



Universidad de Ciego de Ávila  
Máximo Gómez Báez

Facultad de Ciencias Técnicas

Carrera Ingeniería Agrícola

# Trabajo de Diploma

*Comportamiento de los indicadores de calidad y pérdidas de la cosecha de frijol en la Empresa Agropecuaria La Cuba.*

Autor: Jorge Enrique González Rodríguez

Tutores: M. Sc. Yarina Trujillo Rodríguez  
M. Sc. Raúl Gutiérrez Torres

Ciego de Ávila, 2019

## **Pensamiento**

**“El hombre generalmente se convierte en aquello que cree ser... Si tengo la creencia de que puedo hacerlo, obtendré la capacidad para hacerlo, incluso aunque no la tenga cuando he comenzado.”**

**Mahatma Gandhi**

## **Agradecimientos**

- **A la obra de la Revolución por permitirme forjarme como profesional.**
- **Primero que nadie, como no podía ser de otra manera, a mi mamá y a mi papá, y por supuesto a mi hermana.**
- **Al colectivo de profesores, por su invaluable aporte a nuestra formación.**
- **A mis compañeros de aula, Yasiel, Yaniel, Reydi, Cesar y Dannier.**
- **En general a todos los que han hecho posible la realización de esta tesis.**

## **Dedicatoria**

- **A mi familia que con su apoyo y cariño siempre me ha impulsado hacia adelante en aras de lograr mis objetivos.**
- **A todos los que colaboraron en la realización de este trabajo.**
- **A mi compañero de investigación Yaniel Morales Aviles.**

## RESUMEN

El trabajo se desarrolló en un cuadrante de una máquina de pivote central de 14,9 ha, donde predomina el suelo Ferralítico Amarillento, con el objetivo de evaluar los indicadores de calidad y pérdidas de la cosecha semi-mecanizada del frijol en la Empresa Agropecuaria La Cuba mediante los métodos y las normas establecidas, para el mejoramiento de los procesos implicados. Se tomaron muestras para determinar el rendimiento de campo de la variedad de frijol CUL-156, los parámetros de calidad de la cosecha y las pérdidas durante el acordonado, la recolección y trilla. Las metodologías empleadas para las evaluaciones, se llevaron a cabo a través de la consulta de investigaciones realizadas, se realizó un análisis descriptivo de los datos que arrojó gran dispersión en los mismos debidos a las condiciones de los terrenos producto de las tecnológicas inadecuadas y el enyerbamiento del campo. La labores de preparación del suelo, siembra y eliminación de malezas que se realizan en la UEB, no garantizan que se la cosecha se desarrolle con calidad. Las pérdidas de precosecha y de recolección suman 1 133,33 kg/ha lo que representa el 47,39 % y el daño mecánico de los granos de 0,52 % es despreciable según las normas.

**Palabras claves:** pérdidas de grano, calidad de la cosecha.

## **ABSTRACT**

The work was developed in a quadrant of a central pivot machine of 14.9 ha, where the Ferralitic Yellowish soil predominates, with the objective of evaluating the indicators of quality and losses of the semi-mechanized bean harvest in the Agricultural Company La Cuba through the established methods and standards, for the improvement of the processes involved. Samples were taken to determine the field yield of the CUL-156 bean variety, the quality parameters of the harvest and the losses during the cordoning, harvesting and threshing. The methodologies used for the evaluations were carried out through the consultation of the researches carried out, a descriptive analysis was made of the data that showed great dispersion in the same due to the conditions of the terrain resulting from the inadequate technologies and the weaving of the field. The soil tillage, planting and elimination of weeds that are carried out in the UEB, do not guarantee that the harvest will be developed with quality. The pre-harvest and harvest losses amount to 1 133,33 kg/ha representing 47,39 % and the mechanical damage of the grains of 0,52 % is negligible according to the standards.

Key words: grain losses, harvest quality.

## Índice

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>4</b>
1.1 Parámetros de calidad de las tecnologías de labranza, siembra, labores culturales .....	4
1.2 Recomendaciones para el trabajo de la cosechadora Jumil, sus secciones y regulaciones. ....	5
1.2.1 Secciones de la cosechadora JUMIL 690 (de Morais, 2015). ....	6
1.2.2 Regulaciones de la cosechadora JUMIL 690 (de Morais, 2015).....	6
1.3 Principales características y rendimiento agrícola de la variedad Cul-156. ....	9
1.4. Comportamiento de los indicadores de calidad de la cosecha de frijol. ....	9
1.4.1 Velocidad de trabajo de la cosechadora. ....	10
1.4.3 Velocidad periférica del cilindro trillador. ....	10
1.4.4 Daño mecánico (tiene influencia la humedad del grano).....	11
1.5 Comportamiento de las pérdidas durante la cosecha mecanizada del frijol. ....	12
1.6 Metodologías empleadas para determinar los indicadores de calidad y las pérdidas de grano durante la cosecha.....	13
1.6.1 Metodología para determinar la humedad del grano. ....	14
1.6.2 Metodología para determinar el rendimiento del cultivo .....	14
1.6.3 Metodología para determinar el daño mecánico.....	15
1.6.3 Metodología para determinar las pérdidas de granos.....	15
<b>CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>16</b>
2.1 Caracterización del área y localización Geográfica .....	16
2.2 Características Generales del Suelo .....	16
2.3 Diseño Experimental .....	17
2.4 Materiales utilizados.....	17
2.5 Métodos de campo para la medición de las variables experimentales .....	17
2.6 Metodología para el análisis estadístico de los datos .....	19
<b>CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>20</b>
3.1 Análisis del rendimiento de campo en kg/ha. ....	20
3.2 Comportamiento de los indicadores de calidad de los granos durante la cosecha.....	21
3.3 Comportamiento de las pérdidas de granos durante la cosecha .....	23
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>25</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>26</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>27</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>30</b>

## INTRODUCCIÓN

La cosecha mecánica está influenciada no solo por factores propios de la máquina, sino también por factores topográficos, agronómicos, climáticos y tecnológicos. La humedad de la planta al momento de la cosecha va a influenciar en el funcionamiento de la máquina, si la recolección se realiza a una humedad de grano inadecuada las pérdidas se elevarán, similar es el caso de la velocidad de operación de la máquina cuya inadecuada selección hará que los mecanismos de la plataforma impacten a la planta de manera inapropiada produciendo un incremento en el índice de pérdidas, que se reduce con una buena regulación de los mecanismos, pues el principio de diseño de la cosechadora impide la recolección de todos los granos, por lo que en la práctica se establece un rango aceptable de pérdidas; la minimización de estas pérdidas se puede lograr también realizando una debida capacitación a los operadores, dándole un adecuado mantenimiento a la cosechadora y las respectivas calibraciones del equipo en el campo. Siendo fundamentalmente la elección de la velocidad y el momento indicado para realizar la cosecha (Pérez, Daquinta, Plá, Trujillo y Gutiérrez, 2017).

Otro factor a tener en cuenta en la explotación de máquinas recogedoras de granos es la calidad de la cosecha que ha sido poco estudiada en Cuba, apenas estudios parciales sobre la humedad y contenido de impurezas. Chacón et al. (2011) destacan el importante papel que desempeñan estos dos factores en la calidad de los granos y su preparación para el transporte y el almacenaje.

La presencia de daños mecánicos, factor que influye en la calidad y pérdidas, en los granos cosechados mecánicamente es inevitable. Esto puede perjudicar la calidad de los granos, disminuyendo considerablemente su valor de mercado. A pesar de las necesidades específicas de cada productor, los daños mecánicos pueden ser altamente perjudiciales al producto final. Cuando los daños mecánicos son visibles, con granos partidos y con rupturas en la cáscara, ellos pueden ser separados por sistemas de limpieza (Fernandes, Araújo, Martyn y Queiroz, 1993).

Conocer cómo ocurre la interacción de los procesos que influyen en la calidad y cantidad de la producción agrícola es de extrema importancia para encontrar soluciones in situ.



Los precios actuales en el mercado mundial para estos granos están en el orden de 523 USD/t, las limitaciones financieras del país no permiten mantener ese ritmo de erogación de divisas, por lo que resulta ya una cuestión estratégica revertir el panorama actual de abastecimiento de este cultivo e ir a la solución endógena del problema.

La Empresa Agropecuaria *La Cuba*, ubicada en el municipio Baraguá, ha adquirido maquinaria agrícola para la recolección de granos con el propósito de producir más alimentos en cantidad, calidad y variedad logrando con ellos sustituir importaciones.

Posee áreas extensas, con predominio de suelo Ferralítico Rojo con un nivel adecuado de fertilidad y reservas de agua subterráneas que le permiten aplicar el riego en todo el año, partiendo de estas condiciones resulta necesario la mecanización de todas las labores y a partir de una estrategia de la dirección del país, que designa esta empresa como una de las grandes productoras de frijol y maíz, se hace necesario mecanizar la recogida de los granos; con la finalidad de obtener altos niveles de rendimiento, producción y humanizar las labores agrícolas.

Debido al bajo porte de las plantas de frijol y a las condiciones de irregularidad del terreno, se realiza el arranque manual de las plantas de frijol y se conforma un cordón de seis a diez hileras que es recogido por la máquina recogedora trilladora. La cantidad de plantas por metro cuadrado no es uniforme, pues se realiza la siembra con sembradoras diferentes y la regulación de la densidad de siembra no es igual en las máquinas usadas. La empresa no cuenta con otras cosechadoras de alta productividad. El proceso de recogida, trilla y limpieza se efectúa con cosechadoras Jumil 390 y Colombo de fabricación brasileña, acopladas a un tractor. El transporte del grano se realiza mediante el uso de carretas acopladas a tractores New Holland y Foton.

Los criterios antes expuestos llevan a formular el siguiente **problema científico**, la necesidad de mejorar los indicadores de calidad y disminuir las pérdidas de granos durante la cosecha semi-mecanizada del frijol en la Empresa Agropecuaria *La Cuba*.

**Objeto:** Proceso de cosecha semi-mecanizada del frijol.

**Objetivo general:**

Evaluar los indicadores de calidad y pérdidas de la cosecha semi-mecanizada del frijol en la Empresa Agropecuaria La Cuba mediante los métodos y las normas establecidas, para el mejoramiento de los procesos implicados.

**Campo:** Indicadores de calidad y pérdidas de la cosecha

**Tareas:**

1. Seleccionar los criterios de calidad de la cosecha de frijol que se tendrán en cuenta, mediante la revisión de la literatura especializada.
2. Valorar la calidad de las labores de preparación del suelo.
3. Valorar la calidad de las labores culturales desarrolladas al cultivo del frijol.
4. Selección de las variables dependientes e independientes del proceso de cosecha para evaluar su calidad. Determinación de los métodos estadísticos a utilizar.
5. Caracterización de las secciones de la cosechadora de frijol y sus regulaciones.
6. Selección de los indicadores de la cosechadora que serán evaluados, tal cómo, calidad y pérdidas.
7. Evaluar las condiciones del campo y del cultivo para la cosecha.
8. Determinar las principales causas que afectan los indicadores de calidad durante la cosecha del frijol.

**Hipótesis:**

Con la evaluación de los indicadores de calidad y pérdidas de granos de frijol, se proponen mejoras necesarias en los procesos que inciden en la cosecha del grano.

## **CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

Para la confección de este capítulo se realizó una revisión bibliográfica donde se consultaron trabajos llevados a cabo por investigadores que se han enfocado en mejorar la calidad de la cosecha de granos y disminuir las pérdidas, como es el caso de De Souza, Maqueira y Solís.

### **1.1 Parámetros de calidad de las tecnologías de labranza, siembra, labores culturales**

Una buena preparación del suelo provee las condiciones adecuadas para que las semillas del cultivo presenten una buena germinación, se desarrolle con un excelente vigor y se obtenga una excelente producción. Se emplean varias tecnologías de labranza desde la tradicional hasta las tecnologías de conservación y labranza cero con diferentes costos energéticos por unidad de producción. Dependiendo de las condiciones del suelo, usualmente las diferentes tecnologías seleccionan operaciones dentro de las que Paneque (2018) relaciona a continuación:

1. Descompactación de 0,15 a 0,30 m de profundidad.
2. Grada (uno o dos pases).
3. Alisador.
4. Siembra mecanizada.
5. Cultivo mecánico o químico.

Por otra parte, el sistema de labranza incide en el manejo de malezas ya que además de determinar las especies presentes, afecta la efectividad de los herbicidas y las opciones de manejo. Dentro de un sistema productivo, la labranza mínima ofrece beneficios en el corto, mediano y largo plazo, no obstante, es poca la investigación desarrollada en Cuba sobre esta tecnología (Rojas y Chávez, 2002).

La labranza cero o siembra directa es un método recomendado y la tendencia mundial en cultivo de granos, ya que en este sistema la maleza se controla con herbicidas

quedando en el terreno, lo que conduce al incremento del porcentaje de humedad del suelo (Salinas, Díaz, Garza y Garza, 2005).

En Cuba uno de los factores que más afecta la calidad agrícola de los granos es la distancia entre surcos que suele ser indistinta según la tecnología de siembra, variedad, tipo de suelo y tipo de cultivo (Chacón *et al.*, 2011 y Maqueira, Herrera, Pérez y Torres, 2017).

En ensayo realizado al cultivo de frijol negro, Rodríguez, Salinas, y Tosquy (2014) obtuvieron rendimientos medios de 1,5 t/ha para una distancia entre línea de 0,60 m. Rodríguez, Fernández, de Sousa, y Brito (2012) evaluaron sistemas de labranza para el cultivo de frijol, donde se emplearon las labores por sistema que se mencionan a continuación: *sistema de labranza convencional*: 1 pase con arado de discos a 0,20 m de profundidad, dos pases de grada de discos desterronadora niveladora a 0,15 m de profundidad y siembra con sembradora-fertilizadora a la profundidad de 0,03 m para la siembra y de 0,10 m para la deposición de fertilizante; *labranza mínima*: aplicación de herbicida Glifosato con dosis de 2,5 L/ha, movilización del suelo con escarificador a una profundidad media de 0,20 m y siembra con sembradora-fertilizadora; y *siembra directa*: aplicación de herbicida Glifosato con dosis de 2,5 L/ha y siembra con sembradora-fertilizadora.

Recomienda el fabricante de la cosechadora de granos JUMIL-390 G (De Morais, 2015) la nivelación máxima de la superficie del suelo principalmente en los cultivos de frijol y soja, donde la plataforma de la cosechadora trabaja a ras del suelo; retirar troncos, piedras y cualquier otro tipo de obstáculos que pueda haber en el suelo antes de la siembra; y realizar las atenciones culturales para eliminar las malas hierbas, principalmente las gramíneas y otras plantas dañinas que puedan perjudicar la cosecha. Menciona además las distancias recomendadas para el trabajo empleando la plataforma de corte de 0,40 a 0,50 m.

### *1.2 Recomendaciones para el trabajo de la cosechadora Jumil, sus secciones y regulaciones*

La cosechadora de granos JM390 fue desarrollada para atender el pequeño y mediano productor con acoplamiento a tractores con potencia mínima de 75 cv, accionada por la toma de potencia con una rotación constante de 540 r.p.m. Durante el trabajo con la máquina son frecuentes las paradas tecnológicas al sobrepasarse su

capacidad de paso (kg/s) y la velocidad de traslación es muy variable, lo que afecta el rendimiento horario de la combinada (De Morais, 2015).

### **1.2.1 Secciones de la cosechadora JUMIL 690 (De Morais, 2015)**

**Plataforma recogedora de frijol:** conectable al sistema de trilla axial, permite recoger las hileras de frijol a través de dedos retráctiles y tornillo sin fin de alimentación.

**Sistema de trilla axial:** compuesto por una pantalla cilíndrica que rodea un rotor sinfín (cilindro trillador) equipado con pernos batidores ajustables a diversos cultivos o las condiciones de la cosecha, que tiene la función de despajar y trillar el producto. El material es recogido y conducido por una rosca transportadora situada en la parte inferior del tambor de trillado.

**Sistema de limpieza:** compuesto por un ventilador colocado en el extremo del rotor, encargado de efectuar la limpieza de la parte más gruesa de las impurezas (residuos de paja y hierbas), presenta además registros de regulación de aire situados al lado de la caja de aire y el cabezal de regulación que tiene la función de hacer la limpieza más fina.

**Criba Vibratoria:** efectúa la limpieza final de los granos, eliminando las impurezas que no han sido separadas por el sistema de ventilación; para el tamizado del frijol se utilizan cribas con orificios de 15 mm de diámetro.

**Depósito:** con capacidad de 1,08 t y tiempo de llenado de 1,8 a 2,4 t/h según.

### **1.2.2 Regulaciones de la cosechadora JUMIL 690 (De Morais, 2015)**

-Regulación de la altura de trabajo de la plataforma recogedora.

Mediante un actuador hidráulico y una cadena de sostén se ajusta la altura de la plataforma recogedora para el momento de la cosecha. Se recomienda el uso de un soporte para fijar la altura de trabajo deseada, evitando sobrecargas en el cilindro hidráulico y que la plataforma toque el suelo.

-Regulación del sistema limpieza.

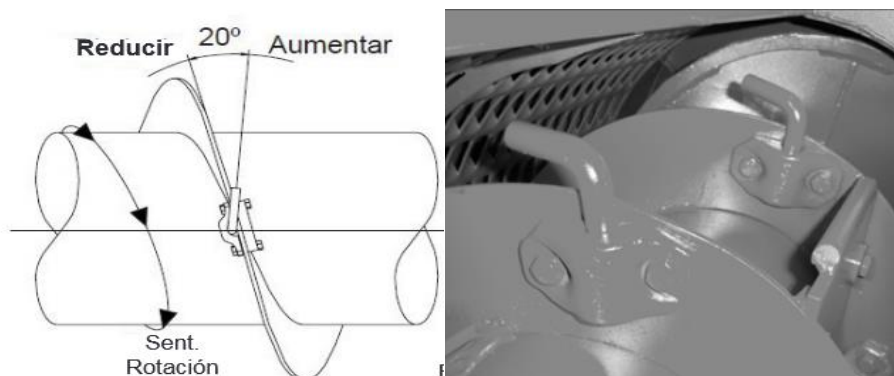
Existen dos puntos de ajuste, uno localizado en la caja de aire "A" y el otro localizado en el cabezal "B". Cuando esos controles están cerrados, la ventilación aumenta y consecuentemente la intensidad de limpieza de los granos aumentará también, por ello es necesario observar que el aumento de la extracción del ventilador también aumenta la cantidad de granos lanzados por el mismo. Al abrir los controles de ventilación, se reduce la cantidad de granos lanzados.



**Figura 1. Controles de regulación del sistema de limpieza.**

- Regulación del cilindro trillador

Para lograr mayor intensidad de limpieza de los granos recogidos se aumenta el ángulo de los pernos batidores respecto al sinfín del cilindro trillador. El ángulo inicialmente es de  $20^{\circ}$ .



**Figura 2. Ángulo formado por los pernos batidores y el sinfín del cilindro trillador.**

Para que la salida del producto del sistema de trilla se realice con menos impurezas, el número de revoluciones del cilindro trillador se regula en función de la humedad del grano, según se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1. Revoluciones del cilindro trillador en función de la humedad del grano de frijol**

Rotación (r/min)	Diámetro de la polea (mm)	Humedad (%)
670 r/min	440	15 a 20
564 r/min		07 a 15

- ✓ Regulación de la altura de la criba vibratoria.

El tamiz vibratorio posee regulaciones de altura de acuerdo con el volumen de impurezas y granos cosechados. Cuando se cosecha en terrenos con mucha pendiente, se recomienda que efectúe la regulación de la altura del tamiz (arriba o abajo).

- ✓ Tensión de las correas de transmisión.
- ✓ Tensión de la Correa de la TDP.

Para apretar las correas de la polea TDP, sólo comprimir el resorte causando el endurecimiento de la aguja será necesario usar un tamaño de llave de 24 mm. Es necesario que la correa de accionamiento de la polea TDP está bien tensada, de lo contrario la cosechadora perderá la potencia en el trabajo, dañando la trilla limpia del grano y del producto final.

- ✓ Tensión de las correas del ventilador, del batidor y rosca elevadora.

La tensión de las correas de las poleas del ventilador, del batidor y de la rosca elevadora, se realiza apretando las tuercas de las agujas.

- ✓ Tensión de la correa de accionamiento del tamiz vibratoria.

- ✓ La tensión de la correa de accionamiento del tamiz vibratorio es efectuada a través del tornillo regulador.

### 1.3 Principales características y rendimiento agrícola de la variedad Cul-156

La variedad de frijol Cul-156 con capacidad de germinación del 94 % según Chacón *et al.* (2011), es de color negro, porte bajo y posee hábito de crecimiento indeterminado tipo.

En la tabla 2 se muestran los componentes de rendimiento de la variedad de frijol Cul 156, estudiados por Maqueira *et al.*, (2017) cosechado en tres meses diferentes.

**Tabla 2. Valores medios de componentes de rendimiento de la variedad de frijol Cul 156.**

Cultivares	Número de Vainas	Número de granos por vaina	Masa de 100 granos (g)	Rendimiento (kg/ha)
CUL 156	23,6	2,6	18,4	1 950

Los rendimientos agrícolas bajo riego con máquinas de pivote central obtenidos por Landa (2018) para la variedad de frijol Cul-156 en la UEB tres Marías de la Empresa agropecuaria La Cuba, giran alrededor de 1 000 kg/ha.

### 1.4. Comportamiento de los indicadores de calidad de la cosecha de frijol

La identificación de los indicadores de calidad de la recolección del frijol, proporciona al agricultor herramientas necesarias para optimizar recursos obtener mejores rendimientos del cultivo.

De Souza, Leyva, Marcal y Chartuni (2004) destacan como indicadores de calidad de la cosecha del frijol:

1. Índice de pureza.
2. Uniformidad de desplazamiento de la máquina.
3. Constitución de la hilera.
4. Velocidad del cilindro trillador.
5. Humedad de la cosecha.



La cosecha debe realizarse cuando las vainas hayan alcanzado un secado adecuado, Martínez (2012) destaca la importancia del monitoreo permanente de la calidad de la cosecha para corregir los factores que estén afectando el proceso. Según mencionados autores los factores a tener en cuenta para la cosecha del frijol con máquina son:

- **el clima** ejerce una gran influencia en la maduración de las semillas acumulando rápidamente materia seca en el campo;
- **la maduración**, las semillas deben ser recolectadas cuando su madurez fisiológica está a punto. Si la cosecha se hace antes o después, las semillas tendrán poco potencial en el almacenamiento;
- **el daño mecánico**, los impactos propios de la manipulación—pueden ocasionar grietas o fragmentaciones, lo cual hace que la semilla esté expuesta al deterioro, convirtiéndose en focos de descomposición.

#### **1.4.1 Velocidad de trabajo de la cosechadora**

Evaluaciones realizadas por de Souza *et al.* (2004) donde evaluaron tres velocidades de trabajo de la máquina (3,5; 5,9 y 6,2 km/h) y dos porcentos de humedad del grano (11 y 14 %), obtuvieron los mejores resultados al trabajar a la velocidad de 5,9 km/h con 14 % de humedad del grano.

El fabricante de la máquina recomienda el trabajo de la cosechadora de granos JUMIL-390 G con velocidades entre 3 y 5 km/h (De Morais, 2015).

#### **1.4.3 Velocidad periférica del cilindro trillador.**

Giraldo (1990) menciona dentro de los problemas encontrados durante la recolección, a las semillas rotas por causa de un mal ajuste, puede haber un número grande de semillas que no germinan por roturas del embrión, lo cual no es visible, por lo que recomienda ajustar la velocidad del cilindro trillador de 250 a 700 rpm, con separación entre el cilindro y el cóncavo de 12,7 a 25,4 mm en cóncavo, para una humedad del grano de 14 % para tener un daño mecánico menor del 1,2 %.

De Souza *et al.*, (2004) evaluando una recogedora-trilladora de frijol con sistema de trilla de flujo axial, diámetro del cilindro trillador de 0,543 m, abertura entre el cilindro y el cóncavo de 0,02 m, rendimiento medio del campo de 2,385 t/ha y relación paja grano de 0,8 kg/kg, comparó dos velocidades periféricas del cilindro trillador (11,9 y 15,4 m/s), llegando a la conclusión de que a la velocidad de 11,9 m/s (418,76 rpm) con 14 % de humedad, se presentó el menor índice de daño mecánico 1,3 %.

#### **1.4.4 Daño mecánico (tiene influencia la humedad del grano)**

La acción de la máquina sobre el producto durante la cosecha puede ser responsable por provocar daños mecánicos a los granos, constituyendo la trilla, la más importante fuente de daños. Durante la cosecha, la ocurrencia de daños mecánicos depende principalmente de la humedad de los granos y de la velocidad periférica del cilindro trillador (Fernandes *et al.*, 1993).

La norma colombiana NTC 871:2005 establece los requisitos que debe cumplir el frijol para consumo, según los porcentos de daños perceptibles; de 1 a 2 % de grano dañado, de 0,5 a 1 % de granos partidos y hasta 0,2 % de materia dura, totalizando daños entre 1,7 y 3,2 %.

De Souza *et al.*, (2004) analizaron la calidad del frijol carioca cosechado con una máquina recogedora-trilladora de frijol de arrastre, con sistema de trilla en flujo axial, con abertura entre el cilindro y el cóncavo de 0,02 m, 2,7 m de largo del cóncavo, productividad media del campo de 2 385 kg/ha, frecuencia de vibración de las cribas de 354 rpm. Los resultados demostraron que el producto cosechado con 14 % de humedad, 11,9 m/s (418,56 rpm) de velocidad periférica del cilindro trillador, 7 y 10 surcos en la hilera y 6,2 km/h de velocidad de desplazamiento de la cosechadora presentó mayores índices de pureza y menores índices de daño mecánico.

De Simone y Godoy (s.f) en representación del INTA (Instituto nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina) plantean que los daños mecánicos por fisuras y quebrado, durante la cosecha, no deben superar el 2 %.

En estudios realizados por de Souza, Bottega, Vilela, Rafull y de Queiroz (2010), el porcentaje de materia extraña varió de 1,2 a 14,3 %, siendo mayor la cantidad de paja que de materias extrañas.

### **1.5 Comportamiento de las pérdidas durante la cosecha mecanizada del frijol.**

Durante el proceso de arranque, recogida, trilla y separación de una máquina recogedora – trilladora de frijol, los factores más influyentes en la calidad de la cosecha en cuanto a pérdidas y propiedades del grano son definidos por de Souza, et al. (2010) como: la distribución espacial del contenido de agua en los granos y el rendimiento agrícola. Mencionados investigadores, evaluando una recogedora trilladora de granos a 1,9 km/h, 540 r/min de rotación del cilindro trillador, distancia entre el cilindro y el cóncavo de 0,02 m, con rendimientos de campo de 2 500 kg/ha en área con preparación de suelo convencional, obtuvo pérdidas de hasta 258 kg/ha en la plataforma recogedora y de hasta 228 kg/ha en la separación y limpieza del grano, resultando las pérdidas totales de 8,6 %.

El nivel de pérdidas se considera satisfactorio por debajo del 5 %, según Griffin (como se citó en de Souza et al., 2014)

Otros investigadores relacionan las pérdidas de granos con varias causas, que representan un serio problema cuando se aplica la cosecha mecanizada. Solís (2010) reporta que la cosechadora de granos tiene menores pérdidas y una mejor calidad de limpieza de grano trabajando con humedad de 12 % y con 0,86 km/h. Si se considera que a mayor velocidad mayor rendimiento horario (t/h), se debe llegar a un compromiso que garantice eficacia en la cosecha.

Estudios realizados por Giordano (2011) demostraron que, con un buen mantenimiento y reparación de la cosechadora, frente a un cultivo en condiciones normales, las pérdidas que se perciben serán menores a 85 kg/ha.

De Simone y Godoy (s.f) manifiestan valores de 110 kg/ha de pérdida permisible para la cosecha convencional del frijol, que consiste en el arrancado y acordonado de las plantas y la recolección y trilla con máquina recogedora trilladora.

Los primeros intentos de cosecha directa de frijol de bajo porte y propensión al crecimiento horizontal en la Empresa Agropecuaria *La Cuba* arrojaron inaceptables pérdidas de granos (alrededor del 20 %). Para condiciones estables de variedad, suelo, experiencia del operador, calidad de regulación de los órganos de la máquina cosechadora y uniformidad de la maduración del grano (Pérez, 2017).

Landa (2018) reporta pérdidas totales en la UEB Tres Marías de la Empresa Agropecuaria La Cuba, de 458 kg/ha que representan el 31 % en los intentos de cosecha directa, por lo que se pasó al sistema de arranque e hilado manual para el secado de las cajetas, pero por diferentes razones las pérdidas con esta tecnología también son altas, aunque no se han cuantificado de manera confiable.

Las causas de estas pérdidas se declaran como:

1. Secado no uniforme de las cajetas.
2. Falta de uniformidad en la hilera.
3. Manipulación de las plantas ya secas durante la cosecha.
4. Selección inadecuada de las velocidades del moliente y de los tambores trilladores.
5. La holgura de los tambores trilladores es fija y el flujo de la masa vegetal proveniente de la hilera es muy variable.
6. El tractor no dispone de mecanismo automático de control de la velocidad de desplazamiento.
7. El conjunto no dispone de variador de velocidad para los tambores trilladores según el flujo de masa vegetal.

## **1.6 Metodologías empleadas para determinar los indicadores de calidad y las pérdidas de grano durante la cosecha**

La evaluación de la calidad de los procesos se rige por metodologías que se encuentran normadas o se han utilizado por disímiles investigadores.

### 1.6.1 Metodología para determinar la humedad del grano

Para determinar la humedad de los granos, de Souza et al. (2004) utilizaron el método patrón de estufa, a  $105 \pm 3^\circ$  por 24 horas, de acuerdo con las recomendaciones de las Reglas para Análisis de Semillas de Brasil.

Martines (2012), plantea que la humedad del grano puede medirse de dos maneras:  
Medición directa

• Secado en horno (gravimetría): es el método tradicional, consiste en tomar muestras de granos, determinar su masa, luego secar en la estufa a temperatura de  $105^\circ$ , pesar los granos después de salir de la estufa y determinar el porcentaje de humedad por la expresión:  $\% = \frac{Mh - Ms}{Ms} \cdot 100$ , donde Mh es la masa de la muestra húmeda y Ms es la masa de la muestra seca.

- ✓ Reacción química (Karl Fisher)
- ✓ Destilación
- ✓ Radiación por microondas (secado)
- ✓ Radiación por infrarrojo (secado)

Medición indirecta

- ✓ Métodos eléctricos (capacitivos, resistivos)
- ✓ Métodos espectroscópicos (IR, microondas, etc.)
- ✓ Humedad relativa (isotermas de sorción)

### 1.6.2 Metodología para determinar el rendimiento del cultivo

Para determinar el rendimiento del cultivo de Souza et al., (2010) pesaron los granos colectados en muestras aleatorias de plantas de frijol arrancadas en áreas  $2 \text{ m}^2$ .

Por su parte Maqueira et al., (2017) cosecharon  $9 \text{ m}^2$  del centro en cada parcela experimental de frijol a punto de cosecha con 14 % de humedad del grano, trillaron las plantas y determinaron la masa de las muestras para obtener el rendimiento por hectárea.

### **1.6.3 Metodología para determinar el daño mecánico**

De Souza et al., (2004), determinaron el daño mecánico retirando del depósito de granos de la máquina, cada 200 m, muestras en diferentes partes del tanque granelero de la cosechadora, hasta obtener una muestra compuesta de aproximadamente 2,0 kg, el índice de daños mecánicos fue determinado dividiendo la masa de granos con daños mecánicos y la masa inicial de la muestra, siendo expresado en porciento.

La norma NTC 871:2005, establece la metodología para determinar el daño mecánico, a partir de la extracción de 1kg de producto cosechado. Se separa manualmente la cantidad de granos dañados, partidos, abiertos, infectados, secos, impurezas, materias duras y granos limpios; luego se procede a pesar y en todos los casos se determina el porcentaje en masa de frijol limpio y de producto no servible.

### **1.6.3 Metodología para determinar las pérdidas de granos**

Según Torres y Martínez (2017), se utilizan aros huecos con área de 0,25 m<sup>2</sup>. Para determinar las pérdidas de precosecha en kg/ha, se cuentan todos los granos sueltos y los obtenidos de las vainas desgranadas.

Las pérdidas por cola se toman arrojando estos aros aleatoriamente en el campo después del paso de la cosechadora, se recogen todos los granos sueltos y los obtenidos de las vainas desgranadas que quedaron por debajo de los aros.

Para determinar el porcentaje de pérdidas totales se suman todas las pérdidas de precosecha, de cola y el rendimiento de campo y de este resultado se determinan los porcentos de pérdida.

## CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se plantean los métodos prácticos llevados a cabo para la medición de los parámetros que definen la calidad de la cosecha del frijol y las pérdidas de grano; así como los materiales utilizados en la investigación.

### 2.1 Caracterización del área y localización Geográfica

El trabajo se realizó en la UEB “Tres Marías” perteneciente a la Empresa Agropecuaria “La Cuba” en Ciego de Ávila, que abarca un terreno aproximado de 20,79 km<sup>2</sup> y se ubica al sur del poblado de Pesquería, enmarcándose dentro del Sistema Cuba Norte, a los 21° 53'07,9” de latitud Norte y -78° 30' 12”,7 de longitud oeste (ver fig. 3); la misma cuenta con un área total de 600 ha, de ellas 480 ha dedicadas a la siembra de granos (frijol y maíz).



Figura 3. Visión satelital del área evaluada en la UEB Tres Marías.

### 2.2 Características Generales del Suelo

Predomina el suelo ferralítico amarillento con subtipo concrecionario, en los primeros 0,50 m de profundidad presenta entre 5 a 50 % de reconcreciones, donde ocurre la acumulación de concreciones de coloración oscura, debido a manchas que produce el hierro y el manganeso en las caras de los agregados estructurales (Sardiñas, 2019).

El material originario de este suelo es caliza dura con una saturación mayor al 75 % y profundidad de 0,51 a 1,00 m, medianamente humificado de 2,0 a 4,0 % en la capa

arable y erosión menor del 25 %. Tiene una estructura caolinítica mayor de 75 %, pendiente predominantemente llana de 0,5 a 1,0 % y una profundidad efectiva de 0,51 a 0,90 m por lo que se denominan medianamente profundos (Ramos, 2019).

### **2.3 Diseño Experimental**

La investigación se desarrolló en un cuadrante de la máquina de riego 8, cuya área abarca 14,9 ha.

Para la toma de los datos correspondientes a la velocidad de trabajo se tomaron 20 muestras, distribuidas en el campo aleatoriamente; para determinar la cantidad de frijol no limpio se extrajo de la tolva cinco muestras de 1 kg de producto cosechado, en parcelas diferentes, seleccionadas al azar y para hallar las pérdidas de pre-cosecha y de cola se tomaron diez muestras, en áreas de 0,322 m<sup>2</sup> tomadas por un aro hueco.

### **2.4 Materiales utilizados**

**Cosechadora de granos Jumil 390**, ver características técnicas en el anexo 1.

**Tractor New Holland TT4030** de 55 kW de potencia, tracción 4x2 TDA, con frecuencia de rotación del motor que oscila de 1800 a 2500 rpm y 2650 kg de peso.

**Cronómetro** para determinar los tiempos que intervienen en el turno de trabajo.

**Balanza LG 1001A** de precisión del error igual a 0,1 g para determinar la masa de granos de frijol.

**Balanza WL-1,0 Physical Balance**, con error de 0,02 g para medir 1 kg de grano.

**Un aro hueco** para determinar las pérdidas.

**Medidor de humedad** para determinar la humedad del grano.

**Computador** para procesamiento de datos.

### **2.5 Métodos de campo para la medición de las variables experimentales**

#### **Velocidad de trabajo**

Se marcó con estacas 10 m alejadas de las orillas del campo, se midió el tiempo que demoró la cosechadora en recorrer esos 10 m, se tomó muestras de tiempo, 30 de ellas y luego se determinó la velocidad por la relación distancia/tiempo (km/h).

#### **Humedad de los granos**



Se colectaron cuatro muestras de los granos cosechados de diferentes partes de la tolva de la recogedora trilladora, se determinó su masa en un medidor de humedad Mini GAG y se halló el porcentaje de humedad promedio de los granos en el momento de la cosecha.

### **Rendimiento del cultivo (kg/ha)**

Antes de ser arrancadas las plantas de frijol se determinó el rendimiento marcando parcelas de 1m<sup>2</sup> hasta completar diez muestras, se trillaron los granos de cada planta dentro de las parcelas por separado, se pesaron y se determinó el rendimiento en kg/ha por la ecuación 2.1, hallando posteriormente el rendimiento promedio.

$$R_x = \frac{Mg}{Aparc} * 10 , \text{ en } \frac{kg}{ha} \dots\dots\dots (2.1)$$

Donde:

R<sub>x</sub>: rendimiento de granos por muestra;

Mg: masa de la muestra en g;

Aparc: área de la parcela en m<sup>2</sup>

### **Pérdida de granos**

#### Pérdidas pre-cosecha

Se confeccionó un aro de 0,322 m<sup>2</sup> de área, después de conformado el cordón de plantas arrancadas de frijol y antes de pasar la recogedora-trilladora se lanzó el aro en el campo aleatoriamente en diez posiciones, luego se recolectaron los granos de frijol que se encontraban en el área debajo del aro, se pesaron las muestras, determinando las pérdidas por hectárea por la ecuación 2.2, para posteriormente hallar las pérdidas promedio.

$$P_x = \frac{Mm}{Aaro} * 10 , \text{ en } \frac{kg}{ha} \dots\dots\dots (2.2)$$

Donde:

P<sub>x</sub>: pérdida de grano por muestra;

Mm: masa de la muestra en g;

Aaro: área del aro en m<sup>2</sup>

#### Pérdida durante la cosecha

Después de pasar la recogedora-trilladora por el campo, se lanzó el aro hueco de 0,338 m<sup>2</sup> en el mismo aleatoriamente en diez posiciones, luego se recolectaron los granos de frijol que se encontraban en el área debajo del aro, se pesaron las muestras, determinando las pérdidas por hectárea por la ecuación 2.2, para posteriormente hallar las pérdidas promedio.

## **2.6 Metodología para el análisis estadístico de los datos**

Para la organización y procesamiento de los datos se utilizó el tabulador electrónico Excel y el paquete estadístico para ordenador IBM SPSS Statistics 21, haciendo uso de gráficas y tablas de frecuencia y estadísticos de posición (la moda, la mediana y la media) y de dispersión (el rango, la varianza y la desviación típica) que permite entender si existe simetría en la distribución de los datos, la existencia de valores que provocan sesgo en el valor de la media y si existe dispersión entre los datos, según recomiendan Martínez *et al.* (2015).

## **CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La evaluación efectuada a la cosecha de frijol con la recogedora-trilladora de granos JUMIL-390, en un área anteriormente cosechada de maíz, contribuyó a determinar el comportamiento de los índices de calidad y el daño mecánico de los granos partiendo de la tecnología empleada para la mecanización del cultivo en las condiciones de la UEB “Tres Marías”.

La tecnología de labranza empleada para la implantación del cultivo consistió en la roturación del suelo con el arado ADI-3 y el tractor New Holland TT4030 a una profundidad de 0,25 m, desmenuzamiento del suelo con la grada de 1500 kg traccionada por el tractor T-150K a 0,20 m de profundidad, desmenuzamiento del suelo en dirección perpendicular al pase anterior con el mismo conjunto a 0,15 m de profundidad, nivelación del suelo con el tractor FOTÓN 904 y un raíl de línea.

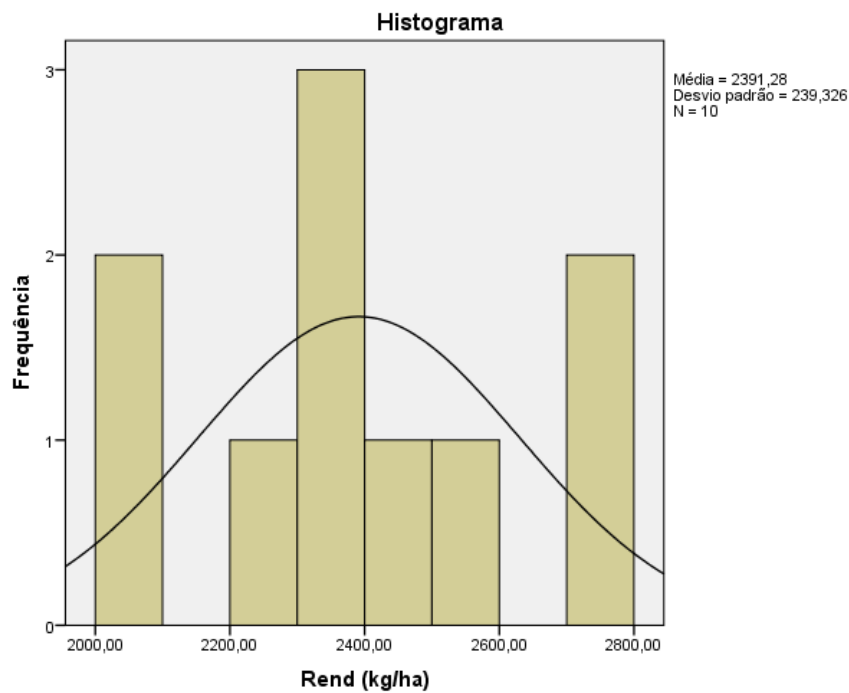
La siembra se llevó a cabo con dos modelos de sembradoras de diferente calibración, JUMIL de tres órganos de siembra con la que se obtuvo una densidad de población media de 213 393 plantas/ha y Baldán de cuatro órganos de siembra con densidad de población obtenida de 262 857 plantas/ha. Estas diferencias entre ambas sembradoras pudieron estar asociadas, a una despreocupación en la calibración realizada.

Las atenciones culturales efectuadas al cultivo consistieron en una aplicación de pre-emergente DUAL GOLD, 15 días después se cultivó con el cultivador de rejas planas y a los 15 días se aplicó herbicida FUSILADE 2000 CE 12.5 U.K.

### **3.1 Análisis del rendimiento de campo en kg/ha**

Del histograma de frecuencias mostrado en la figura 4, se aprecia que los datos tomados siguen una distribución normal. El rendimiento promedio del cultivo obtenido fue de 2 391,28 kg/ha por encima del logrado por Maqueira et al. (2017) para la variedad CUL-156. La variabilidad de los resultados de rendimiento por área muestreado respecto a la media, expresada por la desviación estándar de 239,33 kg/ha, se debió a la desuniformidad en los marcos de siembra que fue ocasionada

primeramente por utilizarse dos sembradoras con diferente calibración, lo que influyó en la densidad de población.



**Figura 4. Histograma de frecuencia del rendimiento del cultivo en kg/ha.**

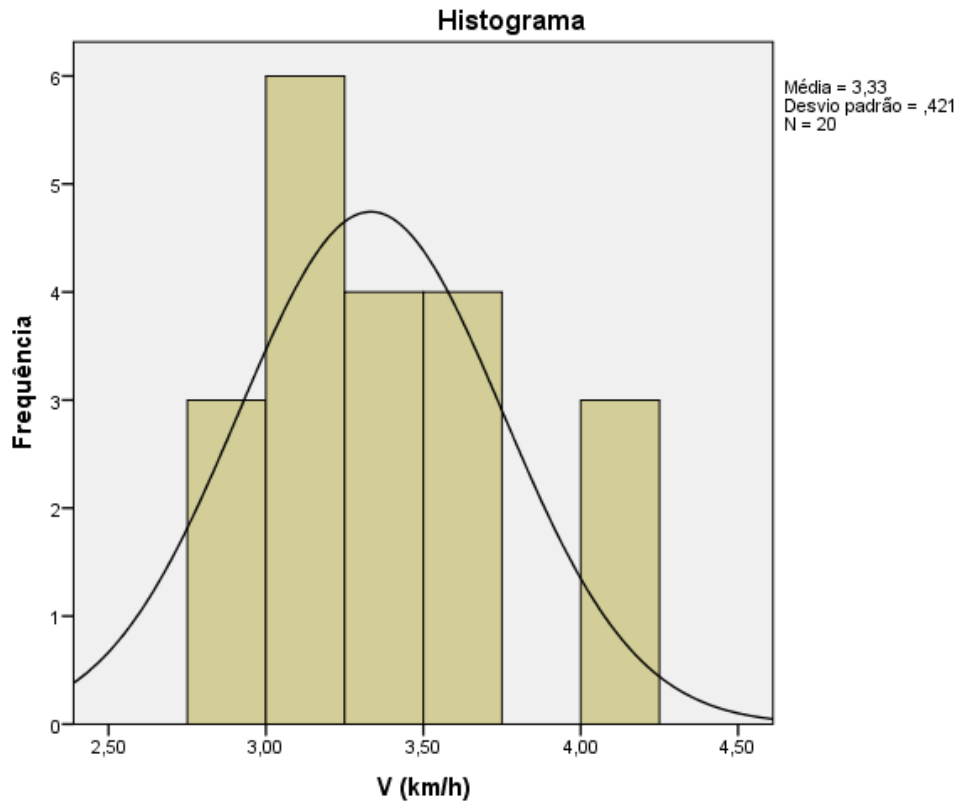
### **3.2 Comportamiento de los indicadores de calidad de los granos durante la cosecha**

La cosecha se realizó por el método convencional, para el que se arrancó manualmente las plantas y se conformaron cordones formados por cuatro hileras de plantas arrancadas, luego se procedió a la recolección con la recogedora-trilladora de granos JUMIL-390 G, con 0,01 m de separación entre el cilindro y el cóncavo, la zaranda para la limpieza final de los granos no se encuentra en funcionamiento por la falta de la correa para la transmisión del movimiento.

La máquina recogedora-trilladora se encontraba trabajando en un terreno desnivelado, en condiciones de alto grado de enyerbamiento y presencia de piedras y troncos, con gran desuniformidad del cordón de plantas lo que provoca el atoramiento de la sección receptora.

La humedad del grano en el momento de la recolección era del 23 %, debida a las influencias del clima.

Los valores de velocidad de trabajo de la máquina según el histograma de frecuencia de la figura 5, siguen una distribución normal, encontrándose el 80 % de los datos en el rango de velocidad recomendado por De Moraes (2015), con un valor medio de 3,33 km/h, con una desviación estándar de 0,421 y correspondencia entre la moda, media y mediana que denota la poca dispersión de los valores muestreados.



**Figura 5. Histograma de frecuencia de la velocidad de trabajo en km/h.**

En la tabla 3 se muestra los porcentos medios de granos dañados durante la recolección por la trilladora, los valores se encuentran por debajo de lo establecido en la norma colombiana NTC 871:2005 y lo obtenido por de Souza, et al., (2010), lo que significa que los daños encontrados no tienen influencia en la calidad del frijol cosechado.

**Tabla 3. Promedio del porciento de granos dañados luego de la recolección por la recogedora-trilladora**

Grano partido (%)	Grano seco (%)	Grano dañado (%)	Materia dura (%)	Paja (%)	Daño total (%)
0,01	0,1	0,15	0,14	0,20	0,52

### 3.3 Comportamiento de las pérdidas de granos durante la cosecha

La tabla 4 presenta las pérdidas de grano obtenidas durante el acordonamiento de las plantas de frijol y las pérdidas provocadas por las secciones de la recogedora trilladora durante el proceso de recolección y trilla. El total de pérdidas encontradas representan el 47,39 % del rendimiento potencial del campo, por encima de las obtenidas por de Souza, et al. (2010) y De Simone y Godoy (s.f) y por Landa (2018) en la misma UEB, lo que significa que se dejó de acopiar para la alimentación de la población cerca de la mitad del frijol que estaba planificado, incrementando los costos por tonelada de grano.

**Tabla 4. Pérdida media de granos antes y después de la recogida de frijol en kg/ha**

<b>Pérdidas totales (kg/ha)</b>	<b>Antes (kg/ha)</b>	<b>% del total</b>	<b>Después (kg/ha)</b>	<b>% del total</b>
1 133,33	210,25	18,55	923,08	81,44

Las pérdidas en el acordonamiento fueron aumentadas por la cantidad de plantas sin arrancar por los obreros que conformaron el cordón; aunque la mayor incidencia sobre las pérdidas totales encontradas la tuvo las provocadas durante la recolección y trilla por la máquina JUMIL, que se debieron fundamentalmente a las condiciones climáticas por las fuertes lluvias en el período de evaluación que trajo consigo humedad de los granos del 23 % para lo que debió variarse la holgura del tambor trillador, según De Morais (2005).

El alto grado de enyerbamiento y la desfavorable preparación del suelo que impide homogeneidad en la nivelación del terreno, además de la desuniformidad en el cordón de plantas arrancadas y la existencia de plantas prendidas al suelo, impidieron a la recogedora-trilladora recoger homogéneamente las plantas de frijol en algunos espacios del campo; esto explica la dispersión de los datos analizados por causa de la diferencia entre la moda, la mediana y la media, el valor del rango que denota gran diferencia entre el menor y el mayor valor, por lo que los datos se alejan mucho de la media con una desviación típica de 272,19 kg/ha.

**Tabla 5. Estadísticos descriptivos de las pérdidas totales de grano**

Estadísticos		
Pérdidas totales (kg/ha)		
N	Válidos	10
	Perdidos	10
Media		923,0780
Mediana		963,0150
Moda		443,79 <sup>a</sup>
Desv. típ.		272,19213
Asimetría		-,495
Error típ. de asimetría		,687
Rango		825,44
Mínimo		443,79
Máximo		1269,23

a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

Por otra parte, la holgura de los tambores trilladores es fija pues el conjunto no dispone de variador de velocidad y el flujo de la masa vegetal proveniente de la hilera es muy variable, lo que influye en el atascamiento de la masa vegetal que impide la trilla eficiente y conlleva a la salida de granos junto con la paja, tal y como lo concluyeron Pérez, et al., (2017).

No existe una estrategia en el pelotón para revisar frecuentemente el trabajo del conjunto por lo que el operador no se percata de la salida de granos por el sistema de limpieza, debida a la regulación del ventilador.

## CONCLUSIONES

1. Las labores de preparación del suelo, siembra y eliminación de malezas que se realizan en la UEB, no garantizan que se la cosecha se desarrolle con calidad.
2. Las condiciones del suelo y el grado de enyerbamiento provocan desuniformidad en el desplazamiento de la máquina durante la cosecha.
3. La imperfecta nivelación del terreno influye significativamente sobre las pérdidas provocadas durante la recolección y trilla.
4. Las pérdidas de precosecha y de recolección suman 1 133,33 kg/ha lo que representa el 47,39 %.
5. El daño mecánico de los granos de 0,52 % es despreciable según las normas.



## **RECOMENDACIONES**

1. Realizar labores de cultivo ya sea químico o mecánico para disminuir el grado de enyerbamiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chacón, A., Cardoso, S., Barreda A., Colás A., Alemán R., y Rodríguez G. (2011). El espaciamiento entre surcos: efecto sobre el rendimiento agrícola, sus componentes y el peso de 100 semillas de dos cultivares de soya [*Glycine max* (L.) Merr.]. *Centro Agrícola*, 38(3): 45-49.
- De Morais, J. (2015). Manual de explotación de la cosechadora Jumil 390. Recuperado de [www.jumil.com.br](http://www.jumil.com.br).
- De Simone, M. y Godoy, A. INTA (Productor). (s.f.). *Eficiencia de la cosecha y poscosecha de poroto con destino comercial o consumo humano directo* [DVD]. De <https://inta.gov.ar/portada-videos/videos>.
- De Souza, C. M., Bottega, E., Vilela, F., Rafull, L. Z. y de Queiroz, D. (2010). Espacialização de perdas e da qualidade do feijão em colheita semimecanizada. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 32(2), 201-208.
- De Souza, C. M. A., Rafull, L. Z. L., de Queiroz, D. M. y Mantovani, E. C. (2004). Análisis y clasificación de los granos cosechados por una recojedor-trilladora de frijol. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 13(2), 0.
- Giordano, J. M. (2011). Fundamentos del desarrollo de una cosechadora para la agricultura familiar. INTA-Estación Experimental Agropecuaria Rafaela, *Publicación Miscelánea*, (121): 141-147.
- Giraldo, A. G. (1990). Técnicas y métodos apropiados de cosecha, trilla, prelimpieza, secado y almacenamiento de semillas de frijol en los sistemas convencionales, no convencionales y tradicionales. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Martínez, E. (2012). Importancia de la metrología en la determinación del contenido de humedad en granos. IV Encuentro nacional de Metrología Eléctrica. Centro Nacional de Metrología. México.
- Martínez, S. de J., Leiva M., Rodríguez, M., Gómez, O., Quintero, E., Rodríguez, G., García, A. Y Cárdenas, M. (2015). Nuevas variedades de frijol común

- (*Phaseolus vulgaris* L.) para la Empresa Agropecuaria "Valle del Yabú". *Centro Agrícola*, 42(4): 89-91.
- Paneque, P. (2018). Labranza convencional y de conservación en el cultivo del frijol bayo Tuy (*Vigna unguiculata* l). *Ingeniería Agrícola*, 6(2): 20-25.
- Rodríguez, J., Salinas, E y Tosquy, O. (2014). Componentes del rendimiento de frijol negro en diferentes fechas de siembra durante ciclo otoño-invierno. *Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 2(3), 266-270.
- Rojas, L. A. y G., Chávez. (2002). Efecto de la labranza mínima y la convencional en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la región huerta norte de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 13(2): 105-110.
- Salinas, J. R., Díaz, A., E., Garza y Garza, E. I. (2005). Efectos de labranza y biofertilización en propiedades del suelo que afectan a la sostenibilidad de la producción de frijol. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 5(1): 30-34.
- Sardiñas, S. L. (20 de enero de 2019). Tipo de suelo de la UEB Tres Marías. (Y. Morales, Entrevistador)
- Solís, J. (2010). Evaluación y desempeño de una cosechadora de granos Jumil Modelo JM-390 acoplada al tractor yanmar af 1110 ex, en cosecha directa de soya. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú. Recuperado de <http://www.lamolina.edu.pe/agricola/biblioteca/Tesis/Pregrado/2010/T0926%20-2010.pdf>.
- Fernandes, H.C., Araújo, E.F., Martyn, P.J. y Queiroz, D.M. (1993). Influência da máquina trilhadora UFV-H na qualidade das sementes de feijão. *Engenharia na Agricultura*, 2(3): 7-16.
- Maqueira, R. H. (2017). Crecimiento y rendimiento de cultivares de frijol negro (*Phaseolus vulgaris*, (L.) en la localidad de los Palacios. *Cultivos Tropicales*, 38(3): 58-63.

- Pérez, C, Daquinta, A., Plá, E.; Trujillo, Y., Gutiérrez, R. (2017). Evaluación de cosechadora JUMIL 390 durante la recogida y trilla de frijol. *VIII Conferencia Científica Internacional sobre Desarrollo Agropecuario Y Sostenibilidad "Agrocentro' 2017"* VIII Simposio de Ingeniería Agrícola. Universidad Central de las Villas.
- Landa Suárez, Y., (2018). *Comportamiento de los indicadores de calidad y pérdidas de la cosecha semi-mecanizada del frijol en la Empresa Agropecuaria La Cuba.* (Tesis de pregrado) Universidad Máximo Gómez Báez, Ciego de Ávila.
- Trujillo Y, Fernandes, H. C., Domínguez, J., de Souza J. E., Loureiro, D. R. (2012). Demanda de potencia y energía de un tractor agrícola en función de las marchas de trabajo y el manejo del suelo. *Engenharia na Agricultura.* 21(3): 253-260.
- Torres, D. y Martínez, A. (2017). Caracterización de las pérdidas achacables a la plataforma de corte-recepción durante la cosecha mecanizada del arroz. *Ingeniería Agrícola*, 7(4): 31-36.

## ANEXOS

### Anexo 1. Parámetros técnicos de la cosechadora de granos Jumil 390

Parámetro	Valor
Potencia mínima requerida	65 a 85 CV
Tiempo de descarga del granelero	1 min
Capacidad de la tolva	920 kg
Velocidad de trabajo recomendada	3 a 5 km/h
Rodaje	Doble
Neumáticos	7,00x16-12 capas
Velocidad en la TDP	540
Altura de descarga (caño granelero)	3,20 m
Capacidad de la tolva	276,5 kg
Dimensiones	JM 390G
Anchura total	2600 mm
Longitud total	4900 mm
Altura total	2700 mm
Modelo	Peso
JM 390G-Plataforma de frijol	1500 kg

### Anexo 2. Cosechadora de granos JUMIL-390 G y tractor New Holland



### **Anexo 3. Características técnicas del tractor New Holland TT4030**

<b>País</b>	<b>China</b>
<b>Tipo</b>	<b>Whelled 4x4</b>
<b>Clase traccional (kN)</b>	<b>21,3</b>
<b>Potencia nominal (kW)</b>	<b>55</b>
<b>Frecuencia nominal de rotación (rpm)</b>	<b>1800-2500</b>
<b>Peso del tractor (kg)</b>	<b>2650</b>