

Desarrollo de una herramienta espatadora de cebolla bulbo

Development of a bulb onion topping tool

Claudia Patricia Pérez-Rodríguez¹, Fanny Angélica Torres-Aya², José Eduardo Naranjo-Castillo³, Alejandro Esteban Jaimes-Quiñones⁴, Ricardo Andrés Anzola-Rodríguez⁵

Pérez-Rodríguez, C; Torres-Aya, F; Naranjo-Castillo, J; Jaimes-Quiñones, A; Anzola-Rodríguez, R. Desarrollo de una herramienta espatadora de cebolla bulbo. *Tecnología en Marcha*. Vol. 32, Especial. XIII CLIA. Abril 2019. Pág 28-35.

DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v32i7.4256>

1 Ingeniera Agrícola. Máster en Ingeniería civil. Doctor Rerum Horticulturarum. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. Correo electrónico: cpperezr@unal.edu.co

2 Ingeniera Agrícola. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. Correo electrónico: fatorresa@unal.edu.co

3 Diseñador Industrial. Especialista en proyectos de desarrollo. Máster en gestión de diseño y desarrollo de productos. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. Correo electrónico: jenaranjoc@unal.edu.co

4 Diseñador Industrial. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. Correo electrónico: aejaimesq@unal.edu.co

5 Ingeniero Agrícola. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. Correo electrónico: raanzolar@unal.edu.co



Palabras clave

Eficiencia; ergonomía; riesgo; calidad.

Resumen

La cebolla bulbo, producto importante en la dieta de los Colombianos, presenta en Cundinamarca una producción anual de aproximadamente 53.497 toneladas; posterior a su cosecha es necesario eliminar pseudotallos y raíces, mediante un procedimiento denominado “espatado”. Dentro del subproyecto “Tecnologías y diseño o rediseño de productos que soportan el sistema de operación logística y distribución y desarrollo de un modelo en Bogotá y Cundinamarca”, se evidenció la necesidad de desarrollar una herramienta formal para el espatado de cebolla bulbo, que responda no solo a mejorar la efectividad del proceso y las condiciones ergonómicas, sino también disminuya el riesgo de accidentes laborales permitiendo una adecuada manipulación del producto que redunde en su calidad. Para el diseño de esta herramienta se integraron las disciplinas de la ingeniería agrícola y diseño industrial. La metodología del proceso incluyó la identificación de referentes y determinantes, definición de un concepto y la construcción de un modelo inicial validado en campo. Se vinculó al diseño final de la herramienta, la retroalimentación de los productores con el fin de dar una respuesta integral a sus necesidades. El uso de la herramienta redujo el tiempo para realizar la labor, pasando de 27,75 a 31,5 cebollas/minuto, se mejoró el agarre, facilitó la realización de la tarea, mejoró la postura y se disminuyó el riesgo de daño físico al producto.

Keywords

Efficiency; ergonomics; risk; quality.

Abstract

Bulb onion, an important product in the diet of Colombians, has an annual production of approximately 53,497 tons in Cundinamarca; after harvesting it is necessary to eliminate pseudostems and roots, by means of a procedure called “espatado”. Within the subproject “Technologies and design or redesign of products that support the logistics operation system and distribution and development of a model in Bogotá and Cundinamarca”, the need to develop a topping formal tool for bulb onion that responds not only to improve the effectiveness of the process and ergonomic conditions, but also reduce the risk of accidents at work allowing an adequate handling of the product that results in its quality was evident. For the design of this tool, the disciplines of agricultural engineering and industrial design were integrated. The methodology of the process included the identification of referents and determinants, definition of a concept and the construction of an initial model validated in the field. It was linked to the final design of the tool, the feedback of the producers in order to give an integral response to their needs. The use of the tool reduced the time to perform the task, going from 27.75 to 31.5 onions / minute, improved grip, facilitated the completion of the task, improved posture and decreased the risk of physical damage to the product.

Introducción

Siendo la cebolla bulbo una de las principales hortalizas por su amplio consumo, diversidad, valor nutricional y generador de mano de obra, pues solo en Cundinamarca cuenta con un área sembrada de alrededor de 3783 ha y un rendimiento de 15.4 toneladas por hectárea [1], las

maneras culturales de realizar los procesos de cosecha y poscosecha perduran en el tiempo conservando sus ventajas y desventajas tanto para la salud ocupacional de los productores como para la calidad de los productos. Colombia requiere el desarrollo de herramientas e implementos adecuados a las necesidades de los productores de tal manera que se pueda ofrecer a ellos una solución asequible, desarrollada mediante un proceso en donde se sientan vinculados y por lo tanto puedan adoptar fácilmente las tecnologías propuestas y así mejorar, no solo la eficiencia de sus tareas, sino su calidad de vida al realizarlas.

La cosecha de este producto, así como el corte de hojas y raíces para su posterior almacenamiento se realiza manualmente, dicho proceso se denomina coloquialmente “espatado” en Colombia, “descolado” en Uruguay [2], “desmochado” en Chile [3] o “topping” en Norteamérica [4]. Para el contexto colombiano este proceso generalmente se efectúa con tijeras, cuchillo o herramientas afiladas. La vida comercial del producto y por lo tanto su calidad, se ven afectadas si éste se realiza incorrectamente, dado que quedan heridas y el cuello no termina de cerrarse adecuadamente, hecho que aumenta la susceptibilidad a los ataques por hongos, especialmente *Botrytis Aclada* [5] y bacterias, tomando en consideración además, que “las heridas y golpes producen ruptura de tejidos, lo que ocasiona mayor deshidratación” [3, p. 89], por otro lado el recolector es quién realiza la acción de corte, en posición sedente y con movimientos repetitivos que involucran al dedo pulgar y la fuerza que éste ejerce de afuera hacia adentro, en jornadas de 6 a 8 horas, lo cual perjudica su postura y desempeño físico; así mismo, las herramientas actualmente empleadas en este proceso, son adaptaciones de elementos como espátulas para aplicación de yesos, machetes o navajas, las cuales al no ser diseñadas para esta labor, representan un riesgo para el operario y para el producto pues afectan la inocuidad del mismo. Adicionalmente, se evidencia que con este tipo de herramientas se generan laceraciones en el dedo pulgar y el monte de venus ocasionado por el filo de la herramienta justo después de realizado el corte. Teniendo en cuenta lo anterior el presente artículo tiene como objetivo principal mostrar el desarrollo de una herramienta que permita el corte de pseudotallos y raíces de cebolla bulbo en las máximas condiciones de ergonomía, seguridad y efectividad, integrando tanto el uso de metodologías de la ingeniería agrícola y el diseño industrial, así como a la población afectada para los procesos de validación y comprobación del diseño desarrollado.

Materiales y métodos

En primer lugar, se recolecta información en campo sobre las herramientas y formas de uso actuales para la realización del espatado, posteriormente se realiza una descripción de los determinantes y requerimientos para el proceso de diseño, a partir de los cuales se direcciona el desarrollo de concepto y las primeras alternativas propuestas, además de servir de soporte para verificar y validar los resultados en las etapas de diseño de detalle y arquitectura de producto.

Una vez definidos los requerimientos del diseño, se establece un concepto de diseño basado en tres ejes principales: Funcionalidad, uso y viabilidad, con las cuales se identificaron las principales características que debería tener la herramienta a desarrollar, soportada en vigilancia tecnológica y recolección de información primaria en unidades productivas.

Una vez definido el concepto se dio paso a la etapa de Bocetación inicial, en donde se generaron varias alternativas de las cuales se seleccionó una, la cual fue sometida a un proceso de evaluación, ajustes y render de aproximación, los cuales posteriormente permitieron la construcción de un prototipo físico inicial de baja resolución.

Ya con el modelo físico, se realizaron pruebas de campo con el objetivo de generar, por una parte, un análisis comparativo en cuanto al rendimiento de corte de la herramienta diseñada y la herramienta de uso común a través de formatos donde se registró el número de cebollas procesadas por minuto, y por otro lado, por fotografías y observación directa, un análisis ergonómico determinando las condiciones de usabilidad y la postura de las manos durante la realización de la tarea haciendo uso del método REBA (Rapid Entire Body Assessment)[6].

Las mediciones a realizar sobre las posturas adoptadas se basan en datos angulares (los ángulos que forman los diferentes miembros del cuerpo respecto a determinadas referencias). Estas mediciones se realizaron sobre el Grupo B, establecido por el método REBA (ver cuadro 1) que comprende los miembros superiores (brazos, antebrazos y muñecas), con el fin de comparar el esfuerzo usado por el continuo movimiento del hombro y la muñeca durante el uso de la herramienta actual y la desarrollada, e identificar con cual herramienta se ejerce menor esfuerzo. El valor final proporcionado por el método REBA es proporcional al riesgo que conlleva la realización de la tarea, de forma que valores altos indican un mayor riesgo de aparición de lesiones músculo esqueléticas [6].

Cuadro 1. Puntuación del Grupo B por postura. Método REBA [6].

Postura/rango	Puntaje	Total: Izq. / Der.	
Brazos – Hombros		IZQ:	DER: 4+1+1
Flexión: 0-20° Extensión: 0-20°	1	Brazo abducido: +1	
Flexión: 20-45° Extensión: >20°	2		
Flexión: 45-90°	3	Elevación de hombro: +1	
Flexión: >90°	4	Brazo apoyado: -1	
Brazos – Codos		IZQ:	DER:
Flexión: 60-100°	1	Sin ajustes	
Flexión: <60° Flexión: >100°	2		
Muñecas		IZQ: 1+1	DER: 1+1
Flexión: 0-15° Extensión: 0-15°	1	Muñecas desviadas o rotadas: +1	
Flexión: >15° Extensión: >15°	2		

Finalmente, con base en las validaciones, las observaciones y los resultados obtenidos, se realizaron los ajustes correspondientes y la generación del diseño y prototipo físico final, la metodología utilizada se basó en el proceso de diseño propuesto por Mohd Tamrin, Mohd Yusoff, Mat said, Ng, & Mori [7, p. 2]

Resultados y discusión

El proceso de vigilancia tecnológica, identificó que en la actualidad la remoción de los pseudotallos y raíces se realiza principalmente con tijeras de mano, recortando las hojas superiores a 2 cm arriba del bulbo [8], cuchillos evitando dañar el bulbo [3] o tornillos sin fin

horizontales y alineados como una forma mecanizada, maquinaria para la cual se identificó un alto riesgo de daño para el producto, especialmente para las cebollas recién cosechadas [2]; teniendo en cuenta el hecho de que la mayoría de cebolla que se produce en Colombia se comercializa en fresco, sin ser sometida a procesos de curado [9], y las observaciones y requerimientos establecidos por los operarios que trabajan en cultivos de este producto, figura 1, se establecen como determinantes y requerimientos que integran el concepto de diseño final de la herramienta el permitir un corte limpio y fácil, disminuir los riesgos de cortes en miembros superiores, ser ergonómica y permitir que las piezas fueran desmontables para poder intercambiarlas en caso de daño por rotura o desgaste.

La segunda etapa del diseño involucró la realización de bocetos iniciales como se observan en la figura 2, en donde se propone una variante del cuchillo o espátula que se usa actualmente para el espatado de cebolla, pero que presentara un mango para un agarre cómodo y un cuerpo que permitiera la inserción de las cuchillas, una para el corte de las hojas y pseudotallos superiores y otra para el corte de las raíces, evitando los riesgos laborales para el operario, subsecuentemente se dio paso al modelado haciendo uso del programa Solid Works y la generación del render que se observa en la figura 3 haciendo uso del software KeyShot, con el cual se generó el archivo para la impresión 3D de la herramienta en políácido láctico (PLA), obteniendo así el primer prototipo inicial de baja resolución tal y como se observa en la figura 4.



Figura 1. Uso de cuchillo para la realización del espatado de cebolla en Ubaté, Cundinamarca

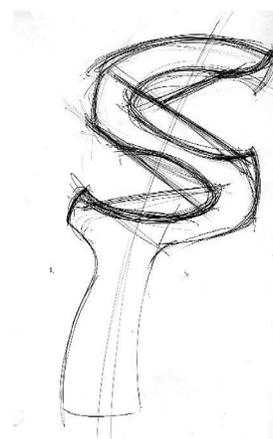


Figura 2. Bocetación inicial de la herramienta

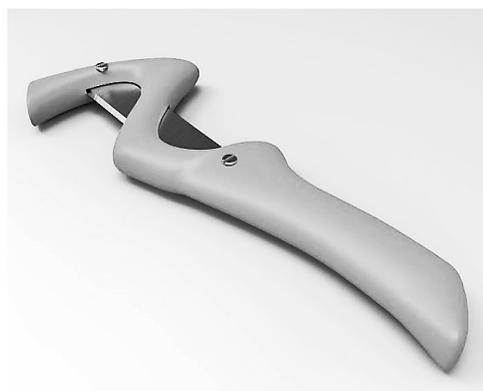


Figura 3. Render de aproximación



Figura 4. Prototipo inicial de baja resolución

Con el prototipo inicial de baja resolución se realizaron las pruebas en campo tomando como muestra 2 hombres y 2 mujeres, a quienes se les registró el número de cebollas procesadas por minuto con el cuchillo tradicional y el número de cebollas procesadas por minuto con la herramienta propuesta obteniendo una media de 27.75 y 18.25 cebollas por minuto respectivamente, la retroalimentación por parte de los operarios evidenció que una segunda cuchilla disminuía la eficiencia del proceso por lo que era necesario eliminarla y ajustar nuevamente el diseño. Después de la comprobación en campo se generó un segundo diseño, modelado y posteriormente renderizado como se observa en la figura 5, se generó el modelo de comprobación final (figura 6) y se realizaron nuevamente comprobaciones en campo (figura 7), el análisis de los datos de la herramienta ajustada, indica que con el uso de la herramienta habitual, los trabajadores cortan en promedio 27,75 cebollas por minuto, mientras con la herramienta diseñada el rendimiento fue de 31,5 cebollas por minuto.

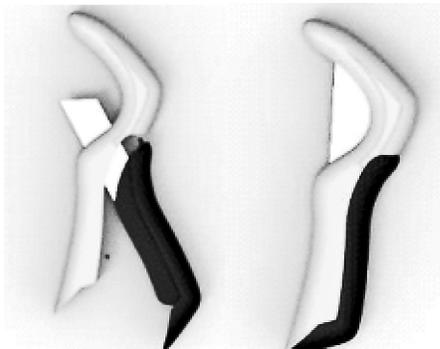


Figura 5 Render diseño final



Figura 6. Prototipo físico final.



Figura 7. Corte con herramienta propuesta (Espatadora) en cebolla de bulbo.

Para el análisis ergonómico se tuvieron en consideración las posturas del brazo, antebrazo y muñeca, haciendo una comparación entre el uso de la herramienta actual y el uso de la herramienta diseñada como se observa en el cuadro 2 y en la figura 8 y figura 9.

Cuadro 2. Brazo. Postura anterior al corte. Espatadora de cebolla.

Herramienta actual. Postura 1. Brazo	Herramienta propuesta. Postura 2. Brazo
 <p data-bbox="407 1850 656 1881">Ángulos: 56 ° - 304 °</p> <p data-bbox="321 1917 704 1978">Figura 8. Flexión entre 45 y 90°. Brazo abducido Puntuación 4 .</p>	 <p data-bbox="980 1850 1187 1881">Ángulos: 25 ° - 335 °</p> <p data-bbox="938 1917 1321 1978">Figura 9. Flexión entre 20 y 45°. Brazo abducido Puntuación 3.</p>

Teniendo en cuenta que la acción de cortar, cuando constituye un movimiento repetitivo, puede generar lesiones músculo esqueléticas en el trabajador/a expuesto [10, p. 32], se evidencia que los resultados obtenidos y consignados en el cuadro 3, indican que para la herramienta actual la calificación del método arrojó un puntaje mayor en las dos posiciones evaluadas, lo cual se traduce en un mayor riesgo de lesiones principalmente en la muñeca y una afectación constante en cada movimiento de corte, principalmente en el hombro.

Cuadro 3. Resultados comparativos Grupo B. Espatadora de cebolla.

Posicionamiento de herramienta para corte	Sumatoria	Posicionamiento de herramienta para corte	Sumatoria
Postura alistamiento para corte		Postura Corte o cizallamiento	
Herramienta actual	9	Herramienta actual	7
Herramienta propuesta	7	Herramienta propuesta	6

Conclusiones

El diseño propuesto cumple a cabalidad los requerimientos y determinantes del concepto establecido, presenta dos mejoras considerables. La primera, disminución del riesgo de lesiones en las manos, producto de la utilización de tijeras o herramientas cortantes en labores de cosecha [10]. Esto gracias a que la cuchilla está protegida por una estructura en cuya forma puede reposar la yema del dedo pulgar en el momento final del corte, tiene un asa ergonómica y evita el deslizamiento de la cuchilla prolongando la protección hasta el monte de venus en todos los momentos del corte. La segunda, disminución del riesgo de lesiones músculo esqueléticas al disminuir el ángulo de movimiento del hombro entre los cambios de postura y la necesidad de giro de la muñeca al momento del corte. Finalmente, la herramienta asegura un corte limpio de los pseudotallos y raíces de la cebolla bulbo, evitando el daño de los cuellos durante el espate, disminuyendo su susceptibilidad a la infección por putrefacción del cuello y su consecuente deshidratación, conservando así los atributos de calidad durante el almacenamiento y la comercialización.

Referencias

- [1] Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), "Encuesta Nacional Agropecuaria ENA," Bogotá D.C, Colombia, 2016.
- [2] S. Carballo, *Poscosecha de cebolla en Uruguay*. Las brujas, Uruguay: INIA, 2005.
- [3] C. Blanco M, "Manual de producción de cebolla." Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Santiago, Chile, p. 104, 2017.
- [4] P. J. Wright, D. G. Grant, and C. M. Triggs, "Effects of onion (*Allium cepa*) plant maturity at harvest and method of topping on bulb quality and incidence of rots in storage," *New Zeal. J. Crop Hortic. Sci.*, vol. 29, no. 2, pp. 85–91, 2001.
- [5] J. Köhl, W. M. L. Molhoek, and N. J. Fokkema, "Biological Control of Onion Neck Rot (*Botrytis aclada*): Protection of Wounds Made by Leaf Topping," *Biocontrol Sci. Technol.*, vol. 1, no. 4, pp. 261–269, 1991.
- [6] S. Hignett and L. McAtamney, "Rapid Entire Body Assessment (REBA)," *Appl. Ergon.*, vol. 31, no. 2, pp. 201–205, 2000.

- [7] S. B. Mohd Tamrin, I. S. Mohd Yusoff, A. Mat said, Y. G. Ng, and I. Mori, "Developing low cost harvesting tool using Ergonomics Concept for Oil Palm Fresh Fruit Bunch Harvesters in Malaysia : A case study," *Proc. 19th Trienn. Congr. IEA*, no. August, pp. 1–8, 2015.
- [8] P. J. Wright and D. G. Grant, "Effects of cultural practices at harvest on onion bulb quality and incidence of rots in storage," *New Zeal. J. Crop Hortic. Sci.*, vol. 25, no. 4, pp. 353–358, 1997.
- [9] Sena, Corpoica, Universidad Nacional de Colombia, FNFH, and Asohofrucol, "Curado y almacenamiento de cebolla de bulbo," BOGOTA D.C., 2006.
- [10] R. Cabello Quezada, "Manual de Prevención de Riesgos en Labores de Cosecha y Embalaje de Frutas de Exportación." OTIC AGROCAP, Capacitación silvoagropecuaria, Santiago, Chile, p. 99, 2015.