



**UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS**  
**José Martí Pérez**

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**  
**Departamento de Agronomía**

**TRABAJO DE DIPLOMA**

**Influencia de la variación en la velocidad de desplazamiento de la sembradora JUMIL 2670 POP sobre el cultivo del maíz (*Zea mays* L.)**



**Autora: Ayaselys Morales González**

**Tutor: MSc ing. Juan A. Sánchez Reina.**

**Sancti Spíritus, 2018**

## *Agradecimiento*

*Finalizar de forma inmediata un objetivo trazado en la vida lleva consigo siempre implícito un esfuerzo personal de quien se lo propone, y de personas que generosamente compartieron su experiencia profesional, sin las que no hubiese sido posible materializar este sueño. De manera muy especial a:*

- ✓ Díos por darme la oportunidad de ser quien soy y estar donde estoy.*
- ✓ MSc Juan A. Sánchez Reina sin el cual no hubiese sido posible materializar este trabajo.*
- ✓ Al Ing. Delfín, a mi papa y a mi abuelo por su ayuda incondicional.*
- ✓ Agradezco profundamente a mi esposo por siempre estar a mi lado y apoyarme incondicionalmente.*
- ✓ Doy gracias a la Revolución Cubana por darme el privilegio de poder estudiar, en particular a la Universidad de Sancti Spiritus "José Martí Pérez" en conjunto con todos aquellos profesores de la Facultad de Agronomía que fueron partícipes de mi formación como ingeniera.*
- ✓ A todas aquellas personas que de una forma u otra me han apoyado,*

*Muchas Gracias.*

### *Dedicatoria*

- ✓ *Dedico todo mi esfuerzo y sacrificio a mi bella y adorable hija que es la razón de mi vivir.*
- ✓ *A mi esposo por su apoyo en el transcurso de toda mi carrera.*
- ✓ *A toda mi familia que de una u otra manera me han apoyado y ayudado.*

*Pensamiento:*

*Solo puede ser intrépido quien conoce el miedo pero lo supera; quien ve el abismo con orgullo. Quien ve el abismo con ojos de águila se aferra al abismo; ese tiene valor.*

*Ernesto "Che" Guevara*

## **SÍNTESIS**

El trabajo presenta los resultados de la aplicación de diferentes velocidades de desplazamiento de la sembradora JUMIL 2670 POP para evaluar su influencia sobre la densidad de siembra y algunos indicadores morfoagronómicos del cultivo del maíz en la Empresa Agroindustrial Valle del Caonao del municipio de Yaguajay y así proponer la velocidad de desplazamiento más recomendable. Se empleó un diseño de parcelas en franjas con tres velocidades: Velocidad 1, Velocidad 2 y Velocidad 3 y seis réplicas. Los resultados demostraron que la velocidad 1 correspondiente a  $4,3 \text{ km.h}^{-1}$  presentaba el mejor promedio en el distanciamiento entre plantas, lo que produjo un estimado en el rendimiento de la cosecha de  $2,07 \text{ t.ha}^{-1}$ , mientras la velocidad 2 correspondiente a  $7,5 \text{ km.h}^{-1}$  produjo un estimado en el rendimiento de la cosecha de  $1,82 \text{ t.ha}^{-1}$  que se ubica en los valores de velocidad recomendados por el fabricante y mejor que los resultados de la velocidad 3 correspondiente a  $9,6 \text{ km.h}^{-1}$  que produjo un decrecimiento en el estimado del rendimiento de la cosecha con un valor de  $0,9 \text{ t.ha}^{-1}$ . Además, se determinaron algunos indicadores morfoagronómicos como la altura de la mazorca, longitud, diámetro, número de hileras, el diámetro del tallo de la planta, granos por hilera y la masa de cien granos. No obstante, las diferencias entre los resultados de las dos primeras velocidades son tan pequeños, que se aconseja trabajar en el rango inferior de la velocidad recomendada por el fabricante con el consiguiente ahorro de combustible, tiempo y mejor rendimiento en la cosecha.

## SYNTHESIS

In the work are presented the of the application of different displacement speeds of seeder JUMIL 2670 POP with the objective of evaluating it influence upon the land's density and some morphoagronomical indicators of the maize cultivation in the agricultural company Valle del Caonao from Yaguajay municipality and that's way propose the most commendable displacement speed according to the place conditions. It was employed in a bard of ground plot with three speeds: speed 1, speed 2, speed 3 and a replica of each one. The results demonstrated that in the place conditions the speed 1 corresponding to  $4,3 \text{ km}^{-1}$  presented the best average in the between plants, that produced a stimation in the harvest submission of  $2,07 \text{ t.h}^{-1}$  while the speed 2 ,corresponding to  $7,5 \text{ km.h}^{-1}$  produced a stimation in the harvest submission of  $1,82 \text{ t.h}^{-1}$  ,that situated in the speed values recommended by the manufacturer and much better upon de results of the speed 3 corresponding to  $9,6 \text{ km.h}^{-1}$  that produced a decreasement in the stimation of harvest submission of  $0,9 \text{ t.h}^{-1}$  .Also were determined other morphoagronomical indicators in the cultivation , such as the car of com height , length , diameter , number of lines , diameter of the plant stem , grams for line and the mass of one hundred grams . But the differences between two first speed values are so smalls that it's advisable to work in the lower speed rank recommended by the manufactured with theconsequential combustible saving and better harvest submissions.

## ÍNDICE

CONTENIDO	Pág.
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1. INTRODUCCION-----</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO II-----</b>	<b>4</b>
<b>2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA-----</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Características del cultivo del maíz-----</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Elementos fundamentales durante la siembra de maíz con máquina---</b>	<b>5</b>
<b>2.2.1 Preparación del terreno-----</b>	<b>6</b>
<b>2.2.2 Marco de siembra-----</b>	<b>6</b>
<b>2.2.3 Labores culturales-----</b>	<b>7</b>
<b>2.3 Siembra del maíz con máquina-----</b>	<b>7</b>
<b>2.3.1 Características de la máquina sembradora-----</b>	<b>7</b>
<b>2.3.2 Calibración de la sembradora-----</b>	<b>8</b>
<b>2.3.3 Uniformidad en la ubicación de la semilla del maíz-----</b>	<b>8</b>
<b>2.3.4 Características de la semilla a sembrar-----</b>	<b>9</b>
<b>2.3.5 Velocidad de desplazamiento de la sembradora-----</b>	<b>10</b>
<b>2.3.6 Conducción de la semilla-----</b>	<b>11</b>
<b>2.3.7 Surcado, apretado y tapado – compactado-----</b>	<b>12</b>
<b>2.4 La sembradora JUMIL 2670 POP-----</b>	<b>12</b>
<b>2.5 La evaluación de la distribución: Cuantificación de la desuniformidad-</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>3 Materiales y métodos-----</b>	<b>15</b>
<b>3.1 Descripción del experimento-----</b>	<b>15</b>
<b>3.2 Determinación de los parámetros relativos al proceso de siembra-----</b>	<b>17</b>
<b>3.3 Determinación de los indicadores agroproductivos del maíz bajo</b>	
<b>la siembra en tres tratamientos-----</b>	<b>19</b>
<b>3.4 Análisis estadístico-----</b>	<b>20</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	

<b>4 Resultados y discusión</b>	<b>20</b>
<b>4.1 Resultados generales acerca del espaciamiento en la hilera</b>	<b>20</b>
<b>4.2 Comportamiento de los índices de entrega de la sembradora de acuerdo a la distancia entre plantas</b>	<b>22</b>
<b>4.3 Comportamiento del estimado de rendimiento de la cosecha respecto a las velocidades de desplazamiento de la sembradora</b>	<b>23</b>
<b>4.4 Comportamiento del rendimiento frente al término SEPA</b>	<b>25</b>
<b>4.5 Comportamiento de la velocidad de desplazamiento frente a la distancia media entre plantas</b>	<b>26</b>
<b>5. Indicadores morfoagronómicos</b>	<b>27</b>
<b>5.1 Altura de la mazorca a los 45 ddg frente al término SEPA</b>	<b>27</b>
<b>5.2 Longitud de la mazorca frente al término SEPA</b>	<b>27</b>
<b>5.3 Diámetro de la mazorca frente al término SEPA</b>	<b>28</b>
<b>5.4 Diámetro del tronco a los 45 ddg frente al término SEPA</b>	<b>28</b>
<b>5.5 Número de granos en la mazorca frente al término SEPA</b>	<b>28</b>
<b>5.6 Granos por hilera frente al término SEPA</b>	<b>28</b>
<b>5.7 Número de hileras por mazorca frente al término SEPA</b>	<b>28</b>
<b>5.8 Masa en granos de la mazorca frente al término SEPA</b>	<b>29</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>30</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>31</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	



## 1. INTRODUCCIÓN

En el Anuario Estadístico de Cuba (ONE, 2016) se expone que después del Triunfo de la Revolución se han hecho innumerables esfuerzos por diversificar la economía, la producción agrícola sigue siendo el renglón fundamental sobre todo para el abastecimiento de la población. Todavía es necesario importar cuantiosas cantidades de alimentos como arroz, soya frijol y maíz las cuales en la mayoría de las veces hay que pagar por encima de su precio tradicional debido a los efectos del largo bloqueo económico y financiero por parte de los Estados Unidos.

En el Lineamiento 193 aprobado en el VI Congreso del PCC en el país es indispensable asegurar el cumplimiento de los programas de producción de arroz, frijol, maíz, soya y otros granos que garanticen el incremento productivo, para contribuir a la reducción gradual de las importaciones de estos productos; para así, como plantea el Lineamiento 184, priorizar la sustitución de estas en aquellos alimentos que se puedan producir en el territorio, dándole un aporte progresivo a la balanza de pagos para dejar de ser importadores netos de alimentos y según el lineamiento 177 disminuir la alta dependencia de financiamiento que hoy se cubre con los ingresos de otros sectores (PCC, 2016).

Para tratar de solventar esta situación (ONE, 2016) el país ha tenido que importar todo un parque de maquinarias fundamentalmente de países como Brasil, China, Bielorrusia, Italia e Irán, por lo que en el año 2013 se invirtió en maquinarias y equipos de transporte la cantidad de 2 524 865 miles de pesos y cada año se propone invertir de modo que se sustituyan tecnologías obsoletas en todas las esferas, priorizando la productiva, dándole un gran peso al sector agrícola. Estas se caracterizan por realizar el trabajo con productividad y eficiencia, además son económicas, pues al sustituir personal la empresa tiene que destinar menos fondos por concepto de salarios, lo que es de gran importancia ya que es evidente que si se es capaz de producir más alimento con la menor utilización de recursos se aumenta el rendimiento, mejorando así las posibilidades de

crecimiento y competitividad para el país, así como las posibilidades de ahorro y la distribución de la renta.

Según Rodríguez (2014) uno de los cultivos más importantes para el país es el maíz por su consumo como alimento en la población y en la confección de pienso para distintos tipos de ganados que son fuente de alimento y que su producción ha descendido en los últimos años aunque ya se nota una ligera recuperación. Es un cultivo de ciclo corto, que en solo dos meses y medio ya está dando su producto, tiene un amplio arraigo en el sector campesino y de gran aceptación en la población en general. Sin embargo, en Cuba no ha tenido prioridad en cuanto a la ciencia y la técnica; solamente en las provincias habaneras, en los últimos años es que se le ha brindado alguna atención desde este punto de vista.

Alemán et al. (2008) explicaron que la mayoría de las áreas se siembran con semilla producida por los propios productores, sin la calidad genética deseada y solamente una pequeña parte de las áreas estatales utilizan semilla certificada por las entidades especializadas del Ministerio de la Agricultura (MINAGRI). De acuerdo a las estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2016) la producción mundial de maíz en el año 2012 fue de 872 791 597 MT decreciendo en 15 063 185 MT respecto al 2011 que fue de 887 854 782 MT. En el 2010 la producción de dicho cereal fue la menor en estos tres años con un valor de 851 270 850 MT.

La producción nacional de maíz en el 2013 fue de 427 295 t superando al año 2012 y 2011 que fue de 426 200 t y 360 400 t respectivamente, por lo que se puede arribar a la conclusión de que la producción nacional de maíz va en un aumento progresivo, contribuyendo a la transformación productiva que necesita el país para lograr un alto y sostenido crecimiento de la economía, y su contribución al logro de la seguridad alimentaria, así como la sustitución de importaciones(ONE, 2016).

En la Empresa Agroindustrial Valle del Caonao se utilizan hace dos años dos de estas máquinas, provenientes de Brasil, dentro del programa “Más alimentos”, lo que ha garantizado que la producción aumente sustancialmente permitiendo

incrementar los ingresos, que pueden cubrir sus gastos y un porcentaje alto dedicarlo a la estimulación de los trabajadores, pero todavía los rendimientos no alcanzan los valores deseados y es necesario perfeccionar el trabajo con las sembradoras donde es primordial evaluar la velocidad de desplazamiento en esta máquina en condiciones locales y su influencia en la densidad de siembra, lo que influye directamente en los bajos rendimientos unido a otros factores dado que aún no existen estudios que avalen estos cálculos.

**OBJETO DE ESTUDIO:** Sembradora de granos Jumil 2670 POP.

### **PROBLEMA CIENTÍFICO**

¿Cuál será el efecto de la variación de la velocidad de desplazamiento de la sembradora de granos Jumil 2670 POP sobre la densidad de siembra e indicadores morfoagronómicos del cultivo del maíz en la Empresa Agroindustrial Valle del Caonao?

**HIPÓTESIS:** Si se evalúa el efecto de la variación de la velocidad de desplazamiento de la sembradora JUMIL 2670 POP en la siembra del maíz en la Empresa Agroindustrial Valle del Caonao, se pudiera determinar la más efectiva para lograr una óptima densidad de siembra y favorables indicadores morfoagronómicos.

**OBJETIVO GENERAL:** Evaluar el efecto de la variación de la velocidad de desplazamiento de la sembradora de granos JUMIL 2670 POP sobre la densidad de siembra e indicadores morfoagronómicos en el cultivo del maíz en la Empresa Agroindustrial Valle del Caonao.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

1. Evaluar los índices de entrega de semillas de la sembradora atendiendo a su velocidad de desplazamiento.
2. Determinar los indicadores morfoagronómicos en el cultivo del maíz cuando se siembra con máquina JUMIL 2670 POP.

## **2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Características del cultivo del maíz**

El cultivo de maíz tiene importancia especial ya que constituye la base de la alimentación de los latinoamericanos. Es un cereal que se adapta ampliamente a diversas condiciones ecológicas y edáficas, por eso se le cultiva en casi todo el mundo (Bonilla, 2009).

La importancia que representa dentro de los granos básicos es indudable desde distintos puntos de vista, por tener altas implicaciones en el contexto agrosocioeconómico de una gran mayoría de la población, principalmente para garantizar la seguridad alimentaria y la sobrevivencia. Los productos y subproductos que se obtienen del maíz, son utilizados tanto por la población rural como urbana, siendo estos demandados para el consumo humano, animal, transformación industrial y otros usos variados dentro o fuera de las fincas productoras (Fuentes, 2002).

Es una planta cultivada desde la antigüedad, hace más de 7 000 años, pertenece a la familia de las gramíneas, se cree, que se originó en los trópicos de América Latina. A continuación se muestra la clasificación taxonómica del maíz según (Sánchez, 2014).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: Zea

La planta del maíz es una monocotiledónea anual de elevado porte. El sistema radicular presenta una parte de raíces adventicias seminales que constituye cerca del 52 % de la planta además de ser el principal sistema de fijación y absorción de la

planta, mientras que el sistema nodular es el 48 % de la masa total de raíces de la planta. El tallo es simple, erecto, con numerosos nudos y entrenudos. Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes. Las inflorescencias unisexuales crecen siempre en lugares separados de la planta. Al principio ambas inflorescencias presentan primordios de flores bisexuales pero, en ambos casos, los primordios de gineceos y estambres abortan y quedan solo las inflorescencias femeninas (mazorcas) y masculinas (espiga), respectivamente. El fruto es indehiscente, cada grano se denomina cariósido, no presentando latencia la semilla (Kato, Mapes, Mera, Serratos y Bye, 2009).

Necesita suelos estructurados, fértiles y profundos que permitan el desarrollo de las raíces, que eviten los encharcamientos siendo al mismo tiempo capaces de almacenar agua, y que permitan un aprovechamiento óptimo de los nutrientes (Ortas, 2008).

Actualmente el maíz es sembrado en todos los países de América Latina. Este constituye, con el frijol, calabaza y chile, un alimento fundamental en toda América. La productividad del maíz latinoamericano es, sin embargo, bastante inferior a la de los Estados Unidos, lo cual está fundamentado en las características ecológicas y sobre todo, climáticas, que diferencian las dos zonas de producción. El maíz es un cereal de muy rápido crecimiento pero que necesita una provisión abundante de insolación, mucho mayor en el CornBelt, donde las noches del verano son muy cortas, que en las zonas equinocciales latinoamericanas. También en los países europeos se cultiva una gran cantidad de maíz con fines alimenticios para el ganado estabilizado (Kato et al., 2009).

## **2.2 Elementos fundamentales durante la siembra de maíz con máquina**

Garrido (2008) define la siembra como la acción de colocar las semillas o las posturas en el suelo, de tal forma que se produzca una perfecta germinación y una

densidad óptima de plantación, sin necesidad de posteriores trasplantes por tanto, es una actividad agrícola que consiste en colocar la semilla en el suelo. Por otro lado una adecuada labor de siembra se define como aquella donde la diferencia entre la cantidad de plantas posibles de obtener y las emergidas es mínima, la separación entre ellas es uniforme y el tiempo transcurrido para emerger es el mínimo para el conjunto de la población según Gargicevich, Maroni, Asenjoy González (2006). Por lo tanto esta es una actividad vital cuando se desean buenos rendimientos.

No obstante, a pesar de no existir estudios registrados en esta dirección en el país específicamente acerca del desempeño de estas máquinas de siembra adquiridas recientemente, fue posible consultar algunos trabajos de diploma como los de Bringas (2016), López (2017) y Pérez (2017) que aportaron elementos valiosos.

### **2.2.1 Preparación del terreno**

Para una buena preparación del terreno se recomienda efectuar una labor de arado al terreno, para que el terreno quede suelto y sea capaz de tener cierta capacidad de captación de agua sin encharcamientos, de esta manera queda esponjoso fundamentalmente la capa superficial donde se va a producir la siembra. Si se utiliza tracción animal se efectúan labores con arado de vertedera con una profundidad de labor de 30 a 40 cm y muy importante es que los terrenos deben quedar bien limpios de restos de plantas de cultivos anteriores (INFOAGRO, 2015).

En tanto (Garrido, 2008) aconseja que cuando la siembra con máquina es tradicional el terreno debe quedar bien mullido y para esto generalmente se le aplica un pase de grada lo que permite también una nivelación de la superficie.

### **2.2.2 Marco de siembra**

El rendimiento de este cultivo se ve afectado por el estrés originado muchas veces por la competencia entre plantas y esta situación determina su respuesta al adecuado manejo desde el punto de vista agronómico, por lo que su crecimiento está directamente relacionado con su capacidad de capturar la luz solar y dicha captura

depende del tipo de planta, de la cantidad y de su distribución en el terreno (Agnes y Botta, 2015). Todo lo anteriormente planteado es muy significativo ya que si se varía la distancia entre líneas trae como resultado dificultades en las labores posteriores, por lo que una menor distancia entre los surcos de siembra permite cubrir mejor el suelo y capturar más luz desde etapas tempranas del cultivo, incrementando la producción de biomasa.

### **2.2.3 Labores culturales**

En este cultivo generalmente cuando es sembrado a máquina se aplica herbicida a los tres días con Merlin con el objetivo de controlar la maleza incipiente que comienza a salir. Posteriormente se aplica un pase de cultivadora y más tarde un pase de cultivador y fertilizador. Esto concuerda en propósitos hacia la cosecha con lo planteado con Ruíz, Cotrina y Neef (2011).

## **2.3 Siembra del maíz con máquinas**

### **2.3.1 Características de la máquina sembradora**

Los tipos actuales de sembradoras de precisión pueden clasificarse (Garrido, 2008) de la siguiente forma:

1. El principio de funcionamiento (mecánico y neumático).
2. El órgano de siembra (vertical, horizontal, inclinada).
3. El accionamiento (individual, combinado y central).

Las sembradoras neumáticas utilizan un sistema de aspiración de aire para el llenado de las celdillas. Por medio de esta aspiración quedan las semillas adheridas en su alvéolo hasta el punto en que han de ser depositadas, en el que desaparece el efecto de succión. (Ruíz, 1971)

De nuevo (Garrido, 2008) considera que el logro de un determinado espaciamiento entre plantas, depende tanto de la eficiencia de implantación como del trabajo de la sembradora y el logro de una uniformidad en el distanciamiento entre semillas está generalmente relacionado con la forma en que éstas llegan al surco de siembra, y también con la velocidad de avance del equipo. Como resultado de la investigación, a esto debe agregarse el patinaje de la rueda motriz y en siembra directa el efecto de los accesorios labrasurcos del tren de distribución. También la forma en que la máquina sembradora ubica las semillas en la línea de siembra está determinada por la calibración previa a su trabajo.

Lograda su calibración en un ensayo de campo, la cual muchas veces es una aproximación a la deseada, se aspira a que ésta se mantenga a lo largo de toda la operación, o que varíe en función de los distintos espacios por los que transita la sembradora, característica apreciada en la agricultura de precisión.

### **2.3.2 Calibración de las sembradoras**

De acuerdo con (Sánchez, 2017), la calibración de una sembradora es un proceso que define en gran medida los resultados en el rendimiento de la cosecha porque establece los parámetros fundamentales que deben situarse a la máquina para que desarrolle su trabajo con una distancia entre plantas, profundidad de siembra, distancia entre hileras, etc. de acuerdo a las exigencias del cultivo y a las características del terreno.

Primeramente se comienza siguiendo las indicaciones de su manual para la coordinación de su cadena cinemática donde se establece la relación de transmisión total entre la rueda motriz y el movimiento del disco de siembra y como parte final cuando la máquina comienza a sembrar es necesario verificar si lo programado se cumple y de no ser así, pues se realizan los ajustes pertinentes.

### **2.3.3 Uniformidad en la ubicación de la semilla del maíz**

La uniformidad en el espaciamiento real entre semillas es por lo general diferente con respecto al suministrado por el manual del fabricante de la máquina sembradora de precisión, lo cual puede ser debido a varios factores: velocidad de la sembradora,

presión de inflado de los neumáticos, deslizamiento de la rueda motriz de la sembradora, condiciones del mecanismo dosificador y tamaño del alveolo de la placa de semilla. De todas formas, existen antecedentes dispares sobre el efecto de la uniformidad del número de plantas sobre el rendimiento del cultivo de maíz. Entre los autores que resaltan la importancia de la uniformidad se hallan Agnesy Botta (2015) quienes señalan que para los cultivos que se siembran en hilera, el rendimiento es afectado por la distribución del espaciamiento dentro y entre la hilera y por la población de plantas por hectárea. Nielsen (1993) en un ensayo de campo a lo largo de los estados de Indiana y Ohio (Estados Unidos), entre los años 1987 – 1993, concluye que se pierden  $63 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  en el rendimiento de maíz por cada centímetro de aumento en la desviación estándar del espaciamiento entre plantas por encima de cinco

Analizando todas las consideraciones anteriores se puede concluir que el mantener una adecuada distancia entre plantas es vital para obtener los rendimientos a que se aspira en este cultivo.

#### **2.3.4 Características de la semilla a sembrar**

Una máquina sembradora debe tratar a la semilla de forma tal que no altere negativamente su viabilidad, y al mismo tiempo, debe colocar la semilla en un volumen de suelo con características tales que no se vea impedida su germinación y emergencia, por lo que esta debe ante todo estar bien seleccionada de acuerdo a su tamaño y suponiendo que su poder germinativo sea el adecuado de acuerdo a Agnes y Botta (2015).

Una semilla dispereja no es succionada en el disco de buena forma ya que las más pesadas tienden a caerse ante una presión de succión determinada de acuerdo a un tamaño y esto origina fallas en la línea de siembra. En su cálculo interviene el poder germinativo y la pureza de la semilla. Los tratamientos fitosanitarios de semillas también pueden aumentar los casos de fallos y descargas múltiples. La forma geométrica de la semilla también ha sido motivo de investigación por lo que Kepner, Bainery Barger, (1982) leído en el trabajo de D'Amico et al. (2011), establecen que uno de los principales requerimientos para el logro de una buena precisión en la

siembra es que las semillas tengan una forma preferentemente esférica a diferencia de las de otra geometría.

De todo lo anterior se concluye que en la sembradora de precisión la semilla dispareja no es succionada correctamente ya que las más pesadas tienden a caerse ante una presión de succión determinada de acuerdo a un tamaño y esto origina fallas en la línea de siembra.

No existe información acerca de un valor de esfericidad límite para la semilla de maíz por debajo del cual se vea afectado el buen funcionamiento de los conjuntos dosificadores mecánico de placa alveolada, pero se supone que una semilla más circular tiene una mejor facilidad para alojarse en un alvéolo, dado que presentaría una mejor fluidez dentro del lecho de semillas contenido en la tolva.

### **2.3.5 Velocidad de desplazamiento de la sembradora**

Un aspecto fundamental es la influencia de la velocidad de desplazamiento de la sembradora neumática de precisión sobre la densidad de siembra fundamentalmente en la distancia entre plantas lo que influye en los rendimientos en la cosecha.

Primeramente toda sembradora tiene indicado en su manual una velocidad de desplazamiento, que en muchos casos no se cumple por el tractorista que conduce el conjunto agrícola llegando a perjudicar el trabajo que realiza. Es importante determinar de acuerdo a las condiciones reales donde se desempeña la máquina cuáles la velocidad más apropiada para desplazarse y eso a veces está en dependencia del tipo de tractor que se utilice. Para (Valentinuz, Di Orio y Cebada, (2007) leído en el trabajo de D'Amico et al. (2011), trabajar con bajas velocidades de desplazamiento de la sembradora y con bajas densidades de siembra generan mejores resultados en la uniformidad del espaciamiento entre semillas por lo que los estudios demuestran que el aumento de la velocidad de desplazamiento de 3 a 9  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  provoca un incremento en la desuniformidad en la distribución de semillas de maíz, esto es un aumento en el número de fallos, duplicaciones y por el contrario, trabajando con velocidades de 3,5 y 7  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  y distintas densidades de siembra no existen modificaciones significativas.

Como conclusión, en este aspecto se evidencia que con el incremento de la velocidad de desplazamiento del conjunto agrícola, se origina una notable alteración

en el espaciamiento entre plantas que afectan directamente el rendimiento del producto.

### **2.3.6 Conducción de la semilla**

En opinión de Breece, Hansen y Hoemer, (1992) leído en el trabajo de D'Amico et al. (2011), la función del órgano conductor es captar la semilla del dosificador y entregarla en el fondo del surco manteniendo la densidad de siembra, por lo que el sistema de conducción más utilizado es por gravedad donde la semilla que sale del dosificador fluye en caída libre a lo largo del tubo conductor hasta alcanzar el fondo del surco de siembra, entonces la caída de la semilla dentro del tubo conductor es gobernada por las leyes de la caída libre de un cuerpo. Este movimiento es afectado por las propiedades aerodinámicas de la semilla, la fricción entre ellas, el impacto con las paredes internas del tubo (rebotes), el diseño y dimensiones de éste. Por lo tanto, a una mayor variabilidad en el espacio entre semillas en el suelo le corresponde una mayor longitud del tubo de conducción. La altura tiene importancia en la caída libre de las semillas, dado que afecta el tiempo y la velocidad de caída.

Durante el experimento se comprobó que el tiempo de caída aumenta cuando se producen rebotes dentro del tubo de conducción, efecto que es variable para cada una de las semillas dosificadas y se determinó que cuando hay incrementos en el tiempo de caída de semillas debido a los factores enunciados en el párrafo anterior se dificulta la apertura, conformación y cubrimiento del surco.

Por otra parte también se pudo comprobar que para grandes longitudes del tubo conductor se generan altas velocidades de caída, lo que tiende a incrementar el rebote y el desplazamiento de la semilla en la línea de siembra. Se comprobó que la inclinación del tubo conductor, las curvas que puede presentar y su diámetro pueden reducir la velocidad de caída o bloquear el flujo de semillas y con ello contribuir a mayores tiempos de caída produciendo la aparición de fallos y/o duplicaciones en este tipo de siembra.

En estas alteraciones del distanciamiento entre semillas en la línea de siembra, la velocidad de avance juega un papel importante, dado que la semilla no cae desde un punto estacionario de nuevo nuevamente opinan los autores anteriores por lo que

aproximadamente el ángulo de desviación del tubo conductor respecto a la vertical no debería superar los 15° y se comprueba en esta máquina de siembra.

### **2.3.7 Surcado, apretado y tapado – compactado**

En muchos países están ampliamente difundidos los órganos surcadores con movimiento giratorio, siendo el más representativo el llamado “doble disco”. Se ha encontrado que la labor de éste tipo de surcadores no es satisfactoria en condiciones de siembra directa, dado que tienen tendencia a ingresar tierra con menor contenido de humedad en el surco, y a presentar una alta variación en la profundidad de siembra, lo que resulta en una menor emergencia del cultivo. Por otra parte, los surcadores de doble disco, pueden generar paredes laterales compactas en el surco de siembra lo cual dificulta el crecimiento de las raíces germinales, y en suelos húmedos el giro del doble disco puede tirar tierra hacia atrás en la línea de siembra, afectando la distribución de semillas. La presión que ejercen las ruedas cubridoras compactadoras del tren de siembra también puede tener injerencia en el establecimiento del cultivo de maíz. Delafosse (1986).

### **2.4 La sembradora JUMIL 2670 POP**

Según Garrido (2008) se llaman sembradoras a las máquinas que distribuyen en el campo las semillas de los diferentes cultivos, bajo un ordenamiento determinado. Estas sembradoras han evolucionado considerablemente y existen hoy día sembradoras para los más diversos tipos de granos, semillas agámicas y posturas, algunas de ellas con alto grado de eficiencia y precisión.

De acuerdo al Manual de instrucciones Jumil (2015), la sembradora objeto de estudio fue desarrollada para atender al pequeño y mediano agricultor en los más diversos cultivos, tipos y topografía de los suelos, permite el montaje de tres a cinco líneas. La estructura de su chasis está adecuada para montar el número de líneas indicadas en la característica técnica, en las más diversas topografías y tipos de suelos existentes. Está equipada con dos ruedas motrices siendo que una acciona el sistema abonador y la otra el sistema sembrador. Posee incluso una plataforma trasera equipada con pasamanos, proporcionando mayor seguridad y facilidad en el abastecimiento.

Las unidades de disco de corte y unidad de abono son conjugados, siendo el disco de corte equipado con disco plano de 17 pulgadas, u opcionalmente suministrada

con disco ranurado de 17 pulgadas o disco plano de 15 pulgadas permitiendo inclusive el montaje de los discos de corte paralelos uno con el otro o en sistema desencontrado.

Las unidades de semilla están equipadas con disco doble paralelo de 14 pulgadas con rodamiento simple o con rodamientos cónicos, rueda controladora de profundidad con banda regulable en “V” o rueda controladora paralela. Los compactadores flotantes son suministrados como opcionales en los modelos en “V” con regulación, cóncava o banda ancha, siendo acoplables tanto en el controlador de profundidad en “V” o paralelo. El distribuidor de semillas mecánico está equipado con base de acoplamiento de los discos de semillas y caja distribuidora de semillas para atender los diversos cultivos.

En la figura 2 se muestra la autora del trabajo junto a la sembradora durante la ejecución del experimento.



Figura 1. Sembradora JUMIL 2670 POP.

## **2.5 La evaluación de la distribución: cuantificación de la desuniformidad**

Bragachini, Von Martini, Méndez, Pacioni, F. y Alfaro (2002) establecen que de acuerdo a lo establecido por la Norma ISO 7256/1 para evaluación de sembradoras

de precisión, el área disponible para una planta queda definida su marco de siembra donde se destaca el espaciamiento entre surcos y el promedio de las distancias que la separan de sus vecinas de la misma línea de siembra por lo que uno de los criterios más importantes de evaluación del trabajo de una sembradora de precisión es la uniformidad lograda en los distanciamientos entre semillas de la misma línea y se utiliza el criterio de los índices de Entregas aceptables (A), Entregas múltiples (D) y Fallas (F) que califican la eficiencia de carga de los alvéolos, el Índice de precisión (P) y la Separación (SEPA) que brinda una idea más exacta de la ubicación de la planta con respecto a las vecinas.

Un aspecto fundamental en este tema de la distribución no uniforme en la línea de siembra y su influencia en los rendimientos del maíz por lo que la determinación del parámetro estadístico desviación estándar en la separación de semillas (DST) es tan importante como medida de desuniformidad según investigadores como Nielsen (1993), al concluir que por cada centímetro de desvío estándar por encima de cinco, se pierden  $63 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  del rendimiento potencial del maíz, por lo que los productores de maíz de los Estados Unidos pierden entre  $140 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  y  $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de rendimiento potencial a consecuencia de la desuniformidad de siembra en la línea ocasionadas por fallas o duplicaciones, mientras que Gargicevich, Maroni, Asenjo y González (2006), estudiaron la respuesta de plantas solamente apareadas a las que calificó como plantas en situación de alta competencia.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en la Empresa Agroindustrial de Granos Valle de Caonao, ubicada en el municipio de Yaguajay de la provincia de Sancti Spíritus el 12 de mayo del 2017 donde predominaron como métodos de investigación la observación científica, la medición y el experimento. Las variables climáticas fueron registradas por la Estación Provincial de Sancti Spíritus: la temperatura media diaria fue de 22,97°C, la humedad relativa media diaria 71,678 % y la precipitación pluvial acumulada de 5,43 mm. En la Figura 2 se muestra una vista aérea del área donde se realizó el experimento.



Figura 2. Vista aérea donde se realizó el experimento.

#### 3.1 Descripción del experimento

El experimento se realizó sobre un suelo Ferralítico Rojo (Hernández et al., 1999) y el diseño experimental empleado fue de parcelas divididas con tres tratamiento diferentes y seis réplicas, con un marco de siembra 0,70 m x 0,20 m para el cultivo del maíz de la variedad FR-28, que es de porte bajo y resistente a plagas y enfermedades con un rendimiento estimado de 3,5 a 5 t.ha<sup>-1</sup> y un tiempo de cosecha de 120 a 130 días bajo las condiciones en que se desarrolla la producción de este cultivo en la empresa mencionada mediante la siembra convencional con sembradora neumática de precisión. Las observaciones se

realizaron en el área efectiva de cada parcela, para evitar el efecto de las variantes vecinas. En la tabla1 se muestran las características del área experimental.

Se evaluaron un total de tres velocidades de desplazamiento diferentes para la sembradora de granos. Las atenciones culturales consistieron básicamente en las prácticas comunes que se aplica al cultivo en la empresa: Roturación mecanizada con arado de discos, cruce y mullido con grada de discos. Durante la siembra se realizó una fertilización con fórmula completa (17, 9,13). Se utilizó una norma de 300 kg.h<sup>-1</sup>.

A continuación se muestran los datos del área donde se llevó a cabo la experiencia.

**Tabla 1. Características del área experimental**

Número de surcos por tratamiento	16	Área efectiva por tratamiento	784 m <sup>2</sup>
Número de surcos evaluables por tratamiento	4	Longitud del surco para cada muestra de plantas	10 m
Separación entre surcos	0,70 m	Cantidad de tramos por tratamiento	6
Total de surcos en todo el experimento	48	Total de tramos en los tres tratamientos	18
Longitud de los surcos	80 m	Cantidad de mazorcas recogidas por tramo	5
Área total de la parcela	2352 m <sup>2</sup>	Cantidad de mazorcas de los tres tratamientos	180
Pendiente longitudinal (%)	1	Total de surcos por tratamiento	12

En la figura 3 se muestra una representación esquemática de las parcelas del experimento.

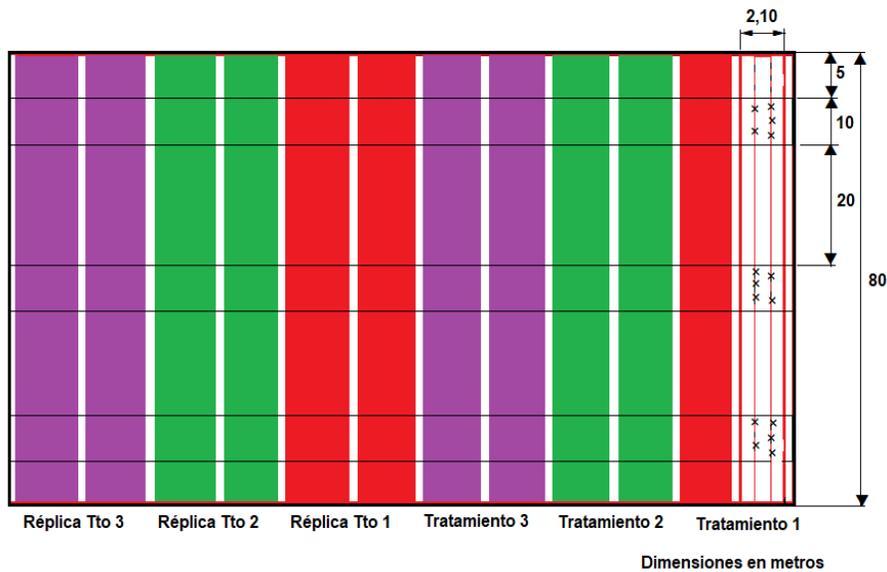


Figura 3. Representación esquemática de las parcelas del experimento.

Se aplicaron tres tratamientos en el campo de acuerdo a los diferentes valores de velocidad de desplazamiento de la sembradora:

**Tratamiento 1:** Velocidad de desplazamiento de  $4,3 \text{ km.h}^{-1}$  con valor inferior a los recomendados por el fabricante.

**Tratamiento 2:** Velocidad de desplazamiento de  $7,5 \text{ km.h}^{-1}$  dentro del rango recomendado por el fabricante.

**Tratamiento 3:** Velocidad de desplazamiento de  $9,6 \text{ km.h}^{-1}$  por encima del valor recomendado por el fabricante.

La velocidad de desplazamiento del conjunto agrícola se determinó mediante la expresión  $V = S / T$  utilizando acelerador de mano para recorrer un espacio de 50 metros durante la siembra y cronometrando el tiempo invertido en esta distancia de acuerdo a la norma cubana NC 3447-2003 mientras el árbol de toma de fuerza suministra 540 rpm.

### 3.2 Determinación de los parámetros relativos al proceso de siembra

Dado que sólo se estudiaron las variaciones de uniformidad y densidad ocurridas de manera espontánea. Similar metodología fue empleada por Agnes y Botta

(2015) para evaluar la respuesta del rendimiento del cultivo de maíz a la variabilidad en el rendimiento de las plantas.

A continuación se exponen otros parámetros necesarios para la investigación y que están de acuerdo a la metodología empleada por Bragachini et al. (2002):

**Distancia entre plantas (dn):** Es la distancia entre plantas parte del marco de siembra.

**Distancia mayor (D):** Distancia en centímetros a la planta vecina más distante en la línea de siembra.

**Distancia menor (d):** Distancia en centímetros a la planta vecina más próxima en la línea de siembra.

**Condición:** En función de las distancias que separan a la planta de sus dos vecinas en la línea de siembra y de los criterios de la norma ISO 7256/1 se clasificó a cada una de acuerdo a si está separado por distancias consideradas Aceptable (A), Entrega Múltiple (D) o Falla (F). Dado que se consideraron las dos distancias, la identificación de cada una de las situaciones se realizó con dos letras indicando la clasificación de cada una de estas separaciones.

**Separación media (SEPA):** Se obtuvo promediando las distancias en centímetros que separan a la planta de sus vecinas más próximas en la línea de siembra, donde D es la distancia que la separa de su vecina más distante y d la que la separa de su vecina más próxima.

$$SEPA = (d + D) / 2$$

**Distancia media entre plantas (d media):** Es la distancia promedio entre las plantas medidas en los tramos de muestra.

$$d \text{ media} = \frac{\sum_{d=1}^n d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n}$$

**Densidad (Dens.):** Cantidad de plantas por unidad de superficie expresada en pl.ha<sup>-1</sup> o pl.m<sup>-2</sup>.

**Desvío estándar de la separación entre plantas (DST):** El desvío estándar de una variable es igual a la raíz cuadrada de la suma de todas las diferencias de cada uno de los valores de la variable respecto de la media, elevada al cuadrado,

dividida la cantidad de valores. Esta expresión se conoce también como la fórmula de Nielsen para la evaluación de distancias entre plantas.

$$STD = \frac{1}{n-1} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}$$

**Coefficiente de Variación de la separación entre plantas (CV):** El coeficiente de variación de una población determinada es igual al desvío estándar de esa muestra dividido por la media y multiplicado por 100.

$$CVS = \frac{STD}{\bar{X}} \otimes 100$$

**Índice de Semillas aceptablemente sembradas (A):** esta medida de uniformidad en la distribución de semillas está basada en la Norma ISO 7256/1 la cual considera como aceptable a toda aquella semilla ubicada en el surco a una distancia comprendida entre 0,5 Xref y 1,5 Xref, siendo la distancia de referencia (Xref) la separación teórica entre semillas. (Xref= Distancia teórica entre plantas)

**Índice de Entregas múltiples o Duplicaciones (D):** Es el porcentaje de semillas ubicadas a distancias menores a las 0,5 Xref.

**Índice de Fallas (F):** Corresponde al porcentaje de semillas ubicadas a distancias superiores a las 1,5 veces la distancia de referencia.

### **3.3 Determinación de los Indicadores agroproductivos del maíz bajo la siembra en los tres tratamientos.**

Para la determinación se utilizó el criterio de Centro Internacional del Mejoramiento del maíz y trigo (2008).

**Diámetro de la mazorca (D mazorca) en cm:** La medición se realizó con un pie de rey como instrumento de medición. Se determinó el diámetro de la mazorca en los extremos y finalmente se determinó el diámetro medio.

**Longitud de la mazorca (L mazorca) en cm:** Se realizó con ayuda de una cinta métrica midiendo desde un extremo al otro.

**Diámetro del tronco de la panta (D tronco) en cm:** Se realizó con un pie de rey como instrumento de medición en la base de la planta.

**Altura de la mazorca en la planta (Altura m) en cm:** Se realizó con una cinta métrica y para ello se midió la distancia desde la base de la planta hasta donde sale la mazorca.

**Número de hileras de granos por mazorca (Nro. hileras):** Se contaron las hileras de granos de cada mazorca.

**Número de granos por hilera (Nro. granos):** Se contó el número de granos por hilera y se determinó el promedio de granos por hilera por mazorca en el momento de la cosecha.

**Número de granos por mazorca (Nro. granos por mazorca):** El producto de números de hileras por mazorca por el número de granos por hilera, generó el número total de granos por mazorca.

**Masa de 100 granos:** Para ello se utilizará una balanza digital de precisión *Sartorius BS22025* (d= 0.01g).

### **3.4 Análisis estadístico**

Para el procesamiento de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 15.0.1 sobre Windows, se aplicó la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov, se realizó la prueba de homogeneidad de varianzas, de la cual, las evaluaciones que tuvieron homogeneidad se les realizó un análisis de Anova de clasificación simple y la prueba de rangos múltiples de Tukey con un nivel de significación de ( $p \leq 0.05$ ). En el caso de las evaluaciones en las que no existió homogeneidad, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis y las que tuvieron significación la prueba de Mann Whitney para determinar entre que tratamientos existieron diferencias significativas.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 Resultados generales sobre el espaciamiento en la hilera**

En la tabla 2 se observan los resultados de los tratamientos efectuados. Después de analizar los valores que se obtuvieron hay una similitud en el comportamiento de los tratamientos 1 y 2 en cuanto al valor de distancia media entre las plantas muy cercana a la distancia teórica según el marco de siembra, la desviación estándar, separación, pero cierta diferencia que se observa en cuanto al rendimiento logrado en cada uno evidenciándose en los valores de pérdidas de acuerdo a la fórmula de Nielsen cuando se

dejan de producir 89,46 y 146,16 kg.ha<sup>-1</sup>, equivaliendo esto a 4,3% y 8% respectivamente.

En tanto el tratamiento 3 es desalentador al mostrar una distancia media entre plantas de 26,08 cm superando en un 30% la distancia teórica según el marco de siembra equivalente a 20 cm, lo que conduce a una desviación estándar con valor de 17,46 cm que influye a que haya una pérdida de rendimiento de 776,16 kg.ha<sup>-1</sup>. Debe recordarse que según la fórmula de Nielsen por cada valor de desviación estándar por encima de 5 cm en la distancia entre plantas, el rendimiento será afectado en 63 kg.ha<sup>-1</sup>. Obsérvese también la caída en la densidad de población con esta velocidad de desplazamiento equivalente a 77% donde se registran solamente de 110000 plantas por hectárea frente a las 141000 que debía haber.

Por lo tanto, el tratamiento 1 ofrece los mejores resultados con solamente un aspecto en contra que es el mayor tiempo que emplea para llevar a cabo el proceso de siembra.

**Tabla2.Resultados generales sobre el espaciamiento en la hilera**

Mediciones	Tratamientos		
	V1= 4,3 km.h <sup>-1</sup>	V2= 7,5 km.h <sup>-1</sup>	V3= 9,6 km.h <sup>-1</sup>
Densidad teórica semillas. m <sup>-2</sup>	14	14	14
Densidad teórica semillas. ha <sup>-1</sup>	141600	141600	141600
Densidad real semillas. m <sup>-2</sup>	16	14	11
Densidad real plantas. m <sup>-1</sup>	160000	141000	110000
Distanciamiento medio entre plantas (cm)	19,84	20,5	26,08
Desviación estándar	6,42	7,32	17,46
C. Variación %	32	35	66
SEPA promedio (cm)	19,80	21,37	26,85
Estimado rendimiento real (t.ha <sup>-1</sup> )	2,078	1,82	0,9
Estimado rendimiento sin pérdida según fórmula de Nielsen(t.ha <sup>-1</sup> )	2,16	1,96	1,67

Perdida teórica de rendimiento potencial según fórmula de Nielsen (kg.ha <sup>-1</sup> )	89,46	146,16	776,16
--	-------	--------	--------

#### **4.2 Comportamiento de los índices de entrega de la sembradora de acuerdo a la distancia entre plantas**

En la figura 4 se muestran los distintos valores de entrega de la sembradora durante el experimento y se observa una gran diferencia en los resultados de acuerdo a cada velocidad desarrollada. En los tratamientos 1 y 2 los resultados en los índices de entrega son muy similares aunque el primero alcanza un mejor valor equivalente a 91,39% frente a 86,02% con una diferencia solamente de 6% lo que demuestra un proceso de siembra con mayor calidad. Aquí los otros índices de entrega aunque son bajos aseveran que el tratamiento 1 es superior a los demás.

Esto está en correspondencia con lo planteado por Agnes y Botta (2015), cuando en sus investigaciones hallaron que al trabajar con bajas velocidades de avance en el conjunto agrícola y con bajas densidades de siembra se generan mejores resultados en la uniformidad del espaciamiento entre semillas que cuando la velocidad es mayor debido a que se originan problemas en la velocidad de giro de la placa alveolada que puede provocar bajo llenado de los alvéolos del disco de siembra. Mientras, al trabajar con la velocidad de 9,6 km. h<sup>-1</sup> que se ubica fuera de la velocidad recomendada por el fabricante su desempeño es muy pobre originando desuniformidad en la hilera y la consecuente caída del rendimiento agrícola, con una diferencia de alrededor del 50% de su índice de entrega aceptable respecto al tratamiento 1 y 2 respectivamente.

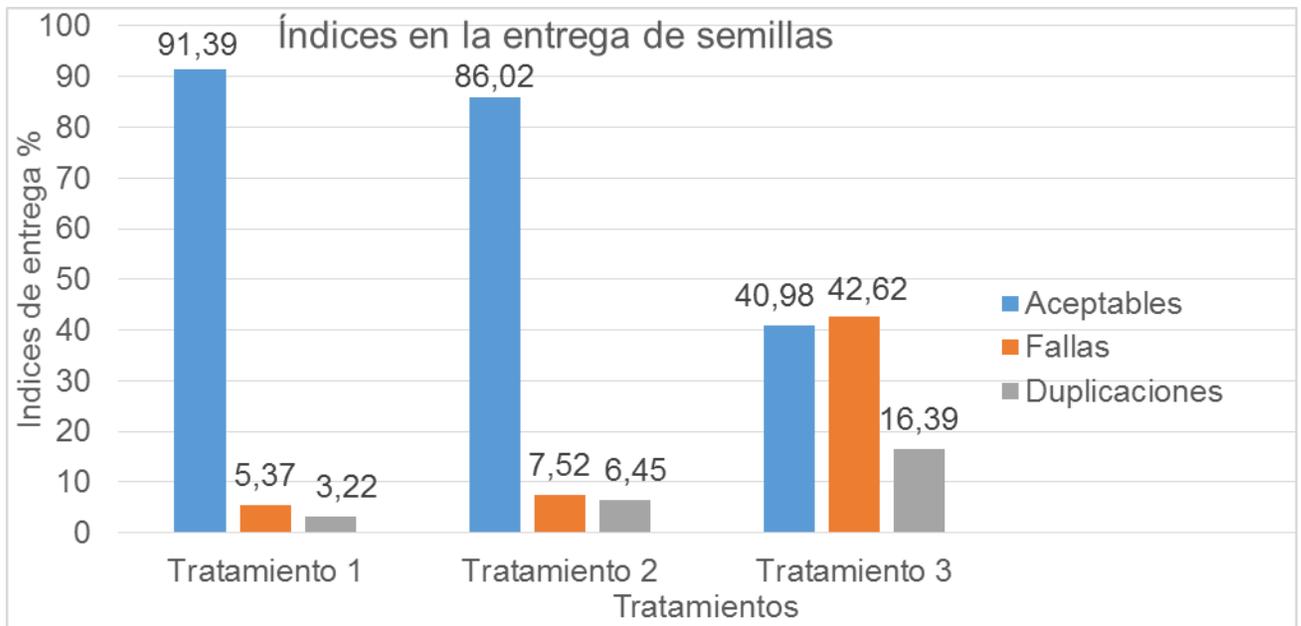


Figura4. Índices de entrega de semillas de la sembradora.

#### 4.3 Comportamiento del estimado de rendimiento de la cosecha respecto a las velocidades de desplazamiento de la sembradora

La figura 5 muestra claramente que existe una caída de rendimiento cuando la velocidad va en aumento. Obsérvese que al aplicarse los dos primeros tratamientos que incluyen velocidades como la recomendada por el fabricante y una menor, los resultados presentan poca diferencia estadística, incluso el rendimiento a la velocidad recomendada es menor que cuando se desplaza la máquina a una velocidad menor, algo que contradice las recomendación de velocidad dada por el fabricante, pero hay que pensar en las condiciones existentes a la hora de la prueba de la máquina por el fabricante y las condiciones en el lugar de destino de esta. Por otro lado, al aplicársele la velocidad de 9,6 km.h<sup>-1</sup> el rendimiento disminuye grandemente debido a las duplicaciones y fallas que se originan por el exceso de velocidad. Esto se evidencia en un decrecimiento en el rendimiento de 75% respecto al tratamiento 1 y 50% en el rendimiento con respecto al tratamiento 2.

Se conoce que cuando hay duplicaciones la distancia entre plantas es mucho menor que la distancia teórica establecida para el marco de siembra, lo que origina competencia entre las plantas y estrés, por lo que se obtendrán mazorcas de diferentes tamaños, predominando las grandes cuando dicha distancia es mayor y la planta está en solitario o con un alto valor de separación. Esto hace que la producción de granos sea pobre por falta de densidad de población lo que también está de acuerdo con lo planteado por Bragachini et al. (2002).

Según la fórmula de Nielsen debido a la variación de la desviación estándar se pueden explicar los valores  $89,46 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $146,16 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  y  $776,16 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de diferencia entre el rendimiento real obtenido en cada velocidad de desplazamiento y lo que pudo obtenerse. Es pertinente aclarar que las investigaciones de Nielsen son solamente para evaluar deficiencias en la uniformidad de implantación en su mayoría adjudicadas a fallas y duplicaciones ocasionadas por ineficiencia de equipamiento o por regulación del distribuidor de semilla de la sembradora pero siempre a velocidades uniformes de siembra.

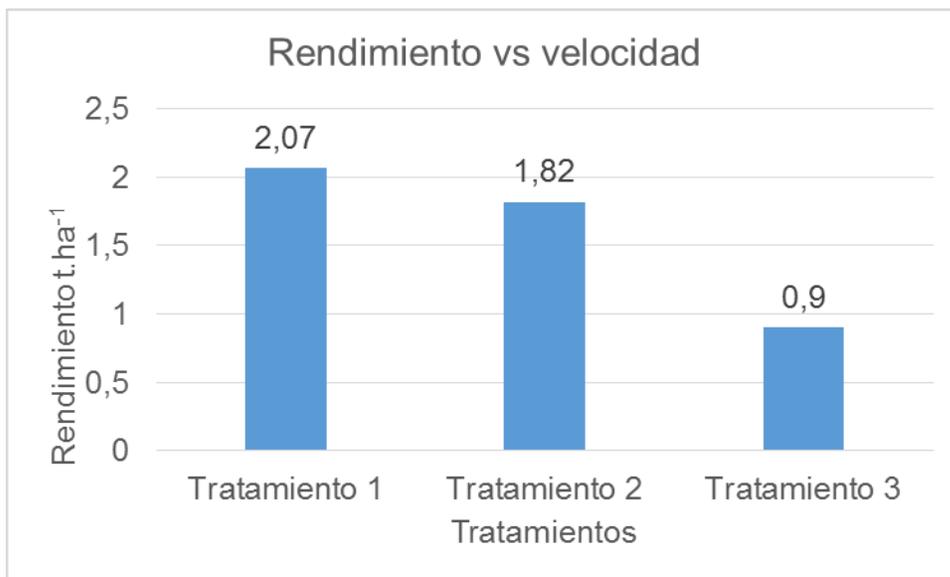


Figura 5. Estimados de rendimiento respecto a las distintas velocidades de desplazamiento de la sembradora.

#### 4.4 Comportamiento del rendimiento frente al término SEPA

El valor SEPA brinda una mejor orientación respecto a la posición de cada planta en la hilera pues toma en cuenta el entorno de esta con los valores de distancia a la planta anterior y posterior a la que se evalúa y por ello es mejor utilizar este término que la distancia media entre plantas, la que trata sobre una sola distancia. Como se observa en la figura 6 los dos primeros tratamientos tienen resultados muy similares en su valores de separación cuando alcanzan 19,75 y 21,3 cm respectivamente, lo que solamente los diferencia en 7% frente a valores de rendimiento de 2,07 y 1,82 t.ha<sup>-1</sup> respectivamente, mientras que el tercero brinda indicadores que muestran a las claras que cuando el valor de SEPA es de 23,41 cm se incrementa al valor de distancia teórica entre plantas de 17% y por tanto el rendimiento decrece a un valor de 0,9 t.ha<sup>-1</sup> equivalente alrededor de un 50% con los dos tratamientos anteriores.

Esto se explica porque el distanciamiento entre plantas es mayor y en ocasiones al haber duplicaciones se origina la competencia entre ellas que trae como resultado baja producción según Bragachini et al. (2002) y está también en correspondencia por lo enunciado por Garrido (2008) acerca del concepto de la buena siembra.

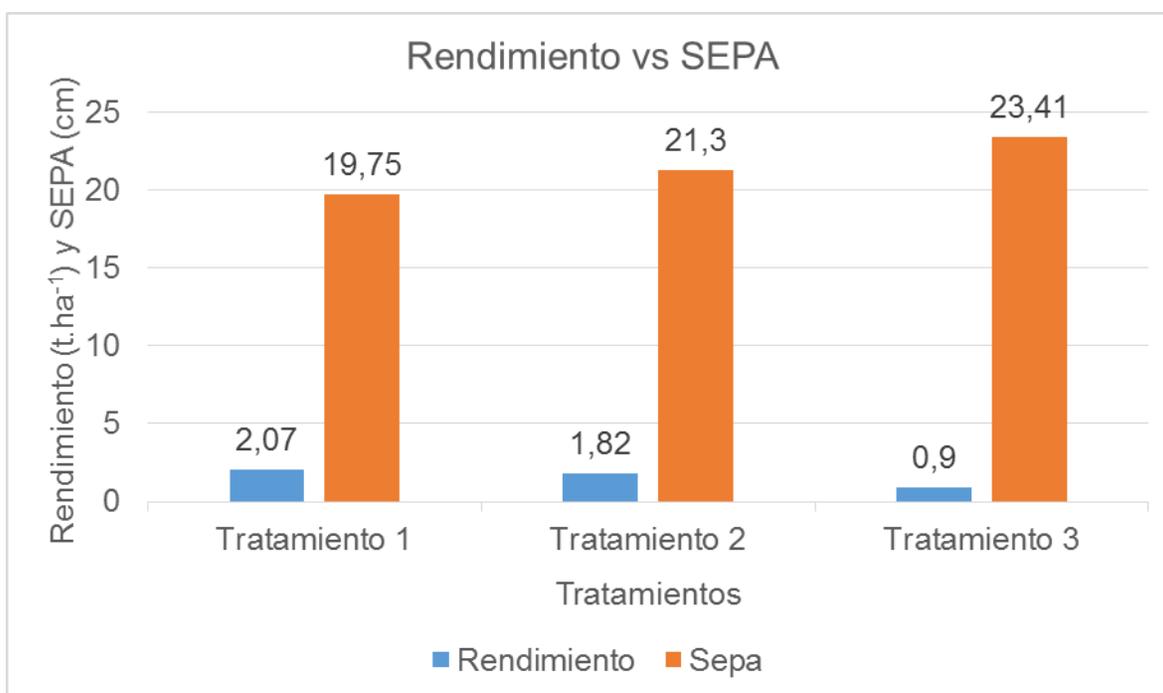


Figura 6. Rendimiento vs SEPA.

#### **4.5 Comportamiento de la velocidad de desplazamiento frente a la distancia media entre plantas**

En la figura 7 se observa que a medida que se incrementa la velocidad de desplazamiento de la sembradora, los discos de siembra aumentan también su velocidad de rotación, lo que origina que haya alveolos que no se cubran con semillas y por tanto se originen fallas, lo que está de acuerdo a lo planteado por Garrido (2008). Obsérvese como cuando la velocidad de desplazamiento alcanza un valor de  $9,2 \text{ km.h}^{-1}$  la distancia media entre plantas que se produce alcanza  $26,08 \text{ cm}$ , muy distante de la distancia teórica establecida de  $20 \text{ cm}$ . Se observa que no hay diferencias notables entre las distancias entre plantas logradas por los tratamientos 1 y 2, mientras que el tratamiento 3 muestra una diferencia respecto a la distancia entre plantas que supera a los otros dos tratamientos en  $1,3\%$ .

Quiere esto decir que se producen choques del grano con las paredes del tubo conductor, provocando alteraciones en la posición final del grano en el surco, lo que está de acuerdo con lo planeado por Bragachini et al. (2002).

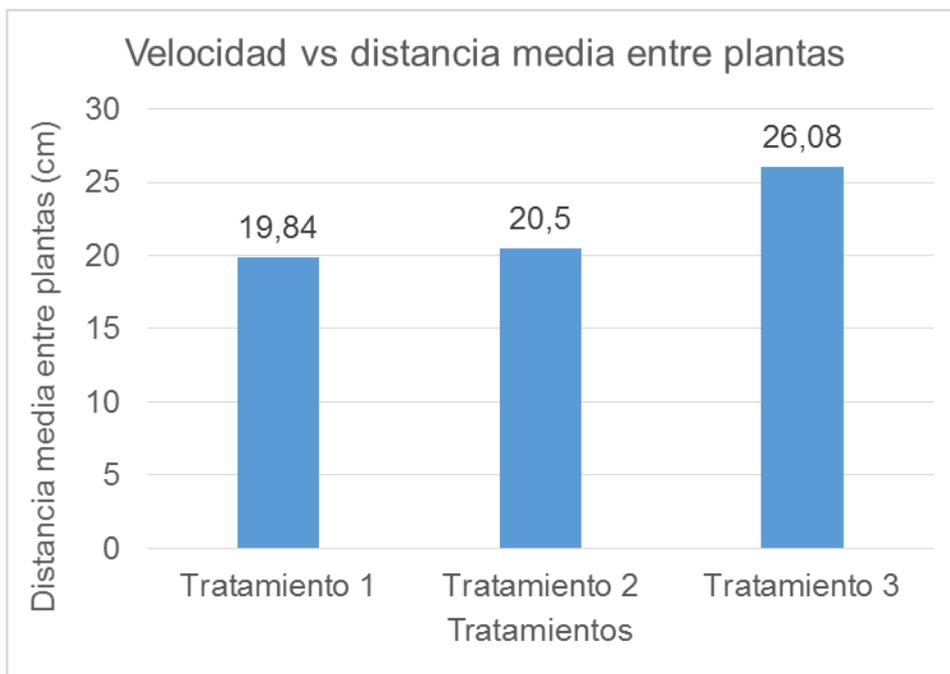


Figura7. Velocidad de desplazamiento vs distancia media entre plantas.

## 5. Indicadores morfoagronómicos

### 5.1 Altura de la mazorca a los 45 ddg

En la tabla 3 se puede observar como en los tratamientos 1 y 2 existe un equilibrio en relación a los valores de altura de la mazorca con una diferencia aproximadamente de un 5% que favorece al tratamiento 1, lo cual no es significativo. Mientras en el tratamiento 3 este valor se incrementa considerablemente superando a los anteriores valores de los tratamientos mencionados en 9% y 13,6% respectivamente. En cuanto al valor SEPA el tratamiento 3 ofrece mayores valores en la altura de la mazorca en la planta.

### 5.2 Diámetro del tallo a los 45 ddg

En la tabla 3 se observa que en los tratamientos 1 y 2 no hay diferencias apreciables en su valor, siendo la misma menor del 1%, mientras que en el tratamiento 3 hay un ligero incremento de este valor superando a los anteriores tratamientos en 1%. En cuanto al valor SEPA el tratamiento 3 ofrece mayores valores en el diámetro de la mazorca.

### **5.3 Longitud de la mazorca**

Según se observa en la tabla 3 no se aprecian diferencias significativas entre los tratamientos 1 y 2, mientras que en el tratamiento 3 hay un ligero aumento en la longitud de la mazorca en un 1,11% respecto a los anteriores por lo que brinda mejores resultados en este aspecto. En cuanto al valor SEPA el tratamiento 3 ofrece mayores valores en la longitud de la mazorca.

### **5.4 Diámetro de la mazorca**

Se aprecia en la tabla 3 que no hay diferencias significativas en este valor respecto a los tratamientos 1 y 2, mientras que el tratamiento 3 tuvo un ligero incremento en el diámetro de la mazorca en 1,2% con respecto a los anteriores por lo que es el que más favorece este valor. En cuanto al valor SEPA el tratamiento 3 ofrece mayores valores en el valor del diámetro de la mazorca.

### **5.5 Número de granos por mazorca**

Se observa en la tabla 3 que el tratamiento 1 es el de mejores resultados con un incremento de este indicador de 11% con respecto al tratamiento 2 y con 19,3% respecto al tratamiento 3. En cuanto al valor SEPA el tratamiento 3 ofrece los peores resultados respecto al número de granos por mazorca.

### **5.6 Número de granos por hilera**

De acuerdo a la tabla 3 no hay diferencias entre los tratamientos aplicados. Obsérvese que los valores de los dos primeros tratamientos son iguales y solamente el tratamiento 3 tiene un ligero incremento de 1,13% sobre estos. En cuanto al valor SEPA el tratamiento 3 ofrece los peores resultados respecto al número de granos por mazorca en comparación con los otros tratamientos.

### **5.7 Hileras por mazorca**

En la tabla 3 se puede observar como el número de hileras por mazorcas estuvo favorecido por los tratamientos 1 y 3, pero con muy poca diferencia sobre el tratamiento 2

en 1,07%. Se observa que el comportamiento de este indicador no tuvo variaciones significativas para los tres tratamientos en cuanto al valor de SEPA.

### 5.8 Masa de 100 granos

El tratamiento 1 es el más favorecido con 1,02% por encima del tratamiento 2 y 1,35% sobre el tratamiento 3, lo que contradice lo expresado por Angeles-Gaspar et al. (2010) leído en el trabajo de D'Amico et al. (2011) cuando afirman que se logra un mayor número de granos cuando la longitud y diámetro de la mazorca son mayores. Se observa que el comportamiento de este indicador es menor en el tratamiento 3 respecto al valor SEPA.

**Tabla 3. Efecto de los tratamientos sobre los indicadores morfoagronómicos y el término SEPA.**

Trata mientos km.h <sup>-1</sup>	SEPA (cm)	AM (cm)	DT (cm)	LM (cm)	DM (cm)	NG	GH	HM	M 100 G(g)
4,3	19,75	121,5 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	14,7 <sup>a</sup>	2,6 <sup>a</sup>	473 <sup>a</sup>	33 <sup>a</sup>	14 <sup>a</sup>	30,12 <sup>ab</sup>
7,5	21,3	115,5 <sup>a</sup>	2,33 <sup>a</sup>	14 <sup>ab</sup>	2,6 <sup>a</sup>	423 <sup>a</sup>	33 <sup>a</sup>	13 <sup>a</sup>	29,31 <sup>ab</sup>
9,6	23,4	133 <sup>a</sup>	2,7 <sup>a</sup>	15,6 <sup>b</sup>	3,2 <sup>a</sup>	382 <sup>a</sup>	29 <sup>a</sup>	14 <sup>a</sup>	22,18 <sup>b</sup>
ee	0,44	3,95	0,54	0,57	0,50	20,59	0,97	0,37	0,22
CV %	32	13,61	9,1	17,7	8,1	20,5	13,24	11,52	28,21

Medias con letras desiguales en la misma columna difieren para ( $p \leq 0.05$ ) según prueba de rangos múltiples de Tukey (Media  $\pm$  Error estándar). SEPA: Separación entre plantas; AM: Altura de la mazorca; DT: Diámetro del tallo; LM: Longitud de la mazorca; DM: Diámetro de la mazorca; NG: Número de granos; GH: Granos por hilera; HM: Hileras por mazorca; Masa100 G (g): Masa de 100 granos.

## 6. CONCLUSIONES

1. Los mejores resultados en cuanto a los índices de entrega se obtienen en el tratamiento 1, el cual está regido por una velocidad de 4,3 km.h<sup>-1</sup>, donde existe la menor variabilidad en la distancia de siembra.
2. Los resultados demostraron que el tercer tratamiento correspondiente a una velocidad de 9,6 km.h<sup>-1</sup> influye negativamente en los valores de los indicadores morfoagronómicos al obtenerse valores de SEPA altos.
3. La máquina de siembra debe trabajar a una velocidad que no sobrepase el límite inferior de la velocidad recomendada por el fabricante (6 km.h<sup>-1</sup>) para así lograr los mejores rendimientos del cultivo.

## **7. RECOMENDACIONES**

1. Aplicar los resultados de este estudio en las empresas que posean máquinas sembradoras tipo JUMIL 2670 POP y así perfeccionar el trabajo que desarrollan lo contribuirá a disminuir las pérdidas de rendimiento del grano.
2. Extender el estudio realizado hacia otros modelos de máquinas sembradoras para determinar la velocidad adecuada de desplazamiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agnes, D. y Botta, G. (2015). *Variabilidad de la distribución de una sembradora en la siembra directa y convencional de Zea mays L.* (Tesis de Maestría en Mecanización Agrícola, Universidad de La Plata). Recuperado de [http://www.sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/.../Documento\\_completo.pdf-DFA.pdf?](http://www.sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/.../Documento_completo.pdf-DFA.pdf?)
- Alemán, R., Gil, V., Quintero, E., Saucedo, O., Álvarez, U., García, J., Cahón, A. (2008). *Producción de granos en condiciones de sostenibilidad.*, Ed. UCLV.
- Bonilla, A. (2009). *Cereales de Primavera*. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. Cuba.
- Bragachini, M., Von Martini, A., Méndez, A., Pacioni, F. y Alfaro, M. (2002). *Siembra de maíz, eficiencia de implantación y su efecto sobre la producción de grano: Proyecto Agricultura de Precisión*. (Trabajo preparado para el Tercer Taller Internacional de Agricultura de Precisión del Cono Sur de América). Córdoba: Argentina. Recuperado de <http://www.agriculturadeprecision.org/>
- Bringas C. (2016). *Evaluación de la productividad del trabajo de la sembradora de granos GaspardoSP en la empresa Valle del Caonao*. Trabajo de diploma. Santa Clara. UCLV.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (2008). *Un manual metodológico de evaluación económica*. Recuperado de <http://www.repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/1063/9031.pdf>
- Delafosse R. (1986). *Máquinas sembradoras de grano grueso*. Santiago, Chile; Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago, Chile.
- D'Amico, J. P., Tesouro M. O., Romito, A., Paredes, D. y Roba, M. A. (2011). *Desuniformidad de distribución espacial: Caracterización de su impacto sobre el rendimiento de maíz (Zea mays L.)* *Revista de la Facultad de Agronomía*, 110(1), 50-62. Recuperado de <http://www.sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/15713>
- FAO (2006). *Producción mundial de maíz*. Recuperado de <http://www.FAOirc.com>

- Fuentes, J. (2002). Estudio agroecológico del cultivo del maíz y sus potencialidades en la sustentabilidad de pequeñas fincas campesinas en la provincia de Granma, Cuba. Tesis de Maestría, Universidad Internacional de Andalucía, España.
- Gargicevich, A. L., Maroni, J., Asenjo, C., y González, C. (2006). *Efecto de la dispersión en el espaciamento entre las plantas sobre el rendimiento del maíz*. (Congreso Nacional de Maíz). Argentina. Recuperado de <http://www.todoagro.com.ar/noticias/nota.asp?nid=2567>
- Garrido Pérez, J. (2008). *Implementos, máquinas agrícolas y fundamentos para su explotación*. La Habana, Cuba: Editorial Félix Varela.
- Hernández, A., Pérez, J., Bosch, D., Rivero, L., Camacho, E., Ruíz, J., Jaimez, E., Marsán, R., Obregón, A., Torres, J., González, J. E., Orellana, Rosa., Paneque, J. y Mesa, A. (1999). Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. 1ra ed. Ciudad de La Habana: AGRINFON Ministerio de la Agricultura, p. 64. ISBN 959-246-022-1.
- ISO 7256(2001). Equipamiento de siembra – Métodos de ensayo  
Parte 1: Sembradoras monograno (sembradoras de precisión).
- INFOAGRO (2015). El cultivo del maíz. Recuperado de [http://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v40n02\\_033.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_agr/v40n02_033.pdf)
- Kato, Y. T., Mapes, S. C., Mera, O. L., Serratos, H. J. y Bye, B. R. (2009). Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. UNAM-CONABIO editores. Distrito Federal, México.
- López C. G. (2017). Fertilización con nitrato de amonio al cultivo de maíz (*ZeamaysL.*) en el municipio de Cabaiguán. Trabajo de diploma. Sancti Spiritus. UNISS.
- Manual de sembradora Jumil 2670 POP (2015). Recuperado de <http://www.jumil.com.br>  
MINAG(2005). Guía técnica del cultivo del maíz en Cuba. Ministerio de la Agricultura, La Habana Cuba
- NC 3447(2003). Máquinas Agrícolas y Forestales. Metodología para la determinación de las condiciones de ensayo. 2. Edición. Oficina Nacional de Normalización. Cuba.

- Nielsen R. L. (1993). Stand establishment variability in corn. AGRY-91-01 Agronomy Department. Purdue University, Indiana, USA. Recuperado de <https://www.ag.purdue.edu/agry/directory/Pages/rnielsen.aspx>
- Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución (2016), Ed. PCC, La Habana. Recuperado de <http://www.granma.cu/file/pdf/gaceta/01Folleto.Lineamientos-4.pdf>
- ONE. (2016). Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca. Producción agrícola para cultivos seleccionados. Edición 2017.
- Ortas, L.(2008). "El cultivo del maíz: Fisiología y aspectos generales.", *Comercial de servicios Agrigan.S.A.*
- Pérez H. (2017). Fertilización nitrogenada con urea al cultivo del maíz (*ZeamaysL.*), en el municipio de Cabaiguán. Trabajo de diploma. Sancti Spiritus. UNISS.
- Rodríguez, P. (2014). La comercialización de los productos agrícolas. Tesis en opción al título de Ingeniero Industrial. Universidad Marta Abreu de la Villas, Santa Clara. Cuba.
- Ruíz Altisent M. (1971). Sembradoras de precisión. Publicado en MAG. Tomo V. Recuperado de [https://www.oa.upm.es/15914/1/02\\_002.pdf](https://www.oa.upm.es/15914/1/02_002.pdf)
- Ruíz, C., J. Cotrina, J. Neef (2011). Manejo tecnificado del cultivo de maíz en la sierra, Ed. Amanecer. Buenos Aires. Argentina.
- Sánchez Reina J. A. (2017). La calibración de la sembradora neumática Gaspardo modelo SP Dorada, teoría y práctica. Manuscrito no publicado. UNISS. Cuba.
- SPSS(2006). Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), version 15.0.1. Chicago, USA: SPSS Inc.