



**UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS**  
**“José Martí Pérez”**  
**Facultad de Ciencias Agropecuarias**  
**Departamento de Agronomía**



## **Trabajo de Diploma**

**Tema:** Efectos de un fertilizante foliar orgánico sobre algunos parámetros de calidad agrofisiológicos del fruto en el pimiento (*Capsicum annuum* L.)

**Autor:** Jorge Félix Álvarez González

Curso 2015 – 2016



**UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS**  
**“José Martí Pérez”**  
**Facultad de Ciencias Agropecuarias**  
**Departamento de Agronomía**

**Trabajo de Diploma**

**Tema:** Efectos de un fertilizante foliar orgánico sobre algunos parámetros de calidad agrofisiológicos del fruto en el pimiento (*Capsicum annuum* L.)

**Autor:** Jorge Félix Álvarez González

**Tutora:** MSc. Lourdes Madrigal Carmona

Curso 2015 – 2016

## *Dedicatoria*

*a mis padres por creer en mí y dame todo el apoyo necesario para  
hacer mi carrera.*

*a mi hermanito para que siga mi ejemplo de profesional  
comprometido.*

*al resto de mis familia que de algún modo me ha apoyado para mi  
término feliz.*

## *Agradecimiento*

*Agradezco a la Revolución, a mis profesores y en especial a mi tutora por conducirme a ser un profesional de calidad.*

## Resumen

La calidad del fruto del pimiento para la comercialización en áreas claves del país como el turismo o su posible exportación es una tarea que debe resolverse científicamente en la agricultura; no hay reportes importantes en Cuba sobre este tema y el cultivo en la provincia de Sancti Spíritus no aporta los niveles suficientes, al no dedicarse suficientes insumos como elemento importante. El uso de biofertilizantes puede contribuir una alternativa para mejorar la disponibilidad de nutrientes, generando cultivos más saludables y de buena calidad. Por lo que el objetivo de este estudio fue comparar el efecto de un fertilizante foliar orgánico natural con la fertilización recomendada según instructivo técnico en condiciones tradicionales de laboreo para la variedad Español de pimiento, en la finca El Porvenir, de la CCSF "Heriberto Orellana", Sancti Spíritus, con suelos Aluviales; se analizaron algunas variables agrofisiológicas objetivas de calidad como el número de frutos comerciales por plantas en cada cosecha, la producción por m<sup>2</sup> y la masa fresca promedio del fruto comercial, espesor del pericarpio, el pH y conductividad Eléctrica, contenido de antocianos, flavonoides totales y contenido relativo de agua del pericarpio. El tratamiento con el fertilizante orgánico mejoró los indicadores de calidad como masa fresca y espesor del pericarpio, no así en la producción y rendimiento esperado, aunque si se obtuvieron frutos de mejor calidad. Las señales oxidativas son inferiores en los análisis de antocianos y flavonoides en el fruto.

### Summary

The quality of the fruit of the pepper for the commercialization in key areas of the country like the tourism or their possible export is a task it should solve the agriculture scientifically; there are not important reports in Cuba on this topic and the cultivation in the county of Sancti Spíritus it doesn't contribute the enough levels, to the they don't dedicate enough inputs like important element. The biofertilizer use can contribute an alternative to improve the readiness of nutritious, generating healthier cultivations and of good quality. For what the objective of this study was to compare the effect of a fertilizer to foliate organic natural with the fertilization recommended according to technical instructive under traditional conditions of farm work for the Spanish variety of pepper, in the property "El Porvenir", of the CCSF "Heriberto Orellana", Sancti Spíritus, with Alluvial floors; some variable objective physiology-farming of quality like the number of commercial fruits were analyzed by plants in each crop, the production for m<sup>2</sup> and the mass fresh average of the commercial fruit, thickness of the pericarp, the pH and conductivity Electric, contained antocianos, total flavonoides and relative content of water of the pericarp. The treatment with the organic fertilizer improved the indicators of quality like fresh mass and thickness of the pericarp, I didn't seize in the production and prospective yield, although if they were obtained fruit of better quality. The signs oxidation are inferior in the antocianos analyses and flavonoides in the fruit.

## Índice

Introducción.....	1
Revisión bibliográfica:.....	6
1.1 . Generalidades.....	6
1.2. Consideraciones generales de las prácticas culturales del cultivo del pimiento..	10
1.2.1. Selección del área y rotación de cultivos .....	10
1.2.2. Preparación del suelo.....	11
1.2.3. Siembra, fechas y distancias de plantacion .....	11
1.2.4. Trasplante .....	11
1.2.5. Época y distancia de plantacion.....	12
1.2.6. Resiembra.....	12
1.2.7. Labores de cultivo .....	13
1.2.8. Riego.....	13
1.2.9. La nutrición.....	14
1.2.10. Sanidad vegetal.....	17
1.2.11. Cosecha y rendimiento.....	17
1.4. Descripción de algunas variedades de pimiento dulce que se siembran en Cuba según Minag, 2009.....	20
2. Materiales Y métodos:.....	23
3. Resultados y discusión.....	27
3.1. Evaluación de las variables agronómicas .....	27
3.2. El pH y conductividad eléctrica – .....	30
3.3 Grosor de pericarpio y humedad (%).....	31
3.5. Contenido relativo de agua (RWC) .....	36
3.6. Contenido de clorofila, $\beta$ - carotenoide y licopenos	¡Error! Marcador no definido.
3.7. Comportamiento de cosecha desechada por daños. ....	37
Recomendaciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Bibliografía: .....	42

## Introducción

El género ***Capsicum*** de la familia de las Solanáceas, al cual pertenecen los pimientos y ajíes, presenta un diverso grupo de plantas, los cuales son cultivados en las diferentes regiones del mundo, (Bosland, 1996). El *C. annum*, especie donde están ubicado los pimientos, son plantas oriundas de la América tropical, pero se cultiva en la mayoría de los países donde las condiciones ambientales son favorables a su desarrollo.

Su introducción en Cuba como condimento fue retroversa, una vez fue introducido en Europa y subsecuentemente, en África y Asia asociada al viaje de Colón a las Américas (Heiser, 1976) volvió a América insular como una especia. A pesar de su origen sudamericano, (zona de Bolivia y Perú) en la actualidad casi la mitad del pimiento consumido mundialmente se produce en áreas del Mediterráneo (Namesny, 1996)

El autor pudo llegar a conclusiones que en Cuba se ha establecido en todas las provincias como cultivo para consumo nacional, las principales provincias productoras son: Pinar del Rio, La Habana, Villa Clara, Camagüey, Granma y Guantánamo; no hay reportes importantes del cultivo en la provincia de Sancti Spíritus.

Al ser un cultivo que necesita grandes cantidades de nutrientes, la cantidad total y el equilibrio entre los diferentes nutrientes aportados, condicionan la cantidad y el rendimiento de la cosecha, así como su precocidad. Un nivel suficiente de los elementos nutritivos en las hojas de la planta, en el momento de la floración, resulta fundamental para obtener una buena cosecha (Llanos, 1998).

Son mucho las investigaciones que han permitido avanzar en el conocimiento de la nutrición vegetal de los diferentes cultivos hortícolas. Donde los insumos que proporciona el medio fueron Inicialmente medidas alternativas para el agotamiento de los suelos de cultivo, en la época de los romanos, se comenzó a utilizar el estiércol para dar “calor” al suelo. En el siglo VIII se estableció regímenes de rotaciones, en el que se dejaba descansar la tierra e introducían leguminosas para mejorar los suelos (Morales, 2013).

En la fertilización de cualquier cultivo, es necesario el conocimiento de los procesos fisiológicos relativos a la absorción mineral e hídrica, y de otros aspectos como la fotosíntesis, la transpiración y la respiración. La nutrición de la planta se puede controlar con precisión mediante el suplemento disoluciones nutritivas, lo que posibilita obtener una mayor rentabilidad del cultivo. La nutrición mineral de un cultivo mediante suplementos, debe controlarse según la demanda de la planta, mediante análisis químicos (Alarcón, 1996).

La fertilización suplementada tiene como objetivo fundamental la restitución al medio de cultivo de las cantidades de nutrientes absorbidos por las plantas y es, después del riego, el segundo factor limitante de la producción hortícola (Cuadra, 2011).

La fertilización en la Agricultura Ecológica está basada principalmente, en el mantenimiento de un nivel adecuado de materia orgánica en el suelo mediante la adición de diferentes materiales de origen orgánicos, cuya mineralización por los microorganismos del suelo libera los nutrientes necesarios para el desarrollo de los cultivos (Becharrell y MacFie, 1991; Bourn citados por: Prescott, 2002).

Otro método de aportar nutrientes a la planta durante décadas se le atribuyó a la fertilización foliar, que es un método establecido desde 1850 que permite la aplicación de nutrientes de forma aérea a las plantas la que pueden absorberlo tanto por las raíces como por las hojas.

Durante el primer Taller Internacional de Fertilización Foliar que se llevó a cabo en Berlín, Alemania, en marzo de 1985, se generó una intensa discusión sobre diversos aspectos de la fertilización foliar. Sin embargo, al examinar varias de las conclusiones de este taller queda la impresión de que son necesarias varias correcciones y aclaraciones si se considera en más detalle los aspectos fisiológicos de esta fertilización (Eibner, 1985).

En este evento se planteó, que la fertilización foliar comparada con la fertilización al suelo era una mejor técnica, debido a la mayor utilización de los nutrientes por la planta y menor contaminación ambiental. Aunque los nutrientes aplicados al follaje también tienen limitaciones, por ejemplo, en el caso de los nutrientes requeridos en dosis altas como potasio (K) y nitrógeno (N) o en el caso de nutrientes de baja



movilidad en el floema como calcio (Ca), boro (B) y manganeso (Mn), la fertilización foliar debe ser considerada únicamente como una aplicación suplementaria durante las etapas críticas de crecimiento de la planta y durante etapas con malas condiciones ambientales.

La absorción de nutrientes por las raíces puede ser un factor limitante para lograr adecuado desarrollo y rendimientos rentables. Esto puede suceder durante períodos críticos de desarrollo de la planta (ontogénesis) o durante ciertas condiciones ambientales como sequía o temperaturas extremas del suelo. Bajo estas condiciones la fertilización foliar es ventajosa como se discute a continuación: La fertilización foliar es mejor que la fertilización al suelo cuando se presentan condiciones de severas deficiencias nutricionales con la presencia de agudos síntomas de deficiencia en los tejidos. Esto se debe a que se suplementa el nutriente requerido directamente a la zona de demanda en las hojas y a que la absorción es relativamente rápida (Molina, 2002).

Madrigal en el 2016 considera que en Cuba, los fertilizantes foliares sintéticos disponibles para el cultivo tradicional de hortalizas se hacen costosos y/o en ocasiones no se encuentran en el mercado, por lo que una alternativa es la fabricación ecológica de fertilizantes orgánicos utilizando fuentes naturales reciclables que se encuentra en la propia finca del productor. Alternativa viable según ella en muchos países en vía de desarrollo de América Latina.

Los directivos del ministerio de la agricultura en la provincia de Sancti Spíritus, plantean que el cultivo del pimiento en la región, aunque se garantiza en alguna medida los insumos mediante un paquete tecnológico fitosanitario y de fertilización, el autor pudo constatar que este no es suficiente para las producciones actuales en los diferentes municipios de dicha provincia donde se cultiva la hortaliza, y que este a pesar de poseer una estrategia para su control, solo se encuentra protegido el 20 por ciento.

Las producciones del cultivo del pimiento en la provincia de Sancti Spíritus según reportes anuales del Minag, han estado fluctuando en los últimos cinco años entre: las 1659,5 t en el 2011, hasta las 2543,8 t en el 2016, constatándose que esta

oscilaciones han tendido a un descenso en determinados años por múltiples causas, destacándose; problemas con el riego y disponibilidad de fertilizantes; los directivos del ministerio de la agricultura en la provincia expresan que la producción del fruto de pimiento no cumple las expectativas comerciales de calidad del cultivo y sus exigencias para su comercialización en divisas no llega a los volúmenes requeridos.

Madrigal en el 2016 pudo constatar en comunicación personal con directivos del Minag en la provincia, que estos conservan recursos genéticos diversos de *Capsicum* (ajíes y pimientos), donde coexisten cultivares cultivados de variedades certificadas autogestionadas, donde se encuentra la variedad de pimiento Español, que es la que se experimenta en esta tesis.

Por un lado está el desconocimiento de las características y comportamiento del cultivo, así como de los beneficios, económicos y nutritivos, que ocasiona que sean poco demandados en el mercado, todo esto unido a la insuficiencia, ausencia, y limitaciones de normas que apoyen a los agricultores y defiendan la biodiversidad (Ferro y Ruiz 2005).

Pezo y Rodríguez (2004) afirmaron que los proyectos e investigaciones orientados hacia la producción, deben ser adaptados a las necesidades reales de los productores a pequeña escala tomando en cuenta las características de la demanda actual y potencial del mercado, para lograr una agricultura sostenible y rentable. Donde la calidad del fruto es un punto importante de este debate científico

A partir de los antecedentes descritos se llega al siguiente problema científico: ¿Cómo se comportan algunos parámetros agrofisiológicos de calidad del fruto en el cultivo del pimiento frente a un método de fertilización foliar con componentes orgánicos, para agricultores tradicionales?

Hipótesis: la aplicación al cultivo del pimiento de un fertilizante foliar basado en componentes orgánicos naturales extraídos del propio agroecosistema, puede mejorar algunos parámetros agrofisiológicos objetivos de calidad de sus frutos en condiciones tradicionales de laboreo.

Objetivo: comparar la efectividad de un fertilizante foliar orgánico con los laboreos de fertilización recomendados en el mejoramiento de algunos parámetros

agrofisiológicos objetivos de calidad del fruto del pimiento var. Español en condiciones tradicionales de laboreo.

## Capítulo I. Revisión bibliográfica

### 1.1. Generalidades

El rendimiento de los cultivos está basado inicialmente en la disponibilidad de nutrimentos en el suelo. Los suelos varían enormemente en una serie de propiedades que de una u otra forma, afectan el desarrollo y rendimiento del cultivo. Propiedades tales como tipo de arcilla, contenido de materia orgánica, el contenido de agua y algunas propiedades físicas, que afectan la disponibilidad de elementos, mientras que el genoma de la planta, microorganismos, temperatura, agua y pH del suelo afectan la absorción de nutrimentos por la planta (Salas y Urrestarazu, 2004).

El flujo de nutrimentos en el sistema suelo-planta está en función del ambiente, la planta, manejo, factores socioeconómicos, y está gobernado por una serie de complejas interacciones entre las raíces de las plantas, microorganismos, reacciones químicas y diferentes vías de movimiento. La cantidad de nutrimentos en la planta depende de los procesos que se llevan a cabo en el suelo, lo que implica que cuando la disponibilidad excede a la demanda, varios procesos actúan para evitar dicho exceso. Dichos procesos incluyen transformaciones por microorganismos tales como nitrificación, desnitrificación, inmovilización, fijación, precipitación, hidrólisis, así como procesos físicos tales como lixiviación y volatilización (Strissel, 2005).

El movimiento de nutrimentos en la planta depende de la capacidad de absorción y de la demanda del nutrimento, de tal manera que este movimiento envuelve diferentes procesos metabólicos (Strissel, 2005) interconectados como son: la liberación del suelo a la solución del mismo, el transporte hacia las raíces para su absorción y la translocación y utilización dentro de la planta. El transporte de nutrimentos hacia la raíz, la absorción y translocación de los mismos ocurre simultáneamente; por esta razón, si se produce un cambio en uno de estos procesos se afectarán los demás. En otras palabras, si un proceso se vuelve lento, este será un factor limitante en la toma y translocación de nutrimentos en la planta. Existe una gran cantidad de información referente a los aspectos fisiológicos de función, regulación y sistema de transporte de nutrimentos en la planta (Maschner, 1995). Una vez absorbidos por las raíces y translocados por medio del xilema a la parte

aérea de la planta, los nutrimentos pueden ser transferidos al floema o depositados en la raíz o células de las hojas (Jeschke *et al.*, 1985).

La penetración de nutrimentos en la superficie de las hojas y demás partes aéreas de las plantas está regulada por las células epidémicas de las paredes externas de las hojas. Estas paredes están cubiertas por una capa de ceras, pectinas, hemicelulosa y celulosa que protegen a la hoja de una excesiva pérdida de solutos orgánicos e inorgánicos por la lluvia. Esta capa cuticular actúa como un débil intercambiador catiónico producto de la carga negativa atribuida a las sustancias péptidas y a los polímeros de cutina no esterificados. Una gradiente de carga se produce en esta capa cuticular de la parte externa hacia el interior de pared, permitiendo la penetración de iones a lo largo de la gradiente, favoreciendo la efectividad de aplicación foliar y controlando las pérdidas por lixiviación (Yamada *et al.*, 1964).

La penetración de nutrimentos a través de la hoja es afectada por factores externos tales como la concentración del producto, la valencia del elemento, el o los nutrimentos involucrados, el ión acompañante, las condiciones tecnológicas de la aplicación y de factores ambientales tales como temperatura, humedad relativa, precipitación y viento. Así como también, por factores internos como la actividad metabólica. El grosor de la capa cuticular varía enormemente entre especies de plantas y es también afectado por factores ambientales, tal es el caso de comparar plantas que crecen a la sombra con aquellas a plena luz (Takeoka *et al.* 1983 citado por Serrano en el 2009).

#### 1.1.1 Componentes objetivos de la calidad del fruto del pimiento

La demanda de hortalizas de mayor calidad y a precios razonables es un aspecto priorizado por el mercado. Dentro del concepto de calidad, se incluye la presentación del producto, la calidad gustativa, las formas, los colores, la ausencia de residuos de pesticidas y la producción no agresiva con el medio ambiente (Abbott, 1999). Los múltiples usos del pimiento, permiten considerar un gran número de atributos como indicadores de su calidad. No obstante, en las normativas más utilizadas destacan el calibre, el color, la firmeza como indicadores de la madurez y las formas de transporte. Con los análisis de los parámetros de calidad de firmeza, grosor de la

pared y contenido de sólidos solubles se pueden relacionar con el grado de aceptación por los consumidores (Sethu *et al.*, 1996).

La **textura**, es un atributo de calidad importante para los consumidores (Sethu *et al.*, 1996). Por lo que se puede definir como: al grupo de características físicas que son detectadas por la sensación de tacto, están relacionados con la deformación, la desintegración y el flujo del alimento bajo la aplicación de una fuerza, y se miden objetivamente por las funciones de fuerza, el tiempo y la distancia, además, establece que la textura se compone de varias propiedades, que implican una serie de parámetros. Estas propiedades pueden ser mecánicas (dureza, masticabilidad y viscosidad), geométricas (tamaño de partícula y la forma) o químicas (contenido de humedad, de sustancias activas y grasa) (Sams, 1999).

La **firmeza** es un indicador de calidad que está claramente relacionado con el tiempo de conservación de alimentos principalmente en frutas y hortalizas. Por esta razón, los valores elevados de firmeza son deseables para productos que tienen que viajar largas distancias antes de llegar a los consumidores (Urrestarazu *et al.*, 2002). La pared externa de un pimiento cubre grandes espacios locales y con el apoyo de tres o cuatro paredes carpelares de todo el eje ecuatorial, el tejido placentario y las semillas se encuentran en el centro de la fruta y contribuyen poco al soporte de la pared (Showalter, 1973). Figura 1.1.

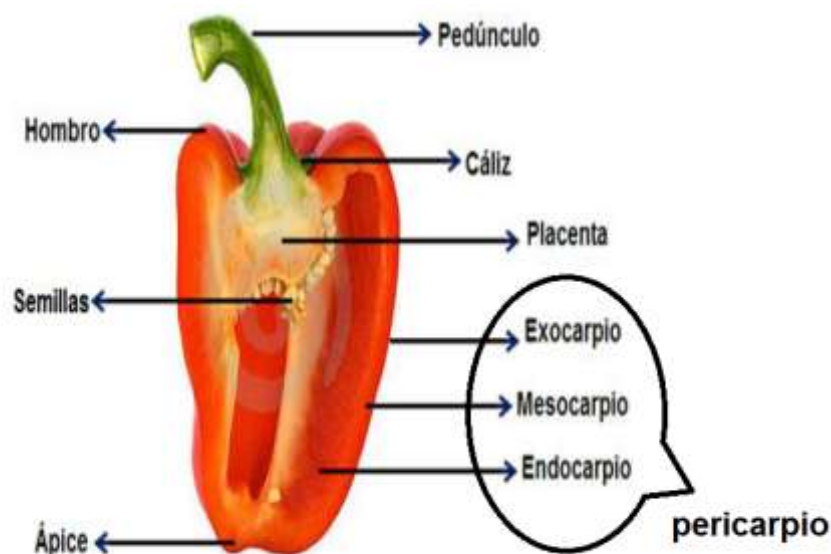


Figura 1.1 Estructura interna del fruto de pimiento (*Capsicum annuum* L.)

Una característica importante que refleja la calidad del pimiento son los *sólidos solubles totales (SST)* ya que presentan gran variación en función del cultivar, nutrición de la planta, conductividad eléctrica de la solución nutritiva, estrés hídrico, en otros (Urrestarazu *et al.*, 2002). De la misma manera Castro *et al.* (2011), presentan datos de SST, con valores de 4.8° Brix, mientras que Rao *et al.* (2011) presentan valores que van de 2.9 a 5.8 °Brix, y que se encuentran relacionados principalmente con los carbohidratos contenidos en el jugo obtenido del fruto, así como de minerales disueltos.

El **color** es la base para la clasificación de muchos productos en niveles de calidad comercial, pero la concentración de pigmentos u otros componentes específicos podrían significar un índice de mejor calidad (Lancaster *et al.*, 1997). El color se relaciona directamente con la percepción del consumidor mientras que la concentración del pigmento se atribuye a la madurez y la concentración de algunos otros componentes que se relaciona con el sabor. Cuando una fruta o que la concentración del pigmento se atribuye a la madurez y la concentración de algunos otros componentes que se relaciona con el sabor. Cuando una fruta o verdura se expone a la luz, alrededor de 4 % de la luz incidente es reflejada en la superficie exterior, causando refractancia especular o brillo, y el restante 96 % de la energía incidente se transmite a través de la superficie en la estructura celular del producto en el que se dispersa por las interfaces pequeñas en el tejido o es absorbida por los componentes celulares (Birth, 1976).

Una de las características que también provee de calidad al pimiento es el **grosor de la pared del fruto (pericarpio)**, (figura 1.1) ya que el pimiento de pericarpio grueso responde a los incrementos de radiación, mejorando su tamaño y peso del fruto en consecuencia el grosor de la pared de la hortaliza. Esta variable se encuentra determinada por la concentración del calcio, que es el nutriente de las plantas, frecuentemente asociado con el desarrollo del fruto en general, y la firmeza en determinada por la concentración del calcio, que es el nutriente de las plantas, frecuentemente asociado con el desarrollo del fruto en general, y la firmeza en particular. La influencia de calcio en una amplia gama de trastornos relacionados con

la calidad de frutas y hortalizas está bien establecida (Shear, 1975). Belakbir *et al.* (1998) en su trabajo sobre el rendimiento y la calidad del pimiento encuentra una correlación entre la firmeza del fruto y los niveles de concentración de calcio por lo que éste forma parte de la pared celular.

Para que los pimientos se consideren de calidad deben ser firmes, enteros y sanos, lo que significa que no presenten enfermedades, daños físicos, mecánicos, fisiológicos y fitopatológicos. Es por esto que también las enfermedades en poscosecha son un tema que confiere información relevante sobre el comportamiento del cultivo de pimiento. (Morales, 2013)

Las **enfermedades en poscosecha en frutas** y hortalizas son de las principales causas de pérdidas en la producción de alimentos, Wilson *et al.* (1989) reportan que en EE.UU., estas pérdidas representan el 24 % de la producción, sin embargo estos porcentajes pueden ser más altos en países en vías de desarrollo. Estas pérdidas se han observado principalmente en el momento de la cosecha además que también se observan durante la comercialización del producto. Las principales enfermedades en poscosecha que dañan el cultivo de pimiento son: *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler, *Colletotrichum* spp., *Clavibacter michiganensis* rv. *Michiganensis*. *Bacillus Dolymvxa*. *Erwinia caratovora* ov. *Caratovora*, *Phythium debaryanum* Hese, *Fusarium* spp, *Botrytis cinérea*, *Phytophthora* spp., entre otros (Snowdon, 1990).

## 1.2. Consideraciones generales de las prácticas culturales del cultivo del pimiento

Se realiza una análisis a partir de la revisión de la literatura disponible, que permitió hacer consideraciones generales necesarias para abordar fundamentos teórico del epígrafe, que permitan la incursión en la práctica agrícola y la ejecución del experimento, para ellos se revisaron los siguientes materiales (Del Castillo, Suplemento especial, 2008; Minag, 2009)

### 1.2.1. Selección del área y rotación de cultivos

Las áreas destinadas a la siembra de pimiento deben ser de topografía llana, preferiblemente con buen drenaje superficial e interno, con garantía de agua durante todo el ciclo del cultivo, libres de obstáculos que impidan las actividades de cultivo y



fumigación, con pH entre 5,5 - 6,8 y pocos yerbateros; deben evitarse los terrenos de sub-suelos impermeables y excesivamente húmedos. Las áreas de pimiento deben ser rotadas convenientemente, evitando sembrar de un año para otro en el mismo lugar.

#### 1.2.2. Preparación del suelo

La roturación debe realizarse a una profundidad de 25-30 cm, el cruce y recuce a 25 cm; si es necesario se debe alisar el terreno. Deben aplicarse los pases necesarios de picadora media y ligera para dejar el suelo bien mullido.

#### 1.2.3. Siembra, fechas y distancias de siembra

El método de siembra utilizado para esta especie es el de trasplante. Es importante un estricto programa de protección fitosanitaria de la semilla.

El riego deberá ser preferiblemente por micro aspersión aérea.

#### 1.2.4. Trasplante

El trasplante se puede realizar de forma manual o mecanizada con una trasplantadora; las posturas deben sembrarse a una profundidad de 10-12 cm y apretándole bien la raíz con tierra húmeda para lograr su recuperación.

En el trasplante manual se pueden plantar las posturas de varias formas en el surco: en el costado, sobre el camellón o en el fondo del surco, según la región del país, la época de siembra y el tipo de suelo; en cualquiera de estas variantes debe garantizarse un riego antes y después del trasplante, lo cual reducirá el número de plantas que se han de resembrar.

##### 1.2.4.1. Métodos de trasplante manual

###### Trasplante a mota

Se realiza generalmente en el camellón y consiste en introducir la mano dentro de la tierra y sacar un pequeño volumen de la misma, colocándose posteriormente la postura en el hueco abierto y utilizando la tierra extraída para ponérsela encima a la raíz y apretarla.

###### Trasplante al dedo

Se realizará en la oreja del surco y dentro del agua para facilitar la entrada del dedo y la postura. Con este método la postura tampoco se distribuirá sobre el camellón para que posteriormente la siembren, sino que el mismo sembrador toma la postura del mazo y la siembra directamente, quedando la raíz a todo lo largo del dedo índice e introduciéndola dentro de la tierra. Este tipo de trasplante, cuando no se realiza con calidad, puede provocar el llamado “cuello de ganso”, lo cual es perjudicial para la plantación.

En ambos métodos de siembra la profundidad será hasta el cuello de la raíz.

#### 1.2.5. Época y distancia de siembra

En la siguiente tabla 1, se indican la época y la distancia de siembra de algunas variedades.

**Tabla No.1: Indicaciones para la siembra de algunas variedades**

Variedad	Época de siembra	Distancia de siembra	No. de plantas/ha (neta)
California Wonder	sep.- 15 dic.	0.90 x 0.30 m	31 400
LICAL	sep.- 15 dic.	0.90 x 0.30 m	31 400
Tropical CW3	sep.- 15 dic.	0.90 x 0.30 m	31 400
True Heart	sep. - dic.	0.90 x 0.22 m	42 000
Español	sep. - feb.	0.90 x 0.22 m	42 000
Sc-81	sep. - mar.	0.90 x 0.30 m	31 400
Verano 1	sep. - mar.	0.90 x 0.30 m	31 400

#### 1.2.6. Resiembra

Después que se realiza la siembra, algunas plantas no se recuperan, por lo que se hace necesaria la resiembra. Esta debe efectuarse de 5 a 7 días después del trasplante; si no se realiza traerá como consecuencia una disminución en la cantidad de plantas por unidad de superficie y por lo tanto, de los rendimientos.

### 1.2.7. Labores de cultivo

Después de la recuperación de las plantas y entre los 7 y 10 días posteriores al trasplante, de acuerdo con el método de siembra, se debe proceder al tumba del surco. Este debe hacerse con cuidado, para no ahogar las plantas debido a un arribe excesivo de tierra. Este tumba de surco debe ser complementado con un pase de guataca para conformar el surco. Luego se debe realizar un cultivo ligero, a los 20 días del trasplante y posterior a la segunda fertilización, sin arrimar tierra al tallo, reactivando el surco de riego. Se deberá aflojar la tierra del camellón, con guataca y cada vez que la compactación de esta así lo requiera.

Después de cada riego, en dependencia de las condiciones en que éstos dejen al terreno y teniendo este cultivo una gran exigencia en cuanto a la aireación del suelo, se recomienda realizar una labor de cultivo. Esta puede realizarse con cultivadores de *tiller*.

Durante todo el ciclo, la tierra debe mantenerse libre de malas hierbas para lograr buen crecimiento y desarrollo de las plantas, lo cual conlleva a obtener mejores rendimientos; al eliminar las malas hierbas también eliminamos hospederos de plagas y enfermedades que son muy perjudiciales para el pimiento.

### 1.2.8. Riego

La absorción de agua por el pimiento se realiza fundamentalmente en los primeros 50 cm de profundidad del suelo al 100 %, ya que, en condiciones de riego, sus raíces se concentran en los primeros 30 cm del suelo.

Para lograr altos rendimientos, el riego debe realizarse por gravedad; se necesita un suministro adecuado de agua, así como suelos que se mantengan relativamente húmedos y bien drenados durante toda la etapa de desarrollo de las plantas.

En términos generales, una reducción del suministro de agua durante el período de desarrollo vegetativo tiene un efecto negativo sobre el rendimiento del cultivo, aunque la afectación más severa ocurre por la escasez o el agotamiento del agua en la zona radicular durante este período, el riego no deberá ser menor del 80 % de la

capacidad de campo. Este cultivo es sensible, tanto al exceso de humedad, como a un riego escaso.

#### 1.2.9. La nutrición

Para la dosis de fertilizante se deben tomar como base los siguientes factores:

Análisis de suelo.

Tipo de suelo.

Resultados experimentales.

En dependencia de los resultados del análisis y tipo de suelo se aplicarán los fertilizantes. La dosis propuesta para la producción es  $160-80-120 \text{ kg/ha}^{-1}$  de  $\text{N1P2O5}$  y  $\text{K2O}$  respectivamente. Para las variedades 'Español' que es la que se utiliza en el experimento de esta tesis, cuyos ciclos pueden alargarse hasta un año, pueden hacerse aplicaciones adicionales de  $26,8\text{t.ha}^{-1}$  de la fórmula completa (8-75-12) a partir de los 120 días cada 60 días.

La dosis total se fracciona en dependencia del tipo de siembra: 1ra siembra y 2da siembra a los 30-35 días.

Siembra por trasplante

1ra Aplicación: en siembra.

2da Aplicación: a los 20 días.

3era Aplicación: a los 50 días.

Para suelos arenosos se sugiere una cuarta aplicación a los 70-75 días.

##### 1.2.9.1. Esencialidades específicas de la fertilización del cultivo del pimiento

Las plantas pueden fertilizarse suplementariamente a través de las hojas mediante aplicaciones de sales solubles en agua, de una manera más rápida que por el método de aplicación al suelo. Los nutrimentos penetran en las hojas a través de los estomas que se encuentran en el haz o envés de las hojas y también a través de espacios submicroscópicos denominados ectodermos en las hojas y al dilatarse la

cutícula de las hojas se producen espacios vacíos que permiten la penetración de nutrimentos (Guía práctica de la fertilización racional, 2011).

Los nutrimentos se absorben por el follaje con una velocidad notablemente diferente. El nitrógeno se destaca por su rapidez de absorción necesitando de 0,5 a 2 horas para que el 50% de lo aplicado penetre en la planta. Los demás elementos requieren tiempos diferentes y se destaca el fósforo por su lenta absorción, requiriendo hasta 10 días para que el 50% sea absorbido (Salas, 2002).

Una vez que se ha realizado la absorción, las sustancias nutritivas se mueven dentro de la planta utilizando varias vías: a) la corriente de transpiración vía xilema, b) las paredes celulares, c) el floema y otras células vivas y d) los espacios intercelulares. La principal vía de translocación de nutrimentos aplicados al follaje es el floema. El movimiento de célula a célula ocurre a través del protoplasma, por las paredes o espacios intercelulares. El movimiento por el floema se inicia desde la hoja donde se absorben y sintetizan los compuestos orgánicos, hacia los lugares donde se utilizan o almacenan dichos compuestos. En consecuencia, las soluciones aplicadas al follaje no se moverán hacia otras estructuras de la planta hasta tanto no se produzca movimiento de sustancias orgánicas producto de la fotosíntesis (Salas, 2002).

La fertilización racional debe conjugar la utilización de fertilizantes orgánicos y minerales, que se complementan. Los orgánicos, aunque también aportan nutrientes actúan, sobre todo, mejorando las propiedades físico-químicas de los suelos y su actividad biológica, y los minerales, en cambio, aportan la mayor parte de los nutrientes que la planta precisa. Los abonos minerales permiten producir plantas sanas y vigorosas, que en parte después se incorporan al suelo, manteniendo e incluso elevando su contenido en humus. (Guía práctica de la fertilización racional, 2011)

Todos los recursos orgánicos que estén al alcance del agricultor (estiércol, purín, restos de cosecha y compost.) deben incorporarse al suelo en cantidades adecuadas, previendo su mineralización y la cantidad de nutrientes que pueden liberar en cada momento. Estas aportaciones anuales serán tenidas en cuenta a la hora de practicar el abonado mineral.

En la fertilización es muy difícil comparar diferentes estudios y alcanzar resultados reproducibles (Herencia *et al.*, 2006). La variabilidad en las condiciones del medio y las técnicas de cultivo modifican las respuestas de la absorción y concentración de elementos nutrientes en la planta, estos hechos se agudizan en el caso de los sistemas orgánicos, ya que son sistemas complejos con gran variedad de factores frecuentemente difíciles de controlar.

#### 1.2.9.2. La nutrición con urea foliar

La fertilización química aplicada al suelo ha sido la forma más comúnmente utilizada para abastecer a los cultivos de nutrientes. Pero existen características químicas, físicas y biológicas que pueden limitar la disponibilidad de dichos nutrientes en la disolución del suelo. Bajo estas condiciones, la fertilización foliar podría ser particularmente útil (Mengel y Kirby, 1982). Tisdale y Werner (1988) mencionaron que la fertilización foliar debe utilizarse no solo en aquellos casos en los que la disponibilidad nutritiva en el suelo es un problema, sino también en casos donde se necesita subsanar problemas de deficiencias en los cultivos, sobre todo porque mediante esta técnica, los nutrientes se asimilan de forma más rápida (Swietlik y Faust, 1984). La nutrición vía foliar resulta más económica que la fertilización al suelo, por las bajas cantidades de producto utilizado, así como por su mayor aprovechamiento (Eibner, 1985), generando una menor contaminación en el suelo. Ya se han establecido programas de abonado en los cultivos que se incluye la fertilización foliar para disminuir eficazmente la contaminación en los acuíferos (Bondada *et al.*, 2001).

Según (Lambert *et al.*, 2004). Los factores que afectan la eficiencia de las aplicaciones de urea incluyen: factores ambientales como la temperatura del aire, la humedad y la luz, factores tecnológicos como el pH (El-Otmani *et al.*, 2002), la presencia de los tensoactivos y la concentración de la solución aplicada (Toselli *et al.*, 2004) y factores fisiológicos como la etapa de desarrollo de la planta, la presencia de los sumideros de carbono /nitrógeno, el área foliar y el estado del N interno (Weinbaum *et al.*, 2002).

La mayoría de las plantas absorben el N foliar rápidamente aunque, un inconveniente de aplicar puede ser el efecto tóxico de los compuestos orgánicos nitrogenados si estos se acumulan en altas concentraciones, lo cual puede provocar un daño en la biomasa de los cultivos (Walker *et al.*, 1985; Krogmeier *et al.*, 1989; Nicoulaud y Bloom,

#### 1.2.10. Sanidad vegetal

En relación a las plagas, la que mayores daños ocasiona en la actualidad es el *Thrips palmi*, el cual chupa el contenido de las células epidérmicas al raspar con su aparato raspador chupador, afectando principalmente las partes jóvenes y tiernas del follaje. Le siguen en orden de importancia los pulgones (*Mysus persicae*) y la mosca blanca (*Bemisia* sp), los cuales no provocan daños mecánicos, sino que son transmisores del virus.

Entre las enfermedades, las más dañinas son las causadas por virus (TEV, PVY, CMV y TMV) las cuales causan pérdidas de consideración que pueden llegar hasta el 100 % de la producción (Del castillo, 2004).

#### 1.2.11. Cosecha y rendimiento

El pimiento adquiere el estado de madurez entre los 75 a 80 días después del trasplante y se manifiesta por el cambio de color, de verde brillante cuando está tierno, a verde oscuro opaco cuando ya está hecho.

La labor de recogida debe realizarse con tijeras, debido a que, por nuestras condiciones de alta humedad relativa en el ambiente, las plantas se desarrollan con las ramas frágiles, que se rompen si se tira de los frutos.

El corte del pedúnculo debe ser lo más largo posible, oscilando entre 0,5 y 1 pulgada de longitud.

La recolección debe comenzarse después que haya levantado el día y haya desaparecido la humedad de la neblina y del sereno. La vida productiva del pimiento es más larga que la del tomate, ya que con buenas atenciones se puede estar cosechando hasta los 80-90 días.

En la recolección se deben utilizar cajas pequeñas, cubos, jabucos o canastas forradas, los que se vacían en las cajas a medida que se van llenando, llevándolas inmediatamente a lugares frescos, sombreados y de buena ventilación. Las cajas no deben quedar demasiado llenas para que las superiores no aplasten los frutos de las inferiores.

#### Enfermedades Agente causal

Mancha bacteriana	<i>Xanthomonas vesicatoria</i>
Podredumbre blanda	<i>Erwinia carotovora</i>
Mancha de la hoja	<i>Cercospora capsici</i>
Mancha amarilla	<i>Alternaria</i> sp.
Antracnosis	<i>Collectotrichum capsici</i>
Podredumbre del cuello	<i>Phytophthora capsici</i>

Para que el pimiento posea calidad exportable la cosecha debe iniciarse 4-5 días después del riego.

#### 1.3. Las defensas antioxidantes de las plantas

Los flavonoides son compuestos de bajo peso molecular con un esqueleto común de difenilpiranos (C6-C3-C6), compuesto por dos anillos de fenilos (A y B) ligados a través de un anillo C de pirano (heterocíclico). (Figura 1.2) Los átomos de carbono en los anillos C y A se numeran del 2 al 8, y los del anillo B desde el 2' al 6'



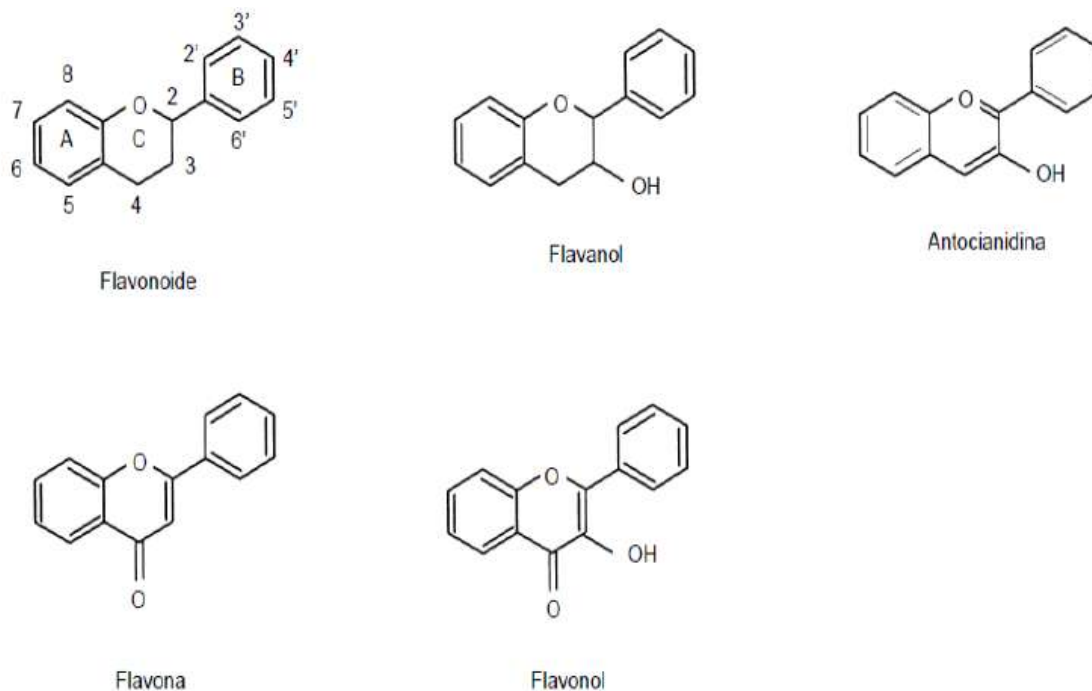


Figura 1.2: Estructura química de algunos flavonoides

La actividad de los flavonoides como antioxidantes, depende de las propiedades redox de sus grupos hidroxifenólicos y de la relación estructural entre las diferentes partes de la estructura química (Bors *et al.*, 1990).

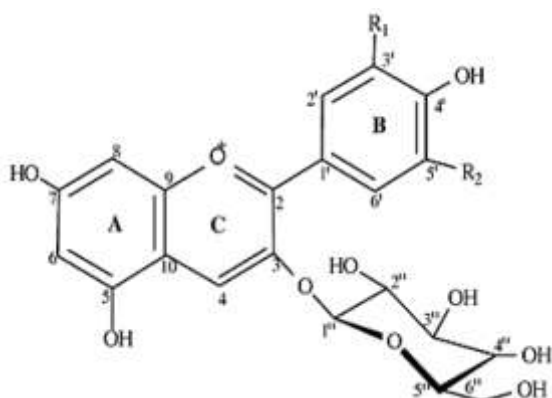
Los flavonoides son pigmentos naturales presentes en los vegetales y que protegen al organismo del daño producido por agentes oxidantes, como los rayos ultravioletas, la polución ambiental, sustancias químicas presentes en los alimentos, entre otros. (Serrano, 2009)

Los flavonoides contienen en su estructura química un número variable de grupos hidroxilo fenólicos y excelentes propiedades de quitación del hierro y otros metales de transición, lo que les confiere una gran capacidad antioxidante (Havsteen, 1983). Por ello, desempeñan un papel esencial en la protección frente a los fenómenos de daño oxidativo y tienen efectos terapéuticos en un elevado número de patologías, incluyendo la cardiopatía isquémica, la aterosclerosis o el cáncer (Pace-Asciak *et al.*, 1995; Jang *et al.*, 1997). Sus propiedades anti-radicales libres, se dirigen fundamentalmente hacia los radicales hidroxilo y súper óxido, especies altamente

reactivas implicadas en el inicio de la cadena de peroxidación lipídica (Jovanovic *et al.*, 1998).

Sin embargo los antocianos son pigmentos hidrosolubles que se hallan en las vacuolas de las células vegetales y que otorgan el color rojo, púrpura o azul a las hojas, flores y frutos. Los antocianos, pigmentos flavonólicos, tienen una estructura química adecuada para actuar como antioxidantes, pueden donar hidrógenos (Wang *et al.*, 1997) o electrones a los radicales libres, o bien atraparlos y desplazarlos en su estructura aromática.

Una actividad antioxidante óptima se relaciona con la presencia de grupos hidroxilos en las posiciones 3' y 4' del anillo B, los cuales confieren una elevada estabilidad al radical formado (Harborne y Williams, 2000). (Figura 1.3) Los grupos hidroxilos libres en la posición 3 del anillo C y en la posición 5 del anillo A, junto con el grupo carbonilo en la posición 4, son donadores de electrones (Miller y Rice-Evans, 1997).



La diversidad estructural contribuye favorablemente a la existencia natural de unos 300 antocianos con diferentes sustituciones glucosídicas, en la estructura básica del ion fenil-2-benzopirilio o flavilio.

Figura 1.3 Estructura química de los antocianos.

1.4. Descripción de algunas variedades de pimiento dulce que se siembran en Cuba según Minag, 2009.

### Español

Planta vigorosa con una altura de 70-80 cm; muestra buena adaptación climática, lo que permite realizar siembras tardías. Los frutos son rectangulares y de superficie no lisa.

### California Wonder

Variedad procedente de Estados Unidos; crece hasta 50-60 cm; el tallo es relativamente grueso; las hojas son anchas, de color verde claro; los frutos son erectos, anchos y grandes, con peso promedio de unos 100 g; son lisos, prismáticos y divididos en cuatro lóbulos; la pulpa es ancha, jugosa y blanda, pero sin el aroma específico del pimiento. El color en madurez de consumo es verde oscuro y rojo intenso en madurez botánica.

Su uso fundamental es para consumo fresco, es la variedad básica en el país para la exportación. Los rendimientos que debemos esperar en esta variedad son de 4 000 qq/cab. (13,7 t.ha<sup>-1</sup>)

### **Tropical CW-3**

Variedad obtenida en el INIFAT, Cuba, a partir del *California Wonder*. Se diferencia de aquél en el mayor tamaño de las plantas (55 - 65 cm); las ramas son más erectas, formando ángulos más agudos con el tallo. Una buena parte de los frutos se desarrollan hacia arriba, la corteza es más gruesa, los colores, tanto verde como rojo, son más brillantes y el peso promedio es superior a los 200 g, pudiendo tener 3 ó 4 lóbulos. Los mejores rendimientos se han obtenido con las siembras realizadas en octubre y varían entre 4 000-4 500 qq/cab (13,7-15,0 t/ha)

### **LICAL**

Es una nueva variedad cubana obtenida a partir de un cruzamiento en F1 una variedad resistente al Virus Y de la papa (PVY) y tolerante al Virus del grabado del tabaco (TEV) y una línea cubana resistente al Virus del mosaico del tabaco (TMV), ambas adaptadas al trópico y de frutos grandes (200 g), se obtuvieron las líneas haploides dobladas, las cuales dieron origen a esta variedad de pimiento.

Los frutos son cuadrados y alcanzan un peso promedio de 197 gramos, la cantidad por planta puede llegar a 20 frutos, con un largo de 9,5 cm y ancho de 8,5 cm. Posee resistencia al virus del mosaico del tomate (TMV) y tolerancia al virus Y de la papa (PVY).

### **True Heart**

Variedad procedente de EE.UU. Planta bien desarrollada y ramificada que alcanza una altura de 70 cm.

Los frutos son especialmente típicos, pendientes y de forma acorazonada, de ahí el nombre de la variedad.

Su corteza es fina, suave y lisa; la pulpa es gruesa y jugosa, sin el aroma específico del pimiento; su color en la madurez botánica es rojo y verde oscuro en madurez de consumo. Esta variedad se cultiva casi exclusivamente para las necesidades de la industria de conservas y se procesa como Pimiento Morrón. Su siembra ha quedado reducida prácticamente a las provincias de Camagüey y Villa Clara, donde tradicionalmente se cultiva en áreas de pequeños agricultores y con destino a la industria.

### **Liliana SC-81**

Variedad de frutos pequeños (20 g), cónicos y pericarpio fino, las plantas alcanzan hasta un metro de altura. Se utiliza como condimento. Posee gran tolerancia a las altas temperaturas y, cuando se establece en el período óptimo, puede producir durante todo el año. Presenta resistencia a diferentes virus (TMV, PVY) y tolerancia a la bacteria *Xanthomonas campestris* pv vesicatoria. Se obtienen rendimientos entre 2 400-3 000 qq/cab. (8-10 t.ha<sup>-1</sup>).

### **Verano-1**

Variedad seleccionada por el INIFAT, la cual posee frutos triangulares de color verde amarillento en madurez fisiológica; posee buena adaptación al medio y rendimientos superiores a los 3 000 qq/cab. (10 t.ha<sup>-1</sup>).

## 2. Materiales y métodos:

La experiencia se realizó de octubre del 2015 a marzo del 2016, en la finca El Porvenir de la CCS Fortalecida “Heriberto Orellana”, situada en carretera de Zaza Km 2, Sancti Spíritus, con suelo Aluviales (Fluvisol) según Hernández, *et al.*, 2015.

Durante el experimento las variables climáticas (en el 2015) se comportaron de la siguiente forma, según Tabla y Figura 2.1.

Tabla 2.1. Variables climáticas promedios registrada para la zona Sancti Spíritus

Variables climáticas	Finca “El porvenir” Km 2, norte de Sancti Spíritus		
	Época de septiembre a marzo		
Temperatura (°C)	mínima 17,6	media 25,3	máxima 32,1
Precipitaciones (mm)	237,2		
Humedad relativa (%)	81,0		

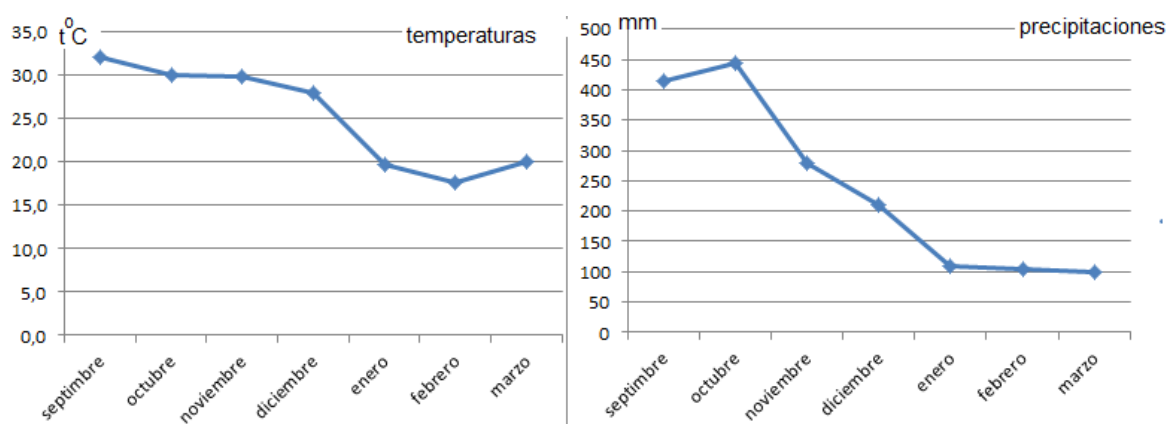


Figura 2.1. Climograma de los meses en que transcurrió el experimento

\* Tomado del Centro Meteorológico de Sancti Spíritus. 4/02/2016

El material vegetal utilizado fue pimiento dulce (*C. annuum*) variedad Español, tipo Lamuyo, que muestra cierta tolerante al virus del bronceado, TMV (mosaico del tabaco) y PVY (virus Y). Las plantas se obtuvieron en semillero y se trasplantaron el 10 de octubre del 2015. Se efectuó control integrado de plagas, riego y laboreos según las normas de producción de agricultura ecológica y descrita en la parte

teórica del trabajo, con un diseño experimental de bloques completamente aleatorizados (Somasegaran y Hoben, 1994) con dos réplicas, y una densidad de plantación de dos plantas por m<sup>2</sup>, 20 000 plantas/ha, la distancia de plantación 0,25 m x 0,90 m, la distancia entre parcela es de 1,20, cada parcela tiene cinco surcos de 25 m de largo con un total de 500 plantas por parcela. Todo ello favorece la realización de las labores culturales, evitando daños indeseables al cultivo, se evaluaron 20 plantas por parcela, para cada uno de los tres tratamientos: se toman las plantas aleatoriamente de los tres surcos centrales de cada parcela.

T1	T2	T3
T2	T3	T1

Figura 2.2. Bloques completamente aleatorizados

El experimento realizado contiene tres tratamientos a los que se le realizaron las labores tradicionales recomendadas para el cultivo. (Guía técnica, 2009) los tratamientos quedaron conformado de la siguiente forma: testigo de comparación (T1) al que se le aplicó la fertilización química recomendada por el instructivo técnico, más fertilización foliar con FitoMas E (a los 10 y los 40 días según recomendaciones del Icidca, (2008)) y fertilización con urea (en la siembra, a los 20 y 50 días e intercalada después de la primera cosecha) el tratamiento dos (T2) que solo se le aplicó fertilización foliar con el biofertilizante que se propone en el trabajo (anexo 1) a razón de 333,3 L.ha<sup>-1</sup>, para ello se hicieron aplicaciones semanales después del trasplante, hasta la floración y quincenales hasta la cosecha y el tratamiento tres o testigo absoluto (T3) que no se fertilizó.

Se realizaron tres periodos de cosecha para los análisis 29 de enero, 18 de febrero y 19 al 23 de marzo del 2016, para la selección del fruto se tuvo en cuenta el 80 % de madurez, así como uniformidad de tamaño, color y libre de daños mecánicos, por enfermedades y plagas que permiten evaluar las variables seleccionadas de calidad

Se midieron los siguientes variables agrofisiológicas:

Variabes agronómicas: el número de frutos comerciales por plantas en cada cosecha, la producción por m<sup>2</sup> y la masa fresca promedio del fruto comercial,

clasificando los frutos en cuatro categorías: fruto con peso mayor de +350 g (extra), de 350 a 250 g (primera), de 250 a 150 g (segunda), menos de 150 g (tercera) y frutos con peso menor a 100 g o dañados por alguna enfermedad, plaga ó fisiopatía no comerciales o destrío (Cuadra, 2011).

Espesor del pericarpio: para obtener el espesor del pericarpio se tomó una muestra de 20 frutos de las 20 plantas tomadas para el experimento y se realizaron 3 medidas con una mitad del fruto cortada perpendicularmente: una basal, otra apical y otra ecuatorial, mediante un pie de Rey. Los resultados se expresaron en mm.

Variables fisiológicas:

El pH y Conductividad Eléctrica (CE) de la disolución acuosa del pericarpio: parte de los 20 frutos destinados a los análisis de calidad se licuaron independientemente con una licuadora. El pH se midió sobre este jugo con un pH-metro portátil. Del mismo modo, se analizó la conductividad eléctrica, determinándose un promedio.

Contenido antocianos y flavonoides totales (Mabry *et al*, 1970): de los frutos analizados anteriormente se congelan -80 °C. y se pesa 1g de muestra añadiéndole una mezcla de metanol, agua y HCl, y se homogeniza para dejarla en oscuridad durante 72 h a 0 °C. Posteriormente se centrifuga durante 15 minutos y el sobrenadante se utiliza para determinar el contenido en antocianos y flavonoides, midiendo en el espectrofotómetro a las siguientes longitudes de onda: 300, 530 y 657 nm. Las concentraciones de flavonoides se expresaron como la absorbancia (A) a 300nm g-1 y los antocianos, son calculados mediante la siguiente ecuación:  $A = A_{530} - 1/3(A_{657})$ .

Contenido relativo de agua del pericarpio (Cuadra, 2011): el contenido relativo de agua (RWC), se calcula en frutos frescos (FM) de otra colecta de 20 frutos, teniendo en cuenta que todos los frutos tengan el mismo diámetro, se extrae un círculo y se le añade agua destilada dejándolos en oscuridad durante 24 horas. Después, se pesan los círculos, obteniendo así el peso de turgencia (TM) y después de secan a 80oC durante 48 horas, se pesan para obtener la masa seca (DM). El porcentaje de contenido relativo de agua se calcula usando la siguiente fórmula:  $RWC = [(FM-DM) / (TM-DM)] \times 100$ .

Se realizó un análisis de los daños en el fruto en el pimiento está dado por diferentes causas (mecánicas o fitopatológicas, se hizo un análisis de la cosecha desechada en % de frutos desechados por daños constatándose que en el tratamiento T1 el cual en su paquete tecnológico llevó implícito aplicaciones fitosanitarias, se determinó el que solo el 11,2% de las producciones fueron desechada fundamentalmente por: daños físicos como golpe de sol y asurado consecuencia de un desequilibrio hídrico en la planta por un exceso de transpiración,

Se realizó un análisis global del porcentaje de frutos dañados identificando a nivel del laboratorio provincial de Sanidad Vegetal de Sancti Spíritus (Laprosav) si los daños son fitopatológicos y se llevaron frutos hasta los 8 días de colecta como se indica en Cuadra, 2011, como guía de calidad importante.

El porcentaje de distribución del daño se calculó por la siguiente fórmula derivada de la fórmula de Townsend y Heuberger (1943):

$\% D \text{ del daño} = \text{Número de frutos afectados} / \text{Total de frutos evaluados}$ .

Los datos de esta tesis se someten a un análisis de varianza (ANOVA), dependiendo del ensayo se les aplica un test multivariante de Tukey ( $P \leq 0.05$ ), Los resultados se representaran como  $p \leq 0.05$ . Para los análisis estadísticos se utiliza el programa SPSS 15 (SPSS Science, Chicago, IL, USA). Para mostrar los datos gráficamente se utiliza el propio programa y datos ploteados en tabulador Microsoft Excel.



### 3. Resultados y discusión

#### 3.1. Evaluación de las variables agronómicas

En la tabla 3.1 se muestra el número de frutos comerciales por planta obtenido en los diferentes tratamientos, junto con otros indicadores de calidad agronómica, constatándose que los valores de esta primera variable en el tratamiento experimental con biofertilizante (T2), tiene un comportamiento significativamente inferior en la primera y segunda cosecha con respecto al cultivo tradicional (T1), el que recibe una fertilización con urea después del primer corte o despunte, no obstante a este resultado T2 experimenta un aumento, mostrándose superiores a T1 durante la fecha de cosecha posteriormente realizadas (19 y 23 de marzo), la última analizada en la investigación, el testigo absoluto (T3) mostró siempre valores inferiores, ya que no recibió fertilización en ningún momento. Cabe resaltar que los frutos que se tomaron para el experimento fueron en la condición del 80 % de madurez, lo cual coincide con los requisitos exigidos para su comercialización. (Morales, 2013)

Algunos autores como Serrano en el 2009 y Cuadra en el 2011, se refieren que las plantas inicialmente responden más expedito a la fertilización química que a otro tipo de fertilización, los que hace que esto inicien en un proceso de maduración más violento en las primeras etapas de la cosecha; como respuesta a una nutrición directa y única, luego decrece paulatinamente, no siendo así en el tratamiento con el biofertilizante (T2), donde se continua con el suplemento químico orgánico de forma foliar durante todo el ciclo de cosecha, el testigo absoluto muestra resultados inferiores en todos los momentos de cosecha, como indicador absoluto. Esto nos da la medida de la influencia de la nutrición en la calidad agronómica del fruto.

En lo que se refiere al rendimiento por área, se puede observar una diferencia significativa entre los tres tratamientos (tabla 3.1), específicamente el cultivo tradicional (T1) que recibe fertilización química y foliar con FitMas E, mostró los valores superiores en las dos primeras fechas de cosecha, lo que da un promedio superior en comparación con el que se le aplicó biofertilizante (T2) y así con el testigo absoluto, posteriormente se muestra una caída leve para la última cosecha

(19/marzo) de la producción en el tratamiento tradicional (T1) y un aumento aritmético ligero en el tratamiento con biofertilizante (T2), lo que se hace homogéneo el grado de significación entre ambos (T1 y T2). Las variaciones en cada fecha de corte aunque no es constante para este cultivo, puede deberse a las diferentes etapas en las que el cultivo presenta durante su crecimiento y desarrollo, donde incide la actividad fotosintética que es un proceso fisiológico vital de las plantas, moldeada esta por el estado nutricional y que está estrechamente relacionado con la producción agronómica (Sánchez Chávez *et al.*, 2011).

De la misma manera se observó valores positivos para el tratamiento con biofertilizante, en cuanto a lo que se refiere la masa fresca promedio de los frutos comerciales (g), se puede observar un efecto positivo en el tratamiento con la aplicación del biofertilizante con respecto al tratamiento que representa el cultivo tradicional pero que no tiene esta diferencia tendencia a la significación. Solo se observa una diferencia significativa con el testigo absoluto.

En todos los casos el testigo absoluto presenta los valores más bajos en la masa fresca promedio del fruto (g). Es importante que no se presentan en ninguno de los tratamientos frutos de primera calidad o extras, se plantea que los frutos de la variedad Español pueden alcanzar hasta 300g, los frutos seleccionados para el análisis son de segunda, sin embargo, el del testigo absoluto presenta frutos solamente de tercera o en muchos casos no clasifican en para la comercialización por la masa o por el daño causado por podredumbre del cuello *Phytophthora sp* y mancha blanda *Erwinia sp*, que son plagas frecuente en suelos poco descansados (Minag, 2009) como el que se monto el experimento y que serán analizado en acápite posteriores

Tabla 3.1. Variables agronómicas de calidad del fruto

Tratamientos	Frutos comerciales /plantas Fecha de corte			Rendimiento g de fruto/m <sup>2</sup> (valores con aproximación matemática)			Promedio de masa fresca total del fruto (g)
	29/01	18/02	19/03	29/01	18/02	19/03	En las tres fechas
Tradicional (T1)	1,90 <sup>c</sup>	1,98 <sup>c</sup>	1,60 <sup>b</sup>	573 <sup>c</sup>	593 <sup>c</sup>	520 <sup>b</sup>	247 <sup>b</sup>
Biofertilizante (T2)	1,40 <sup>b</sup>	1,70 <sup>b</sup>	1,80 <sup>c</sup>	422 <sup>b</sup>	462 <sup>b</sup>	522 <sup>b</sup>	244,1 <sup>b</sup>
Testigo absoluto(T3)	1,00 <sup>a</sup>	1,20 <sup>a</sup>	1,18 <sup>a</sup>	137 <sup>a</sup>	187 <sup>a</sup>	157 <sup>a</sup>	128 <sup>a</sup>
ES	0,40	0,35	0,33	0,45	0,50	0,53	0,30
CV (%)	12,0	11,3	11,0	22,0	22,5	24,0	20

*Medias (n=10) letras iguales en cada sección de columna no presentan diferencias significativas para cada fecha de corte (Tukey, 0,05)*

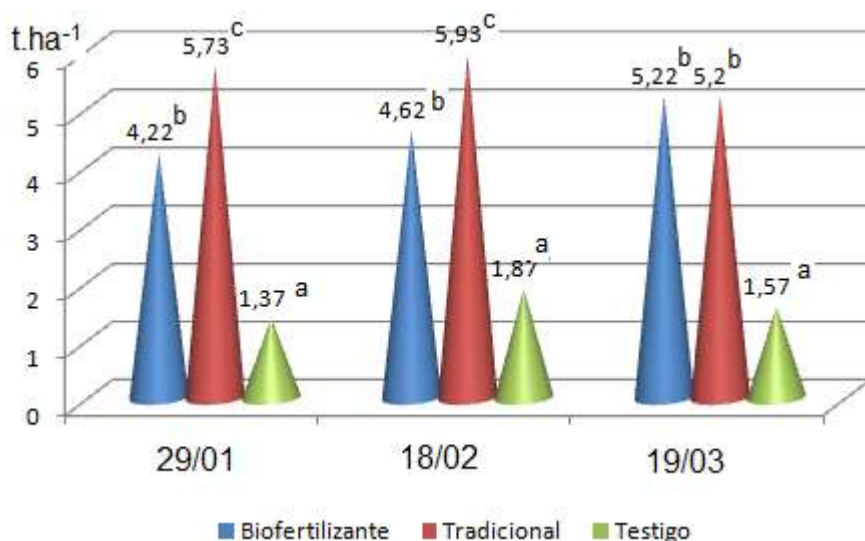
En la Figura 3.1 presenta en un análisis gráfico los valores medio de la producción (t.ha<sup>-1</sup>). Como se puede apreciar, entre los tratamientos T1 y T2 el primero representa el cultivo tradicional que tiene aplicaciones química y el segundo con el biofertilizante foliar orgánico, muestran diferencias significativas en la producción por hectáreas en las dos primeras fechas de cosecha, esto relacionado con la absorción y con mayor la disponibilidad de los nutrientes, ya a T1 se le aplicó volúmenes de fertilizantes tanto por vía radicular y fertilizantes foliar, lo que mejoró de esta manera la nutrición de las plantas en las primeras etapas de cosecha, se observa en el testigo absoluto (T3) que la producciones son muy inferiores que la de los tratamientos T1 y T2.

En las producciones para la última cosecha se observa una equitatividad de las producciones en T1 y T2, ya para esta cosecha el cultivo no se riega ni recibe fertilización química alguna, o sea ha pasado un periodo de cosecha sin ningún laboreo, sin embargo el T2 continua con la biofertilización que no solo aporta nutriente sino cierto grado de humedad, por lo profunda que es la fertilización foliar con el biofermento.

En condiciones de carencia hídrica con un periodo de poca lluvia y altas temperaturas como se experimentó en el inicio del 2016, suele suceder que en el tratamiento (T2), la micorrización que habilita el biofermento, juega un papel esencial

en activar la difusión de los iones y el agua hacia las raíces de las plantas hospederas, lo que permite según Aguado-Santacruz, 2012, soportar las condiciones de sequía con mayores recursos, por lo que se justifica esta fluctuación en los resultados anteriormente analizados.

La aplicación del biofertilizante ecológico foliar que es un producto natural, no aumentó la producción del pimiento con respecto a las condiciones tradicionales, tanto en la producción por área como en la producción por plantas, que en todos los tratamientos está muy por debajo al potencial de la variedad que es de aproximadamente hasta 18 t.ha<sup>-1</sup> (4500 qq/cab. ) según instructivo técnico del 2010, pero si se obtuvieron frutos con una calidad ecológica apreciable al no utilizar productos fitosanitarios ni químicos. Por lo que constituye una alternativa para la producción sostenible de pimiento en aquellas áreas con limitaciones con el agua para el riego, terrenos sobre explotados y de alta incidencia de plagas y enfermedades. Además como se puede apreciar en otros análisis la calidad ecológica del fruto es apreciable.



*Figura 3.1. Comparación de la producción total por hectáreas en las diferentes fechas de corte*

### 3.2. El pH y conductividad eléctrica – $\sigma$ - (CE)

Se puede observar que el pH del fruto se comporta de acuerdo a la variación de la acidez titulable para este cultivo, lo cual ha sido reportado para algunos frutos

cuando entra en grado de maduración, donde el pH disminuye, en general este comportamiento se observó en los frutos de pimiento, específicamente para este estudio los valores no presentan una diferencia significativa entre los tratamientos (figura 3.2). La disminución o aumento en pH de los frutos, se atribuye al menor o mayor contenido de ácidos orgánicos presentes en forma ionizada en el tejido vegetal (Hernández-Fuentes *et al.*, 2010). Se hizo comparaciones para comprobar este planteamiento teórico y se recolectó frutos con menor grado de maduración, donde se constató la siguiente tendencia. (Figura 3.2) No se conocen reportes en la literatura consultada de acidez y conductancias para esta variedad de pimiento, por lo que no se puede hacer comparaciones de su comportamiento en las condiciones de cultivo a que fueron sometidos.

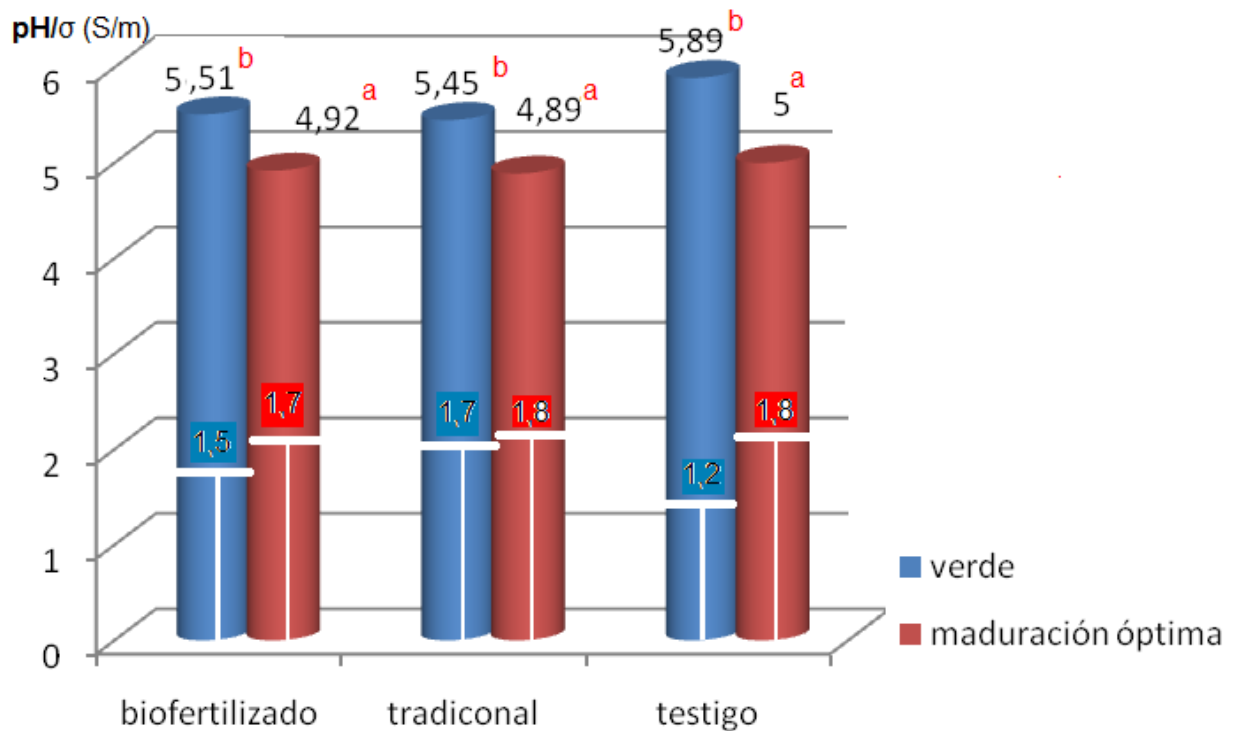


Figura 3.2. Comparación de los promedios del pH y la conductancia

### 3.3 Grosor de pericarpio y humedad (%)

Los valores referentes al grosor del pericarpio (mm) se muestra en la tabla 3.2 y se puede observar una diferencia significativa entre los tratamientos: en el cultivo tradicional (T1), el que se le aplicó biofertilizante foliar (T2) y el testigo absoluto (T3). El tratamiento T1 en todas las fechas de corte mantiene los valores con un mayor

calibre en el pericarpio del pimiento en todas las áreas analizadas, por lo que esto puede contribuir a tener frutos con un mayor peso como se mostró en análisis anteriores, y se incrementó el rendimiento en cada cosecha. De igual manera los frutos obtenidos con los inoculantes de biofertilizante mostraron este mismo efecto de tendencia en el aumento de su grosor del pericarpio, que aunque es inferior al fruto cultivado de forma tradicional, en las últimas cosechas diferencias no muestra grado de significación.

Tabla 3.2. Variables de grosor del pericarpio y humedad del fruto

Tratamientos	Grosor promedio del pericarpio (mm)									Promedio Humedad del fruto (%)
	29/01			18/02			19/03			En las tres fechas
Fechas de cosecha	A	E	B	A	E	B	A	E	B	
Tradicional (T1)	4,7 <sup>c</sup>	3,7 <sup>b</sup>	3,3 <sup>b</sup>	5,3 <sup>c</sup>	4,7 <sup>c</sup>	4,4 <sup>c</sup>	4,3 <sup>b</sup>	4,2 <sup>b</sup>	4,0 <sup>b</sup>	257 <sup>b</sup>
Biofertilizante (T2)	4 <sup>b</sup>	3,8 <sup>b</sup>	3,2 <sup>b</sup>	4,6 <sup>b</sup>	4 <sup>b</sup>	3,6 <sup>b</sup>	4,2 <sup>b</sup>	4 <sup>b</sup>	3,8 <sup>b</sup>	254,1 <sup>b</sup>
Testigo absoluto (T3)	3,2 <sup>a</sup>	2,2 <sup>a</sup>	2,0 <sup>a</sup>	3,8 <sup>a</sup>	3,2 <sup>a</sup>	3,0 <sup>a</sup>	3,5 <sup>c</sup>	2,6 <sup>a</sup>	2,2 <sup>a</sup>	128 <sup>a</sup>
ES	0,20	0,25	0,22	0,31	0,21	0,11	0,10	0,37	0,39	0,23
CV (%)	10	12	11	17	11	14	10	15	12	10

*Medias (n=10) letras iguales en cada sección de columna no presentan diferencias significativas para cada fecha de corte (Tukey, 0,05). A (medida apical), E (medida ecuatorial) y B (medida basal)*

La variable de humedad (%) que se muestra en la tabla 3.2 da la medida que los tratamientos T1 y T2 mantienen un aumento significativo en esta variable con respecto al testigo absoluto.

El tratamiento con biofertilizantes T2 es un producto fermentado, ya que su contenido está conformado por macerado de leguminosas, humos del sedimento fluvial de una laguna, excretas de ganado vacuno como se aprecia en su composición anexo 1, mostró valores superiores aunque no significativo, el análisis del % de humedad es un parámetro de calidad importante, ya que este permite inferir que el fruto presenta un mayor contenido de agua dentro de sus tejidos, lo cual puede proporcionar una

mayor turgencia , que se traduce en establecimiento y persistencia a lo largo de la estación de cosecha.

Se ha descrito en la literatura que un mejor flujo de compuestos orgánicos producto de la fotosíntesis, o a través de la hoja, la que está siendo regada semanalmente con el contenido fermentado (Barea *et al.*, 2005), Patten y Glick (2002), reportan concentraciones bajas de AIA (ácido indol acético) muchos aspectos importantes de las interacciones suelo-planta que son mediados por los procesos de la rizosfera y otros microorganismos, incluyendo la adquisición de nutrientes para la planta, la colonización de raíces por los microorganismos y la descomposición de la materia orgánica por el microecosistema radicular de la planta (Cheng, 1999) así como el suministro de agua a la planta durante el riego, posiblemente reduce el estrés por factores ambientales, ya que este arrastra los contenidos microbianos aplicado en el biofertilizante.

#### 3.4. Contenido de antocianos y flavonoides

La autora considera establecer algunos elementos analizados por diferentes autores que permiten una interpretación de los aspectos de este acápite, se explica que el contenido de fenoles totales son debido al estado de maduración del pimiento (Howard *et al.*, 2000), así como por el cultivar que se está analizando (Gnayfeed *et al.*, 2001). Se ha reportado una relación estrecha del contenido de fenoles totales y actividad antioxidante en frutas y hortalizas frescas (Barbagallo *et al.*, 2012). Sin embargo, también el contenido de fenoles totales forma parte de un sistema de señales que son activadas por las diferentes condiciones de estrés a las que la planta ha sido expuesta como se verá en análisis posteriores.

Los antocianos dentro de los fenoles totales tienen la particularidad de que son el producto final de la ruta de biosíntesis de flavonoides (Lightbourn *et al.*, 2007), y junto con otros flavonoides, son conocidos por sus potenciales beneficios para la salud (Nijveldt *et al.*, 2001). Los estudios realizados en esta tesis han demostrado que la acumulación de flavonoides y antocianos en las plantas, proporciona un mecanismo de defensa, y la concentración de flavonoides en las plantas podría verse afectada

por el suministro de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en el fertilizante, aspecto que concuerda con Chimpango *et al.*, 2003.

En el experimento realizado, donde el tratamiento T2 bajo limitados suministros de N directo y otros elementos químicos ya que se trata de un biofermento con proporciones de nutrientes con determinado equilibrio químicos y que además son absorbidos por vía foliar, mostro un valor en antocianos inferior pero no significativo con respecto al cultivo tradicional T1, (Figura 3.2) los que puede configurar la acumulación de fenoles totales y de flavonoides totales en este tratamiento (T1) al que se le aplicó la urea, y otros fertilizantes como el foliar FitoMas E, que produce un estímulo de respuesta con respecto al otro.

En comparación el testigo absoluto, los frutos no tienen ningún tipo aplicación, ellos muestran la frecuencia más baja de acumulación de estos esteroides. Los datos muestran que los antocianos fueron significativamente reducidos ( $P \leq 0,05$ ), cuando las plantas se regaron sin nivel de N. La concentración de flavonoides, en T2 se redujo en un 36% en los frutos, estas plantas regadas con bajos niveles de N no expresan niveles altos de estos componentes, en comparación con las plantas que recibieron urea en el suelo. Se encontraron también diferencias significativas en estos compuestos con respecto a las plantas del control absoluto, al igual que se observaron diferencias en la concentración de antocianos en las diferentes cosechas realizadas.

Los datos evidencian que los antocianos y flavonoides muestran un patrón similar, los flavonoides muestran frecuencia más elevada en T1 y T2, dando lugar a diferencias significativas con respecto al tratamiento sin aplicación de fertilizante T3. El estudio muestra claramente el efecto de la fertilización foliar y con N en los niveles de antocianos, se aprecia una respuesta general, basada en la frecuencia de aplicación en el caso de los flavonoides totales.

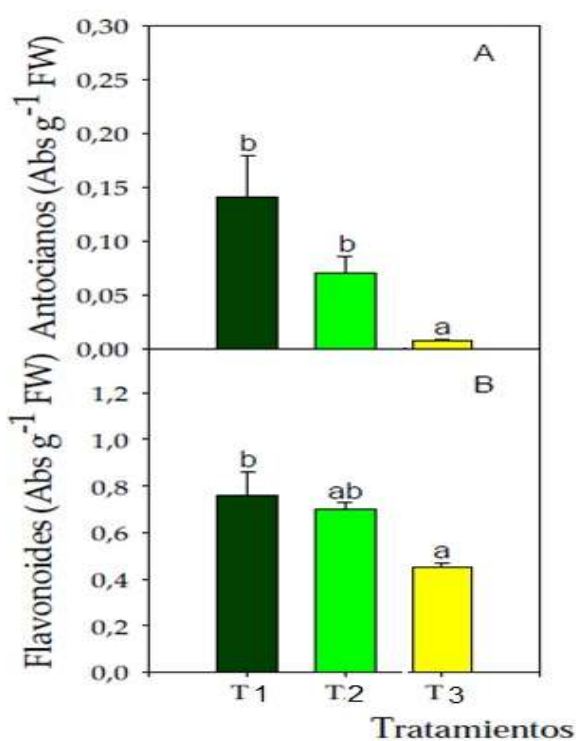
Los estudios realizados sobre este parámetro de calidad, Strissel *et al.* (2005) observaron una disminución en la concentración de flavonoides en manzanos cultivados con una nutrición elevada en nitrógeno (N), y destacaron la influencia en la susceptibilidad del cultivo. Además, Stewart *et al.* (2001) vieron que la disponibilidad



reducida de nitrógeno no tuvo ningún efecto notable sobre el contenido de flavonoides de frutos de tomate, mientras que Yang *et al.* (2006) observaron que la aplicación de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> era favorable para la acumulación de flavonoides.

Las diferentes respuestas podrían atribuirse a las diferentes especies, cultivo y órgano considerado, y especialmente a la medida en que el agotamiento del N se aplica bajo condiciones atmosféricas particulares.

Por tanto la fertilización foliar de los nutrientes puede minimizar los efectos de una reducción del aporte de N vía radicular, al examinar los efectos de la aplicación foliar



de nitrógeno, fósforo y potasio, junto con otros microelemento de procedencia orgánica en un biofertilizante fermentado sobre los frutos de pimiento dulce, permitió evaluar los daños producidos y la respuesta antioxidante al identificar flavonoides y antocianos. Reducir el ritmo de aplicación de N del suelo en combinación con N foliar procedente de un biofermento puede reducir la cantidad de N perdido para el medio ambiente y aumentar el rendimiento (Roberts et al., 2006).

Figura 3.2. Efecto de la biofertilización foliar en la concentración de antocianos y flavonoides en los frutos. Las barras verticales representan la media de los valores  $\pm$  SE; los valores con la misma letra no son significativamente diferentes a  $P < 0.05$  (Test de múltiple rango de Tukey). T1: cultivo tradicional con aplicación de urea. T2, cultivo tradicional con nutrientes vía foliar aplicada cada semana hasta los 150 DDT y (T3), sin tratamiento con urea.

### 3.5. Contenido relativo de agua (RWC)

Se ha planteado a menudo que numerosos procesos fisiológicos y de crecimiento solo son óptimos si la turgencia del tejido está por encima de un determinado valor umbral. Sin embargo, el no emparejamiento de los estomas de la mayor parte del tejido (Henson et al., 1983), debido a la existencia de un gradiente de  $\Psi_w$  entre ellos, hace que esta relación (crecimiento y potencial hídrico) sea menos clara (Nonami y Boyer, 1990), este planteamiento se evidencia en los análisis efectuados en este acápite.

En el experimento realizado con el fruto de pimiento, el RWC desciende en los tratamientos con fertilizante foliar orgánico de los valores control entre (a 95 % a los cuatro días y al 92% a los ocho días de colectado en el fruto para comercializar, mientras en T1 que fue regado con fertilizantes tanto foliar como radicular (con urea) desciende a casi el 89,5% y 81% respectivamente, en el tratamiento que se considera testigo absoluto está por debajo de un RWC  $\leq 65\%$ , se plantea que esta caída brusca del RWC a los 8 días de colecta, está determinada por el papel de la prolina u otros osmolito compatible en el citoplasma y los cloroplastos que según Bussis y Heineke, 1998 mantienen así el balance osmótico intracelular.

Es dable que la relación hídrica en el fruto del tratamiento 2, este dado por la sistemática acción de riego de biofertilizante vía foliar, que mantiene un estado de turgencia que favorezca la síntesis de almidones en el fruto y a su vez intervenga en la RWC mayor detectado en frutos del tratamiento 2 la acumulación de azúcares solubles en el proceso de deshidratación influyen en el contenido de ROS, lo cual está implicado en el deterioro del fruto que se aprecia en el de cursar del tiempo de cosecha de este (Cruz de Carvalho, 2008) , y ayudar a mantener la estructura de las membranas y de las macromoléculas (Lee et al., 2008).

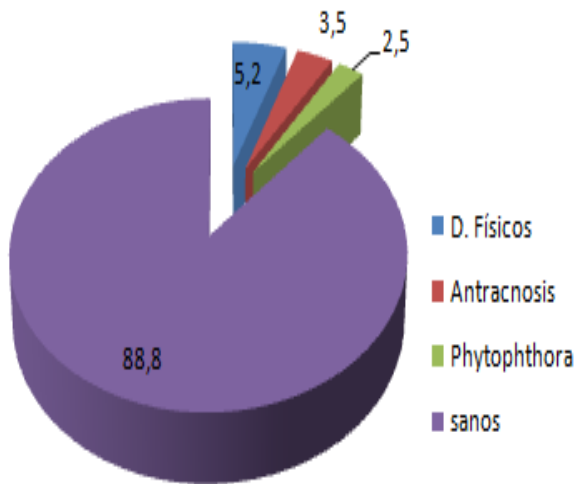
Tabla 3.3. Efecto del fertilizante foliar orgánico sobre la relación RWC para el fruto en pimientos dulce a dos intervalos de riego (4 y 8d sin riego).

Tratamientos	RWC (%)	
	4d	+8d
Condiciones tradicionales Fitomas E + aplicaciones de urea (T1)	89,6	81,5
Aplicación de fertilizante foliar orgánico (T2)	95	92
Testigo absoluto (T3)	64,8	60

Las concentraciones más altas de carotenos se obtuvieron para pimiento maduros rojos  $3,23 \pm 0,03$  y  $2,5 \pm 0,04$  mg/100 g FW para cultivo ecológico con biofertilizantes y el tratamiento tradicional respectivamente (Figura 3.3). Los resultados obtenidos para pimiento cultivado bajo sistema testigo absoluto  $1,73 \pm 0,04$  son del mismo orden que los descritos en la literatura (Howard et al., 2000; Wall et al., 2001), sin embargo, los resultados obtenidos para pimiento cultivado bajo sistema de producción ecológico no se han podido contrastar, ya que no hay datos disponibles en la bibliografía para este tipo de variedad y cultivo.

### 3.6. Comportamiento de cosecha desechada por daños.

Los efectos del estrés provocan estrés oxidativo en las plantas, produciendo especies reactivas de oxígeno (ROS) (Cakmak y Marschner, 1988; Blokhina et al., 2003). ROS pueden provocar daños en la membrana celular, peroxidación lipídica y degradación de proteínas entre otras cosas, por lo que las enzimas antioxidantes y la producción de sustancia con este fin son respuestas del vegetal ante estos daños (Allen, 1995), que pueden ser confundidas con daños fitopatológicos como se mostrará en acápite posteriores, en el experimento el tratamiento T3 está bajo estrés nutricional y es por tanto un elemento a tener en cuenta en los análisis que se le realizaron, aunque se detectaron algunos frutos dañados por Antracnosis o “ripe rot” (*Colletotrichum capsici*, y *Colletotrichum spp.*) que produce manchas circulares en los frutos. Ya que el cultivo en algunas ocasiones se vio invadido por malezas y plantas que son hospederas infectándose durante periodos de lloviznas o lluvias sobre frutos inmaduros, aunque los síntomas no se manifiestan hasta que el fruto madura en su color final.

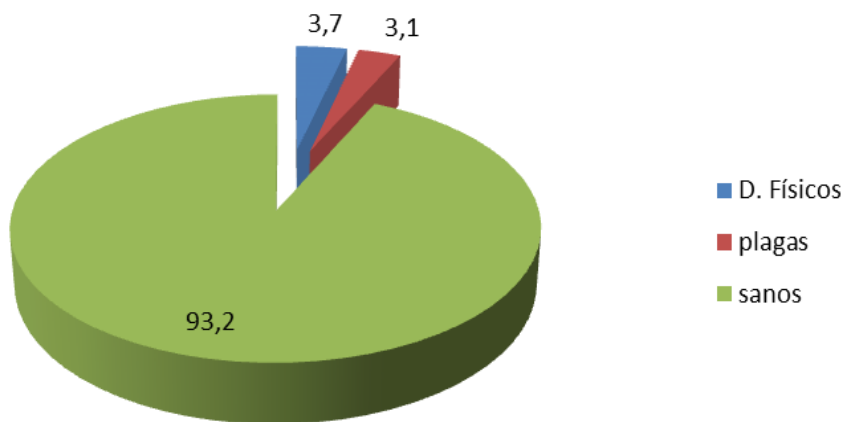


También se apreció infestación por *Phytophthora capsici* puede ser responsable de varios desórdenes que van desde la marchitez de la hoja, hasta la pudrición del fruto.

Figura: 3.4. Comportamiento del porciento de daños en el tratamiento T1

En el caso de tratamiento T2, al cual se le aplicó el biofertilizante aparecieron solamente daños en un 3,1% por plagas del tipo de gusano del tomate del género *Heliotis sp* (Figura 3. 5) en las primeras fases de maduración del fruto, la cual luego desapareció espontáneamente. Hay reportes en Morales 2013, que plantean que los fermentos vivos tienen una influencia positiva en el control de enfermedades fúngicas y bacterianas. Por tanto el 97% de la producción comercial fue sana.

En el caso del tratamiento T3 (Figura 3.6), fue atacado por plagas enfermedades incluso desde el principio de la plantación por grillos (*Anurogrillus sp*) y por enfermedades tanto bacteriana, como fúngicas, además de constatarse lesiones virales.



También Morales en el 2013 plantea que las lesiones físicas aumentan con la falta de resistencia y calidad del fruto que los hace más susceptibles a los roces o las inclemencias del tiempo.

Figura 3.5. Ccomportamiento del porciento de daños en el tratamiento T2

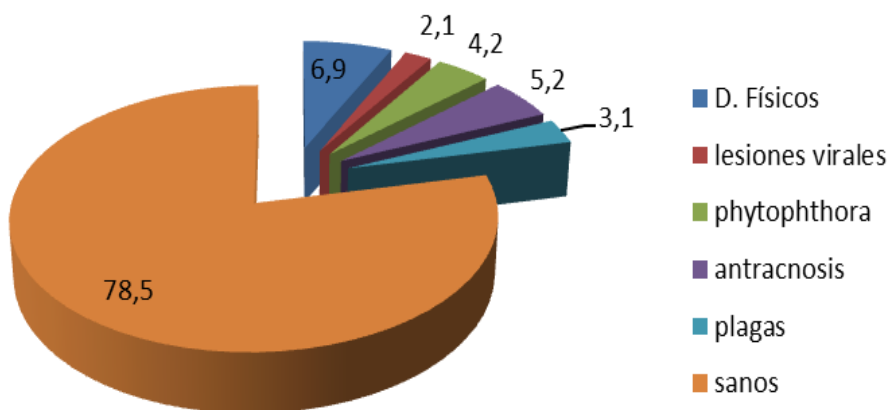


Figura 3.6. Comportamiento del porcentaje de daños en el tratamiento T3

## Conclusiones

- Se demostró la efectividad de un fertilizante foliar orgánico alternativo en el mejoramiento de determinados indicadores agronómicos de calidad del fruto en el cultivo del pimiento como son: masa fresca promedio del fruto, espesor del pericarpio, aunque no se verificó mejoras en la producción y rendimientos de frutos comerciales.
- En el estudio comparativo realizado entre los frutos del cultivo del pimiento fertilizado con el foliar orgánico de factura tradicional alternativo, con los frutos del cultivo utilizando normas tradicionales de laboreo se puso en evidencia el cambio de señales oxidativas, al constatare la presencia de antocianos y flavonoides, el mantenimiento de turgencia en el tiempo de cosecha dado por el más alto RWC y la susceptibilidad a los daños físicos o patológicos.

### **Recomendación**

Realizar estudios sobre el efecto controlador de plagas y enfermedades que tienen los materiales fermentados del biofertilizante foliar utilizado y sobre otros indicadores de calidad como son: contenido de vitamina C, actividad peroxidasa, color y contenidos de caroteno.

## **Bibliografía:**

- Ahmed, A. A, Abd El-Aal, F. S.; Shaheen, A. M.; Mahmoud, A. R. 2010. Effect of foliar application of urea and amino acids mixtures as antioxidants on growth, yield and characteristics of squash. *Res. J. Agric. Biol. Sci.* 6, 583-688
- Akbar, N.; Ahmad, Abd El-Aal, F. S.; Shaheen, A. 2010. Estimation of genetic diversity in Capsicum germplasm using Randomly Amplified Polymorphic DNA. *Asian J. Agr Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 53-56.
- Alarcón, A. L. 1996. Fertirrigación del pimiento dulce en invernadero. En: "Compendios de Horticultura 9". Coordinado por A. Namesny. Ediciones de Horticultura. 5, pp. 45-51.
- Bahrami Rad, Ayala-Zavala, J. F.; Wang, S. Y.; Wang, C. Y. 2009. Evaluation of genetic diversity in Capsicum spp. As revealed by RAPD markers. *Acta Hort.* (ISHS), vol. 829, pp. 275-278.
- Bosland. P W. 1996. Capsiums: Inovative uses of an ancient crop. En J. Janick, Ed. *Progress in new crops* (Arlington VA, ASHS Press), pp 479-487.
- Bourn, D, Prescott, J. 2002. Acomparision of the nutritional value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced food. *Crit. Rev. Food. Sci. Not.*42, 1-34.
- Cánovas J., Navarro J., del Amor F.M. 2006. Comparación de tres técnicas de cultivo Casanova, A.; *et al.* 2007. Manual para la producción protegida de hortalizas. *Compendios de Horticultura 9*". Coordinado por A. Namesny. Ediciones 68, pp52-54.
- Cruz, N.; Sánchez, F.; Ortiz, C. y Mendoza, M. 2009. Altas densidades con despunte temprano en rendimiento y período de cosecha en chile pimiento. *Agric. Téc. México*, vol. 35, no. 1, pp. 23-26. ISSN: 0568-2517.
- Cuadra Crespo Paula. 2011. Estrategias de fertilizacion foliar nitrogenada en pimiento. Tesis en opción al título académico de máster en ciencias de la Universidad Católica de San Antonio, Murcia, España.



- Del Castillo J.A Amaya Uríbarri, Salomón Sádaba, Gregorio Aguado y Javier Sanz De Galdeano. 2008. Guía del cultivo del pimiento en invernadero. Revista Navarra Agraria, ITA agrícola, España.
- Depestre, T. 2002. Construcción de multi-resistencia a enfermedades virales y adaptación al trópico en genotipos de pimiento (*Capsicum annuum* L.) y su aplicación. [En línea]. Disponible en: <http://www.academiaciencias.cu/paginas/presentacion/reconocimientos/premios.asp?idp=728&nsecc=Ciencias%20Agrarias%20y%20de%20la%20Pesca>.
- Depestre, T. L. y Rodríguez, Yaritza. 2004. Impacto de cultivares de pimiento (*Capsicum annuum* L). [En CD-ROM]. Disponible en: Cultivo protegido de las hortalizas en condiciones tropicales. II Curso Internacional, La Habana, Cuba. ISBN: 959-7111-21-7.
- Depestre, T. L. 1997. Pimiento y berenjena. En. Memorias 25 Aniversario-La Habana: Editorial Liliana. La Habana, Cuba. pp. 20-22. ISBN 959-7111-12-8.
- Díaz, A.; Devoto, A.; Turner, J. 2010. Evaluación de los parámetros analíticos para la detección molecular de potyvirus que afectan al cultivo del pimiento en Cuba. Rev. Protección Veg., vol. 25, no. 2, pp. 80-87.
- Díaz-Pérez, J. C.; Muy-Rangel, M. D.; Mascorro, A. G. 2007. Fruit size and stage of ripeness affect postharvest water loss in bell pepper fruit.
- Díaz, A.; Purdy, S.; Christ, A.; Morot-Gaudry, J. F.; Wingler, A.; Masclaux-Daubresse, C. 2010. Potyvirus: Características generales, situación de su diagnóstico y determinación de su presencia en el cultivo del pimiento en Cuba. Rev Protection Veg., vol. 25, no. 2, pp. 69-79.
- Eibner, R. 1985. Foliar fertilization importance on prospects in crop production. En: Proc. First Int. Symp. Foliar Fert. Berlín, Germany. p. 412.
- Encina, C. y Barceló, A. 2006. Micorriza. En línea. Disponible en: [http://www. Ciencias.uma.es/publicaciones/encuentros/ENCUENTROS55/micorriza.html](http://www.Ciencias.uma.es/publicaciones/encuentros/ENCUENTROS55/micorriza.html).

- Esteban, M.; Arredondo, A. y Tholwerd, H. 2010. Pimiento, caracteres productivos. [En línea]. Disponible en: <http://w.w.w.buenastareas.com/ensayos/Pimiento/801556.html>.
- Faustino, E. 2006. Contribución del FitoMas E a la sostenibilidad de la finca Asunción de la CCS "Nelson Fernández". Tesis de Diploma en opción al título de Ing. Agrónomo. Universidad Agraria de La Habana. Julio 2006.
- Ferro P y M Ruiz. 2005 Apuntes sobre agrodiversidad. Conservación, biotecnología y conocimientos tradicionales. 178p.
- Fundora-Sánchez, L. R. 2007. Empleo de hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo del tomate en condiciones de buen abastecimiento hídrico y período de estrés y su efecto sobre el desarrollo y las relaciones hídricas. Tesis en opción al Título Académico de Maestro en Ciencias. INCA. MES. Cuba, pp. 8-40.
- Galvao A, y S. Gómez. 2005 Estrategias de acceso al mercado de las familias agrícolas del agreste de Paraíba, Brasil. Revista de agroecología. Más que el dinero, implicaciones económicas de la agricultura ecológica. LEISA 21(2):10-13.
- González, Ivonne; Córdoba, F.; González-Reyes, J. A. 2011. Variabilidad molecular de genotipos de pimiento (*Capsicum annum* L.) del programa de mejoramiento genético para la resistencia a Pvy. Rev. Protección Veg., vol. 26, no. 2, p. 69-72.
- Gualoto, Lorena; Suquelanda, M. y Labama. M. 2011. Respuesta del cultivo del pimiento (*Capsicum annum* L.) bajo invernadero a la aplicación foliar complementaria con tres tipos de abono de fruto. 38 p. [en línea]. Disponible en: <http://w.w.w.buenastareas.com/ensayos/Fertilización%3B2n-or%3%aonica-V%3%a-la-foliar-del-pimiento/1503340.html>.
- Herencia J. F., Ruiz J.C. Maqueda C., Melero S., García P.A., Naranjo S. 2006. Estudio comparativo del contenido de macro y micronutrientes en hortícolas cultivadas en invernadero con nutrición orgánica *versus* mineral. VII Congreso SEAE, Zaragoza.

- Hernández, A., F. L. Marentes, D. Vargas, F. Padrón y V. Fernández. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba. Publicado en formato digital, Ediciones INCA. La Habana, Cuba, 93 pp. ISBN: 978-959-7023-77-7.
- Instituto Nacional de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical (INIFAT). 2007, *Manual técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida*. C. de La Habana. Cuba. ACTAC, p. 6-23.
- Libro Botanical on line. <http://www.forest.ula.ve/~rubenhg>. Nutrición mineral de las plantas. 2015
- Llanos, M. 1998. El pimiento en cultivo intensivo en España. *Vida rural*. Año V, 68, 52-54.
- Madrigal Carmona L. 2016. Efectos de un fertilizante foliar orgánico sobre parámetros objetivos de calidad del fruto en el pimiento (*Capsicum annum* L.). Tesis en opción al título académico de Máster en Ciencias Agrícolas. Universidad de Sancti Spíritus "José Martí".
- Manual técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida. La Habana: ACTAF, 2007.184 p.
- Martínez A., Ramos R., Guerrero L., Zamora L.M., Gázquez J.C., Meca D.E., Navarro I., Acedo J. 2006. Cultivo de pimiento ecológico en invernadero: producción y manejo. VII Congreso SEAE, Zaragoza.
- Milla, A 1996. *Capsicum de capsula, cápsula: el pimiento*. En Compendios de Horticultura, Ed. Horticultura, Reus. España, pp. 21-31.
- Minag. 2016. Reporte quinquenal de producción de hortalizas. Sancti Spíritus
- Minag. 2009. Guía técnica para la producción del cultivo del pimiento.
- Minag. 2012. Catalogo de Variedades. Instituto de Investigaciones Fundamentales de la Agricultura Tropical. 21 p
- Minag. 1984. Instructivo técnico del cultivo del pimiento. La Habana. Dirección Nacional de Cultivos Varios. Ministerio de la Agricultura, Cuba. 29 p.

Molina, A. y, Pérez, J. 2003. Los alimentos de cultivo ecológico. Garantía de máxima calidad, pp.345-369. En: Fundamento de agricultura ecológica coord. Delas heras, J, Fabaeiro, C., Meco, R. Ed., Universidad de Castilla – La Mancha, Cuenca, España.

Morales Guzmán Jonathan. 2013. Evaluación de la producción y calidad del pimiento (*Capsicum annum* L) c v cannon obtenido mediante biofertilización. Tesis en opción al grado de maestro en ciencias y tecnología de alimentos. Querétaro, diciembre 2013.

Namesny, A. 1996. El pimiento en el mundo. En Compendios de Horticultura, Ediciones de Horticultura, S. L. Ed., (Reus España), pp. 13-19.

ONE. Oficina Nacional de Estadísticas. Cuba. 2010. [en línea]. Disponible en: <<http://www.one.cu/acc.2010/esp/09-tabla-cuadro.htm>>.

Pérez, J. L. 2010. Proyección Estratégica hasta el 2015. En: Programa Integral de los Cultivos Varios. La Habana, Cuba. 95 p, 1ra edición ISBN: 978-959-7111-55-9.

Pezo S, D. Rodríguez. 2004 Mejorando los productos lácteos y su acceso al mercado. Revista de agroecología. Manejando la poscosecha. LEISA20 (3):11-13.

Prieto, M.; Penalosa, J.; Sarro, M. J.; Zornoza, P.; Garate, A. 2007. Seasonal effect on growth parameters and macronutrient nutrient use of sweet pepper. *J.Plant Nutr.* 30, 1–18.

Pro-organic.com/Eco\_dosis.htm. El biofertilizante EcoMic®. Instrucciones de uso. 2008, 3 p.

Ramón Montano 2008. FitoMas E, bionutriente derivado de la industria azucarera Martínez Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. (Icidca)

Rentsch, D.; Schmidt, S.; Tegeder, M. 2007. Transporters for uptake and allocation of organic nitrogen compounds in plants. *FEBS Lett.* 581, 2281–2289.

Rodríguez Glez. Manuel <http://www.hortaliza>. 2012

- Rodríguez, Yaritza; Depestre, T. y Gómez, Olimpia. 2008. Eficiencia de la selección en líneas de pimiento (*Capsicum annum* L.), provenientes de cuatro subpoblaciones, en caracteres de interés productivo. En: Revista Latinoamericana en Ciencias de la Agricultura y Ambientales. Vol. 35, no. 1, p. 37-50. ISBN: 0304-5609.
- Sakata Seed. Manejo del pimiento Vikingo para la producción. 2008. 1 p. [en línea]. Disponible:<http://w.w.w.345-sakata-manejo-pimiento-vikingo-para-produccion.html>.
- Salas, M. C.; Urrestarazu, M. 2004. Cultivo del pimiento. En: Tratado de Cultivo sin Suelo. Mundi-Prensa. 21, pp.749-788.
- Sands, J. M. 2003. Mammalian urea transporters. *Annu. Rev. Physiol.* 65, 543– 566.
- Serrano Martínez Ana. 2009 Efectos de diferentes factores: fertilización, salinidad y procesado sobre los parámetros objetivos de calidad del pimiento. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencia de la Universidad Católica de San Antonio, Murcia, mayo del 2009.
- Sethu Sethu, Prahad T. N. Tharanathan R. N.1996. Postharvet biochemical change associate with the softening phenomenon en *Capsicum annum* fruits. *Phytochemistry* 42:961-966.
- Staller Gänicher Marco. 2014. Caracterización morfológica, agronómica y de calidad del pimiento y pimentón de la variedad Tap de cortí. Trabajo final de carrera Ingeniería Técnica Agrícola, especialidad en hortofruticultura y jardinería, Universidad de Islas Balear, España.
- Stewart, A. J.; Chapman, W.; Jenkins, G. I.; Graham, I.; Martin, T.; Crozier, A. 2001. The effect of nitrogen and phosphorus deficiency on flavonol accumulation in plant tissues. *Plant Cell Environ.* 24, pp.1189–1197.
- Strissel, T.; Halbwirth, H.; Hoyer, U.; Zistler, C.; Stich, K.; Treutter, D.. 2005. Growth-promoting nitrogen nutrition affects flavonoid bio-synthesis in young apple (*Malus domestica* Borkh.) leaves. *Plant Biol.* 7, pp.677–685.

Syngenta Seed. Nuevas variedades de pimiento dulce. 2012. 2 p. [en línea]. Disponible en: <<http://www.483-syngenta-lanza-5-nuevas-variedades-de-pimiento-dulces.html>>.

Suplemento especial. 2004. PLAGAS Y ENFERMEDADES. Guía de identificación y manejo identificación y manejo de chiles y pimientos, México

Urrestarazu M., Castillo J E., Salas M C 2002. Técnicas culturales y calidad del pimiento. Departamento de producción vegetal. Universidad de Almería. Horticultura, S.L.

Yamada, Y.; Jyung, W. H.; Wittwer, S. H.; Bukovac, M. J. 1965. Effect of urea on ion penetration through isolated cuticular embranes. *En Cuadra 2011* 978–982.

Yumar, J. 2008. Uso de una mezcla de dos bionutrientes FitoMas E y Biobras 16, como una alternativa ecológica para el cultivo de la cebolla en el Municipio “Güira de Melena”. XVI Congreso del INCA, San José de las Lajas. Noviembre 2008. La Habana, Cuba

Zamora, E.; Martínez A., Ramos R., Guerrero L. 2007. Validación de los coeficientes de los cultivos. Informe Final de Proyecto IIRD-MINAG. Cuba. 23p.

Zhao, W. Y.; Xu, S.; Li, J. L.; Cui, L. J.; Chen, Y. N.; Wang, J. Z. 2008. Effects of foliar application of nitrogen on the photosynthetic performance and growth of two fescue cultivars under heat stress. *Plant Biol.* 52, pp.113–116.

## Anexo 1.

### Ficha técnica del biofertilizante.

El fertilizante foliar se elaboró a partir de recomendaciones de pro-movimiento de mercado sostenible “Promes” y Laboratorios de suelos y foliares de la universidad de Costa Rica:

1. Para 20L
2. 5kg de estiércol de vaca seca: % 1,6 N, 1,2 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 1,8 K<sub>2</sub>O , 2,2 CaO y 1,1 MgO
3. 100 g de Fuente de calcio Dolomita: 28% de CaO
4. Ácido húmico extraído del fondo del embalse a razón de 150mg/L que puede actuar como quelato.
5. Los componentes anteriores se dejan fermentar por 30 días
6. Agua de coco 1 litro por cada 5L de la solución preparada al momento de regar
7. La solución de riego es un litro del fermento en 4 de agua.

### **Composición, ingredientes y cantidades del fertiuniss**

1. 150 litros de agua sin cloro, preferentemente de pozo o de lluvia.
  - 50 kilogramos de estiércol seco de ganado vacuno
  - 4 kg de cenizas de Lena. (potasio, calcio y magnesio)
  - 4kilogramos de turba o ácido húmico.
  - 500 gramos de caliza o cocoa (CaCO<sub>3</sub>)
  - 4 litros de melaza o 4 kilogramos de azúcar.
  - 3 litros de agua de coco.
  - 5 kg de plantas verdes picadas (leguminosas). Este elemento aporta nutrientes especiales y ayuda a equilibrar ciertas características químicas de la mezcla para que sea optima. la mezcla debe ser colada antes de aplicar.
  - EDTA de hierro.
  - pH 6.6

## Nutrientes en estiércoles de varias especies animales

ESPECIE	HUMEDAD (%)	NITRÓGENO (%)	FÓSFORO (%)	POTASIO (%)
Vaca (*)	83,2	1,67	1,08	0,56
Caballo (*)	74,0	2,31	1,15	1,30
Oveja (*)	64,0	3,81	1,63	1,25
Llama (*)	62,0	3,93	1,32	1,34
Vicuña (*)	65,0	3,62	2,00	1,31
Alpaca (*)	63,0	3,60	1,12	1,29
Cerdo (*)	80,0	3,73	4,52	2,89
Gallina (*)	53,0	6,11	5,21	3,20
Conejo (**)	—	2,40	1,40	0,60

Fuentes: (\*): Fertilizantes Orgánicos T & C. 2005.

*Se debe usar una concentración del 5% de fertilizante en agua. Es decir, 500 cm<sup>3</sup> (1/2 litro) por cada 10 litros de agua o 5 litros cada 100 litros de agua.*



## Anexo 2. Foto de los daños sufridos por el pimiento



Gusano del tomate *Heliothis* sp



Lesiones por virus

