

DOI

<https://doi.org/10.29393/EID7-2DESM20002>



DISEÑO ERGONÓMICO DE HERRAMIENTA MANUAL PARA LA COSECHA DE YUCA CON UNA METODOLOGÍA DE ERGONOMÍA PARTICIPATIVA Y CODISEÑO

ERGONOMIC DESIGN OF A HAND TOOL FOR CASSAVA HARVESTING WITH A CO-DESIGN METHODOLOGY AND PARTICIPATORY ERGONOMICS

Sandra Milena Muñoz-Nuñez*
Juan Carlos Velásquez-Valencia**

Resumen: De los trabajos realizados a nivel del mundo en los diferentes sectores económicos, se encuentra el trabajo agrícola manual, tareas desarrolladas principalmente en el sector rural, con el propósito de cultivar la tierra, que incluye actividades como la preservación de semillas, la siembra, el control de plagas, la recolección o cosecha de productos y el manejo manual de materiales, donde uno de los factores relevantes es que la mayoría de las tareas se realizan con base en el esfuerzo humano. En esta investigación se pretende dar a conocer el resultado de la evaluación de carga física en la ejecución de la tarea de cosecha yuca y la metodología de ergonomía participativa y codiseño utilizada para el desarrollo de una herramienta manual para esta tarea, donde su eje central es la comprensión e inclusión de las necesidades y las expectativas de los usuarios, desde ergonomía participativa en la concepción del producto. En pro de disminuir el factor de riesgo biomecánico, se trabajó mediante el proceso de codiseño aplicado, el cual está integrado por ocho etapas prácticas de creación, con ergonomía participativa, que incluye trabajo sincrónico en escenarios presenciales de campo, con 6 trabajadores que ejecutan la tarea y que participaron en el desarrollo de la herramienta, el cual obtuvo como resultado una propuesta de rediseño en la cual se integraron condiciones ergonómicas que contribuyen a la disminución del riesgo de posturas y mejor percepción de comodidad y disminución de esfuerzo. Al finalizar la investigación el principal hallazgo está el involucrar a los usuarios desde las primeras etapas de un proceso de desarrollo tecnológico; esto permite un correcto entendimiento de las necesidades y los deseos con relación al desempeño de su actividad laboral. El estudio también muestra que es posible mitigar los factores de riesgo, y al hacerlo, concebir una herramienta mucho más cómoda y con mejores características de calidad ergonómica.

Palabras clave: Ergonomía, diseño de equipos, seguridad y salud en el trabajo, tecnología agrícola.

Abstract: From the work performed worldwide in different economic sectors, we find manual agricultural work, tasks developed mainly in the rural sector, with the purpose of cultivating the land, which includes activities such as seed preservation, sowing, pest control, collection or harvesting of products and manual handling of materials, where one of the relevant factors is that most of the tasks

*Universidad Santiago de Cali. Cali, Colombia. Correo electrónico: sandramunozn@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-9456-6326>

**Universidad del Valle. Cali, Colombia. Correo electrónico: juan.carlos.velasquez@correounalvalle.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0139-0680>

are performed based on human effort. The purpose of this research is to present the results of the physical load evaluation in the execution of the cassava harvesting task and the participatory ergonomics and co-design methodology used for the development of a manual tool for this task, where the central axis is the understanding and inclusion of the needs and expectations of the users, from participatory ergonomics in the conception of the product. In order to reduce the biomechanical risk factor, we worked through the applied co-design process, which is integrated by eight practical stages of creation, with participatory ergonomics, which includes synchronous work in face-to-face field scenarios, with 6 workers who perform the task and who participated in the development of the tool, which resulted in a redesign proposal in which ergonomic conditions that contribute to the reduction of the risk of postures and better perception of comfort and reduction of effort were integrated. At the end of the research the main finding is the involvement of users from the early stages of a technological development process; this allows a correct understanding of the needs and desires in relation to the performance of their work activity. The study also shows that it is possible to mitigate risk factors, and in doing so, to conceive a much more comfortable tool with better ergonomic quality features.

Keywords: Ergonomics, equipment design, occupational health and safety, agricultural technology.

Recepción: 18.03.2025 / Revisión: 06.04.2025 / Aceptación: 29.04.2025

Introducción

El trabajo agrícola manual, se caracteriza por la ejecución de tareas que se desarrollan principalmente en el sector rural, con el propósito de cultivar la tierra, que incluye actividades como la preservación de semillas, la siembra, el control de plagas, la recolección o cosecha de productos y el manejo manual de materiales, donde uno de los factores relevantes corresponde a que la mayoría de las tareas se realizan con base en el esfuerzo humano, (Nag PK et al., 2002) (Lumbaque, 2021). Según la Organización Internacional del Trabajo, de los factores de riesgo presentes en este tipo de tareas el principal es el riesgo biomecánico, por las demandas físicas inherentes en la actividad laboral agrícola, como el uso inadecuado de las diferentes herramientas y equipos, las posturas estáticas prolongadas, las posiciones corporales inadecuadas, el transporte de carga pesada, los trabajos repetitivos y los horarios laborales demasiado largos, entre otros (Lumbaque, 2021).

De acuerdo con las cifras de este sector económico relacionadas con enfermedad laboral, se sabe que existe una alta prevalencia de enfermedades laborales asociadas al trabajo en el sector agricultor, (Paunero et al., 2022) (Kearney et al., 2016) (Velásquez et al., 2014) entre otras causas, por la alta demanda de carga física a partir de la interacción directa del operario con la tierra, lo cual implica el constante uso de esfuerzo físico en conjunto con la utilización de herramientas manuales (Mondragón, 2015). Lo anterior resalta la importancia de abordar este tipo de problemáticas y de brindar soluciones oportunas que cobijen a los trabajadores promoviendo bienestar, a las organizaciones, y a la productividad, con el propósito de mitigar riesgos que pueden desencadenar el patologías asociada al sistema musculoesqueléticas, que ocupa el primer lugar en el mundo (Paunero et al., 2022).

Colombia es un país con un alto potencial en la agricultura, de acuerdo a las cifras del

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, a nivel nacional, en enero de 2025, el número de personas ocupadas en Colombia aumentó en 878.000 personas (+4%) alcanzando los 22,9 millones de ocupados; mientras que la tasa de desempleo se redujo a 11,6% mejorando en 1,1 puntos porcentuales frente a enero de 2024. En labores de la agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca, personas con una alta exposición a riesgos laborales y lesiones relacionadas con el trabajo (Kearney et al., 2016) (Barneo-Alcántara et al., 2021). Según la revista Colombia Agrícola en su edición de enero del 2025 indica que el sector agropecuario colombiano continua demostrando su importancia como generador de empleo, al alcanzar cifras récord en enero de 2025, cuando el número de personas ocupadas alcanzó los 4,8 millones, lo que representó un aumento de 267.000 personas (+5,9%), en comparación con enero de 2024. Esta cifra no solo refleja un crecimiento significativo, sino que constituye la mayor cifra de ocupados en el sector rural para un mes de enero desde 2001. Este avance se produce en un contexto de mejora en la tasa de desempleo en el sector rural, que se ubicó en 8,6%, la más baja en los últimos 6 años para un mes de enero.

Por su parte, el Consejo Colombiano de Seguridad y el Observatorio de la Seguridad y Salud en Colombia muestra que, en el primer semestre de 2022, este sector ocupa el segundo lugar en accidentes de trabajo, por debajo del sector de minas y canteras, y el segundo en enfermedades laborales. Cabe resaltar que esto es únicamente para trabajadores formales afiliados al Sistema General de Riesgos Laborales; sin embargo, se presume que esta cifra es mucho mayor, ya que se estima que la tasa de informalidad rural es del 83,6% en el 2023. Así mismo, se debe tener en cuenta que uno de los factores que influyen en el aumento de las enfermedades laborales en el sector agrícola obedece a las características de las herramientas usadas, ya que en su mayoría aún son de tipo tradicional o con características rudimentarias ausentes de criterios ergonómicos incluso aspectos fundamentales de seguridad.

Durante 2020 el sector agrícola colombiana particularmente el sector yuquero fue impactado por instrumentos de política como el apoyo al transporte para comercialización (Resolución 131 de 2020) y el Programa de Apoyo a la Compra de insumos (Resolución 169 de 2020) y el programa de apoyo a la producción agropecuaria, principalmente en los departamentos de Bolívar y Meta, lo que ha movilizado el aumento de la producción del tubérculo, según el Dane en el 2024 dentro del sector agrícola la yuca es el quinto bien agrícola que más se produce en el país después de la caña de azúcar, el plátano, la papa y el arroz; gracias a que Colombia ocupa el tercer país entre las naciones más biodiversas del mundo, debido a que tiene una ubicación geográfica privilegiada, con favorables condiciones climáticas, por su amplia variabilidad de pisos térmicos y microclimas, lo cual permite que a lo largo del año se cultiven diferentes productos. Dentro de estos cultivos la yuca tiene una gran importancia, según el reporte del año 2021 por parte del Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural obtuvo una siembra de 218.521 hectáreas, en Colombia se produce en los 32 departamentos, sin embargo es predominante en la costa atlántica, los llanos y el Cauca; donde se ha constituido como la base de alimentación de las poblaciones indígenas nativas del continente, y en nuestro país en los departamentos como Vichada, Gaviare, Guainía y Amazonas se da predominantemente como cultivos de traspatio o subsistencia.

Para el desarrollo tecnológico en la agricultura se usan diferentes metodologías, pero cada vez es más común utilizar aquellas donde se incluyen diversos actores en los procesos de

innovación, tanto en la colaboración como en aquellos donde se involucra el desarrollo de soluciones en espacios de co-creación, para hacerles frente a los problemas sociales de alta complejidad (Taborda, 2023). De esta manera, en los últimos años han aumentado el número de metodologías basadas en estrategias para la generación de actividades conjuntas entre los actores (trabajadores y empresas), tales como la ergonomía participativa y el diseño centrado en el usuario (User Centered Design), la ergonomía participativa y el diseño centrado en el humano (Human Centered Design), el Design Thinking y el Farmer-Center Design, donde la inclusión efectiva de los campesinos en los procesos de diseño se logra si se seleccionan los enfoques correctos de codiseño, en función de las posibilidades o capacidades de los usuarios (Taborda, 2023). Así, el Design Thinking o pensamiento de diseño es una de las más populares que se integra con la ergonomía participativa. El Design Thinking nació en los años ochenta como una forma nueva para crear productos y tecnologías; sin embargo, actualmente su potencial radica en la capacidad que posee para resolver problemas como errores de diseño, apoyo en tareas manuales por medio de herramientas que disminuyan el esfuerzo humano, transformación de herramientas con criterios ergonómicos y se de seguridad de manera efectiva y eficiente, ya que prioriza las necesidades de los usuarios sobre otros aspectos. De esta manera, la principal característica del pensamiento de diseño es que está centrado en el ser humano y difiere de los métodos tradicionales al no tener un proceso lineal, ni secuencial (Design Thinking).

Con base en lo anterior, el diseño de productos es una disciplina transversal que requiere del diseño y la ergonomía como catalizadores para llegar a comprender mejor las necesidades y expectativas de los usuarios (Design Thinking). Para innovar es necesario guiarse por ambos aspectos, dos términos que tienen connotaciones diferentes: según Donald Norman, las necesidades es lo que requiere la persona, mientras que los deseos es lo que ellos consideran necesario. Por tanto, según (Norman, 2013) un objeto bien diseñado no solo tiene como propósito satisfacer una necesidad funcional por la cual es concebido, también debe despertar el deseo del usuario por utilizarlo y conservarlo. Así, los deseos están ligados a la cultura, la imagen, el grupo social y la educación de las personas, entre otros aspectos sociales, y son tan importantes como las necesidades mismas). Por tanto, Gatsi sugiere que es necesario comprender la lógica detrás del comportamiento tradicional de los pequeños campesinos al usar las innovaciones, lo cual haría más eficiente los desarrollos tecnológicos futuros (Gatsi et al., 2012), previo a pensar en incluir análisis soluciones tecnologías tener un claro análisis de la actividad. Lograr un balance entre los principios y la práctica, entre las necesidades, las capacidades físicas y socioeconómicas de los campesinos (Velásquez, 2014), y que se tengan presente sus deseos, propicia la aceptación, adopción y satisfacción de nuevos productos con características innovadoras. Teniendo en cuenta lo anterior, es fundamental conocer las demandas y capacidades musculoesqueléticas de los campesinos, que ha provocado el deterioro de su salud por el uso de herramientas manuales no acordes con la antropometría y las características propias de su actividad laboral.

En ese sentido, este artículo se presenta la metodología de codiseño aplicada para el desarrollo de una herramienta manual con características ergonómicas para la cosecha de la yuca. La evidencia muestra que existen efectos positivos al implementar soluciones de diseño basadas en resultados científicos. En este caso, cuando se incluyen parámetros ergonómicos que luego se traducen en un menor esfuerzo mientras se realiza la actividad, una mayor

productividad para la industria (Sarrapia et al., 2024).

El artículo socializa un proceso metodológico que facilita la concepción del producto con actividades prácticas sincrónicas que involucra a los usuarios, y su posterior transferencia tecnológica, haciendo eco en la afirmación: “las soluciones se desarrollan mejor cerca de donde se implementan” (Sarrapia et al., 2024). Se espera que las herramientas respondan a las demandas de los campesinos.

Materiales y métodos

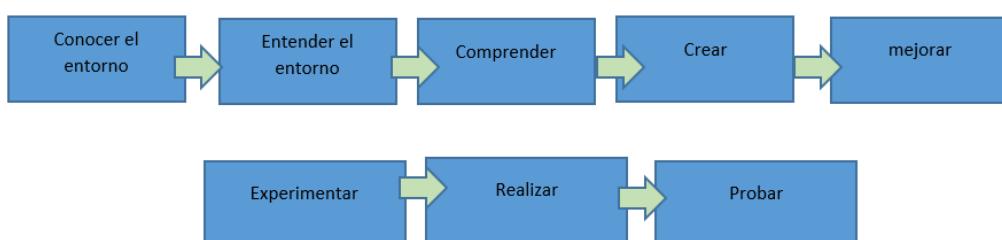
El proceso de codiseño aplicado consta de ocho etapas prácticas de creación, con trabajo conjunto en escenarios presenciales, de reunión y de trabajo de campo, la metodológica empleada se basa en un proceso de diseño participativo, enfocado en la comprensión de las necesidades y los deseos de los usuarios. La participación de los trabajadores hace fundamental desde la primera etapa del proceso de diseño, con el propósito de propiciar la transferencia tecnológica desde la concepción del producto mismo.

En este estudio se realiza en una empresa, donde se realiza la actividad de cosecha de yuca, donde los trabajadores que lo realizan son de género masculino, se toma una muestra de 6 trabajadores, mayores de 18 años, sin patologías diagnosticadas asociadas al tronco ni miembros superiores. Son trabajadores agrícolas con conocimiento y experiencia en la tarea (experiencia mayor a un año). La investigación siguió los lineamientos de la Declaración de Helsinki (1995), el reporte de Belmont y la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia, donde se especificaba el propósito de la prueba, la forma que se desarrollaría, los derechos de declinar su participación en cualquier momento, la privacidad en la toma y el tratamiento de los datos, y demás apartes conforme a lo estipulado en el marco ético legal internacional y colombiano, que garantizan la protección de los derechos, la seguridad y el bienestar de los sujetos, así como los requisitos básicos para desarrollar investigación en humanos.

La investigación se desarrolló con la aprobación de la empresa en la que se realizó la actividad, como parte de la asesoría en gestión del riesgo biomecánico.

A continuación, se presenta la propuesta metodológica y el proceso llevado a cabo para el desarrollo tecnológico de una herramienta manual tipo azadón con mecanismo de palanca con el propósito de disminuir el esfuerzo al arrancar la yuca del suelo.

El proceso de codiseño propuesto consta de ocho etapas prácticas de cocreación, con trabajo conjunto sincrónico, en escenarios presenciales.



1. Conocer el entorno

Inicialmente, desde un enfoque sistémico se hace un análisis de la actividad donde se revisaron y analizaron las características del contexto de estudio, en tres jornadas de trabajo. Se inició con un prediagnóstico desde la observación inicialmente sin verbalización para, de manera global, revisar las diferentes formas en que se realiza la actividad, si se usan herramientas, tipo de herramientas tradicionales o comerciales, esfuerzos (desde la observación como cambios en la mimética facial) ambiente, rendimiento, etc., posterior a esto se hace verbalización donde se indaga en la percepción del esfuerzo, exigencia de la tarea, formas y variabilidad de estas.

En un segundo tiempo, se realizó una inmersión siguiendo los lineamientos del Design Thinking, como la mejor ruta para obtener la comprensión de la población objetivo a través de actividades presenciales en su contexto, realizando reuniones de escucha tipo mesa redonda con el fin de identificar emociones, sentimientos y el valor cultural de la tarea, que se realiza de forma manual y la posibilidad de incluir una herramienta manual que disminuyera el esfuerzo, al sintetizar la información de esta mesa redonda, se identificaron patrones comunes que se repetían, para, de esta manera, analizar los resultados del proceso de inmersión. Lo anterior se efectuó bajo el precepto de que los objetos no solo poseen funciones prácticas, sino también estéticas, indicativas que orientan su uso, y simbólicas, que conectan con los valores del contexto sociocultural (metodología etnográfica).

De forma paralela, se realizó una documentación en tres aspectos: revisión de la literatura y de la normatividad, bajo un enfoque basado en la evidencia (Gatiso, Normas técnicas colombianas, leyes muy enfocadas desde el riesgo biomecánico y desde el diseño de herramientas manuales), mediante una búsqueda de productos con características similares a nivel regional, nacional e internacional. En la Tabla 1 se pueden observar los lineamientos de diseño obtenidos a partir de la documentación, como son las tendencias, las oportunidades de innovación, las restricciones de diseño y los descriptores o criterios ergonómicos que se deben considerar.

Tabla 1. Lineamientos de diseño obtenidos en la revisión literaria

Lineamiento	Características	Fuentes de documentación
Tendencias	Marcan el estilo o concepto que se encuentra en el mercado y brinda información sobre el producto	Revisión de herramientas en el mercado, así como de patentes y comerciales
Oportunidades de innovación	Son los diferentes atributos de valor en los productos y beneficios para los trabajadores, con el fin de obtener novedades o detalles a mejorar	
Restricciones	Orientan y limitan la toma de decisiones Facilitan la interpretación de la información.	Una restricción puede ser el costo, y tecnología en su uso
Aspectos ergonómicos	Asociados al confort del uso de la herramienta, incluir variables puntuales que pueden hacer más fácil la aceptación de la herramienta	Marco legal, investigaciones en sectores agrícolas, ergonomía participativa y diseño, dimensiones antropométricas, pruebas de usabilidad, etc.

2. Entender el contexto local

Con el fin de poder percibir con claridad el contexto local, se inició con un diagnóstico, que se hizo por medio de un estudio exploratorio y observacional en campo, para generar información referente a las diversas especificaciones de los operarios sobre los requisitos de la tarea, por medio de la observación, se recopilaron datos cualitativos que permitieron estudiar las tareas y los procesos que los operarios realizan la cosecha de yuca y se definieron las características de la actividad laboral bajo dos enfoques: el primero, de uso y simbólico, que responde a la interfaz humano Producto, y el segundo, funcional y técnico, que responde a la interfaz producto-cultivo.

El análisis de la interfaz humano-producto se llevó a cabo por medio de un estudio de determinantes de exposición (aspecto de uso), que tiene como propósito identificar y cuantificar las diferentes fuentes de riesgo generadas durante la actividad, para así comprender estos factores y poder generar controles efectivos. Bajo un análisis de causalidad, se relacionaron los comportamientos observados en la actividad laboral (en función de cada una de las tareas que la componen), a los cuales, bajo la experticia del investigador, se les atribuyen las posibles causas (demandas y características de la actividad) y las consecuencias sobre el operario (posturas forzadas, y posible aparición de molestias a nivel del sistema musculo esquelético). Las tareas estudiadas fueron cuantificadas mediante el método sistema de análisis de trabajo Ovako (Ovako Working Analysis System, owas). Este método permite valorar la carga física que se presenta en las actividades laborales, en categorías de riesgo. Posee cuatro niveles donde el 4 es el más alto, y significa que la carga causada por esta postura tiene efectos dañinos sobre el sistema musculo esquelético y específicamente en la zona lumbar (Kivi & Mattila, 1991). Se registró un ciclo de trabajo de 5 minutos, a través de grabación de video, y este se dividió cada 20 segundos. Se obtuvieron, en promedio, 30 fotografías por participante, para un total de 180 fotografías analizadas, correspondientes a las posturas asumidas por los operarios durante la ejecución de la tarea de arranque de yuca.

El análisis descriptivo de los datos muestra que el trabajo de arrancar la yuca se encuentra en un nivel de riesgo superior a 2, donde el 45 % de las posturas asumidas por los trabajadores se hallan en un nivel de riesgo 4, y el 32,1 %, en un nivel de riesgo 2. De forma paralela, se realizó una entrevista semiestructurada sobre los factores emocionales del producto (aspecto simbólico), con el fin de establecer la identidad y la representación cultural de la tarea para ellos.

Con los insumos obtenidos por observación, se tiene información necesaria para el análisis de la interfaz producto-cultivo, la cual se esquematizó mediante un diagrama de afinidad (aspecto funcional), que permitió comprender el sistema general de la actividad laboral y establecer de forma estructurada los patrones encontrados y las relaciones entre ellos. Finalmente, se realizó un diagnóstico que incluyó información sobre los materiales de los elementos, los procesos productivos para su fabricación, las especificaciones técnicas y las posibles restricciones, de uso como condiciones del suelo, lluvias, etc. altura de corte y tipo de corte.

3. Comprender las necesidades de los usuarios

Para entender de forma clara a los trabajadores que realizan la tarea, se inició con un proceso

de definición de diseño, que se caracterizó por establecer la información a aplicar en el proceso de concepción, a partir de la definición del problema y de las funciones que tendría la herramienta, teniendo en cuenta que ellos ya habían venido trabajando en ideas no documentadas, La definición del problema de diseño se realizó mediante un esquema tipo causa-efecto, que permitió analizar el problema a resolver, y permitió establecer hacia donde se encaminara el diseño, que disminuyera el esfuerzo realizado en la tarea y que la herramienta permitiera que la tarea fuera efectiva.

Por otro lado, las funciones de la herramienta fueron identificadas mediante el Function Analysis System Technique Diagram (diagrama fast), que permitió analizar la estructura funcional del sistema por medio de la descomposición de la función principal del producto en subfunciones, lo cual posibilitó hacer un análisis segmentado, para brindar una respuesta oportuna y completa de las necesidades de los operarios. Como uno de los aspectos más importantes es involucrar la voz, el sentir de los trabajadores en el proceso de diseño, se realizaron las reuniones de ergonomía participativa llamadas en este proyecto sesiones de cocreación en campo, en el taller de la empresa y por medio de diseños realizados por la ingeniera mecatrónica como modelos, la actividad se realizaba en tres momentos:

- **En el primer momento** se formularon preguntas con respecto al perfil de los trabajadores que realizan la actividad, para la definición de los diferentes perfiles de usuario que se utilizarían la herramienta.

- **El segundo momento** fue realizado bajo la técnica lluvia de ideas, técnica utilizada desde etnografía y desde diseño centrado en el usuario como en ergonomía participativa como un ejercicio colaborativo para la generación de ideas o búsqueda de soluciones en conjunto (32).

En este bloque se plantearon preguntas relacionadas con las funciones principal y secundarias del producto que se desarrollaría con el fin de involucrar a los actores identificados que ejecutan la actividad laboral. Además, sobre la viabilidad que ellos ven en desarrollar una herramienta que haga la tarea de menor esfuerzo.

De esta forma, se obtuvieron diferentes ideas sobre generar una herramienta que difiera de la forma actual en que se realiza la tarea, que incluya materiales, formas de agarre, dimensiones etc.

- **En el tercer momento** se registró una entrevista bajo la pregunta: “Describa qué sienten en una experiencia de comodidad (Grupo A) o incomodidad (Grupo B) en el uso de la herramienta”.

La información obtenida entre los participantes y la literatura fue unida y depurada, con lo que se obtuvo un listado de descriptores para evaluar la percepción de los operarios en la etapa de verificación.

A partir de la identificación y la comprensión del sistema y las funciones del producto, (herramienta) se definieron los requerimientos de diseño, en los cuatro aspectos analizados anteriormente: usos, simbólicos, funcionales y técnicos, como las variables cualitativas o cuantitativas que deben cumplirse en la solución de diseño. Así mismo, se generaron los parámetros de diseño, a través de dos fuentes de información: las revisiones llevadas a cabo

en la etapa de planeación, y las respuestas obtenidas por medio de la voz de los operarios en las diferentes actividades desarrolladas.

Para finalizar la etapa 3, se consolida los conceptos de solución obtenidos a partir de las sesiones de cocreación en un diagrama morfológico. Esta herramienta de diseño fue creada por (Fritz Zwicky, 1996). Este es un método analítico-combinatorio que tiene como objetivo resolver el problema de diseño mediante el análisis de las partes que lo componen. En este caso, son las funciones del producto, para generar diversas combinaciones, su análisis y posibilidades creativas.

4. Crear alternativas de solución pensando en los trabajadores

Para analizar el nivel de incidencia de cada uno de los conceptos propuestos a partir de la voz de los trabajadores o usuarios, con el fin de poder realizar un proceso de selección de una alternativa conceptual. Esta fase tuvo como objetivo elegir la alternativa más idónea acorde a las muestras realizadas (incluyendo las que han venido trabajando a través del tiempo), pero dentro de este proyecto se consideraron las que tenían una mejor viabilidad técnica, funcionalidad y con la deseabilidad manifestada por los trabajadores.

Las combinaciones se esquematizaron en dibujos de información que, según la Sociedad de Diseño Industrial de América (Infectious Diseases Society of America, IDSA), utilizado que permiten comunicar características de manera rápida y eficaz, mediante el uso de anotaciones y gráficos de apoyo (Industrial Designers Society of America.) después de esto se realizó la depuración inicial, para tener una alternativa de solución, posteriormente, se procedió a establecer una clasificación de las funciones de la herramienta que responda a las necesidades de los usuarios y a la actividad por las cuales fueron creadas. Cabe resaltar que no existe una taxonomía reconocida para clasificar los productos, ya que la captación sensorial de las cualidades morfológicas de un producto, la valoración de sus funciones y las emociones que le desencadenan los usuarios se dan por la lectura e interpretación que se hace de él en un entorno determinado (Mondragón, 2011)

En este caso, el sector en que el que se trabajó fueron los productores de yuca de una empresa en el Valle del Cauca.

La información obtenida anteriormente brindó la línea base para hacer un análisis de valor, de forma que, con el mínimo costo, se aseguren todas las funciones que el usuario requiere y cumpla con los requerimientos técnicos planteados. Por tanto, posterior a la clasificación de las funciones, se otorgó un grado de importancia a cada una de ellas, obtenido a través de la voz de los operarios. A cada uno de los participantes se le formuló la pregunta: “¿Qué tan importante es para usted la siguiente función en una escala de 1 a 10, donde 1 es la menos importante y 10 la más importante?”. De esta manera, el equipo de investigación obtuvo una ponderación en un valor porcentual de 0 a 100%. Una vez calificadas las funciones, los miembros del equipo investigador procedieron a realizar una calificación de su cumplimiento técnico de cada una de las alternativas de solución con relación a las funciones y subfunciones establecidas.

Esto, con el fin de seleccionar los mejores componentes para la alternativa conceptual final de diseño.

5. Probar los conceptos para determinar la solución

Para comprobar los conceptos planteados, se da inicio con la selección de los componentes del producto, a partir de las alternativas conceptuales con mejor valoración, y así poder hacer un proceso de verificaciones de su configuración, que igual se podrían ir modificando acorde a las pruebas de usabilidad, con base en Los comentarios obtenidos de las personas para las que se está haciendo el diseño y, así como los resultados de los métodos de evaluación.

De esta forma, las verificaciones con prototipos fueron realizadas bajo dos enfoques principales: los aspectos de uso y simbólicos (interfaz humano-producto), con la herramienta el propósito fue simular experiencias de una actividad a través de un prototipo rápido, lo que permitió al grupo investigador probar soluciones con la participación de los trabajadores. En todo momento, los trabajadores que eran los usuarios primarios interactuaron con la propuesta de solución en condiciones semicontroladas. Cabe resaltar que la interacción con la población objetivo es el eje principal del proceso de adaptación del producto, ya que al involucrar a las personas se producen diseños con características de usabilidad superiores que en este caso serían los expertos. La actividad de verificaciones estuvo constituida en dos partes: la primera de percepción (A) y la segunda de simulación (B). La parte A correspondió a la percepción por observación de las características del producto con referencia a unos descriptores previamente identificados. Se utilizó un instrumento tipo diferencial semántico para su análisis y asociación con la percepción del modelo de apariencia, ya que permite relacionar una palabra con el objeto simbolizado que presenta. La parte B correspondió a las prestaciones del producto a propósito de las funciones y tareas previamente identificadas. Las prestaciones de un producto hacen alusión a los atributos o servicios que este proporciona a un usuario para que esté satisfecho después del uso. La actividad fue realizada bajo un proceso de simulación de uso de las tareas en diferentes condiciones de terreno, plantas con diferentes características, donde se les entregó a los participantes un diagrama de uso, con el fin de presentar un esquema gráfico en la circunstancia de que el producto no fuera claro para los participantes. De forma posterior, se hizo entrega a los participantes de un instrumento para la evaluación de las funciones del producto, a partir de una escala psicométrica de siete puntos y un cuestionario dicotómico con relación a la posibilidad de efectuar las tareas previamente identificadas.

Finalmente, se llevó a cabo un análisis de esfuerzos, deformaciones y tracción del comportamiento de la estructura de la herramienta a través de un análisis por elementos, se determinó cuáles son las fuerzas que actúan sobre la herramienta y en qué zonas se aplican. Se utilizó como método de aplicación de fuerza para testear la herramienta de la Food and Agriculture Organization of the United Nations (36), que presenta la forma como se prueba la herramienta, el modo de fijación y las dimensiones a las cuales se les debe colocar la fuerza especificada.

6. Hacer tangibles las ideas

A partir de los resultados del trabajo con ergonomía participativa y las verificaciones, de uso y material se refinó el diseño cad y se procedió al diseño de detalle, donde quedaron determinados todos los componentes del producto y se definieron de manera precisa sus características, como materiales y procesos de manufactura, para la ejecución de su

construcción. Este diseño se logró mediante una producción bajo pedido, la cual es una modalidad productiva que contempla la construcción de un solo producto a la vez, por lo que se considera un proceso de mano de obra intensiva, que continuara siendo realizado en el taller de la empresa por el mismo trabajador, pero con los criterios definidos, que lograban disminuir la carga física mientras se realizaba la tarea y la percepción de confort por menor esfuerzo.

7. Experimentar prototipos funcionales

A partir del prototipo funcional desarrollado se realizó un proceso de aplicación cuasi experimental, donde su objetivo fue recolectar datos asociados al comportamiento postural del operario y de su percepción de comodidad, a partir del uso de una nueva propuesta de herramienta manual para el arranque de yuca. Se plantearon dos hipótesis del trabajo:

La primera, con respecto a los elementos configuracionales de la herramienta que estuviesen relacionados con las respuestas corporales (interfaz humano Producto), y la segunda, referente a los elementos configuracionales que intervienen en las prestaciones del producto (interfaz Producto-Cultivo). Para la evaluación de carga física se tomaron dos ciclos de trabajo de 20 minutos en dos días diferentes, procurando conservar características del terreno y hora similares. En promedio se obtuvieron 60 registros por día de cada participante, para un total de 120 fotografías analizadas, por medio del programa Kinovea correspondientes a las posturas asumidas por los operarios durante la ejecución de las tareas de cosecha de yuca. El análisis descriptivo de los datos del método OWAS muestra una frecuencia relativa de permanencia en la postura general correspondiente al 73,6 % con una categoría de riesgo igual a 2 (hay posibilidad de que la postura cause daño al sistema musculoesquelético), seguido del 25,7 % de frecuencia relativa en grado 1 (la postura no tiene efectos dañinos en el sistema musculoesquelético).

La percepción de comodidad fue registrada después de finalizar la tarea, por medio de una herramienta subjetiva compuesta por los descriptores identificados en las etapas anteriores. El objetivo fue determinar el grado en que cada descriptor de la herramienta diseñada fue asociado o no con el concepto que tiene el trabajador sobre comodidad.

8. Realizar mejoras al diseño

Los resultados de las evaluaciones tanto de métodos como de percepción de comodidad muestran una oportunidad de mejora en las características del diseño de la herramienta, motivo por el cual se completaron los ajustes puntuales al diseño, con el propósito de mejorar la relación de percepción de comodidad de los descriptores ergonómicos previamente identificados con los resultados tangibles en la herramienta.

Resultados y discusión

Como producto de la propuesta metodológica implementada de este proceso de ergonomía participativa donde se incorporó diseño, evaluaciones con métodos de carga física y evaluaciones de percepción de los colaboradores se llegó al diseño de una herramienta que permitió disminuir las condiciones penosas de la actividad laboral durante su uso. Cada vez

más, se hace énfasis en las necesidades ergonómicas de los usuarios, como son: que el trabajo no cause daño, que el esfuerzo sea mínimo y que se realice cómodamente (Aptel et al., 2002; Marsot et al., 2004).

La herramienta manual para la cosecha de yuca diseñada mostró una disminución del nivel de riesgo biomecánico pasando de una frecuencia relativa en la postura del 45,4 % en grado 4 y 32,1 % en grado 2, al 73,6 % en grado 2 y al 25,7 % en grado 1, lo cual implica que si bien aún prevalece el riesgo postural principalmente por la flexión de espalda (71,2 % de permanencia en la postura, correspondiente a una espalda inclinada mayor que 20°), se lograron mejorar las condiciones posturales para el trabajo.

La literatura nos muestra que el cambio tecnológico es la principal fuente de crecimiento de la productividad agrícola (Aweke et al., 2021; Djoumessi et al., 2021) Sin embargo, existen nuevas tecnologías que se han desarrollado con el propósito de mejorar el agro, pero en sus intervenciones no se consideran las necesidades y deseos de los trabajadores y campesinos. Este fenómeno se presenta, en parte por una ausencia de profundización en la comprensión de las preferencias del usuario primario y sus capacidades tecnológicas (Masiero et al., 2016). Lo anterior se traduce en una débil aceptación por parte del agricultor y en una posible interrumpida continuación de los desarrollos tecnológicos con características innovadoras (Steinke, 2022).

Según Oestergaard (2022) y Briggs et al. (2022), vigilar la salud osteomuscular de los trabajadores, por medio de mediciones y mejoras en las condiciones del trabajo por parte de los empleadores, contribuye de forma potencial a garantizar costos mínimos de ausentismo y presentismo en el futuro. De este modo, hay evidencia que ha demostrado que los desórdenes musculoesqueléticos se encuentran asociados con una capacidad laboral reducida y, por consiguiente, con una baja productividad entre los trabajadores (Skovlund, 2020). De esta manera, el impacto del dolor musculoesquelético es significativo en la actividad laboral (Oakman, 2022), siendo el dolor lumbar la principal causa de vivir años con discapacidad (Vos et al., 2020) y un motivo común de abandono laboral prematuro (Crawford, et al., 2020).

La comodidad en la postura durante la tarea de arrancar la yuca con la ayuda de una herramienta que es constituida por un sistema de encabado con ángulo variable, el cual permite configurar la inclinación entre el tallo y el cabo, a partir de las características antropométricas de los trabajadores y de las demandas propias de la actividad. Esto, con la finalidad de propiciar una postura adecuada para el trabajo y contribuir con la disminución de la flexión pronunciada de columna. Lo anterior concuerda con los hallazgos de Fathallah et al., quienes encontraron que mejorar la postura de trabajo tiene un impacto significativo en la prevención primaria y particularmente secundaria del dolor lumbar, donde la minimización de las molestias puede contribuir a la reducción del riesgo de trastornos musculoesqueléticos (Dul et al., 1994).

El confort en el uso de las herramientas manuales es inversamente proporcional a la productividad, reduciendo la satisfacción en el trabajo (Kuijt et al., 2007) Además, las herramientas manuales ergonómicamente bien diseñadas pueden reducir el riesgo de lesiones ocupacionales de las extremidades superiores. También proporcionan un trabajo

cómodo para los trabajadores, que puede verse reflejado en una mayor satisfacción en el trabajo y en ofrecer una alta calidad del producto a los consumidores (Sperling et al., 1993).

Conclusión

El objetivo de este artículo fue mostrar la metodología de ergonomía participativa y de codiseño utilizada para el desarrollo de una herramienta manual, enmarcado en una metodología de diseño participativo y centrada en el usuario. En ese sentido, el presente estudio involucró a los usuarios desde las primeras etapas del proceso, como mecanismo para una real comprensión de sus necesidades y deseos. Se obtuvo una nueva propuesta de herramienta con calidad ergonómica, dado que reduce el riesgo postural durante su uso. De esta manera, se espera, que la transferencia tecnológica sea más efectiva, dado que los trabajadores estuvieron involucrados en todas las etapas del proceso de diseño y desarrollo. Adicionalmente, se logró el involucrar a los usuarios desde las primeras etapas del proceso, como mecanismo para una real comprensión de sus necesidades y deseos, y propiciar, de esta forma, la transferencia tecnológica efectiva del producto.

Referencias

- Apud, E., Gutiérrez, M., Maureira, F.; Lagos, S., Meyer, F., & Chiang, M.T. (2002). Guía para la evaluación de trabajos pesados. Con especial referencia a sobrecarga física y ambiental. Universidad de Concepción. Chile Concepción. Chile: Trama. 268 p.
- Aptel M, Claudon L, Marsot J. Integration of ergonomics into hand tool design: Principle and presentation of an example. *Int J Occup Saf Ergon.* 2002;8(1):107-15. DOI: <https://doi.org/10.1080/10803548.2002.11076518>
- Aweke CS, Hassen JY, Wordofa MG, et al. Impact assessment of agricultural technologies on household food consumption and dietary diversity in eastern Ethiopia. *J Agric Food Res.* 2021;4:100141. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100141>
- Barneo-Alcántara, M., Diaz-Pérez, M., Gómez-Galán., Carreño-Ortega, A., & Callejón Ferre, A. J. (2021). Musculoskeletal Disorders in Agriculture: A Review from Web of Science Core Collection. *Agronomy*,11, 2017. <https://doi.org/10.3390/agronomy11102017>
- Bernardi, B., Abenavoli, L. M., Franco, G., Fazari, A., Zimbalatti, G., & Benalia, S. (2020). Worker's Metabolic Rate Assessment during Weeding. *Calitatea*, 21 (174), 139-141. <https://acortar.link/De6WsW>
- Borz, S. A., Talagai, N., Cheña, M., Chiriloiu, D., Gavilanes Montoya, A. V., Castillo Vizuete, D. D., & Marcu, M. V. (2019). Physical Strain, Exposure to Noise and Postural Assessment in Motor-Manual Felling of Willow short Rotation Coppice. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 40(2): 377–388. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2019.550>
- Castro-García, S. R., Yandún-Burbano, E.D., Freire-Constante, L. F., & Albán-Álvarez, M.G. (2021). Gestión del talento humano: Diagnóstico y sintomatología de trastornos musculoesqueléticos evidenciados a través del Cuestionario Nórdico de Kuorinka. *INNOVA Research Journal*,6(1), 232–245. <https://doi.org/10.33890/innova.v6.n1.2021.1583>
- Consejo Colombiano de Seguridad, Observatorio de la Seguridad y Salud. Accidentes de trabajo y enfermedades laborales en Colombia 1.er semestre de 2022 [internet]; 2022 [citado 2024 oct. 18]. Disponible en: <https://ccs.org.co/atel-col-1er-semestre-2022>
- Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial. Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. http://www.wma.net/s/policy/17-c_s.html
- Delprino, M. R. & Lazzari, F. (2023) Información agrometeorológica INTA EEA San Pedro. <https://linktr.ee/meteointasp> Guía técnica colombiana (GTC 45) 2012. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Perspectivas del sector agropecuario en Colombia. [internet]. 2022 [citado 2024 nov. 17]. pp. 1-7, Disponible en: <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/planes-departamentos-ciudades/220331-Presentacion-general-Asoleche-fin.pdf>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Boletín técnico. Ocupación informal. Trimestre abril- junio 2023. [internet]; 2023 ago. 11 [citado 2024 abr. 27]. Disponible en: <https://www.dane.gov.co/files/operaciones/GEIH/bol-GEIHEISS-abrjun2023.pdf>

- Djoumessi YF. What innovations impact agricultural productivity in Sub-Saharan Africa? *J Agric Food Res.* 2021;6:100228. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100228>
- Gatsi W, Muzari W, Muvhunzi S. The impacts of technology adoption on smallholder agricultural productivity in Sub-Saharan Africa: A review cite this paper related papers the impacts of technology adoption on smallholder agricultural productivity in Sub-Saharan Africa: A review. *J Sustain Dev.* 2012;5(8):69-77. DOI: <https://doi.org/10.5539/jsd.v5n8p69>
- Guía técnica colombiana (GTC 45) 2012. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional.
<https://tienda.icntec.org/gp-guia-para-la-identificacion-de-los-peligros-y-la-valoracion-de-los-riesgos-en-seguridad-y-salud-ocupacional-gtc45-2012.html>
- Hignett, S., & McAtamney, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31,201-205.
<https://www.researchgate.net/publication/12603778> Rapid entire body assessment RE BA
- Industrial Designers Society of America. [Página web] [internet] s. f. [citado 2024 oct. 5]. Disponible en: <https://www.idsa.org/>
- Kearney, G. D., Allen, D. L., Balanay, J. A. G., & Barry, P. (2016). A Descriptive Study of Body Pain and Work-Related Musculoskeletal Disorders Among Latino Farmworkers Working on Sweet Potato Farms in Eastern North Carolina. *Journal of Agromedicine*, 21(3), 234-243.<https://doi.org/10.1080/1059924X.2016.1178613>
- Kivi P, Mattila M. Analysis and improvement of work postures in the building industry: Application of the computerized OWAS method. *Applied Ergonomics*, 1991;22(1): 43-48. DOI: [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(91\)90009-7](https://doi.org/10.1016/0003-6870(91)90009-7)
- Marsot J, Claudon L. Design and ergonomics. Methods for integrating ergonomics at hand tool design Sage. *Int J Occup Saf Ergon.* 2004;10(1):13-23. DOI:
<https://doi.org/10.1080/10803548.2004.11076591>
- Masiero S. The origins of failure: Seeking the causes of design-reality gaps. *Inf Technol Dev.* 2016;22(3):487-502. DOI: <https://doi.org/10.1080/02681102.2016.1143346>
- McAtamney, L., & Nigel-Corlett, E. (1993). RULA: a survey method for the investigation of workrelated upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24(2), 9199.
- Mendieta-Vélez, J.C., & Simbaña-Paz, K.Y. (2022). Riesgos derivados de las actividades laborales en los trabajadores del Vivero Municipal del GAD Chone. Tesis [Grado] para obtener el título de Ingeniería Ambiental. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta, Ecuador. <http://repositorio.espm.edu.ec/handle/42000/1787>
- Ministerio de trabajo, empleo y seguridad social (MTEySS) (2003). Resolución 295. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-295-2003-90396>
- Mondragón Donés S. Aportaciones de la semántica del producto al diseño de herramientas [tesis doctoral]. Castellón de la Plana: Universitat Jaume I [internet]; 2011 [citado 2024 nov 5]. Disponible en: <https://repositori.uji.es/xmlui/handle/10803/81926?show=full>
- Moro., M., Paunero, I., Aguirre-Estrada, J., & Pitton, J. (2023). Prevención del dolor musculoesquelético en trabajadores de dos establecimientos hortícolas, en la provincia de Corrientes, Argentina. *Agrotecnia*, (33), 38-48.
<https://revistas.unne.edu.ar/index.php/agr/article/view/6901>

- Norman D. The design of everyday things. New York: Basic books[internet]; 2013 [citado 2024 nov. 11]. Disponible en: <https://dl.icdst.org/pdfs/files4/4bb8do8aqb3o9df7d86e62ec4056ceef.pdf>
- Oakman J, Weale V, Kinsman N, et al. Workplace physical and psychosocial hazards: A systematic review of evidence informed hazard identification tools. *Appl Ergon.* 2022;100:103614. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103614>
- Paunero, I. E. (2019). Higiene, seguridad y ergonomía en cultivos intensivos. Ediciones INTA. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/5261>
- Paunero, I. E. & Delprino, M. R. (2014). Relevamiento de riesgos laborales en el trabajo en los viveros de San Pedro, Bs. As. En: XXXVII Congreso Argentino de Horticultura. Mendoza, Argentina. 23-26 de septiembre. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/18841>
- Sperling L, Dahlman S, Wikström L, et al. A cube model for the classification of work with hand tools and the formulation of functional requirements. *Appl Ergon.* 1993;24(3):212-20. DOI: [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(93\)90009-X](https://doi.org/10.1016/0003-6870(93)90009-X)
- Skovlund SV, Bláfoss R, et al. Andersen, Association between physical work demands and work ability in workers with musculoskeletal pain: Cross-sectional study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2020;21(1):166. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12891-020-03191-8>
- Steinke J, Ortiz-Crespo B, et al. Participatory design of digital innovation in agricultural research-for-development: Insights from practice. *Agric Syst.* 2022; 195:103313. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aggsy.2021.103313>
- Superintendencia de Riesgos del Trabajo (SRT) (2023). SRT. Res. 30/23 “Especificaciones técnicas sobre carga térmica –estrés por calor”. <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/291179/20230728>
- Superintendencia de Riesgos del Trabajo (SRT) (2022). Estadísticas. Informes, estadísticas y datos sobre el Sistema de Riesgos del Trabajo. <https://www.argentina.gob.ar/srt/estadisticas>
- Taborda Andrade, L. A., Tran, T., Silva Acosta, G. E., & Contreras Valencia, K. V. (2023). Uso, demanda y prospectiva de la producción de yuca en Colombia.
- Viale, G. F. (2016). Propuesta integral de prevención de riesgos del trabajo en la unidad de vivero de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto. [Tesis de Grado]. Universidad FASTA. <http://redi.ufasta.edu.ar:8082/jspui/handle/123456789/1506>
- Villavicencio-Costa, B. P. (2019). Implementación de un sistema semiautomatizado para el corte de forraje, con el fin de minimizar riesgos ergonómicos en la Asociación de Ganaderos de la parroquia. Riobamba. San Juan, provincia de Chimborazo. Tesis [Grado] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Mecánica. <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/10651>
- Velásquez JC, Velásquez DM. Morbilidad laboral en trabajadores del sector agrícola de Colombia. Prevención Integral y ORP Conference [internet]. 2014 [citado 2025 ene. 17]. Disponible en: <https://www.prevencionintegral.com/canal-orp/papers/orp2014/morbilidad-laboral-en-trabajadores-sector-agrícola-Colombia>
- Vos T, Lim S, Abbafati C, et al. Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990-2019: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet.* 2020;396(10258):1204-22. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30925-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30925-9)

Wu, H. C., & Wang, M. J. J. (2002) Relationship between maximum acceptable work time and physical workload. *Ergonomics* 45(4), 280–289.
<https://doi.org/10.1080/00140130210123499>

Zumaque-Melo, L. (2021). Factores de riesgo en trabajadores del sector agrícola, una revisión bibliográfica. Trabajo de grado. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales.
<https://repository.udca.edu.co/handle/11158/4053>



Todos los contenidos de la revista **Ergonomía, Investigación y Desarrollo** se publican bajo una [Licencia Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional](#) y pueden ser usados gratuitamente, dando los créditos a los autores y a la revista, como lo establece la licencia