



Vendedora de periódicos.

León Ruiz (1933)

Crédito: Biblioteca Pública Piloto de Medellín,
(Colección Patrimonial, archivo fotográfico).

CAOTERO: herramienta para el transporte de cacao y su evaluación ergonómica*

Jenny Rodríguez García¹,  Silvia Domínguez²,  Fernanda Maradei³ 

¹ Magister en Ingeniería. Industrial Universidad Industrial de Santander. Colombia. jennykrg@correo.uis.edu.co

² Diseñadora industrial Universidad Industrial de Santander Colombia. dominguezjulianag@gmail.com

³ Doctora en ingeniería línea ergonomía. Universidad Industrial de Santander Colombia. mafermar@uis.edu.co

Resumen

Objetivo: Evaluar la herramienta denominada “CAOTERO”, diseñada con métodos ergonómicos, para el transporte de mazorca de cacao desde la zona de cultivo hasta la zona de fermentación, en cultivos de escala familiar, con el fin de encontrar si con aquella se mitigan la carga sobre la espalda y las posturas forzadas y permitía transportar la carga.

Metodología: Estudio descriptivo transversal, realizado en la vereda San Nicolás Alto, del municipio de Lebrija, Santander, que incluyó 18 cacaocultores que participaron de manera voluntaria. El estudio se realizó mediante un diseño unifactorial, con dos tratamientos: transporte tradicional y la herramienta CAOTERO.

Resultados: Se encontró que la fuerza en el músculo erector de la espalda disminuyó en el 19 % al usar la herramienta CAOTERO respecto al transporte tradicional, permitiendo transportar la carga desde la zona del cultivo hasta la zona de fermentación sobre el terreno con inclinaciones de hasta 30°, cubierto de material vegetal y desniveles a diferentes alturas. Contrario a esto, se halló que la flexión de la espalda aumentó a 58°, lo que constituye un efecto negativo en la salud del trabajador.

Conclusión: Con la herramienta CAOTERO se logra disminuir la fuerza en el músculo erector de la espalda. Además, permite que la carga sea transportada a través de la distribución de la carga sobre otras partes del cuerpo, tales como el sistema mano-muñeca-brazo. Así mismo, se podría seguir trabajando en su mejoramiento, a partir del diseño colaborativo y centrado en las personas, de herramientas ergonómicas, con el fin de mejorar su salud musculoesquelética.

-----**Palabras clave:** ergonomía, factores de riesgo, instrumento agrícola, diseño de equipos, transporte de cacao.



Check for updates



© Universidad de Antioquia

Esta obra se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

* Este artículo deriva de la investigación “Producción combinada de electricidad/calor y su uso en el beneficiado del cacao de escala familiar, usando residuos de poscosecha”, inscrita en la Vicerrectoría de Investigación y Extensión de la Universidad Industrial de Santander. Fecha de inicio: 9 octubre de 2020; fecha de terminación: 9 octubre de 2023. Código de inscripción 2684.

CAOTERO: cocoa transport tool and its ergonomic evaluation

Abstract

Objective: To evaluate the tool called “caotero”, designed with ergonomic methods, for the transport of cocoa pods from the cultivation area to the fermentation area, in family-scale crops, in order to find out if it mitigates the load on the back and forced postures and allows the load to be transported.

Methodology: Descriptive cross-sectional study, carried out in the San Nicolás Alto village, municipality of Lebrija, Santander, which included 18 cocoa farmers who participated voluntarily. The study was carried out using a unifactorial design, with two treatments: traditional transport and the cocoa tool.

Results: It was found that the strength in the erector muscle of the back decreased by 19% when using the caotero tool with respect to traditional transport, allowing the load to be transported from the cultivation area to the fermentation area over terrain with slopes of up to 30°, covered with plant material and unevenness at different heights. On the other hand, it was found that back flexion increased to 58°, which is a negative effect on the worker's health.

Conclusion: With the caotero tool, it is possible to reduce the force on the erector muscle of the back. In addition, it allows the load to be transported through the distribution of the load on other parts of the body, such as the hand-wrist-arm system. Likewise, further work could be done on its improvement, based on the collaborative and people-centered design of ergonomic tools, in order to improve their musculoskeletal health.

-----*Key words:* ergonomics, risk factors, farm implements, equipment design, cocoa transport.

CAOTERO: ferramenta de transporte de cacau e sua avaliação ergonômica

Resumo

Objetivo: Avaliar a ferramenta denominada “caotero”, projetada com métodos ergonômicos, para o transporte de amêndoas de cacau da área de cultivo para a área de fermentação, em lavouras de escala familiar, a fim de descobrir se ela atenua a carga sobre as costas e as posturas forçadas e permite que a carga seja transportada.

Metodologia: Estudo descritivo de corte transversal, realizado no povoado de San Nicolás Alto, município de Lebrija, Santander, que incluiu 18 produtores de cacau que participaram voluntariamente. O estudo foi realizado com um desenho unifatorial, com dois tratamentos: transporte tradicional e a ferramenta de cacau.

Resultados: Verificou-se que a força no músculo eretor das costas diminuiu 19% quando se utilizou a ferramenta caotero em relação ao transporte tradicional, permitindo que a carga fosse transportada da área de cultivo para a área de fermentação em um terreno com inclinações de até 30°, coberto de material vegetal e com desníveis em diferentes alturas. Por outro lado, verificou-se que a flexão das costas aumentou para 58°, o que tem um efeito negativo sobre a saúde do trabalhador.

Conclusão: Com a ferramenta kaoster, é possível reduzir a força sobre o músculo eretor das costas. Além disso, ela permite que a carga seja transportada, distribuindo-a em outras partes do corpo, como o sistema mão-pulso-braço. É possível trabalhar mais para aprimorá-la por meio do design colaborativo e centrado nas pessoas de ferramentas ergonômicas, a fim de melhorar a saúde musculoesquelética.

----- *Palavras-chave:* ergonomia, fatores de risco, ferramenta agrícola, projeto de equipamento, transporte de cacau.

Introducción

La cosecha de cacao en el departamento de Santander, Colombia, es el sistema de producción de mayor importancia en la región [1], presentando un comportamiento positivo en términos de rentabilidad para pequeños cacaocultores, ya que es el segundo departamento con mayor rendimiento a nivel nacional, con 0,46 toneladas/hectárea [2]. Sin embargo, este cultivo representa dos afectaciones negativas abordadas en esta investigación: la primera se relaciona con la contaminación del suelo del cultivo y, por ende, la calidad del cacao, debido a que el cacaocultor únicamente transporta el fruto interno de la mazorca de cacao y deja sobre la tierra la cacota de la mazorca (cáscara del fruto), que, no obstante, al ser aprovechada, puede utilizarse como una fuente energética para la cocción de alimentos [3]. La segunda es una afectación negativa directa en los trabajadores, debido al alto esfuerzo osteomuscular, que amenaza su salud, al realizar la tarea de transportar la carga de hasta 50 kg del fruto “al hombro” (método tradicional de transporte). A esto se suma el que los cacaocultores deben realizar cada uno de estos pasos sobre una montaña con pendientes entre los 25 y los 50°, cubierta de material vegetal muerto y una alta humedad [1].

Es por esto por lo que la manipulación y el transporte de cargas con posturas inadecuadas en este tipo de circunstancias constituye un problema en las largas jornadas de intenso trabajo físico, que dura en promedio 9 horas al día, de lunes a domingo. Estos riesgos afectan la espalda, debido a que el trabajador debe soportar toda la carga sobre el raquis de manera repetitiva, ocasionando sobrecargas musculares que pueden desencadenar, de forma acumulativa o inmediata, dolor de espalda, hombro y cuello, y lesiones en las rodillas [4,5].

De esta manera, se evidencia que los factores de riesgo presentes en esta actividad son el resultado de la manipulación de cargas, posturas forzadas, movimientos repetitivos y muchas horas de trabajo [6], que afectan la calidad de vida de esta población trabajadora.

Al ser el tipo transporte tradicional “al hombro” una de las causas de estas afectaciones que se presentan en el cacaocultor, debido a la falta de mecanización de esta actividad [7], se planteó un proyecto de intervención ergonómica con metodología centrada en las personas, mediante el diseño y la fabricación de una solución que reduzca las demandas físicas de la manipulación de carga en el transporte de la mazorca de cacao desde la zona de cultivo y corte, hasta la zona de fermentación, herramienta llamada “CAOTERO”, con el fin de que no genere carga adicional sobre el raquis del campesino y que le permita transportar la mazorca de cacao.

En este trabajo se especifican los resultados de la evaluación con métodos ergonómicos de la herramienta CAOTERO en condiciones reales en cultivos ubicados en

la vereda San Nicolás Alto, del municipio de Lebrija, Santander, para, de esta manera, tener evidencia que permita responder a la pregunta de investigación: ¿en qué medida CAOTERO permite minimizar el factor de riesgo de carga, mitigar las posturas forzadas y realizar el transporte de la mazorca de cacao?

Metodología

Se plantea un estudio descriptivo transversal con cacaoteros de Santander y simulaciones en *software* ergonómico, que se detallan a continuación.

Criterios de selección de la muestra

Se realizó una evaluación de CAOTERO con una muestra de población masculina entre los 27 y los 59 años de edad, trabajadores en el cultivo y transporte de la mazorca de cacao (cacaocultores), de acuerdo con el rango etario que más representación tienen en el país según la caracterización de productores de cacao 2017-2021 [8], que de manera voluntaria tuvieran la disponibilidad el día domingo (día de descanso de la población campesina) y quisieran utilizar la herramienta propuesta CAOTERO. Como factores de exclusión se consideraron la presencia de lesiones osteomusculares, tales como tendinitis, artrosis, lumbalgia, ciática, escoliosis, fracturas, luxaciones o hernias discales.

Así, se planteó un muestreo no probabilístico por conveniencia, con cacaocultores de Santander que tienen sus cultivos en Landázuri (N = 717), Rionegro (N = 994) y Lebrija (N = 210), ya que son municipios considerados como pequeños productores de cacao, con 5 a 20 hectáreas cultivadas, de acuerdo con la caracterización de productores de cacao realizado por la Federación Nacional de Cacaoteros entre el 2017 y el 2020 [8].

Al identificar estos municipios, se seleccionó el municipio de Lebrija, por la cercanía con la ciudad de Bucaramanga (24 km), lugar en donde se encontraban CAOTERO y los investigadores del proyecto. Allí se realizaron visitas a 3 veredas (Cuzaman, San Nicolás Alto y San Nicolás bajo), encontrando que los cacaocultores de la vereda de San Nicolás Alto estaban interesados en participar.

De esta manera, se determinó la muestra, teniendo en cuenta las consideraciones del estudio de Cardozo [9]: 1) en la vereda de San Nicolás Alto se encontraron aproximadamente 130 predios (registro entregado por el Acueducto San Nicolás Alto y Cordillera en una visita); 2) cada uno de estos predios se visitaron puerta a puerta para conocer cuáles contaban con cultivo de cacao y quiénes estaban interesados en realizar, de manera voluntaria, las pruebas con el CAOTERO; 3) se obtuvo una cantidad de 25 personas interesadas.

Con esta población se determinó un tamaño de muestra de 21 personas, mediante la ecuación de mues-

tra de población finita [9], contemplando un error del 5 % y nivel de confianza de 95 %. Al final se logró obtener datos para el estudio con 18 participantes, debido a que 3 personas desistieron de participar.

El diseño del estudio fue unifactorial, en donde el factor “transporte de la mazorca de cacao” pretendió encontrar si la herramienta propuesta mitigaba la carga sobre la espalda y las posturas forzadas, y permitía transportar la carga de 27 kg desde la zona de cultivo hasta la zona de fermentación de cada finca por cada uno de los participantes del estudio.

Al momento de realizar cada prueba se realizó una grabación de video por participante y se aplicaron autorreportes, especificados en el apartado “Variables dependientes”.

Variable independiente

El factor “transporte de mazorca de cacao” se estableció bajo los siguientes dos tratamientos:

- “Al hombro”. Método tradicional de levantamiento y transporte de un saco de microfibra o balde plástico, ubicado sobre el hombro, como se observa en la Figura 1a. Para tener mayor control en el movimiento, lo sostienen con ayuda de las manos, cuello y cabeza.
- CAOTERO. Herramienta para el transporte de mazorca de cacao mediante un sistema de dos ruedas modificadas, como elemento de transmisión de movimiento sobre el terreno inclinado con material vegetal seco y húmedo. Las dos ruedas modificadas cuentan con giro independiente y un sistema de 6 cilindros que se distribuyen simétricamente sobre su eje, permitiendo moverse sobre los terrenos del cultivo de cacao. CAOTERO se configura a partir del principio de una palanca de primer grado, con dos puntos de apoyo (ruedas) y una ventaja mecánica que permite tirar objetos pesados desde un único punto de accionamiento, como se observa en la Figura 1b.

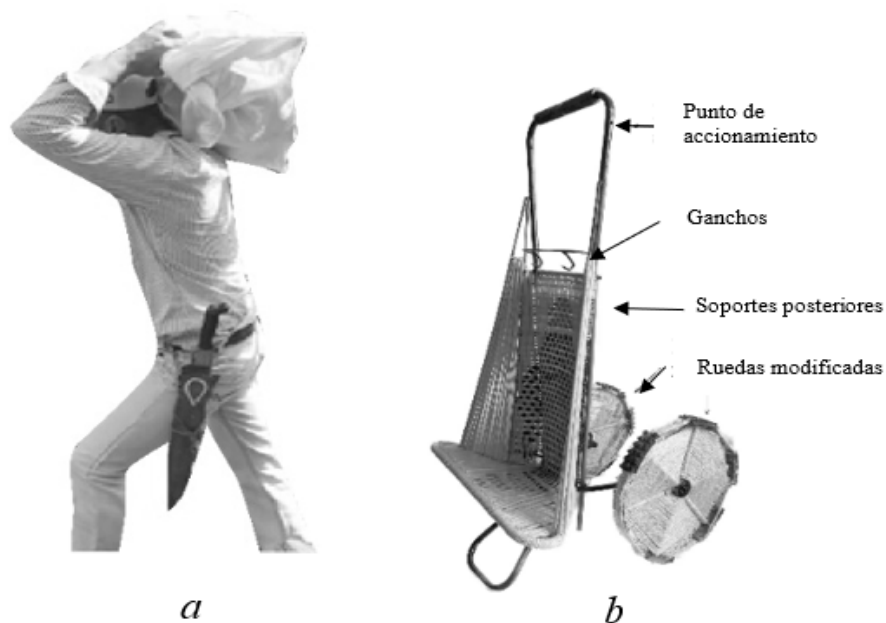


Figura 1. Herramientas para el transporte de la mazorca de cacao. a. Método tradicional de transporte; b. herramienta CAOTERO.

Variables dependientes

A continuación se especifican cada una de las variables independientes que se midieron en el estudio, teniendo en cuenta que la evaluación de la herramienta se ha propuesto realizarla con métodos ergonómicos.

Postura. Con los datos de las imágenes de las grabaciones en campo, en donde cada participante de la muestra de estudio utilizaba CAOTERO, se realizaron las mediciones de los ángulos posturales en la espalda, los brazos y las piernas, utilizando para ello el *software*

Kinovea (Joan Charmant, Versión 2023.1.2, de uso libre) [10], capturando dos momentos (que más se repetían) por participante.

Teniendo esta información, se realizó la simulación de los usuarios en el *software* Jack Task Analysis Toolkit (Siemens, Versión.2011®), tomando como referencia el procedimiento planteado por Blanchonette [11] y ejecutando el método de OWAS (Ovako Working Analysis System), que permite la valoración de la carga física derivada de las posturas globales adoptadas durante el trabajo en la espalda, los brazos y las

piernas [12]. De esta manera se encontraba el nivel de riesgo por cada tratamiento.

Carga. El análisis se basó en el modelo biomecánico propuesto por Irving Herman en su libro *Physics of the Human Body (Física del cuerpo humano)* [13]. De allí se tomó la ecuación para calcular la fuerza del músculo erector de la espalda (FMe), que, como se observa en la Figura 2, corresponde a la fuerza en postura de flexión de la espalda α .

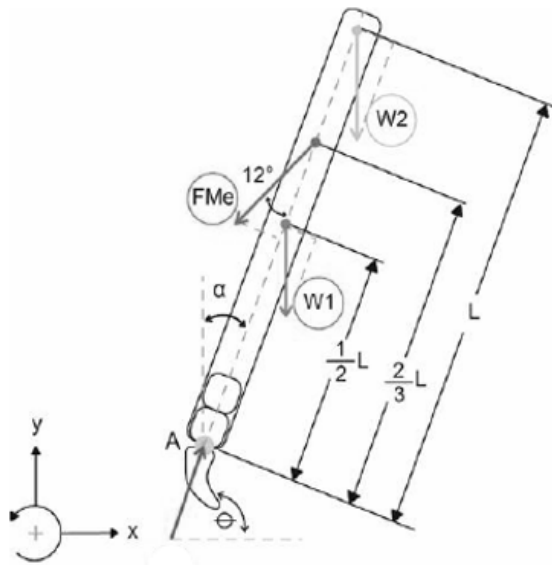


Figura 2. Modelo biomecánico de la espalda. La carga W2 es la parte superior de la espalda (vértebra C1) y el punto A es la última vértebra de la misma (vértebra L5).

En la figura, W1 es el peso del tronco, y W2 es la sumatoria del peso de la cabeza, los miembros superiores y cargas externas.

El procedimiento para hallar las magnitudes de las cargas W1 y W2 se basó en el método PSC (estimación del peso de los segmentos corporales) y la longitud L, perteneciente al largo total de la espalda, se midió por el método LSC (estimación de la longitud de los segmentos corporales), desarrollados en la Universidad Politécnica de Valencia [14,15].

Por tanto, los cálculos se hicieron teniendo como referencia la estatura promedio de 174,2 cm para todos los 18 participantes.

El ángulo de la flexión de la espalda (α) se planteó mediante el promedio de los ángulos encontrados con Kinovea [10] de la variable dependiente “postura”.

- **Eficacia.** Analizada únicamente en la herramienta CAOTERO, debido a que con el método tradicional siempre se realiza de forma exitosa.

Se llevó a cabo la evaluación del porcentaje de usuarios que lograron completar con éxito la tarea del transporte de la mazorca de cacao desde el cultivo hasta la zona de fermentación comprendida desde la ubicación del saco en el CAOTERO y el descargue del mismo.

A esta variable se le asignaron tres niveles: Éxito completo (sin asistencia y sin errores) = 1,0; Éxito parcial (sin asistencia y entre 1 y 2 errores) = 0,5; Fracaso (con asistencia o más de 2 errores) = 0,0.

- **Errores.** Se evaluó la frecuencia de errores cometidos al utilizar la herramienta CAOTERO, considerando cualquier acción que impidiera al usuario completar una tarea de manera eficaz. Se midió el número de errores en conjunto con la evaluación del éxito, para así determinar el desempeño, con el fin de detectar mejoras o ajustes en el diseño, la interfaz o las instrucciones del producto.

Satisfacción. Mediante la herramienta Customer Satisfaction Survey (CSAT) se midió el nivel de satisfacción de los cacaocultores al finalizar la tarea con la herramienta CAOTERO. De esta manera, se establecieron preguntas relativas a la facilidad de almacenamiento de las mazorcas de cacao durante la recolección, la percepción que tuvieron del diseño y de la fabricación del producto, y la comodidad que sintieron durante el transporte de la mazorca de cacao.

Cada una de estas preguntas tiene cuatro posibilidades de respuesta, mediante una escala de tipo categórico, siendo estas: 1. Nada satisfecho/Nada buena, 2. Poco satisfecho/Poco bueno, 3. Satisfecho/Bueno, 4. Muy satisfecho/Muy bueno.

Así mismo, se utilizó la pregunta de la herramienta Net Promoter Score (NPS) para saber si recomendarían el CAOTERO a otros cacaocultores, teniendo 11 posibles respuestas en una escala de 0 a 10, en donde 0 es nada probable y 10 es muy probable.

- **Evaluación técnica. Seguridad.** Una vez terminaban de realizar la tarea, se aplicó una encuesta referente a la seguridad que percibieron de la herramienta CAOTERO, la estabilidad del equipo en el recorrido y la confianza.
- **Evaluación técnica. Análisis por componentes.** En este aspecto se realizó una evaluación en dos niveles (cumple o no cumple) por cada una de las partes del producto, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- **Agarre:** longitud, textura, forma y distancia de ubicación del agarre a la persona en diferentes inclinaciones del equipo.
- **Sujeción de la carga (ganchos):** distancia entre los ganchos, longitud, forma e inclinación.
- **Apoyo de la carga:** dimensión, forma, resistencia de estructura, resistencia del recubrimiento.
- **Sistema de movimiento:** resistencia, estabilidad, movimiento.

- *Soportes*: área de contacto con el suelo, estabilidad, movimiento y ajuste.

Análisis estadístico de los datos

Para las variables cuantitativas como la eficacia, los errores, la satisfacción y la evaluación técnica se realizaron análisis descriptivos, con el fin de conocer el comportamiento de los datos, y con esto, si CAOTERO mitigaba factores de riesgo osteomusculares y permitía transportar la carga.

La variable de carga se analizó mediante el diagrama de cuerpo libre, con los cálculos de los momentos con la sumatoria del momento en el punto *a*. Como constante se utilizó el promedio de la estatura y el peso de los participantes en cada uno de los tratamientos.

El estudio se ajustó a los principios de la Resolución 8430 de 1993 [16], catalogado sin riesgo. Ad ($\sum Ma$)e garantizó la confidencialidad de los datos y el uso de consentimiento informado de cada participante, considerando cada uno de los lineamientos de la investigación con seres humanos o animales contemplados en la Declaración de Helsinki [17].

Resultados

Las características generales de los cacaocultores que desarrollaron la actividad de transporte de mazorca de cacao de forma presencial en sus fincas de la vereda San Nicolás Alto, del municipio de Santander, con cada uno de los tratamientos de la variable independiente

Tabla 1. Características generales de los participantes

Característica*	Promedio (Desviación estándar)
Edad (años)	43 (2,1)
Altura (m)	1,73 (1,2)

* Se tomaron estas dos características con base en los factores de inclusión de la muestra.

(definidos en el apartado “Variable independiente”), se sintetizan en la Tabla 1.

Los datos para cada variable dependiente se obtuvieron del siguiente modo, como se especifica a continuación.

Postura

En este aspecto se encontró que el ángulo de la flexión de la espalda (α) al usar el CAOTERO estuvo en un rango entre 47 y 63°, con un promedio de 58°, mientras

que con el método tradicional, la flexión promedio de la espalda fue de 10,2°, como se observa en la Figura 3. Además, se observó que el peso y la altura promedio de los cacaocultores era de 71 kg y 170 cm respectivamente [18], y la carga a transportar era de 30 kg.

Carga

Teniendo en cuenta el modelo biomecánico de Irving Herman (véase Figura 2), en la Tabla 2 se especifica la ecuación del modelo biomecánico por sumatoria de momentos, los datos para reemplazar en la ecuación al utilizar el CAOTERO y el método tradicional “al hombro”, para, finalmente, reemplazar los valores, obteniendo como resultado el cálculo de la FMe.

Los valores reemplazados se tomaron de la longitud *L* (largo total de la espalda) con un valor 0,50 m [10], por medio del método LSC, teniendo como referencia la estatura promedio de 170 cm. Además, se empleó el método PSC para un peso promedio de 71 kg, estimando la magnitud de las cargas W_1 de 280,38 N y W_2 de 53,31 kg. De esta manera, se obtuvo que la fuerza en el músculo erector FMe al usar la herramienta CAOTERO era de 907,66 N, menor a la utilizada con el método tradicional, de 1122,5 N.

Así se determinó que, al realizar la tarea con los dos tratamientos, hay un aumento de la carga sobre el raquis cuando se transporta la carga con el método tradicional en comparación con lo que sucede con el uso del CAOTERO. Así mismo, que hay una disminución de la FMe al momento de realizar la tarea con la herramienta CAOTERO en el 19,13 % respecto al método tradicional.

Eficacia y errores

Los participantes realizaron la actividad de cosecha sin una capacitación previa del uso del sistema de transporte, esto para no generar sesgos en la medida de errores. De esta forma, mediante el análisis de los videos, se agruparon los resultados obtenidos para calcular el porcentaje de éxito alcanzado en la ejecución de las tareas: 1. Ubicar carga en el espacio de contención del CAOTERO, 2. Transporte de la carga de la zona de cultivo hasta la zona de fermentación, y 3. Descargue en la zona de fermentación. A esta variable se le asignaron tres niveles: Éxito completo (sin asistencia y sin errores) = 1,0; Éxito parcial (sin asistencia y entre 1 y 2 errores) = 0,5; Fracaso (Con asistencia o más de 2 errores) = 0,0.

En la Tabla 3 se observa que, para la tarea 1, se obtuvo un porcentaje de éxito del 72,2 %, con un puntaje total de 13/18 puntos, debido a que 5 participantes no ajustaron la carga sobre la herramienta y no desplegaron los soportes posteriores. Para la tarea 2, el total de los cacaocultores logró llevar la carga desde la zona de cultivo hasta la zona de fermentación. Estos datos revelan que



Figura 3. Ángulos de la espalda según herramienta, usando Kinovea (Joan Charmant, Versión 2023.1.2).

Tabla 2. Resultado del análisis de carga

Modelo biomecánico con base en la Figura 2

$$\sum Ma = 0$$

$$\sum Ma = -\frac{L}{2} \times (W1) \operatorname{sen} \alpha + \frac{2}{3} L \times FMe \operatorname{sen} \theta - L \times (W2) \operatorname{sen} \alpha$$

Medidas	CAOTERO	Método tradicional “al hombro”
L (Longitud de la espalda)	0,50 m	0,50 m
W1 (Peso del tronco)	280,38 N	280,38 N
W2 (Sumatoria del peso de la cabeza y miembros superiores)	73,6 N	159,15 N
α	0,20 Rad	0,20 Rad
θ	1,01 Rad	0,17 Rad
FMe	907,66 N	1122,5 N

Nota: L: (Longitud de la espalda); W1: (Peso del tronco); W2: (Sumatoria del peso de la cabeza y miembros superiores); α : (Ángulo de la flexión de la espalda); θ : (Ángulo del Vector Reacción con el Plano Horizontal); FMe: (Fuerza del Músculo Erector de la espalda)

Tabla 3. Resultados de la eficacia

Tarea	Fracaso (0,0)	Éxito parcial (0,5)	Éxito completo (1,0)	Porcentaje de éxito (%)
1	0	5	13	72,2
2	0	0	18	100
3	0	4	14	88,8

a pesar de que no se ajuste la carga al CAOTERO, esto no afecta el proceso de transporte.

Por último, para la tarea 3, el 88,8 % logró terminarla, pero se presentaron algunos errores referentes a la manera en que lo hacían, ya que recurrían a levantar el saco con las manos y la herramienta permite que se pueda inclinar y ubicar la mazorca sobre el suelo.

Satisfacción

La encuesta CSAT reveló una alta satisfacción de los usuarios con la herramienta CAOTERO en todas las áreas evaluadas. La facilidad de almacenamiento de las mazorcas de cacao durante la recolección, el diseño y la fabricación del producto, y la experiencia y la comodidad en el transporte de la mazorca de cacao obtuvieron una calificación de 3. Satisfecho/Bueno del 100 %. Así mismo, con la herramienta del NPS, sería probable que todos recomendaran el producto a otros usuarios dedicados a la recolección y transporte de mazorca de cacao, teniendo en cuenta que los terrenos de uso no sean tan inclinados, ya que no tuvieron dificultades en su uso.

Sin embargo, los cacaocultores comentaron que, aunque les gustó y les facilitó la labor de cosecha, consideran que se puede transportar más carga, ya que ellos transportan hasta 40 kg en varios recorridos desde el cultivo hasta la zona de fermentación.

Evaluación técnica. Seguridad y por componentes

Los resultados de la encuesta arrojaron que el 83,3 % encontró que la herramienta CAOTERO ofrecía la estabilidad necesaria, otorgándoles confianza al momento de ubicar la carga sobre la herramienta. Por otro lado, el 88,8 % informó que la herramienta les producía seguridad al maniobrarla en terrenos inclinados. Por último, el 100 % afirmó que la herramienta les daba seguridad al momento de transportar la carga sobre el terreno y sobre surcos pronunciados.

Una vez los cacaocultores terminaban de transportar la carga con la herramienta, las investigadoras de este estudio realizaban una inspección técnica para corroborar que cada uno de los componentes de aquella permitiera al cacaocultor realizar la tarea y estuvieran en buen estado. De esta manera, se encontró que del agarre se debía modificar la textura, ya que, al ser un material rígido con ranuras, generaba presiones adicionales en las manos. La distancia de los ganchos y la longitud de los mismos podría reducirse y los soportes posteriores no fueron visibles para los cacaocultores y por esto no los usaron. Por otra parte, la superficie en donde se apoya la carga y el sistema de movimiento no tuvieron ningún problema al ser usados, y junto con su materialidad, no se vieron afectados por el uso.

Discusión

La evaluación de la herramienta CAOTERO permite evidenciar que se logra disminuir la categoría de riesgo postural planteada por el método de OWAS. El sistema tradicional de transporte obtiene un nivel de riesgo cuatro, que requiere tomar acciones correctivas de inmediato, mientras que la herramienta CAOTERO obtiene un nivel dos, planteando acciones correctivas en un futuro cercano. Se debe especificar que debido a la carga que se debe transportar, no es posible disminuir a la categoría de riesgo uno.

Contrario a la disminución del nivel de riesgo, el uso de la herramienta CAOTERO aumentó la flexión de la espalda, pasando de 10,2 a 58° en promedio, lo cual viene siendo un factor negativo para la salud del cacaocultor. Esto, debido a que se pasó de tener una flexión mínima con el sistema tradicional, a un nivel mucho más grande, que se encuentra por fuera del rango permisible de flexión de la espalda, de hasta los 20°, considerada como una postura natural del cuerpo [19,20].

Así, fue posible evaluar el factor de riesgo asociado a la postura por medio de la intervención ergonómica CAOTERO, es decir, la transformación de la actividad para mejorar las condiciones laborales. Esta se realizó por medio de un método observacional como es la toma de videos y la medición de los ángulos posturales. Situaciones de evaluación en el mismo sector productivo se han llevado en el mundo y en el contexto agrícola colombiano, siendo un ejemplo el estudio de Velásquez, Valderrama y Giraldo [21], en donde al analizar la actividad de recolección del látex en plantaciones, encontraron movimientos que causaban trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo en la espalda y las piernas, conduciendo a, en una siguiente etapa, ejecutar intervenciones correctivas mediante intervenciones ergonómicas, entre otras, “la utilización de algunas herramientas que reducen la manipulación de carga pesada” [21], con el fin de reducir la categoría del riesgo. Así mismo, otros estudios señalan que agricultores tienen una prevalencia del 60 % de dolor lumbar, debido a posturas inadecuadas [22], lo que convalida la información obtenida en nuestro estudio.

Por otro lado, la carga que levantan los cacaocultores sobre su raquis oscilan entre los 27 hasta los 50 kg, por lo que es necesario que este peso no recaiga solo sobre el raquis, sino que se distribuya en otras partes del cuerpo. Esto, debido a que la flexión de la espalda con peso es una de las actividades con mayor tendencia a sufrir patologías o fractura en la columna vertebral [23,24]. Tomando este principio de intervención con la herramienta CAOTERO, se logró una disminución de la FMe, pasando de 1122,5 N a 907,66 N. La fuerza con cualquiera de los dos métodos no sobrepasa el lími-

te establecido por el lineamiento del National Institute for Occupational Safety and Health, Estados Unidos de 3400 N, lo cual muestra que no existe posibilidad de que los cacaocultores lleguen a sufrir fracturas en sus vértebras lumbares debido al peso de la carga [23,24].

Así, respondiendo a la pregunta: ¿en qué medida CAOTERO permite minimizar el factor de riesgo de carga y realizar el transporte de la mazorca de cacao?, se encontró que la herramienta propuesta disminuye en un valor promedio de 19 % la fuerza sobre el raquis al momento de transportar la carga, debido a que hace que esta no tenga el soporte directamente sobre el raquis, sino que este sea halado mediante un elemento externo con ayuda del sistema mano-muñeca y brazo. De igual manera, la herramienta cuenta con una ventaja mecánica que ayuda a amplificar la fuerza, por medio del uso de un mecanismo, en este caso, una palanca de primer grado. Esto permite que se incremente el rendimiento y la producción agrícola, además de que podría contribuir a mejorar la productividad de la mano de obra rural [25].

Es importante resaltar que para este sector económico en específico no se han desarrollado productos para cultivos de escala familiar, debido a que las intervenciones se han hecho para cultivos de gran escala, como las garruchas manuales o automatizadas, y carretillas. Así mismo, prevalece el problema relacionado con la falta de mecanización de esta actividad [7] y el abandono del Estado con apoyos económicos para el desarrollo y mejoramiento de la situación laboral en el campo.

En términos de eficacia, frecuencia de errores y satisfacción al utilizar la herramienta CAOTERO, se puede concluir que esta resulta útil para los cacaocultores, ya que les permite realizar las diferentes tareas. Además, que es utilizable, ya que permite efectuar la tarea de manera placentera, simple y efectiva, y se le encuentran un beneficio al hacer su trabajo. Estas afirmaciones se contrastan con principios de la experiencia de usuario en donde se define que un producto debe ser útil para poder utilizarse, y utilizable, para aumentar las posibilidades de uso [26].

De esta manera, herramientas como CAOTERO permiten intervenir actividades en el campo según las características propias de los terrenos en donde se encuentran los diferentes cultivos, en este caso con inclinaciones hasta de 30° y material orgánico húmedo y seco (hojas, ramas, piedras). Así mismo, hay que tomar en cuenta que los cultivos de escala familiar no tienen la misma distribución en las plantas de cacao como sucede con las de plantaciones grandes de forma lineal, debido a que se debe aprovechar al máximo el área. Por tanto, no es posible ubicar elementos fijos sobre estos.

Asimismo, hay que señalar que no es necesaria la implementación de equipos de alta tecnología, ya que al intervenir de manera disruptiva en la cotidianidad de las personas, los productos llegan al desuso. Por esto, este

primer diseño de CAOTERO permite iniciar la intervención para la tarea de transporte de mazorca de cacao y otros productos agrícolas que se cultivan en estas mismas circunstancias, teniendo en cuenta que requiere mejoras y mayor desarrollo para mitigar en mayor medida los factores de riesgo de carga y postura.

Se evidencia, entonces, la importancia de entender las necesidades y limitaciones de los agricultores para poder plantear soluciones con calidad ergonómica, que mitiguen factores de riesgo y les permitan realizar su trabajo de manera más sencilla. Así lo plantea la metodología del diseño centrado en las personas, empleado en la ergonomía, ya que integra diferentes campos de especialización para mejorar el bienestar de las personas, mediante la optimización de la interacción producto-usuario, en pro de la usabilidad, la seguridad y la eficiencia [27,28].

También es importante resaltar que la dificultad de estas intervenciones se ha generado, principalmente, por el difícil acceso a herramientas con apoyo tecnológico, debido a su costo y a que no suplen las necesidades de las características de los cultivos de escala familiar. Por esto, actualmente, no se utilizan maquinarias agrícolas, sino que, a través del uso de diversas herramientas manuales con modificaciones de los propios cultivadores, valiéndose de lo empírico, ejecutan sus actividades [5]. Lo anterior, con el fin de que los agricultores, estimados como el 14,34 % de la fuerza trabajadora colombiana [29], encuentren soluciones que los alejen de la maquinaria y herramientas inadecuadas y en mal estado [30], mediante productos con lineamientos ergonómicos que les permitan mejorar las condiciones laborales y reduzcan los factores de riesgo de sus actividades.

En futuras investigaciones, se recomienda tener en cuenta otras variables, como la evaluación en diferentes irregularidades del terreno, variaciones de carga para observar el comportamiento y la afectación sobre la salud de las personas, e implementar mejoras en el producto, para minimizar el riesgo postural y de carga en un mayor porcentaje. Así mismo, evaluar las posibles afectaciones sobre otras articulaciones del cuerpo, como el hombro, y el sistema mano-muñeca y codo.

Declaración de fuentes de financiación

Financiado por la Vicerrectoría de Investigación y Extensión de la Universidad Industrial de Santander.

Declaración de conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Declaración de responsabilidad

Fernanda Maradei: responsable del enfoque general, dirección del trabajo de investigación y correcciones.
Jenny Katherine Rodríguez García y Silvia Juliana Domínguez González: autoras principales responsables de la ejecución de actividades, análisis y resultados.

Declaración de contribución por autores:

Conceptualización del estudio: Fernanda Maradei

Diseño del estudio: Fernanda Maradei y Jenny Katherine Rodríguez García

Aplicación de métodos: Jenny Katherine Rodríguez García y Silvia Juliana Domínguez González

Análisis de datos: Jenny Katherine Rodríguez García y Silvia Juliana Domínguez González

Redacción del manuscrito: Jenny Katherine Rodríguez García y Silvia Juliana Domínguez González

Revisión y corrección del manuscrito: Fernanda Maradei

Referencias

- Mantilla Blanco J, Argüello Angulo AL, Méndez Aldana H. Caracterización y tipificación de los productores de cacao del departamento de Santander. Bucaramanga: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Corpoica [internet]; 2000 [citado 2024 jul. 23]. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/1926>
- FINAGRO. Ficha de inteligencia: cacao [internet]; 2021 [citado 2024 jul. 23]. https://www.finagro.com.co/sites/default/files/ficha_de_inteligencia_-_cacao.pdf
- Vargas Martínez AF, López Cifuentes JA y Alvarado Gaona ÁE. (2021). Environmental sustainability and waste management in cocoa production systems in the southwest of Boyacá-Colombia. *Ciencia y Agricultura*. 2021; 18(3):47-62. DOI: <https://doi.org/10.19053/01228420.v18.n3.2021.12896>
- Montes E y Ruiz E. Condiciones de trabajo en el cultivo y procesamiento del cacao en Pauna y San Pablo de Borbur (Boyacá) [Trabajo de especialización]. Universidad Distrital Francisco José de Caldas [internet]. 2019 [citado 2024 jul. 23]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11349/14620>
- Vargas K, Bustamante C, et al. Prevención de enfermedades osteomusculares en los agricultores de hortaliza. *Revista Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo* 2023;5(1):76-79. DOI: <https://doi.org/10.15765/gsst.v5i6.3623>
- Matabanchoy-Salazar JM y Díaz-Bambula F. Riesgos laborales en trabajadores latinoamericanos del sector agrícola: una revisión sistemática. 2021; 23(3):337-50. DOI: <https://doi.org/10.22267/rus.212303.248>
- Perfetti JJ, Hernández A, et al. Políticas para el desarrollo de la agricultura en Colombia. Fedesarrollo y Sociedad de Agricultores de Colombia [internet]; 2013 [citado 2023 dic. 5]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11445/61>
- Federación Nacional de Cacaoteros. Caracterización de productores de cacao 2017-2021 [internet]; 2021 [citado 2023 dic. 5]. Disponible en: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrJoiMWYyNzE2YzMtY2F0S00OGJLTkyZmQtNzY3MjM5M2QyZW11IiwidCI6IjFIMTY3MDEwLTgwM2Q2NDA4My1hYzZhLTVINmE0Zjc1YzY2YyYslmMiOjR9>
- Cardozo C, Martín A, et al. Una propuesta para mejorar la experiencia de los adultos mayores con las redes sociales. *Tecnología, Ciencia y Educación* [internet]. 2020 [citado 2024 may. 20]; (16):113-42. Disponible en: <https://www.tecnologia-ciencia-educacion.com/index.php/TCE/article/view/445>
- Puig-Diví A, Escalona-Marfil C, Padullés-Riu JM, et al. Validity and reliability of the Kinovea program in obtaining angles and distances using coordinates in 4 perspectives. *PLoS One*. 2019;14(6): e0216448. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216448>
- Blanchonette P. Jack Human Modelling Tool: A Review. Australian Government [internet]; 2010.
- Diego-Mas JA. Evaluación postural mediante el método OWAS. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia [internet]; 2015 [consulta 2023 oct. 25]. Disponible en: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/owas/owas-ayuda.php>
- Herman IP. *Physics of the human body*. Berlín: Editorial Springer; 2016.
- Diego-Mas JA. Estimación del peso de los miembros corporales a partir del peso del individuo. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia [internet], 2015 [citado 2023 oct. 25]. Disponible en: <https://www.ergonautas.upv.es/herramientas/psc/psc.php>
- Diego-Mas JA. Estimación la longitud de los miembros corporales a partir de la estatura. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia [internet]; 2015 [citado 2023 oct. 25]. Disponible online: <https://www.ergonautas.upv.es/herramientas/lsc/lsc.php>
- Colombia, Ministerio de Salud. Resolución número 8430, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud (1993, oct. 8).
- Asociación Médica Mundial. Declaración de Helsinki de la AMM – Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos [internet]. 1964 [citado 2023 oct. 25]. Disponible en: <https://www.wma.net/es/policies-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicaseen-seres-humanos>.
- Avila-Chaurand R, Prado-León L y Gonzáles-Muñoz EL. Dimensiones antropométricas de población latinoamericana. Guadalajara: Universidad de Guadalajara, Centro de Investigaciones en Ergonomía [internet]. 2007 [citado 2023 oct. 25]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/14486/2018sergioboh%C3%B3rquez4.pdf>
- Ruiz Liard A, Latarjet M. *Anatomía humana*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana S. A.; 2006.
- Karhu O, Kansil P, Kuorinka I. Correcting working postures in industry: A practical method for análisis. *Applied Ergonomics*. 1977;8(4):199-201. DOI: [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(77\)90164-8](https://doi.org/10.1016/0003-6870(77)90164-8)
- Velásquez S, Valderrama S y Giraldo, D. Ergonomic assessment of natural rubber processing in plantations and small enterprises. *Ing. compet.* [internet]. 2016 [citado 2024 jul. 11]; 18(2):233-46. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30332016000200021&lng=en&tng=en
- Maradei F, Ardila CP y Sanabria S. Síntomas musculoesqueléticos en las actividades de cosecha de mora de castilla de Piedecuesta, Colombia. *Hacia Promoc. Salud*. 2019;24(2):91-106. DOI: <https://doi.org/10.17151/hpsal.2019.24.2.8>

23. elton LJ, Riggs BL, Keaveny TM, et al. Structural determinants of vertebral fracture risk. *J Bone Miner Res.* 2007;22(12):1885-92. DOI: <https://doi.org/10.1359/jbmr.070728>
24. Melton LJ III, Riggs BL, Keaveny TM, et al. Relation of vertebral deformities to bone density, structure, and strength. *J Bone Miner Res.* 2010;25(9):1922-30. DOI: <https://doi.org/10.1002/jbmr.150>
25. Pingali PL. Green revolution: Impacts, limits, and the path ahead. *PNAS.* 2012;109(31):12302-8. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0912953109>
26. Interaction Design Foundation - IxDF. Useful, usable, and used: Why they matter to designers [internet]; 2021 [citado 2024 abr. 1]. Disponible en: <https://www.interaction-design.org/literature/article/useful-usable-and-used-why-they-matter-to-designers>
27. Kaya O. Work design in apparel sector. En Korhan O, editor. *Ergonomics - New Insights.* Usak, Turkey: IntechOpen; 2023. pp. 128-66. DOI: 10.5772/intechopen.106960
28. Ibrahim U y Danmaigoro A. Human-computer interaction in agricultural user interfaces. *Int. J. Appl. Sci.* [internet]. 2024 [citado 2024 jul. 11];b2(2):187-98. Disponible en: <https://journal.multitechpublisher.com/index.php/ijasr/article/view/1381>
29. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Principales indicadores del mercado laboral. Noviembre de 2023. Boletín técnico [internet]. 2023 dic. 29 [citado 2024 feb. 10]. Disponible en: <https://www.dane.gov.co/files/operaciones/GEIH/bol-GEIH-nov2023.pdf>
30. Organización Internacional del Trabajo. La seguridad y salud en el trabajo debe sembrarse en el campo colombiano [internet]; 2022 abr. 8 [citado 2023 ago. 8]. Disponible en: <https://www.ilo.org/es/resource/news/la-seguridad-y-salud-en-el-trabajo-debe-sembrarse-en-el-campo-colombiano#:~:text=en%20el%20Trabajo-,La%20seguridad%20y%20salud%20en%20el%20trabajo%20debe%20sembrarse%20en,seguros%20en%20el%20sector%20rural>