

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA MAQUINA ARRANCADORA DE BULBOS PARA EL CULTIVO DE CEBOLLAS (*Allium cepa*), EN LA PROVINCIA DE JUJUY, ARGENTINA

DEVELOPMENT AND EVALUATION OF A BULB PLANTING MACHINE FOR ONION CULTIVATION (*Allium cepa*), IN JUJUY PROVINCE, ARGENTINA

Balderrama, P. ^{1*}, Catcoff, M. ², Delgado, E. ³

¹ Prof. Adj. Cátedra de Mecanización Agrícola; ² JTP Cátedra de Mecanización Agrícola; ³ Estudiante de Mecanización Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Jujuy

*Autor para correspondencia:
gimpedroalderrama@fca.unju

Período de Publicación:
Julio 2025

Historial:
Recibido: 30/09/24
Aceptado: 20/03/25

RESUMEN

La propuesta tecnológica tiene como objetivo dar respuesta a una necesidad de los productores familiares hortícolas de la localidad de aguas calientes, para mejorar las condiciones de cosecha del cultivo de cebollas, labor que se realiza manualmente por las familias, generando mayor demanda de mano de obra y tiempo, aumento en los costos de producción y sobre todo un mayor esfuerzo físico para el arrancado manual por las posturas físicas incorrectas que lleva esta labor. Actualmente la zona, no presenta propuestas de cosechadoras de cebolla acorde al pequeño productor y a las variedades que se cultivan en los diferentes tipos de suelos. El prototipo se diseñó, se construyó con apoyo técnico del Centro de Innovación y Desarrollo en Mecanización Agrícola (CIDMA- UNJu) y se evaluó en parcelas de productores, obteniendo resultados de optimización de la mano de obra empleada, tiempo operativos, calidad en la cosecha, mejora en las exigencias físicas, derivando en la reducción de los gastos de cosecha por menor requerimiento de mano de obra y contribuyendo como primer paso a un proceso de mecanización para los productores familiares hortícolas de cebolla.

Palabras clave: mecanización, cosecha, cebolla

SUMMARY

The technological proposal aims to respond to a need of family horticultural producers in Aguas Calientes town, to improve the harvest conditions of onion cultivation. This work that is carried out manually by families, thus generating greater demand for labour and time, increasing production costs and above all greater physical effort for manual plucking due to the incorrect physical postures involved in this activity. Currently, the area does not present proposals for onion harvesters according to the small

producer and the varieties that are grown in the different soil types. The prototype was designed and built with technical support from the Centre for Innovation and Development in Agricultural Mechanization (CIDMA-UNJu) and was evaluated on producers' plots. Optimization results for the labour used, operating time, and harvest quality, improvement in physical demands were obtained which led to the reduction of harvest expenses due to lower labour requirements and contributed as a first step to a mechanization process for family onion horticultural producers.

Keywords: harvest, mechanization, onion

INTRODUCCIÓN

Aguas Calientes es una localidad perteneciente al Dpto. El Carmen en la Provincia de Jujuy, posee un desarrollo económico forjado principalmente por la agricultura, ya que cuenta con tierras fértiles y agua de riego suficiente para la siembra de diferentes cultivos hortícolas: cebolla, tomate, verduras de hoja, papa, arveja, pimiento, zapallito, angolita, maíz para choclo, etc., estos cultivos se concentran en pequeños productores donde predomina la mano de obra familiar (Braun, 2001).

El cultivo de cebollas (*Allium cepa*) es una fuente generadora de trabajo, el mismo se realiza de manera convencional, con siembras de forma escalonada a partir de febrero y cosechas tempranas a partir de agosto hasta fines de octubre (Vigliola, 1991).

La época de cosecha de cebollas está determinada por la variedad, el punto ideal es cuando el bulbo alcanza la maduración fisiológica, caracterizada por la caída o doblado del cuello de la planta, debido al ablandamiento de la parte inferior del pseudo tallo, o cuando las hojas comienzan a secarse. En suelos de textura arenosa, los bulbos se extraen a mano y en suelos de textura arcillosa, con pico o azadón, estas son herramientas que facilitan la extracción de la hortaliza sin ningún daño. Luego de ser extraída se deja sobre la tierra de 2 a 3 días con el objetivo de que seque al sol y logre un color brillante deseado (Enciso *et al.*, 2019).

La cosecha de la cebolla se realiza a partir del momento que el tallo se dobla a la altura del cuello. Otra forma de iniciar la cosecha, es a partir de que los bulbos han alcanzado el tamaño deseado, en ese momento se pasa un tablón con la finalidad de doblar los tallos, impidiendo la circulación interna y acelerando la finalización del ciclo. Después de arrancadas conviene dejarlas 3 o 4 días en la chacra para permitir la rápida deshidratación de la parte aérea (oreado y curado). Luego se clasifican los bulbos eliminando la parte del tallo y raíces y se embalan en bolsas de 22 kg. No todas las plantas maduran al mismo tiempo, pero se indica iniciar la cosecha cuando el 30 al 50% de las plantas muestran su parte aérea volcada. Si los bulbos son cosechados anticipadamente pueden continuar el crecimiento de las hojas, pueden demorar más en secarse, resultar con los cuellos abiertos, arrugados y blandos; afectando la sanidad y el rendimiento final, además de dificultar la conservación del producto. Demorar hasta alcanzar la maduración total (100% de plantas curvadas) lleva a una mayor pérdida de catáfilas de protección y mayor incidencia de enfermedades en almacenamiento. Antes de la cosecha se procede a suprimir los riegos, esto se realiza al iniciarse la "entrega del cultivo" (Siliquini, 2022).

En Aguas Calientes, el producto cosechado se clasifica en tres tamaños, pequeño, mediano y grande, el proceso presenta inconvenientes ya que la mano de obra familiar no alcanza para realizar esta tarea y para cumplir con los tiempos de cosecha es necesario contratar personal extra, incrementando los costos de producción, el tiempo de recolección, selección y empaquetado para la venta. Además, la labor de arrancado manual de los bulbos se realiza con posturas físicas incorrectas y sobre esfuerzos de trabajo,

lo cual atenta con la salud de las personas.

Una cosechadora mecánica si no posee las características adecuadas para un buen trato de los bulbos puede generar porcentajes importantes con daños mecánicos producto de la mecanización de esta labor (Blanca, 1990).

En los últimos años en las zonas núcleos productoras del país se advierte una tendencia creciente a la cosecha mecanizada de cebollas, donde tradicionalmente la cebolla para consumo en fresco se realizaba a mano, la maquinaria que se ofrece suele ser inasequible para los pequeños productores por su elevado costo (Caracotche, 2019).

Actualmente la zona de Aguas Calientes, no cuenta con propuestas de cosechadoras de cebolla acorde a la demanda local, al pequeño productor, a la variedad de cebollas que se cultiva y sobre todo a los diferentes tipos de suelos.

El desarrollo de la maquinaria agrícola debe hacerse bajo los principios de tecnologías apropiadas y enfoque adaptable, que consideran en su diseño condicionantes técnicos, tecnológicos, económicos, ambientales y socioculturales de la región donde se utilizará el equipo y que este sea sostenible en el tiempo (Marreno *et al.*, 2023).

La propuesta tecnológica tiene como objetivo dar respuesta a una necesidad de los productores familiares hortícolas de la localidad de aguas calientes, para mejorar las condiciones de cosecha del cultivo de cebollas, labor que se realiza manualmente por las familias, generando mayor demanda de mano de obra y tiempo, aumento en los costos de producción y sobre todo un mayor esfuerzo físico para el arrancado manual por las posturas físicas incorrectas que lleva esta labor.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se empleó la metodología para el diseño y desarrollo de la maquinaria agrícola con enfoque sostenible, propuesta por Marreno *et al.*, 2023, abarcando ocho etapas, desarrolladas a continuación.

1. Observaciones a campo de parcelas hortícolas ubicadas en Aguas Calientes, Dpto. El Carmen, Pcia. de Jujuy, para tomar medidas de marcos de plantación utilizadas, densidad de siembra, variedades más comunes de cebolla, herramientas empleadas en etapas de cultivo y seguimiento de la cosecha manual.

2. Búsqueda de información bibliográfica y electrónica sobre máquinas cosechadoras de cebollas, arrancadoras, principios de funcionamientos, necesidades del cultivo en etapa de cosecha.

3. Empleando la técnica “brainstorming” (Pérez, 2017) se generó una idea base del prototipo con capacidad de arrancar las cebollas de los bordos de siembra para dejarlas expuestas para la posterior labor de descole y embolsado. Componentes mecánicos necesarios, descripción de cada uno y acceso a los mismos.

4. Se realizó el diseño gráfico del prototipo con software diseño en 3D (SketchUp) con apoyo técnico del Centro de Innovación y desarrollo para la Mecanización Agrícola (CIDMA UNJu).

5. Lista de materiales empleados para la construcción del prototipo

- Bastidor reutilizado de cultivadora, construidos de caños estructurales de sección cuadrada 80 x 80 x 4 mm. (Cuadro1)

- materiales de hierro de diversos tipos provenientes de la planta de reciclaje de hierros ubicado en

la localidad de Pampa Blanca, Dpto. El Carmen, Jujuy.

6. Se construyó el prototipo en el taller metal mecánico de CIDMA UNJu. Utilizando las siguientes herramientas: oxicorte, maquinas soldadoras, amoladoras, taladro de banco, y demás herramientas necesarias para su construcción.

7. Se probó en campo el prototipo en condiciones reales de cosecha en finca de la familia Delgado de Aguas calientes. Durante la prueba se realizaron todos los ajustes necesarios para:

- garantizar el funcionamiento de la máquina,
- observación de calidad del producto obtenido a través de la acción mecanizada,
- medición de tiempos operativos de máquina,
- capacidad de trabajo,
- velocidad de trabajo,
- eficiencias y
- un cuadro comparativo entre arrancado manual y el mecanizado.

8. Se prevé la realización de un manual técnico del funcionamiento de la maquina arrancadora, con una descripción de los componentes de la máquina, regulación de la máquina, mantenimiento y seguridad en su uso.

RESULTADOS



Figura 1: Marco de plantación, Aguas Calientes, Dpto. El Carmen, Jujuy. Argentina.

- Distancia entre líneas de plantación: 0,70 m
- Ancho de bordo de cultivo con cebollas: 0,40
- Ancho de surco para riego: 0,30 m
- Altura promedio de bordo de cultivo: 0,1 m

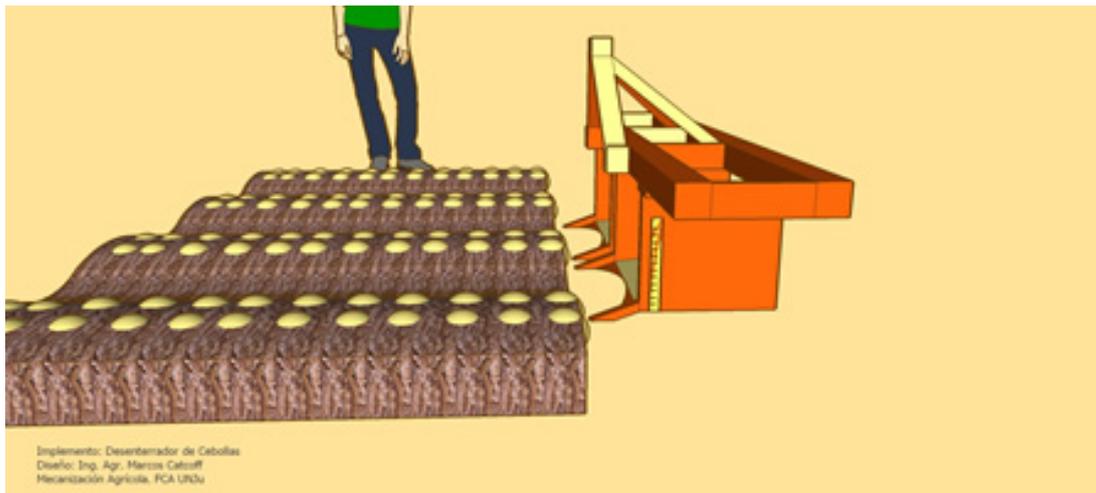


Figura 2: Prototipo arrancador de cebollas en posición de trabajo a escala y adaptado al marco de plantación de la zona.

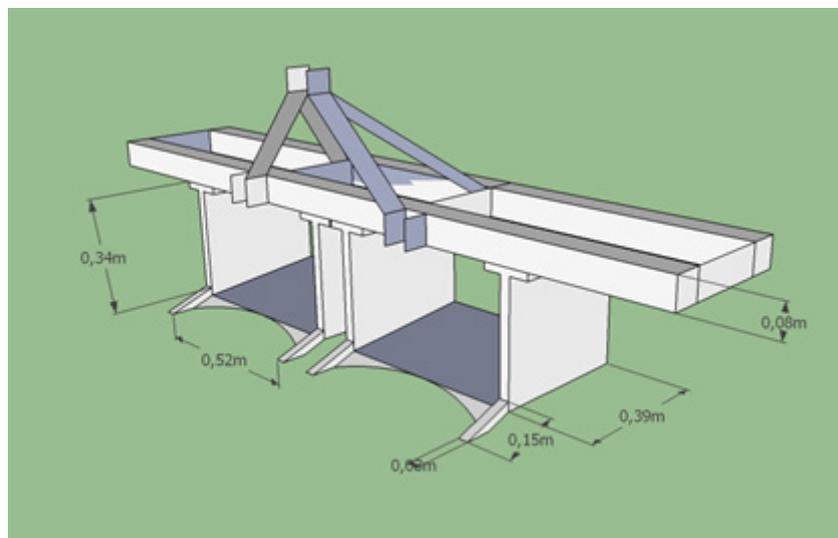


Figura 3: Arrancador de cebollas en imagen 3D con medidas en metros.

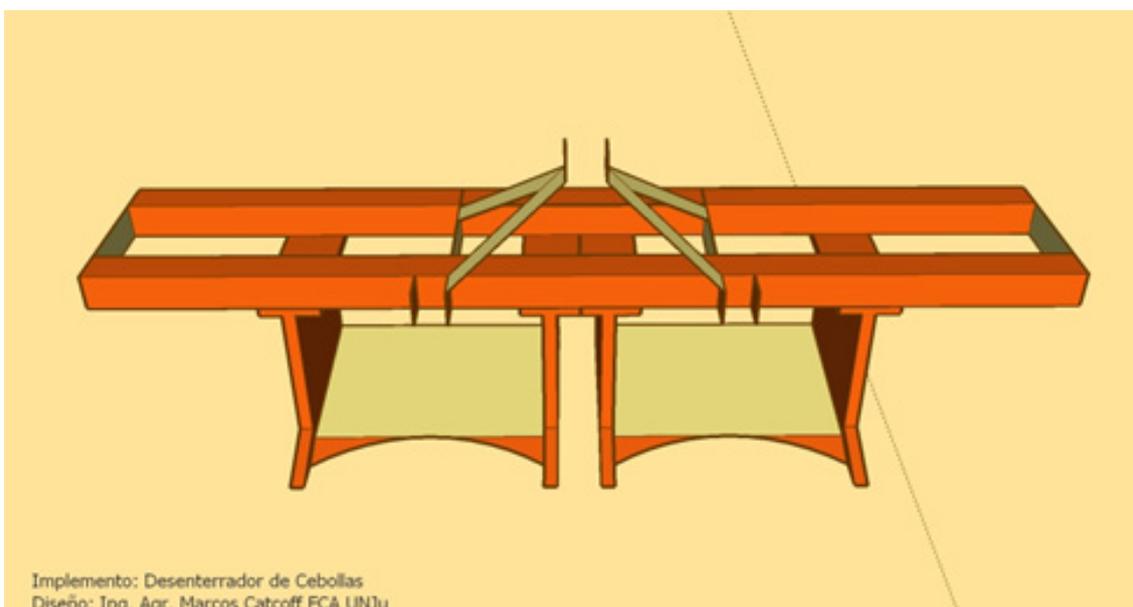


Figura 4: Arrancador de cebollas en imagen 3D vista frontal.

Cuadro 1: Distintos componentes de la maquina arrancadora

Bastidor	
Porta rejas	
Porta cuchilla	
Cuchillas	
Brazos rígidos portaherramientas	
Chapones levantadores	



Figura 5: Máquina arrancadora de cebolla, montada en un tractor a con sistema de enganche de 3 puntos.



Figura 6: Máquina arrancadora de cebollas en posición de trabajo.



Figura 7: Bulbos de cebolla expuesta producto final de la máquina arrancadora de cebolla.

Cálculos de capacidad de trabajo

(A) Ancho de trabajo de la máquina: 1,4 m

(Vel): Velocidad de trabajo: 4 km/h

(Ef): Eficiencia de trabajo: 70%

Capacidad de trabajo (hectáreas/hora) = $A \times Vel \times Ef \times 0.1$

Capacidad de trabajo: 0,39 ha/hora

Tiempo operativo: 2,5 horas/ha

Tiempo operativo: 1/Cap. Trabajo

Cuadro 2: Comparación de jornales, tiempo, esfuerzo y calidad de bulbos de cebolla cosechados con arrancado manual y cosechados con el arrancado de cebollas mecanizado.

Concepto	Mecanizado	Manual
Jornales necesarios para cosechar 1 ha	10	40
Tiempo de cosecha (días/ha).	2	7
Esfuerzo para el trabajo	Muy bajo	Muy alto
Calidad de bulbos cosechados	Muy buena	Muy buena

DISCUSIÓN

El diseño del prototipo (Figs. 2, 3 y 4) se realizó en función de las necesidades observadas en campo, considerando que el arrancado manual obtiene los bulbos limpios y sin ningún daño mecánico, por lo cual el rol de las cuchillas y su capacidad de penetración en el suelo debe de ser muy prolijo para equiparar al arrancado manual. Esta condición está garantizada por los mecanismos de regulación que poseen las cuchillas y chaponos levantadores de la máquina, además el tercer punto del tractor se observó que colabora de manera significativa en su puesta a punto para el desarrollo de arrancado de bulbos de cebolla, logrando la premisa enunciada por Blanca, 1990.

En cuanto a los componentes del prototipo (Cuadro 1) los mismos están en función al marco de la plantación de cultivo de cebollas practicado en una finca en particular, parte de una zona con necesidad de esta tecnología, esto no impide la posibilidad de poder adaptar la maquina a diferentes situaciones, estando de acuerdo con lo propuesto por Marreno en 2023, un diseño debe poder adaptarse a diversas situaciones para poder lograr ser sostenible.

En la Fig. 5 se muestra la máquina cosechadora enganchada al sistema de 3 puntos de un tractor Massey Ferguson de tracción simple de 55 cv de potencia, en posición de transporte. El cual fue suficiente para accionar el implemento concordando con las tablas de potencia demandadas (Raggio, 1997).

En la Fig. 6 se puede observar el trabajo realizado por la arrancadora dejando los bulbos expuestos sobre el terreno para su secado en muy buenas condiciones en cuanto a limpieza y sanidad de los mismos como se muestra en la Fig. 7, concordando con Siliquini (2022), empleando el implemento en el momento óptimo de cosecha cuando el “cultivo se entrega”.

En cuanto a la capacidad de trabajo, la arrancadora arrojó un valor de 0,39 has/ hora a una velocidad de trabajo de 4 km/ha, y una eficiencia del 70%, dejando de lado la necesidad de emplear 30 jornales de mano de obra para esta labor y facilitando las labores de descolado y embolsado de los bulbos.

CONCLUSIONES

La mecanización del proceso de arrancado de bulbos en el cultivo de cebolla demostró ser una alternativa viable para mejorar la eficiencia operativa en la cosecha. La implementación del prototipo desarrollado permitió reducir significativamente el tiempo de cosecha, disminuir la demanda de mano de obra y optimizar las condiciones laborales al minimizar el esfuerzo físico requerido para la extracción manual de los bulbos.

El diseño y desarrollo de la máquina arrancadora, fundamentado en principios de tecnologías apropiadas y sostenibles, representa un avance significativo hacia la mecanización progresiva de la cosecha de cebolla en la región. La adaptabilidad del equipo a distintas condiciones de suelo y cultivo garantiza su potencial implementación en diversos sistemas productivos, favoreciendo la reducción de costos y la mejora de la competitividad del productor agrícola familiar de la provincia de Jujuy.

BIBLIOGRAFÍA

- Blanca, A. L. (1990). *Maquinaria agrícola: constitución, funcionamiento, regulaciones y cuidados*. Servicio de Extensión Agraria, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Braun Wilke, R. H. (2001). Carta de aptitud ambiental de la provincia de Jujuy. In *Carta de aptitud ambiental de la Provincia de Jujuy*
- Caracotche, V. (2019). *Recomendaciones técnicas para el cultivo de cebolla*. INTA.
- Raggio, J.B. (1997). *Cómo y con qué en máquinas agrícolas*. Editorial Ennio Ayosa Impresores, Bs. As. Argentina. ISBN 950-43-7993.
- Enciso, C. R., Vera, P. A., Santacruz, A. R., & González, J. D. (2019). *Guía Técnica del Cultivo de la Cebolla*. PPT Proyecto Paquetes Tecnológicos. FCA, UNA Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción.
- Marrero, J. A. G., & Rivero, R. B. (2023). Metodología para el diseño y desarrollo de la maquinaria agrícola con enfoque sostenible. *Opuntia Brava*, 15(4), 115-129.
- Pérez, I. L., González, L. G., & Maldonado, A. L. (2017). Brainstorming como recurso docente para desarrollar competencia investigadora. *Revista iberoamericana de educación*, 74(1), 133-148.
- Siliquini, O. A. (2022). *Cosecha y poscosecha en cultivos de ajo y cebolla*.
- Vigliola, M. (1991). *Manual de Horticultura* 2 da Ed. Editorial hemisferio Sur Buenos Aires–Argentina.