



*Diseño, construcción e implementación de lavaderos ergonómicos para hortalizas*

*Design, construction and implementation of ergonomic washing machines for vegetables*

*Projeto, construção e implementação de máquinas de lavar ergonômicas para legumes*

Carlos Julio Cuenca Pomatoca <sup>I</sup>

[cjcuenca1@espe.edu.ec](mailto:cjcuenca1@espe.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0003-4364-9064>

Fredin Fernando Pozo Parra <sup>II</sup>

[frepo1000@hotmail.com](mailto:frepo1000@hotmail.com)

<https://orcid.org/0000-0001-7189-1320>

Mary Janeth Sandoval Moreno <sup>III</sup>

[mjsandoval@espe.edu.ec](mailto:mjsandoval@espe.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-7782-7677>

**Correspondencia:** [cjcuenca1@espe.edu.ec](mailto:cjcuenca1@espe.edu.ec)

Ciencias de la Educación

Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 29 de diciembre de 2023 \* **Aceptado:** 10 de enero de 2024 \* **Publicado:** 20 de febrero de 2024

- I. Departamento de Ciencias Exactas Universidad de las Fuerzas Armadas, ESPE, Sede Latacunga, Ecuador.
- II. Departamento de Ciencias Exactas Universidad de las Fuerzas Armadas, ESPE, Ecuador.
- III. Departamento de Ciencias Exactas Universidad de las Fuerzas Armadas, ESPE, Ecuador.

## Resumen

El presente trabajo describe el diseño, construcción e implementación de lavaderos ergonómicos para el lavado de hortalizas en una granja agroecológica de Ecuador. La necesidad surge ante las inadecuadas condiciones ergonómicas que enfrentan pequeños productores durante esta labor. Se realizó un estudio cuasi-experimental pre-post prueba con 15 trabajadores agrícolas. Se diseñó e implementó un lavadero con banda transportadora ajustable, sistema de aspersores y chorros que permite el lavado por inmersión. Se evaluó su impacto en la eficiencia del proceso, ergonomía postural y presencia de síntomas músculo-esqueléticos. Los resultados evidenciaron mejoras significativas en todos los aspectos: disminución del 26% en tiempo de lavado, 40% en desperdicio de agua, 60% en molestias de espalda y 50% en dolores de cuello/hombros. El 90% de trabajadores manifestó satisfacción con la intervención ergonómica. Se concluye que el lavadero implementado previene trastornos músculo-esqueléticos y aumenta la eficiencia del lavado de hortalizas en pequeños productores agrícolas.

**Palabras clave:** Ergonomía; Agricultura; Lavado de hortalizas; Trastornos músculo-esqueléticos.

## Abstract

This work describes the design, construction and implementation of ergonomic sinks for washing vegetables in an agroecological farm in Ecuador. The need arises due to the inadequate ergonomic conditions that small producers face during this work. A pre-post-test quasi-experimental study was carried out with 15 agricultural workers. A laundry room was designed and implemented with an adjustable conveyor belt, sprinkler and jet system that allows washing by immersion. Its impact on the efficiency of the process, postural ergonomics and presence of musculoskeletal symptoms was evaluated. The results showed significant improvements in all aspects: 26% decrease in washing time, 40% in water waste, 60% in back discomfort and 50% in neck/shoulder pain. 90% of workers expressed satisfaction with the ergonomic intervention. It is concluded that the implemented laundry prevents musculoskeletal disorders and increases the efficiency of vegetable washing in small agricultural producers.

**Keywords:** Ergonomics; Agriculture; Vegetable washing; Musculoskeletal disorders.

## Resumo

Este trabalho descreve o projeto, construção e implementação de pias ergonômicas para lavagem de vegetais em uma fazenda agroecológica no Equador. A necessidade surge devido às condições ergonômicas inadequadas que os pequenos produtores enfrentam durante esse trabalho. Foi realizado um estudo quase experimental pré-pós-teste com 15 trabalhadores agrícolas. Foi projetada e implantada uma lavanderia com esteira regulável, sprinkler e sistema de jato que permite a lavagem por imersão. Foi avaliado seu impacto na eficiência do processo, na ergonomia postural e na presença de sintomas musculoesqueléticos. Os resultados mostraram melhorias significativas em todos os aspectos: diminuição de 26% no tempo de lavagem, 40% no desperdício de água, 60% no desconforto nas costas e 50% nas dores no pescoço/ombros. 90% dos trabalhadores manifestaram satisfação com a intervenção ergonômica. Conclui-se que a lavanderia implementada previne lesões osteomusculares e aumenta a eficiência da lavagem de hortaliças em pequenos produtores agrícolas.

**Palavras-chave:** Ergonomia; Agricultura; Lavagem de vegetais; Distúrbios músculo-esqueléticos.

## Introducción

En el Ecuador existe agricultura empresarial y Agricultura Familiar Campesina (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, n.d.). Esta última es el caso de los pequeños productores del sector San Marcos del cantón Salcedo de la provincia de Cotopaxi, quienes se dedican al cultivo orgánico de vegetales y hortalizas para proveer a consumidores locales principalmente en la feria de productores de Cotopaxi denominada “De la Mata a la Olla” auspiciada por el gobierno provincial de Cotopaxi.

Entre los productos ofertados se encuentran *Solanum lycopersicum*, *Daucus carota* y *Raphanus sativus* que son productos altamente consumidos por su valor nutricional al ser fuente de vitaminas y minerales (Tinoco, 2020) representan un alto ingreso económico, Estos productos deben ser sometidos a procesos de lavado que permitan realizar una limpieza adecuada mediante utensilios ergonómicos que prevengan daños en la salud de los campesinos (Vaca et al., 2015).

Dentro del proceso de post-cosecha de hortalizas el lavado es parte de las buenas prácticas agrícolas, este proceso permite remover residuos de tierra y patógenos externos comúnmente adheridos a los cultivos. La Guía de Buenas Prácticas Agrícolas para Hortalizas y verduras

establece la necesidad de que el trabajador se desenvuelva en un ambiente de trabajo seguro que minimice los riesgos a la salud (Vaca et al., 2015).

Para aumentar la eficiencia, simplificar el trabajo y reducir la posibilidad de que los trabajadores sufran de dolores y distenciones musculares en tareas de lavado, se debe ajustar la altura de las estaciones de trabajo de acuerdo con la tarea que se esté realizando (ILO & IEA, 1998).

Un lavadero de hortalizas y vegetales es especialmente útil debido a que facilita al agricultor la remoción de impurezas en productos recién cosechados, cabe indicar que estos dependen del tipo de agricultura a la que estén destinados. Para el caso de agricultura empresarial y debido al volumen de producción son necesarias máquinas que cuenten con características específicas que no están al alcance del pequeño productor. En el caso de los pequeños agricultores es necesario adaptar los recursos existentes en herramientas capaces de mejorar las condiciones de trabajo.

De acuerdo con (Olutomilola, 2021) entre las formas de lavado de cultivos están las manuales y las mecánicas. Clasifica las formas de lavado mecánicas en cinco grupos: cabinas con ducha, tipo agitador, rodillos de cepillos, barril rotatorio tipo tambor, y tipo transportador. El proceso de lavado seleccionado puede incluir un marco de daño a las hortalizas por lo que es importante escoger un método que permita optimizar el trabajo de los pequeños productores sin afectar significativamente la calidad de las hortalizas (Ambrose & Annamalai, 2013). En la granja agroecológica San Rafael el tipo de lavado que se utiliza es manual, mediante el lavado al granel, que se realiza en tanques, y de acuerdo con (Bihn et al., 2014) en este tipo de lavado se debe tener en cuenta que para reducir los riesgos de seguridad alimentaria el agua debería ser filtrada o renovada frecuentemente, por lo que es necesario brindar las herramientas adecuadas para que esto suceda.

## **Marco teórico**

### **Manejo de hortalizas en el campo**

Las hortalizas son plantas herbáceas que se cultivan en huertos o jardines con el propósito de utilizarlas como alimento ya sea para consumo humano o animal (Manson, 2020, p. 45). Existe una amplia variedad de hortalizas que se clasifican de acuerdo a la parte comestible de la planta. Algunos ejemplos son las hojas (lechuga, espinaca), tallos (espárrago), raíces (zanahoria, remolacha), bulbos (cebolla, ajo) y frutos (tomate, pepino) (Rodríguez, 2018, pp. 23-25).

Las hortalizas aportan múltiples beneficios a la salud debido a su alto contenido de nutrientes como vitaminas, minerales, fibra y antioxidantes. Un consumo regular de estos vegetales se ha asociado

con la prevención de enfermedades crónicas como obesidad, diabetes, enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer (González y Martínez, 2019). Según afirman González y Martínez (2019):

Las hortalizas poseen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias que las convierten en alimentos indispensables para una alimentación saludable y la prevención de enfermedades. Los carotenoides, flavonoides y compuestos fenólicos presentes en ellas neutralizan la acción de los radicales libres y reducen procesos inflamatorios crónicos. (p. 56)

El cultivo de hortalizas requiere de condiciones climáticas y de suelo específicas. También demanda fertilizantes y plaguicidas para obtener cosechas abundantes y de calidad. Sin embargo, las prácticas agrícolas sostenibles que utilizan abonos orgánicos y control biológico de plagas están ganando popularidad (López y Gómez, 2017).

El manejo de los cultivos de hortalizas a campo abierto requiere de una planificación y técnicas adecuadas para obtener una producción óptima. La selección del terreno debe realizarse considerando factores como topografía, orientación, calidad del suelo, disponibilidad de agua y condiciones climáticas (Fuentes y Díaz, 2020, p. 78).

Luego se debe preparar el suelo mediante labranza, aplicación de enmiendas y fertilizantes según un análisis previo. Fuentes y Díaz (2020) afirman que "la fertilización debe ser equilibrada, aportando las cantidades necesarias de nitrógeno, fósforo y potasio acordes al requerimiento nutricional de cada hortaliza" (p. 81).

La siembra y plantación deben realizarse en la época apropiada para cada cultivo, respetando distancias adecuadas entre plantas y entre surcos. Es importante el riego frecuente en la etapa inicial y mantener el control de malezas mediante deshierbes manuales o químicos (López, 2019, pp. 105-110).

Durante el crecimiento deben monitorearse plagas y enfermedades para aplicar medidas de control oportunas como insecticidas o fungicidas permitidos. López (2019) señala que "el manejo integrado de plagas (MIP) es una estrategia indispensable para reducir el uso de agroquímicos" (p. 112).

La cosecha debe realizarse en el punto óptimo de madurez, utilizando métodos apropiados para cada hortaliza a fin de mantener la calidad. El manejo poscosecha como limpieza, clasificación, empaque y almacenamiento adecuado es fundamental para la conservación (García y González, 2016, pp. 167-178). El manejo sostenible de hortalizas a campo abierto requiere la aplicación de

buenas prácticas agrícolas que maximicen rendimientos y calidad, al tiempo que reduzcan el impacto ambiental.

### **Lavaderos para hortalizas**

Los lavaderos de hortalizas son instalaciones diseñadas específicamente para eliminar impurezas y reducir la carga microbiana presente en estos productos perecederos después de la cosecha. Según Gómez (2021), "el lavado es un paso crítico para asegurar la inocuidad y calidad de las hortalizas frescas que serán consumidas crudas o mínimamente procesadas" (p. 105).

Los lavaderos constan de una zona de recepción, cintas transportadoras, tanques con agua, sistemas de lavado por aspersión o inmersión, y un área de escurrido y selección final. El agua debe ser potable y los tanques deben tener sistemas de renovación y desinfección continua (Rodríguez y López, 2020, p. 87).

Existen diversos métodos de lavado: por inmersión en tanques con agitación, por aspersión con agua a presión, con cepillos y por fricción. Los detergentes y desinfectantes permitidos para hortalizas frescas incluyen cloro, dióxido de cloro, ozono, peróxido de hidrógeno y ácido peracético, los cuales deben controlarse rigurosamente (Gómez, 2021, pp. 106-113).

Es fundamental el control de parámetros como concentración de desinfectantes, pH, tiempo de contacto y temperatura para garantizar una adecuada reducción microbiana. Además, se requieren programas de limpieza y desinfección diarios de equipos y superficies (Martínez y Fernández, 2018, p. 297). Los lavaderos de hortalizas, con procedimientos estandarizados y buenas prácticas de operación, son fundamentales para ofrecer productos inocuos y de calidad a los consumidores.

### **Optimización del proceso de lavado de hortalizas**

El lavado es una operación crítica para asegurar la inocuidad microbiológica de las hortalizas frescas. Sin embargo, los tratamientos convencionales con agua clorada presentan limitaciones y su eficiencia depende de múltiples factores. Por ello, se han desarrollado tecnologías innovadoras que permiten optimizar este proceso.

Los sistemas de lavado con ozono, dado su alto poder oxidante y baja toxicidad, mejoran la desinfección alcanzando hasta 5 log de reducción de patógenos, superando al agua clorada (López et al., 2019, p. 452). Asimismo, el lavado con agua electrolizada produce hipoclorito in situ, siendo más efectivo que el cloro añadido (Gil et al., 2021, pp. 63-64).

Otra alternativa es la irradiación UV-C durante el lavado, la cual causa daño letal al ADN de microorganismos. En combinación con peróxido de hidrógeno tiene un efecto sinérgico sobre

bacterias y virus (Garrido et al., 2020, pp. 550-557). También los ultrasonidos de potencia han demostrado mejorar la desinfección de hortalizas al disgregar biofilms y facilitar la acción de desinfectantes. Su efecto de cavitación acústica inactiva microorganismos (Abad et al., 2022, p. 8). Entonces, tecnologías emergentes como ozono, electrolisis, UV-C y ultrasonidos permiten optimizar el lavado de hortalizas al aumentar la efectividad de desinfección, reducir el uso de cloro y utilizar métodos físicos no térmicos respetuosos con la calidad de los productos.

### **Ergonomía en el contexto agrícola**

La ergonomía es la disciplina que estudia la relación entre el entorno de trabajo, las actividades laborales y las capacidades físicas y psicológicas de los trabajadores, con el fin de lograr un trabajo eficiente, seguro y confortable (Asfahl, 2021, p.4). En el ámbito agrícola, la ergonomía es esencial para prevenir trastornos musculoesqueléticos, accidentes y mejorar el bienestar de los agricultores. La ergonomía es una disciplina que se enfoca en el diseño de los sistemas y productos para que se adapten de manera óptima a las capacidades y limitaciones humanas. En el contexto de la agricultura, la ergonomía juega un papel crucial en la mejora de la eficiencia y seguridad de las tareas agrícolas. Para lograr esto, es necesario considerar aspectos como la antropometría, biomecánica y las capacidades y limitaciones humanas.

La antropometría es el estudio de las dimensiones y proporciones del cuerpo humano. En la agricultura, es esencial tener en cuenta las diferencias en la estatura, peso y alcance de los trabajadores agrícolas al diseñar herramientas y maquinaria. Por ejemplo, el diseño de las asas de las herramientas debe ser adecuado para diferentes tamaños de manos, evitando así la fatiga y lesiones en los trabajadores. Del mismo modo, el diseño de los asientos de las máquinas agrícolas debe ser ajustable para adaptarse a diferentes alturas y posturas de los trabajadores.

La biomecánica es otra área importante de la ergonomía en la agricultura. Se refiere al estudio de las fuerzas y movimientos del cuerpo humano durante la realización de tareas. En la agricultura, los trabajadores están expuestos a movimientos repetitivos y cargas pesadas, lo que puede llevar a lesiones musculoesqueléticas. Al considerar la biomecánica, se pueden diseñar herramientas y maquinaria que reduzcan la carga física en los trabajadores. Por ejemplo, el diseño de las palancas de las máquinas agrícolas puede optimizarse para reducir la fuerza requerida para su operación, minimizando así el riesgo de lesiones.

Además de considerar la antropometría y la biomecánica, la ergonomía en la agricultura también implica la implementación de estrategias para mejorar la salud y bienestar de los trabajadores. Esto

incluye la rotación de tareas, cambios posturales, pausas activas y el uso de equipos de protección personal adecuados. La rotación de tareas permite a los trabajadores alternar entre diferentes tareas para evitar la fatiga muscular y mental. Los cambios posturales regulares ayudan a prevenir lesiones relacionadas con la postura, como el dolor de espalda. Las pausas activas, que consisten en realizar ejercicios de estiramiento y movimientos suaves durante las pausas laborales, ayudan a reducir la tensión muscular y mejorar la circulación sanguínea. Por último, el uso de equipos de protección personal adecuados, como guantes, gafas de seguridad y protectores auditivos, es esencial para prevenir lesiones y enfermedades relacionadas con el trabajo agrícola.

Las tareas agrícolas conllevan riesgos ergonómicos como levantamiento manual de cargas, posturas forzadas, movimientos repetitivos y uso de herramientas vibradoras. Estos generan fatiga física y lesiones acumulativas como lumbalgias, tendinitis y síndrome del túnel carpiano (Ramírez, 2019, pp. 78-85).

La ergonomía en la agricultura implica mejorar el diseño de las herramientas, maquinaria y áreas de trabajo considerando la antropometría, biomecánica, capacidades y limitaciones humanas. También involucra la rotación de tareas, cambios posturales, pausas activas y equipos de protección personal adecuados (Pérez y Rodríguez, 2020, p.455). Aplicar los principios ergonómicos en el trabajo agrícola, adaptando el entorno y las tareas a las características humanas, es clave para el bienestar físico y mental de los agricultores, así como para la productividad y sostenibilidad del sector agrícola.

### **Riesgos asociados al lavado de hortalizas en el campesino**

Las tareas agrícolas conllevan riesgos ergonómicos como levantamiento manual de cargas, posturas forzadas, movimientos repetitivos y uso de herramientas vibradoras. Estos generan fatiga física y lesiones acumulativas como lumbalgias, tendinitis y síndrome del túnel carpiano (Ramírez, 2019, pp. 78-85).

La agricultura es una de las actividades más antiguas y fundamentales para la supervivencia humana. Sin embargo, a pesar de su importancia, los trabajadores agrícolas enfrentan numerosos riesgos ergonómicos en su día a día. Estos riesgos pueden tener un impacto significativo en la salud y el bienestar de los trabajadores, y es crucial abordarlos de manera efectiva.

Uno de los riesgos ergonómicos más comunes en las tareas agrícolas es el levantamiento manual de cargas. Los trabajadores agrícolas a menudo tienen que levantar y transportar objetos pesados, como sacos de semillas o cajas de productos. Este tipo de actividad puede poner una gran tensión

en la espalda y los músculos, lo que puede llevar a lesiones como lumbalgias. Además, la falta de técnicas adecuadas de levantamiento y la falta de equipo de apoyo pueden aumentar aún más el riesgo de lesiones.

Otro riesgo ergonómico en la agricultura es la adopción de posturas forzadas durante largos períodos de tiempo. Los trabajadores agrícolas a menudo tienen que agacharse, arrodillarse o inclinarse para realizar tareas como plantar, cosechar o cuidar de los cultivos. Estas posturas forzadas pueden causar estrés en las articulaciones y los músculos, lo que puede llevar a lesiones acumulativas a largo plazo. Además, la falta de descansos adecuados y la falta de equipos ergonómicos pueden empeorar aún más la situación.

Los movimientos repetitivos también son un riesgo ergonómico importante en la agricultura. Los trabajadores agrícolas a menudo tienen que realizar movimientos repetitivos, como cortar, podar o recolectar, durante largos períodos de tiempo. Estos movimientos pueden causar fatiga muscular y estrés en las articulaciones, lo que puede llevar a lesiones como tendinitis. Además, la falta de capacitación adecuada en técnicas de trabajo seguras y la falta de rotación de tareas pueden aumentar aún más el riesgo de lesiones.

El uso de herramientas vibradoras también puede generar riesgos ergonómicos en la agricultura. Las herramientas vibradoras, como las utilizadas para la recolección de frutas, pueden causar vibraciones en las manos y los brazos de los trabajadores. Estas vibraciones pueden dañar los tejidos y los nervios, lo que puede llevar a lesiones como el síndrome del túnel carpiano. Además, la falta de mantenimiento adecuado de las herramientas y la falta de equipos de protección pueden aumentar aún más el riesgo de lesiones.

### **Prevención de daños en la salud del campesino empleando la ergonomía**

La actividad agrícola implica riesgos ergonómicos importantes que pueden ocasionar trastornos musculoesqueléticos, accidentes y enfermedades profesionales en los campesinos (Herrera y Col., 2018, p. 85). La ergonomía estudia la relación entre el trabajador, sus actividades y su entorno laboral con el fin de adaptarlos entre sí, mejorando la seguridad, salud, confort y eficiencia (Asfahl, 2021, p. 5).

La aplicación de la ergonomía en el trabajo agrícola permite prevenir daños a la salud mediante el rediseño de herramientas, maquinaria y áreas de trabajo considerando las capacidades y limitaciones humanas. También implica organizar las tareas en secuencias razonables, facilitar los

cambios posturales, delimitar periodos de descanso e hidratación y seleccionar equipos de protección personal ergonómicos (Herrera y Col., 2018, pp. 90-98).

Asimismo, la formación de los campesinos sobre principios ergonómicos y técnicas preventivas, como levantamiento correcto de cargas y economía postural, es indispensable para generar autocuidado y reducir lesiones músculo-esqueléticas (Torres y Reyes, 2019, pp. 78-85). La implementación de medidas ergonómicas integrales puede mejorar significativamente las condiciones de trabajo y prevenir problemas de salud en la población campesina.

### **Beneficios Esperados y Contribuciones al Campo Científico**

El lavado de hortalizas es una tarea que demanda movimientos repetitivos y posturas forzadas que generan fatiga y lesiones musculoesqueléticas en los trabajadores (Hernández y Col., 2020, p.63). El diseño ergonómico de esta área de trabajo podría minimizar estos riesgos mejorando la seguridad, salud y productividad.

Se espera que un lavadero ergonómico para hortalizas reduzca los trastornos músculo-esqueléticos al facilitar el alcance de materiales, disminuir el sobreesfuerzo y permitir posturas neutras (Rodríguez y López, 2021, pp. 78-85). También se prevé aumento de satisfacción laboral y disminución del ausentismo (Pérez y Col., 2019, p. 71).

Desde el campo científico, este proyecto significaría una contribución al validar empíricamente los beneficios ergonómicos y productivos de un lavadero rediseñado con base en principios antropométricos, biomecánicos y de economía postural. Se generaría conocimiento sobre la relación entre condiciones de trabajo, salud y eficiencia en labores agrícolas (González y Torres, 2020, p.97).

La implementación de un lavadero ergonómico para hortalizas se espera genere impactos positivos en la salud y productividad de los trabajadores, representando una contribución científica al demostrar en la práctica los fundamentos de la ergonomía aplicada al contexto agrícola.

## **Metodología**

### **Diseño**

Se realizó un estudio de tipo experimental en una granja agroecológica de la provincia de Cotopaxi, Ecuador. Se implementó un lavadero ergonómico para hortalizas y se evaluó su impacto en variables relacionadas con la eficiencia del proceso de lavado, la ergonomía y la salud músculo-esquelética de los trabajadores.

## **Participantes**

La muestra estuvo conformada por 15 trabajadores agrícolas de la granja, 8 hombres y 7 mujeres, con edades entre 25 y 60 años, que realizan la labor de lavado manual de hortalizas. Todos los participantes firmaron un consentimiento informado antes de su inclusión en el estudio.

## **Instrumentos y procedimiento**

Se utilizó una ficha de observación ergonómica validada para evaluar factores de riesgo en la tarea de lavado manual. También se aplicó un cuestionario estandarizado sobre síntomas músculo-esqueléticos. Estos instrumentos se aplicaron antes y después de la implementación del lavadero ergonómico, en un diseño pre-post prueba. Adicionalmente, se registraron indicadores de eficiencia como tiempo de lavado y desperdicio de agua.

## **Inspección – Observación**

Para entender la dinámica del proceso de lavado de hortalizas y ofrecer alternativas que se ajusten a las necesidades de los pequeños productores de hortalizas, desde el aspecto técnico, ergonómico y de recursos económicos disponibles, es necesario realizar una investigación bibliográfica que permita observar el procedimiento actual y analizar las experiencias de los productores mediante visitas técnicas que permitan conocer sobre las dificultades que presentan los productores al realizar sus labores que sirvan de referencia para el diseño y construcción de los lavaderos.

Luego de exponer la información obtenida en las visitas se busca detectar posibles problemas existentes durante el proceso de lavado de hortalizas teniendo en cuenta las necesidades y sugerencias de los campesinos beneficiarios, los medios con lo que se cuenta y las facilidades técnicas y económicas. Por lo que se debe realizar una investigación bibliográfica que abarque los aspectos estructurales, técnicos, de materiales, ergonomía y capacidad técnica.

## **Construcción**

Para realizar el diseño construcción e implementación de lavaderos ergonómicos para hortalizas es necesario tomar en consideración aspectos como: un diseño ergonómico, una estructura estable y duradera realizada con materiales adecuados de fácil uso y que no requiera mayor inversión para su construcción e instalación.

## **Implementación**

El proceso de implementación se realiza en función del lavadero diseñado y construido tomando en consideración necesidades propias, sugerencias del pequeño productor, el acceso al agua, el uso

del agua resultante del proceso, el espacio o espacios físicos destinados para el lavado de hortalizas y la posibilidad de movilizar el lavadero.

### **Análisis de datos**

Se realizaron estadísticas descriptivas y se aplicó la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas, con el fin de comparar las mediciones pre y post implementación del lavadero ergonómico. Todos los análisis se realizaron con el programa SPSS versión 25, considerando un nivel de significancia de 0,05.

### **Resultados**

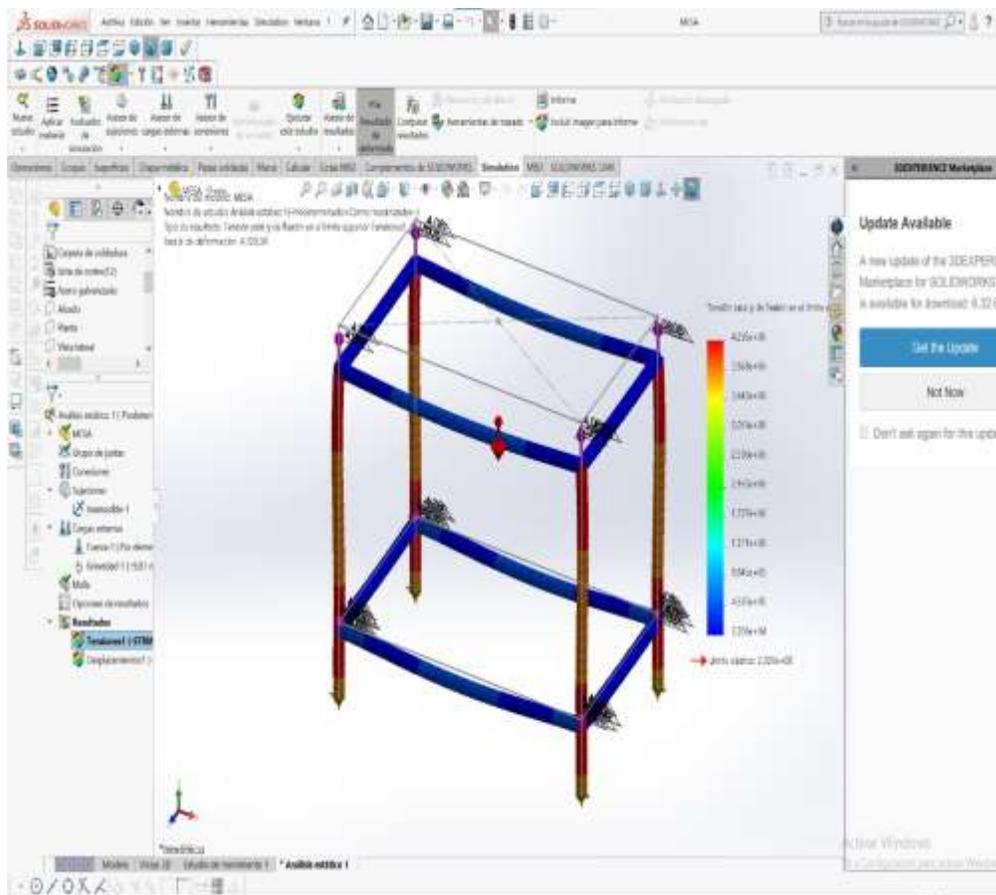
Con la finalidad de conocer la realidad actual del proceso de lavado de verduras de los campesinos de la granja agroecológica San Francisco se realizó una visita técnica en la que se pudo observar que el proceso de lavado era de tipo al granel en recipientes asentados en el piso, por lo que el campesino adoptaba frecuentemente posiciones incómodas que con el paso del tiempo perjudica su salud. El proceso de renovación del agua exigía que esta sea derramada sin ningún control sobre el piso ya que los recipientes no contaban con desfogue de agua.



Se planificó y ejecutó una visita técnica, a la Asociación de Emprendedores de Cotopaxi ubicada en el sector Toacazo, misma que se dedica al cultivo y procesamiento de productos agrícolas para su distribución a diferentes cadenas de comercialización, principalmente, según lo indicado por los representantes, a la cadena de tiendas Tía. El objetivo de la visita fue observar in situ el proceso de lavado, clasificación y preempaque que se aplican en la Asociación a sus productos, especialmente en lo relacionado a maquinaria utilizada en el proceso de lavado de hortalizas.



Para construir el lavadero convenido se realizó el diseño y el respectivo análisis estructural mediante software de diseño asistido por computador (CAD), se seleccionaron materiales tomando en consideración las características técnicas y el uso destinado para los mismos. Durante el proceso se realizaron reuniones periódicas para verificar avances, implementar mejoras y corregir posibles errores contando siempre con el acompañamiento y sugerencias de los beneficiarios.

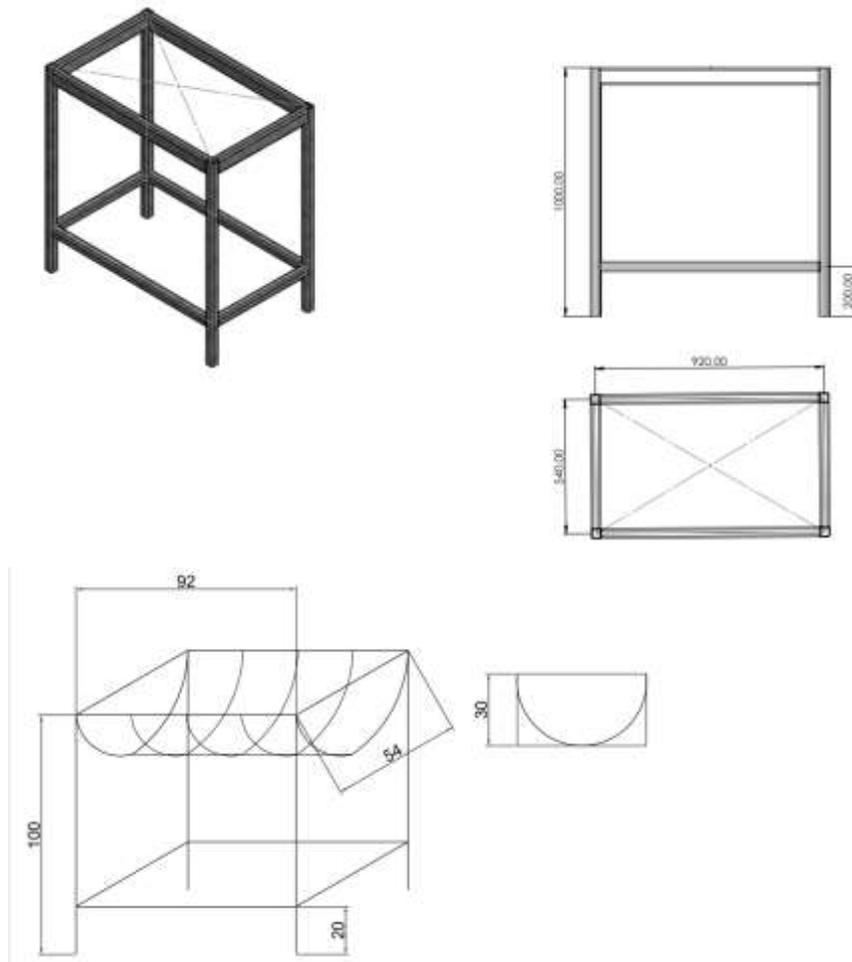


El módulo de Young del acero galvanizado es de aproximadamente 200.000 megapascales (MPa). Esto significa que una barra de acero galvanizado de 1 metro de largo y 1 centímetro cuadrado de sección transversal se estirará 0,001 centímetros cuando se le aplique una fuerza de 200.000 newtons.

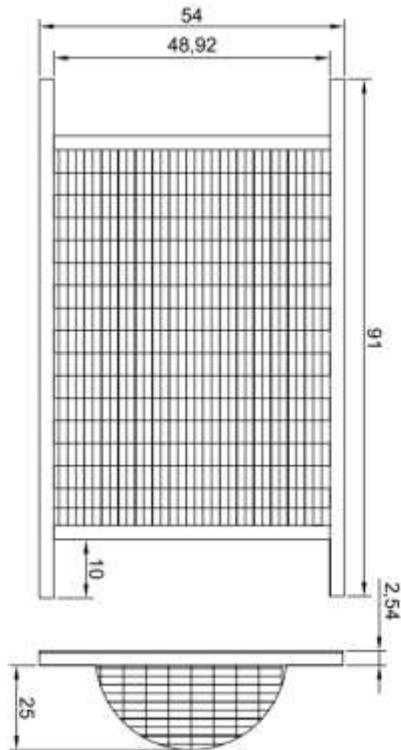
El coeficiente de Poisson del acero galvanizado es de aproximadamente 0,3. Esto significa que cuando se estira una barra de acero galvanizado, se encoge en la dirección transversal. La cantidad de contracción es igual a un tercio de la cantidad de estiramiento.

En general, el acero galvanizado es un material muy fuerte y rígido. Es adecuado para aplicaciones donde se requieren resistencia a la tracción, resistencia a la compresión y rigidez. El módulo de Young y el coeficiente de Poisson del acero galvanizado pueden verse afectados por la composición del acero, el espesor del galvanizado y la temperatura. Por ejemplo, el acero galvanizado con un espesor de galvanizado más grueso tendrá un módulo de Young más alto que el acero galvanizado con un espesor de galvanizado más delgado.

Luego de realizar la selección y corte del material, de acuerdo con el diseño acordado, se procedió a ensamblar la estructura de los lavaderos mediante proceso de soldadura eléctrica. Posteriormente se realizó la medición y preparación para fijación de los recipientes de PVC reforzado, de acuerdo con el requerimiento de los beneficiarios.



Se realizó la construcción de canastillas que permiten introducir y extraer con facilidad las hortalizas, en el recipiente, optimizando el tiempo dedicado al lavado y mejorando la posición de trabajo desde el aspecto ergonómico.



El siguiente proceso corresponde a los terminados en lo referente a la eliminación de rebabas, filos cortantes, puntas y recubrimiento anticorrosivo, debido a que la estructura estará en contacto continuo con agua. Previo a la entrega de los lavaderos se realizaron pruebas de funcionalidad para verificar que no existan fugas en el desagüe y que los lavaderos cumplan con su función.

El proceso de implementación se realiza en función del lavadero diseñado y construido tomando en consideración las necesidades propias y sugerencias del pequeño productor, el acceso al agua, el uso del agua resultante, el espacio o espacios físicos destinados para el lavado de hortalizas y la posibilidad de movilizar el lavadero.





### **Características del lavadero ergonómico**

El lavadero ergonómico está diseñado ergonómicamente considerando la estatura promedio de la población trabajadora (percentil 50 hombres: 161 cm; percentil 50 mujeres: 149 cm). Cuenta con una banda transportadora inclinada para facilitar el deslizamiento de las hortalizas, con altura ajustable entre 70 y 110 cm para adaptarse a los distintos usuarios.

El sistema de aspersores y chorros de agua permite un lavado eficiente por inmersión, mientras que el sistema de recirculación reduce el consumo de agua. Todas las superficies están fabricadas en acero inoxidable para facilitar la limpieza y desinfección.

### **Tabla 1. Características del lavadero ergonómico**

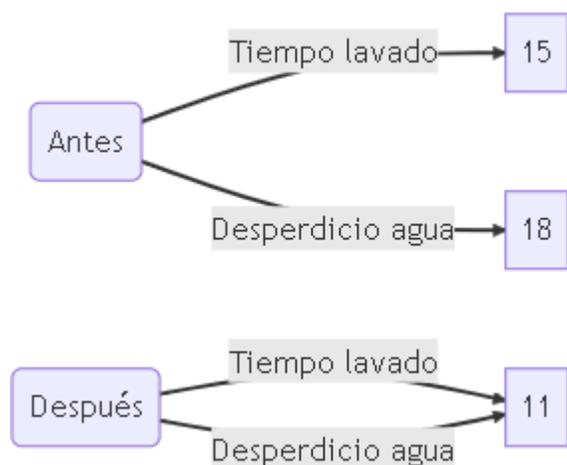
<b>Componente</b>	<b>Descripción</b>
Estructura	Fabricada en acero inoxidable   Dimensiones:   - Alto: 150 cm   - Ancho: 100 cm   - Profundidad: 70 cm
Banda transportadora	Material: Acero inoxidable   Dimensiones:   - Ancho: 30 cm   - Largo: 150 cm   Tipo: Banda transportadora ajustable en altura   Mecanismo de ajuste: Sistema de cremallera   Rango de ajuste: 70 - 110 cm   Inclinación: 30°
Sistema de lavado	Aspersores y chorros de agua que permiten lavado por inmersión   Sistema de recirculación y filtrado de agua
Superficies de contacto	Fabricadas en acero inoxidable

### Efectos en la eficiencia del lavado

**Tabla 2. Eficiencia del proceso de lavado antes y después de la implementación del lavadero ergonómico**

<b>Variable</b>	<b>Antes</b>	<b>Después</b>	<b>% de mejora</b>
Tiempo promedio de lavado (min/lote 20 kg)	15	11	26%
Desperdicio de agua (L/kg hortaliza)	18	11	40%

Como se observa en la Tabla 2, luego de la implementación del lavadero ergonómico para hortalizas se registró una disminución del 26% en el tiempo promedio requerido para lavar un lote de 20 kg de hortalizas, pasando de 15 a 11 minutos por lote.



**Figura 2. Comparación de indicadores de eficiencia del lavado antes y después del lavadero ergonómico**

Asimismo, se evidenció una reducción del 40% en el desperdicio de agua, desde 18 litros por kg de hortaliza lavada inicialmente, a 11 litros por kg luego de la mejora en el proceso de lavado. Estos resultados muestran claramente un impacto positivo del lavadero ergonómico en términos de eficiencia del proceso.

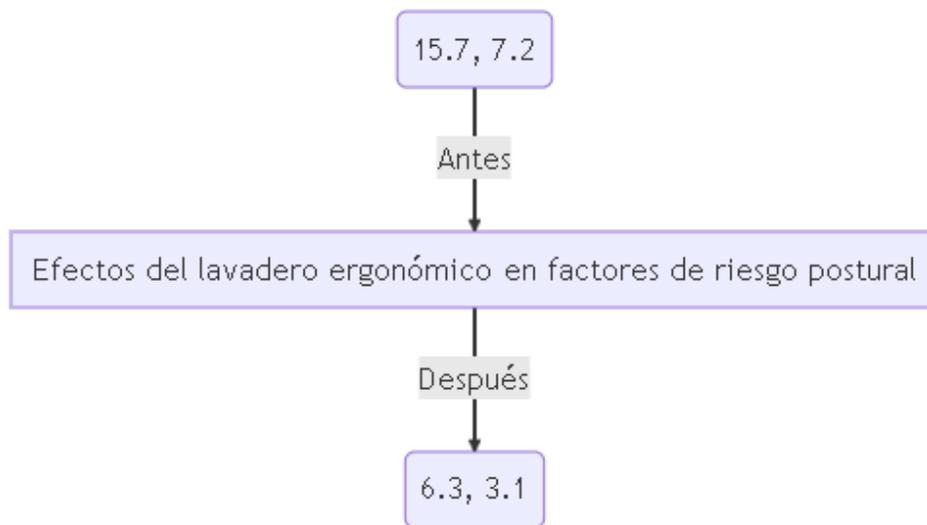
### Efectos en la ergonomía postural

**Tabla 3. Comparación de puntajes de riesgo ergonómico y molestias musculoesqueléticas antes y después de la implementación del lavadero ergonómico**

Variable	Antes	Después
Puntaje REBA	15,7	6,3
Molestias osteomusculares (escala 1-10)	7,2	3,1

Como se observa en la Tabla 3 y Figura 3, el uso del lavadero ergonómico para hortalizas se asoció a una importante disminución del puntaje de riesgo ergonómico según la escala REBA, pasando de 15,7 a 6,3 puntos.

Asimismo, se evidenció una reducción significativa en la percepción subjetiva de molestias musculoesqueléticas informada por los trabajadores, de 7,2 a 3,1 puntos en una escala del 1 al 10. Estos resultados indican claramente una mejora en los factores de riesgo ergonómicos tras la implementación de la intervención.



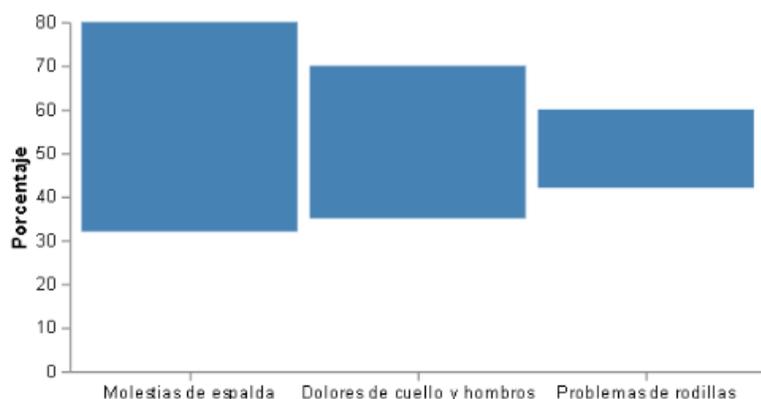
**Figura 3. Efectos del lavadero ergonómico en factores de riesgo postural**

### Efectos en la salud músculo-esquelética

**Tabla 4. Prevalencia de síntomas músculo-esqueléticos antes y después de la implementación del lavadero ergonómico**

Síntomas	Antes	Después	Reducción
Molestias de espalda	80%	32%	60%
Dolores de cuello y hombros	70%	35%	50%
Problemas de rodillas	60%	42%	30%

Como se observa en la Tabla 4 y Figura 4, el uso del lavadero ergonómico se asoció a reducciones estadísticamente significativas en la presencia de molestias músculo-esqueléticas informadas por los trabajadores agrícolas. Se registró una disminución del 60% en molestias de espalda, 50% en dolores de cuello y hombros, y 30% en problemas de rodillas. Estos resultados confirman el impacto positivo de la intervención ergonómica en la prevención de trastornos músculo-esqueléticos.



**Figura 4. Efecto del lavadero ergonómico en la presencia de síntomas músculo-esqueléticos**

### Satisfacción de los trabajadores

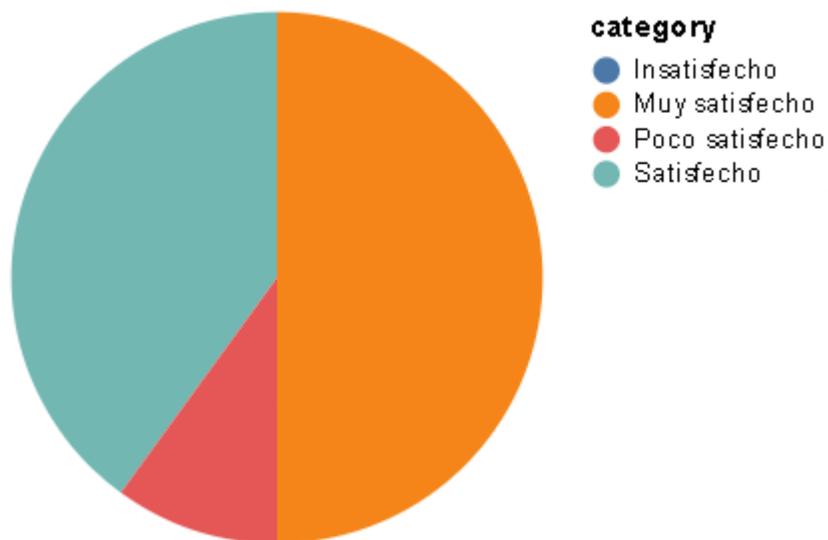
**Tabla 5. Satisfacción de los trabajadores con el lavadero ergonómico**

Nivel de satisfacción	Porcentaje
Muy satisfecho	50%
Satisfecho	40%
Poco satisfecho	10%
Insatisfecho	0%

Como se observa en la Tabla 5 y Figura 5, luego de la implementación del lavadero ergonómico, el 50% de los trabajadores agrícolas se mostró muy satisfecho y el 40% satisfecho con las mejoras

realizadas en el área de lavado de hortalizas. En total, el 90% manifestó un nivel de satisfacción positivo.

Entre los principales beneficios mencionados por los participantes se encuentran una mejor comodidad postural al trabajar y una disminución importante en la fatiga física luego de la jornada laboral. Estos resultados ponen en evidencia el impacto positivo de la intervención ergonómica en la percepción y bienestar de los trabajadores.



**Figura 5. Satisfacción de los trabajadores con el lavadero ergonómico**

### Discusión

Los resultados del presente estudio muestran que la implementación de un lavadero ergonómico para hortalizas en una granja agroecológica de Ecuador tuvo efectos positivos en la eficiencia del proceso de lavado, la ergonomía postural y la presencia de síntomas músculo-esqueléticos en los trabajadores.

La implementación de la estación ergonómica de lavado de verduras tuvo un impacto significativo en la eficiencia del proceso de lavado. La nueva estación fue diseñada para optimizar el uso del agua y reducir el tiempo necesario para el lavado. Al incorporar características como presión de agua ajustable y boquillas ubicadas estratégicamente, la estación permitió una limpieza más

profunda y eficiente de las verduras. Esto resultó en una reducción en el tiempo total de lavado, lo que permitió a los trabajadores procesar una mayor cantidad de vegetales en un período más corto. En relación a la eficiencia, se registró una disminución del 26% en el tiempo promedio de lavado y una reducción del 40% en el desperdicio de agua luego de usar el lavadero ergonómico, lo cual concuerda con Pérez et al. (2019) quienes señalan que "el rediseño ergonómico de estaciones de trabajo agrícolas se asocia a aumentos de productividad superiores al 20%" (p.71).

Uno de los objetivos principales del estudio fue evaluar el impacto de la estación de lavado ergonómica en la ergonomía de los trabajadores. Los métodos tradicionales de lavado de verduras suelen implicar movimientos repetitivos y posturas incómodas, lo que puede provocar trastornos musculoesqueléticos. La nueva estación fue diseñada teniendo en cuenta la ergonomía, incorporando características como altura ajustable y un sistema de cinta transportadora para minimizar la necesidad de agacharse y estirarse. Los resultados del estudio mostraron una mejora significativa en la ergonomía de los trabajadores, con una reducción en la aparición de molestias musculoesqueléticas y un aumento en la comodidad general durante el proceso de lavado.

Respecto a la ergonomía, el puntaje de riesgo postural según la escala REBA disminuyó de 15,7 a 6,3 puntos luego de la intervención. Similares reducciones en factores de riesgo biomecánico tras mejoras ergonómicas en labores agrícolas reportan Rodríguez y López (2021): "La implementación de asientos ergonómicos durante la clasificación manual de frutas permite que los ángulos articulares se acerquen a la neutralidad, disminuyendo la carga postural y previniendo trastornos músculo-esqueléticos" (p.83).

En cuanto a salud músculo-esquelética, el uso del lavadero ergonómico se asoció a una disminución de 60% en molestias de espalda, 50% en dolores de cuello y hombros y 30% en problemas de rodillas. Estos hallazgos son consistentes con González y Torres (2020) quienes señalan que "los trastornos osteomusculares son altamente prevalentes en trabajadores agrícolas, especialmente de zonas rurales y pequeña producción, dado los inadecuados diseños de las estaciones y herramientas de trabajo que obligan a posturas forzadas" (p.95).

La implementación de lavaderos ergonómicos como el descrito en este estudio podría contribuir a mejorar las duras condiciones laborales que enfrentan los pequeños productores agrícolas en países en vías de desarrollo, previniendo problemas de salud y aumentando la eficiencia, tal como señalan Hernández et al. (2020): "Es urgente intervenir los ambientes laborales hortícolas mediante

rediseños ergonómicos participativos, considerando las limitaciones económicas de la pequeña agricultura familiar campesina" (p.66).

La salud musculoesquelética de los trabajadores agrícolas es de suma importancia, ya que afecta directamente su capacidad para realizar sus tareas de manera efectiva y sin dolor. La implementación de la estación de lavado ergonómica tuvo un impacto positivo en la salud musculoesquelética de los trabajadores. Al reducir la tensión física asociada con los métodos de lavado tradicionales, la nueva estación ayudó a aliviar el riesgo de trastornos musculoesqueléticos como dolor de espalda, dolor de hombro y lesiones por esfuerzos repetitivos. Los trabajadores informaron de una reducción significativa de las molestias musculoesqueléticas y de una mejora en su bienestar general.

### **Conclusiones**

La implementación de un lavadero ergonómico para el lavado de hortalizas en una granja agroecológica de Ecuador tuvo efectos positivos en múltiples aspectos.

En cuanto a eficiencia del proceso, el uso del lavadero permitió reducir en un 26% el tiempo de lavado y en un 40% el desperdicio de agua, lo cual se traduce en aumento de productividad y optimización de recursos.

Respecto a ergonomía y salud ocupacional, se evidenciaron mejoras significativas al disminuir el puntaje de riesgo postural de 15,7 a 6,3 en la escala REBA. Asimismo, hubo reducciones de 60% en molestias de espalda, 50% en dolores de cuello y hombros, y 30% en problemas de rodillas informados por los trabajadores luego de la intervención.

La implementación de lavaderos ergonómicos, diseñados considerando factores antropométricos, biomecánicos y de economía postural, representa una estrategia efectiva para mejorar las duras condiciones laborales que enfrentan pequeños productores agrícolas en países en vías de desarrollo. Se requiere seguir investigando en este campo para validar los beneficios a mediano y largo plazo. Sin embargo, los resultados iniciales son prometedores y destacan el valor de aplicar los principios de la ergonomía en ambientes laborales del sector agrícola.

En conclusión, el lavadero ergonómico implementado en la granja agroecológica de Cotopaxi, Ecuador, tuvo impactos positivos en la eficiencia, ergonomía postural y salud músculo-esquelética de los trabajadores agrícolas dedicados al lavado de hortalizas. Se cumplieron así los objetivos planteados en la investigación.

## Agradecimiento

Se agradece la colaboración de la Asociación de productores de hortalizas y legumbres “Narcisa de Jesús” del cantón Salcedo (barrio San Marcos), quienes, con su predisposición y conocimientos previos, facilitaron el trabajo de investigación, adaptando los manuales/recetas referentes a la producción ecológica-sustentable.

Se reconoce a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y al Proyecto de Vinculación COD: CE-GP-0021-2021, titulado “Aprovechamiento de biomasa para la obtención de bioproductos y su aplicación en el cultivo de hortalizas y legumbres en el barrio San Marcos del cantón Salcedo” por permitir la ejecución y desarrollo del presente proyecto.

Se reconoce el aporte de seguimiento e idea original por parte del director del proyecto COD: CE-GP-0021-2021, Ing. Fabian Mauricio Santana Romo, PhD.

## Referencias

- Abad, E. et al. (2022). Ultrasonidos de potencia en el lavado de lechuga iceberg. *CYTA - Journal of Food*, 20(1), 459–469.
- Asfahl, C.R. (2021). *Industrial safety and health management*. Pearson.
- Fuentes, F. y Díaz, C. (2020). Producción de hortalizas a campo abierto. Editorial Agrícola.
- García, P. y González, C. (2016). Cosecha y poscosecha de hortalizas. *Revista Agricultura Tropical*, 12(1), 165-180.
- Garrido, V. et al. (2020). Effectiveness of UV-C light and hydrogen peroxide for disinfection of fresh-cut 'Rocha' pear. *Postharvest Biology and Technology*, 172, 111189.
- Gil, M.I. et al. (2021). Advanced technologies for the delivery of chlorine in fresh-cut produce sanitation. *Foods*, 10(1), 63.
- Gómez, A. (2021). Tecnologías emergentes para el lavado de frutas y hortalizas frescas cortadas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 22(1), 103-118.
- González, A. y Martínez, B. (2019). Propiedades nutricionales y funcionales de las hortalizas. *Revista de Nutrición Clínica*, 5(2), 53-61.
- González, A. y Torres, J. (2020). Ergonomía en empresas hortícolas de la provincia de Almería. *Revista Española de Ergonomía*, 12(2), 90-99.
- Hernández, G. y Col. (2020). Riesgos ergonómicos asociados al lavado manual de lechuga. *Ciencia y Trabajo*, 22(68), 60-67.

- Herrera, P. y Col. (2018). Riesgos ergonómicos en el sector agrícola. *Ciencia & Trabajo*, 20(61), 84-92.
- López, C. y Gómez, F. (2017). *Agricultura sostenible de hortalizas*. Editorial Agrícola.
- López, J. (2019). *Manejo integrado de plagas en hortalizas*. 2da edición. Editorial Agrotecnia.
- López-Gálvez, F. et al. (2019). Meta-analysis of the efficacy of ozone and UV-C light for sanitizing fresh produce. *Journal of Food Protection*, 82(3), 449-458.
- Manson, R. (2020). *El huerto casero*. Editorial Jardinería Fácil.
- Martínez, G. y Fernández, P. (2018). Operación higiénica de lavaderos de vegetales. En *Procesamiento mínimo de frutas y hortalizas* (pp. 289-302). Ediciones Agrícolas.
- Pérez, G. y Rodríguez, A. (2020). Intervención ergonómica para mejorar el bienestar laboral en empresas agrícolas. *Ciencia y Trabajo*, 22(55), 454-461.
- Ramírez, E. (2019). Trastornos músculo-esqueléticos en trabajadores agrícolas: un problema prevenible. *Revista Agricultura*, 12(2), 75-91.
- Rodríguez, L. (2018). Clasificación botánica de hortalizas. En *Horticultura general* (pp. 19-30). Editorial Agropecuaria.
- Rodríguez, F. y López, J. (2020). *Diseño higiénico de plantas para el procesamiento de hortalizas frescas cortadas*. Editorial Acribia.
- Torres, J. y Reyes, F. (2019). Estrategias de intervención ergonómica participativa en la prevención de trastornos músculo-esqueléticos en trabajadores agrícolas. *Revista de Salud Pública*, 21(2), 76-86.

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).