café, sino que también es clave para la sostenibilidad ambiental y económica del sector [6].

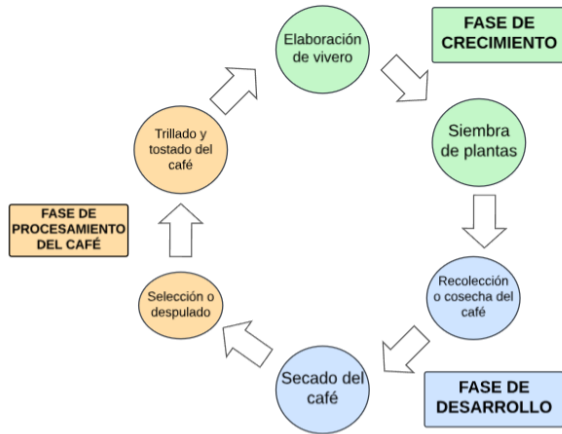


Fig. 1 Etapas productivas de Café en Honduras: Crecimiento, Cosecha y Procesamiento

El proceso de producción comienza con la elaboración de viveros, aproximadamente seis meses antes de la siembra definitiva (ver figura 1). La primera fase es la producción de chapola (semilla en primeras etapas de desarrollo), en la cual la semilla germina y desarrolla su primera hoja primaria en un período de 45 a 60 días [7]. Luego, las plántulas son trasplantadas a bolsas, donde permanecen hasta alcanzar al menos cinco pares de hojas, momento en el que están listas para su siembra en el terreno definitivo.

Para reducir la erosión, el trazado de las plantaciones se hace en curvas a nivel, con una distancia de 1 metro entre plantas para variedades de porte bajo y 1.25 metros para variedades de porte alto [6]. La cosecha del café en Honduras se extiende de octubre a abril y se realiza manualmente para asegurar la selección de los granos en su punto óptimo de maduración [8].

El beneficiado del café puede ser húmedo o seco. En el beneficio húmedo, los granos se despulpan mecánicamente, se fermentan para remover el mucílago y luego se lavan antes del secado. En el beneficio seco, los granos se secan con su pulpa intacta antes de ser trillados para separar la cáscara del grano. Además, durante esta fase se aplican estrategias de control de plagas y manejo de suelo, como las podas sanitarias y de sombra, que regulan el microclima del cultivo. La fertilización es clave para garantizar un crecimiento saludable, por lo que se aplican macronutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio en dosis programadas, complementados con micronutrientes esenciales como azufre, zinc y hierro [9].

El café es sometido a un proceso de beneficio húmedo o

seco, dependiendo del método utilizado por el productor. En el beneficio húmedo, los granos se despulpan con maquinaria especializada, luego pasan por un proceso de fermentación en tanques para eliminar los residuos de mucílago, seguido de un lavado con agua limpia antes de su secado. En el beneficio seco, los granos se secan al sol o en secadoras mecánicas hasta alcanzar el nivel de humedad óptimo antes de ser trillados para remover el pergamino [10]. Una vez obtenidos los granos de café verde, se procede al proceso de tostado, en el que los granos son expuestos a temperaturas de alrededor de 200°C en tambores rotantes, lo que permite el desarrollo de los aromas y sabores característicos del café. Este proceso reduce la humedad y la cafeína en el grano, mejorando su perfil sensorial antes de la comercialización [11].

B. Modelo biomecánico de la columna lumbar

La columna lumbar, compuesta por cinco vértebras y discos intervertebrales, soporta gran parte del peso corporal y permite movilidad, aunque su flexibilidad la hace vulnerable a lesiones en ciertos movimientos. Para mantener la estabilidad y el control del torso, intervienen los músculos erectores de la espalda, que se extienden desde la pelvis hasta la base del cráneo y desempeñan un papel clave en la postura y la extensión del cuerpo [12].

Para analizar la mecánica de esta región, la columna lumbar puede representarse como un sistema biomecánico donde las cargas del torso y las extremidades superiores se transmiten hacia la pelvis a través de la articulación lumbosacra (ver figura 2). En este modelo simplificado, la columna se considera una barra rígida con un punto de apoyo en la articulación lumbosacra, justo debajo de la quinta vértebra lumbar (L5) y encima del sacro (S1), facilitando el estudio de las fuerzas y torques generados en diferentes posturas, especialmente en tareas como la recolección o el levantamiento de objetos pesados [13].

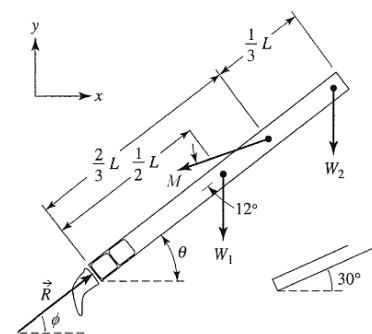


Fig. 2 Modelo Biomecánico utilizado para calcular las cargas intradiscuales

C. Ergonomía

La ergonomía es una disciplina multidisciplinaria enfocada en adaptar las condiciones de trabajo a las capacidades humanas, lo que resulta fundamental para los profesionales de la salud, ya que muchas patologías pueden originarse o agravarse por condiciones laborales inadecuadas [14]. La implementación de principios ergonómicos ofrece beneficios como la reducción de costos médicos derivados de enfermedades ocupacionales, la mejora del ambiente laboral y el aumento de la productividad al optimizar la concentración y el control del operario sobre su trabajo [15]. Además, facilita la supervisión al integrar un modelo que considera factores clave a monitorear en el entorno laboral [16].

La Organización Mundial de la Salud (OMS) informó que la carga global de morbilidad atribuible a factores ergonómicos ocupacionales ha alcanzado 12,27 millones de años de vida ajustados por discapacidad, reflejando un incremento del 20,1 % desde el año 2000 [17].

III. METODOLOGÍA

El estudio del fenómeno se desarrolló en cuatro fases. La primera consistió en la aplicación de cuestionarios a productores y recolectores de café, con el objetivo de conocer las condiciones laborales, las herramientas empleadas y las molestias físicas reportadas en este sector. Para llevar a cabo las fases subsiguientes era necesario seleccionar recolectores para su estudio.

El criterio de selección consistió en elegir a un individuo con experiencia en el proceso de recolección, cuya edad estuviera dentro del rango promedio de los recolectores de café. Esta selección buscaba asegurar que los resultados fueran representativos de las condiciones laborales típicas del sector y que los participantes contaran con el conocimiento y la destreza necesarios para realizar la actividad de manera efectiva.



Fig. 3 Captura del video utilizado para el análisis biomecánico utilizando *Kinovea*

La segunda fase consistió en un análisis del modelo biomecánico que permite analizar las fuerzas y torques generados durante diferentes posturas, especialmente en actividades que implican inclinaciones profundas (ver figura 3), como la recolección o el levantamiento de objetos. Este se

complementa con el uso un software de análisis de movimiento llamado *Kinovea*, diseñado para evaluar y medir parámetros biomecánicos a partir de videos. Estos videos fueron capturados en un entorno de trabajo real mientras los recolectores utilizaban la canasta tradicional. Se empleó una cámara ubicada en el plano sagital para analizar segmentos clave del cuerpo, como hombros, cuello, caderas, rodillas y codos.

La tercera fase, que se desarrolló de manera paralela a la segunda, consistió en un análisis ergonómico de 40 posturas capturadas en los videos mediante dos métodos reconocidos: el método RULA (Evaluación Rápida de Miembros Superiores) (ver figura 4) y el sistema OWAS (Sistema de Análisis de Posturas en el Trabajo Ovako). Estos métodos permitieron clasificar los niveles de riesgo postural, identificando las posturas que podrían representar una mayor carga física y los movimientos más propensos a generar trastornos musculoesqueléticos.



Fig. 4 Esquema de proceso de puntuación para el método RULA

Para la cuarta fase, se realizó una validación preliminar del prototipo, analizando la información obtenida previamente para identificar las necesidades ergonómicas de los recolectores de café y establecer objetivos claros para su diseño. Además, se evaluó la viabilidad económica del prototipo, considerando costos y accesibilidad. El diseño preliminar fue validado por expertos en terapia física, ocupacional y biomecánica, quienes aportaron recomendaciones para mejorar su funcionalidad y seguridad.

Tras seleccionar materiales adecuados por su durabilidad y adaptación al entorno, se construyó el prototipo y se evaluó en campo, utilizando videos en el software *Kinovea* en el plano sagital y análisis de posturas con los métodos OWAS y RULA. También se recogió la opinión de los recolectores sobre la comodidad y funcionalidad del prototipo, con el fin de comparar los resultados obtenidos antes y después de su implementación, identificando mejoras ergonómicas y su impacto en la reducción de riesgos en el proceso de recolección.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

D. Análisis de modelo biomecánico sin prototipo

El análisis del modelo fisicomatemático determinó que las fuerzas que actúan sobre la columna vertebral, modelada como una barra rígida, generan un impacto significativo en la articulación lumbosacra, representada por la reacción R en el análisis de torques. La articulación lumbosacra es el único punto que soporta toda la carga, lo que incrementa el esfuerzo sobre esta zona.

Este impacto se agrava cuando el peso corporal del sujeto es mayor, se añaden cargas externas, como la canasta tradicional de 25 lb, o cuando la inclinación del tronco se mantiene por debajo de 45° respecto a la horizontal, una postura común durante la recolección (ver figura 5). Estas condiciones aumentan la presión en la articulación, incrementando el riesgo de lesiones lumbares. El modelo reveló la necesidad de contrarrestar el torque generado por la inclinación del cuerpo debido al peso de la canasta. Como solución, se propuso el uso de soportes horizontales orientados hacia arriba en dirección diagonal y soportes verticales, que se integrarán en el diseño del prototipo para reducir la carga en la zona lumbar.

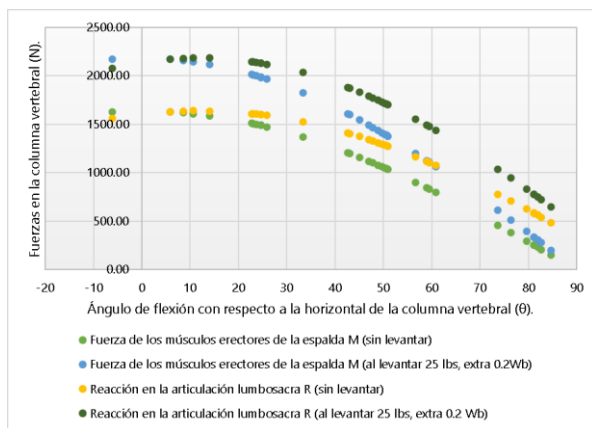


Fig.5 Resultados de las fuerzas en la columna vertebral sin el prototipo durante la flexión a un ángulo θ con respecto a la horizontal de una mujer de 58 kg o 127.87 lb.

E. Análisis ergonómico RULA y OWAS sin prototipo

Al aplicar el Método RULA a las posturas adoptadas con la canasta tradicional, los resultados mostraron una alta incidencia de riesgo postural entre los recolectores de café, lo que sugiere que las posturas durante la recolección representan un riesgo considerable para la salud musculoesquelética, en línea con lo reportado en la literatura [18].

El 35 % de las posturas evaluadas obtuvieron la puntuación más alta (nivel 4), lo que indica la necesidad de realizar cambios urgentes en la tarea. Por otro lado, el 60 % de las posturas alcanzaron un nivel 3, lo que sugiere que es necesario rediseñar la tarea. Solo el 5 % de las posturas fueron clasificadas en nivel 2, lo que resalta que las condiciones laborales actuales generan una sobrecarga significativa en el

sistema musculoesquelético, lo que requiere intervenciones ergonómicas inmediatas.

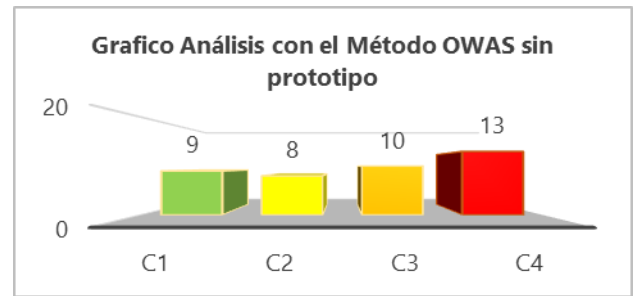


Fig. 6 Gráfico sobre los resultados del método OWAS sin prototipo

El análisis del método OWAS reveló una alta incidencia de posiciones de riesgo crítico entre los recolectores de café (ver figura 6). El 32.5 % de las posturas fueron clasificadas en la categoría 4, indicando efectos altamente dañinos que requieren acciones correctivas inmediatas, mientras que el 25 % se ubicó en la categoría 3, lo que señala la necesidad de modificaciones urgentes. Un 20 % de las posturas estuvieron en la categoría 2, con riesgo moderado de problemas musculoesqueléticos a largo plazo si no se toman medidas preventivas. Solo el 22.5 % de las posturas fueron clasificadas en la categoría 1, indicando posiciones ergonómicamente seguras.

F. Elaboración del prototipo y análisis comparativo antes y después de su utilización

El prototipo desarrollado es una versión mejorada de la canasta tradicional utilizada en la recolección de café (ver figura 7), diseñada con un enfoque ergonómico para reducir el riesgo de lesiones musculoesqueléticas. Consta de tres componentes principales: una canasta rígida de varilla de acero recubierta con material impermeable, una faja dorsolumbar ajustable y un sistema de soportes verticales y horizontales que distribuyen mejor el peso. Este diseño busca minimizar la carga en la zona lumbar y mejorar la postura del recolector, optimizando su comodidad y seguridad durante la jornada laboral.



Fig. 7 Prototipo con su faja dorsolumbar

Al examinar el rendimiento del prototipo a través del análisis de modelo biomecánico, se evidencia una mejora significativa en la distribución de fuerzas biomecánicas (ver figura 8 y 10), reduciendo la carga muscular y el riesgo de lesiones en los recolectores. En la fuerza de los músculos erectores de la espalda (M) sin levantar peso, se mantiene una distribución dentro de rangos seguros con un soporte más eficiente. Al levantar 25 libras, se observa una reducción considerable en las fuerzas superiores a 1000 N, redistribuyéndolas hacia rangos inferiores (501 a 1000 N), lo que minimiza la sobrecarga muscular. En la reacción de la articulación lumbosacra (R) al levantar un peso de 25 libras (aproximadamente el total de la suma del prototipo y su contenido en café), se reduce la concentración de fuerzas en valores superiores a 1500 N, redistribuyéndolas hacia intervalos más bajos, disminuyendo la presión articular y el riesgo de daño estructural.

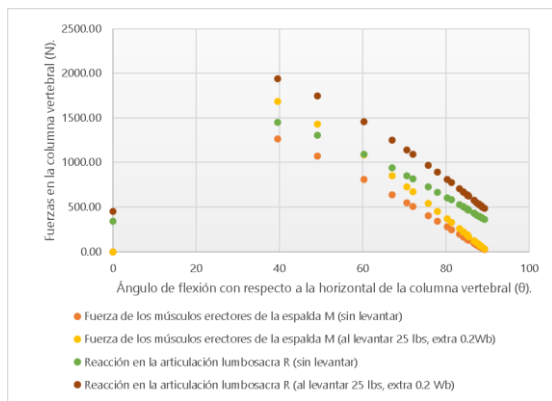


Fig.8 Resultados de las fuerzas en la columna vertebral con el prototipo durante la flexión a un ángulo θ con respecto a la horizontal de una mujer de 58 kg o 127.87 lb

Para el análisis del método RULA con el uso del prototipo, los resultados muestran una mejora considerable en la reducción del riesgo postural en los recolectores de café (ver figura 9). El 62.5 % de las posturas analizadas fueron clasificadas en el nivel 2, lo que indica una disminución significativa de los riesgos. Un 35 % de las posturas permanecieron en el nivel 3, lo que refleja la necesidad de optimizar aún más el diseño o la capacitación postural. Solo el 2.5 % de las posturas alcanzaron el nivel 4, un riesgo alto, pero con una drástica reducción en comparación con el uso de la canasta tradicional.

En el caso del método OWAS con el prototipo, los resultados revelan una mejora notable en la distribución de las categorías de riesgo. La categoría 1 ahora predomina, representando el 80 % de las posturas, lo que indica que la mayoría de las posiciones adoptadas son naturales y ergonómicamente adecuadas.

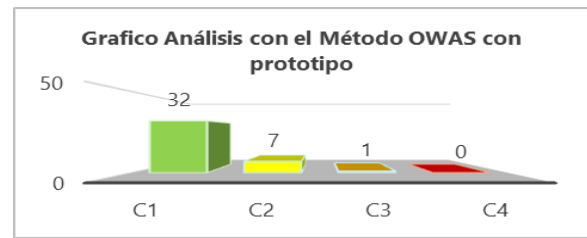


Fig. 9 Gráfico sobre los resultados del método OWAS con prototipo

La categoría 2 se redujo al 17.5 %, sugiriendo que algunas posturas aún podrían beneficiarse de pequeños ajustes ergonómicos. Lo más destacable es que las categorías 3 y 4 desaparecieron por completo, lo que demuestra que no se identificaron posturas de alto o crítico riesgo con el uso del prototipo. En particular, las posturas de mayor riesgo previamente identificadas, como la "espalda doblada con giro" y las "rodillas flexionadas", mostraron una reducción significativa en su impacto negativo.



Fig. 10 Recolectora de café en fase de validación preliminar de prototipo

V. CONCLUSIONES

Se identificaron las herramientas y el proceso comúnmente utilizado en la etapa de recolección de café, destacando el uso de canastas tradicionales ajustadas a la cintura para la recolección manual de uvas, las cuales son luego transportadas al lugar donde se continúa con el procesamiento del café y donde se efectúa el pago a los recolectores.

Se determinó en base a los resultados de la revisión literaria y el análisis del proceso de trabajo que los recolectores de café podrían estar expuestos a un riesgo elevado de desarrollar trastornos musculoesqueléticos, especialmente en la zona lumbar de la espalda. Este riesgo está relacionado con el uso prolongado de la canasta tradicional y la adopción de posturas inadecuadas durante la recolección, lo

que podría contribuir a lesiones en la región dorsal y lumbar de la columna vertebral.

Se identificaron posturas incorrectas y tareas que requieren un rediseño urgente para reducir el impacto en la salud. Las posturas durante la recolección causan sobrecarga muscular y articular, lo que puede generar fatiga acumulativa y trastornos como lumbalgia y cervicalgia, subrayando la necesidad de fomentar prácticas ergonómicas adecuadas.

Se desarrolló un prototipo ergonómico para el depósito temporal del café, con una estructura ligera y una faja dorsolumbar especializada, diseñada para mejorar la distribución de cargas y reducir el esfuerzo físico en los recolectores. Los resultados indican que puede ser efectivo al reducir los riesgos ergonómicos mediante la mejora de las posturas de trabajo, como lo sugieren los métodos RULA, OWAS y el análisis biomecánico. No obstante, es necesario realizar más pruebas en condiciones reales de trabajo para validar sus beneficios a largo plazo y evaluar su viabilidad.

REFERENCIAS

- [1] H. E. Madrid-Casaca, «Estudio de riesgos ergonómicos y condiciones de trabajo decentes en la agroexportación de café hondureño», *Ergonomía, Investigación y Desarrollo*, vol. 3, n.o 3, Art. n.o 3, dic. 2021, doi: 10.29393/EID3-22ERHE1OO22.
- [2] E. Henrique Abril, E. de Melo Virginio Filho, F. Peguero, y B. Medina, «Análisis y evaluación de los sistemas de transferencia de tecnología en manejo integral de café en países integrantes del PROMECAFE*», 2021, Accedido: 22 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/11135>
- [3] S. Garces, E. Fuentes, y J. Sanchez, «Dispositivo portátil recolector de café para mejorar las condiciones ergonómicas del trabajador en Santander», *Revista Agropecuaria y Agroindustrial La Angostura*, vol. 8, n.o 1, 2021. Accedido: 17 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/578588431.pdf>
- [4] A. Jirapongsuwan, P. Klainin-Yobas, W. Songkham, S. Somboon, N. Pumsopa, y P. Bhatarasakoon, «The effectiveness of ergonomic intervention for preventing work-related musculoskeletal disorders in agricultural workers: A systematic review protocol», *PLoS One*, vol. 18, n.o 7, p. e0288131, 2023, doi: 10.1371/journal.pone.0288131.
- [5] J. B. Gil Puerta y H. A. Grajales Ramírez, «Condiciones de trabajo en recolectores de café de la vereda “La María”, ubicada en el corregimiento de la Tulia, en el municipio de Bolívar en el Valle del Cauca en el año 2018», bachelor thesis, Especialización en Seguridad y Salud en el Trabajo, 2019. Accedido: 21 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uceva.edu.co/handle/20.500.12993/3862>
- [6] R. Ruerd, P. Sfez, T. Ponsioen y N. Meneses, *Análisis Integral de la Cadena de Valor de Café en Honduras*, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://edepot.wur.nl/450336>.
- [7] J. Guevara, J. Herrera y R. Alvarado, "Efecto del sustrato sobre la germinación de semilla de café (*Coffea arabica* L. cv. Caturra)," *Agronomía Costarricense*, vol. 21, núm. 2, pp. 208, 1997. [En línea]. Disponible en: https://www.mag.go.cr/rev_agr/v21n02_207.pdf
- [8] K. Jansen, "Café y Formas de Producción en Honduras," *Revista Centroamericana de Economía*, vol. 14, no. 41, pp. 58-96, 1993. [En línea]. Disponible en: <https://www.keesjansen.eu/wp-content/uploads/2015/08/Cafe-y-Formas-de-Produccion-en-Honduras-Jansen.pdf>.
- [9] FEWS NET y PROMECAFE, *La recuperación del sector cafetalero sigue siendo lenta a pesar de las mejoras en la mano de obra y los ingresos*, 2021. [En línea]. Disponible en: https://fewsn.net/sites/default/files/documents/reports/Coffee_2020Report_202021_Final_SP.pdf.
- [10] Instituto Hondureño del Café (IHCAFE), *Memoria IHCAFE Cosecha 2022-2023*, 2024. Disponible en: https://drive.google.com/file/d/1QFvcpYVulplLT9oo8eYZKSTT_gr6zul/view
- [11] Café Arabe, "Etapas del Proceso de Producción del Café," 2020. [En línea]. Disponible en: <https://cafe-arabe.com/etapas-proceso-produccion-cafe/>.
- [12] C. Oliveira, R. Navarro García, J. A. Ruiz Caballero, y M. E. Brito Ojeda, "Biomecánica de la columna vertebral," *Canarias Médica y Quirúrgica*, n.º 12, pp. 35-45, ene.-abr. 2007. [En línea]. Disponible en: https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/5983/1/0514198_00012_0005.pdf
- [13] Herman, I., "Physics of the Human Body. Springer Science & Business Media." 2007.
- [14] C. Sánchez y L. Monroy, *Principios de Ergonomía en el Trabajo*, 2019. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.unerg.edu.ve/ergonomia_trabajo.pdf.
- [15] O. Rendón, M. Gómez Yepes y L. V. Cremades, "Estudio ergonómico en recolectores de café en el departamento del Quindío-Colombia," *ORP Journal*, vol. 22, pp. 126-136, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/394509/59-365-1-PB-126-136.pdf>. [Accedido: 17-feb-2025].
- [16] Sausa-Avila & Durán-Flores, "Aplicación de la ergonomía en entornos laborales," *Revista de Ergonomía y Salud Ocupacional*, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.ergonomia-laboral.org/>.
- [17] World Health Organization, "Prevención de trastornos musculoesqueléticos en el trabajo agrícola," 2021. [En línea]. Disponible en: <https://iris.who.int/handle/10665/42803>.
- [18] Ramírez et al., "Evaluación de riesgos ergonómicos en la recolección de café," *Revista de Salud Ocupacional y Ergonomía*, 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/361245678_Evaluacion_de_risgos_ergonomicos.