



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Tecnología de la Construcción**

**Monografía**

**“EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CUATRO  
HIBRIDOS DE PIMIENTO DULCE, BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS, EN  
EL MUNICIPIO DE SEBACO – MATAGALPA, 2019”.**

Para optar al título de Ingeniero Agrícola

**Elaborado por**

Br. Yaskany Isabel Gallegos Contreras

Br. Gregory Anderson Tiffer Zuniga

**Tutor**

Ing. Emilseth Carolina Padilla Duarte

**Asesor**

MSc. Sury Aylem Zamora Mayorga

Managua, febrero 2021

## DEDICATORIA

A **DIOS** quien fue el que me dio fuerza, esperanza, fe y ánimo para seguir adelante, me regalo lo mejor seguir viviendo para lograr mi objetivo.

A mis padres, **Jaime Gallegos** y **Marlene contreras** que estuvieron y están en cada paso que doy, son el pilar principal de mi vida, gracias a ellos he logrado cumplir cada meta que me propongo, han luchado a mi lado para que nada me falte, han dado todo para que yo pudiera culminar con mi carrera, ha sido difícil pero nunca han perdido su fe en mí, en que yo lograra cumplir mi sueño.

A mis abuelitas, **Petrona Gallegos** y **Narcisa Medina**, que, aunque ya no estén en este momento de mi vida, fueron mis consejeras en mi infancia, y un ejemplo de perseverancia para seguir adelante, luchadoras, fuertes, y siempre desearon que me fuera bien, se alegraron verme crecer y deseara que estuvieran a mi lado, pero solo me queda sus hermosos recuerdos.

A todos mis maestros, que estuvieron en mi formación como profesional y persona, desde que empecé mi vida educativa han estado inculcándome sus valores y lecciones y ha sido de gran ayuda para emprender mis sueños como profesional.

**Br. Yaskany Gallegos**

## **AGRADECIMIENTO**

A DIOS porque gracias a él he logrado seguir en pie, me ha cuidado y protegido de todo mal durante estuve luchando por mi sueño, me dio inteligencia y sabiduría para poder enfrentar cualquier reto, fue duro, pero allí estuvo y ni un solo instante me abandono. En medio tantas dificultades y problemas fue mi único consolador.

A mis Padres, gracias por darme la oportunidad de cumplir mis sueños, porque me dieron lo mejor, su apoyo incondicional, su gran amor, por los buenos valores que han inculcado en mí, por animarme, por sus consejos y regaños, por su paciencia, por ser de gran ejemplo en mi vida. Son el motivo principal de mi vida para seguir luchando.

A mi tutora MSc. Ing. Emilseth Padilla Duarte por su apoyo y asesoría, por ser buena consejera y amiga, por su motivación durante este tiempo que estuvo a nuestro lado, por transmitirnos de su conocimiento, para nuestra formación como profesionales.

A mi asesora MSc. Ing. Sury Zamora por brindarnos su apoyo, su tiempo, paciencia en todo el proceso de la investigación y escritura. Al Ing. Victorino Blandón, por su apoyo en los análisis estadísticos. Al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) y al Proyecto KOPIA Hortalizas por darnos la oportunidad de ser partícipe de la presente investigación. Al MSc. Francisco Blandón, por el apoyo en la recolección de datos.

A mis compañeros y amigos Leslie López, Harnaldo Osorio, Armando Mayorga, que estuvieron a mi lado durante esta etapa de mi vida, fueron un apoyo incondicional, siempre estuvieron a mi lado, me animaron y me motivaron, agradezco sus consejos y su hermosa amistad y cariño. A mi amigo Darwin Suazo que fue un gran ejemplo para mí en valor y amor a DIOS, por cada consejo que me brindo y siempre estuvo para mí en apoyarme.

Y a mis maestros MSc. Ing. Rosario Sotelo, MSc. Ing. José Méndez, Ing. Guillermo Acevedo, por brindarme sus consejos académicos, y su apoyo a cualquier consulta, por sus conocimientos que me brindaron durante este tiempo de estudio. Y a todos mis maestros que sin duda alguna fueron un eje principal en mi formación.

**Br. Yaskany Gallegos**

## **DEDICATORIA**

Este presente trabajo va dedicado primeramente a Dios porque él es el que nos da la vida, la motivación y las fuerzas necesarias para todo lo que he logrado.

A mis padres José Mercedes Tiffer Gutiérrez y VÍctoria Catalina Zuniga Aguirre por depositar siempre su confianza en mí y guiarme por el buen camino.

A mi esposa Jusseth Carolina Barrera Peña por estar a mi lado apoyándome incondicionalmente en todo momento.

A mis hermanos Jason Tiffer, Cristhian Tiffer y toda mi familia por estar siempre en los momentos importantes de mi vida.

**Br. Anderson Tiffer**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco primeramente a Dios por haberme permitido culminar mis estudios académicos en esta prestigiosa alma mater.

A mi madre Victoria Catalina Zuniga Aguirre y mi padre José Mercedes Tiffer Gutiérrez por sus esfuerzos y su apoyo incondicional para poder formarme profesionalmente.

A la universidad Nacional de Ingeniería (UNI) por ser la institución que se encarga de brindarme todo el conocimiento profesional obtenido hasta hoy.

A nuestra tutora MSc Ing. Emilseth Padilla por apoyarnos siempre en este proceso con todos sus conocimientos.

A Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) y al Programa KOPIA, por darnos la oportunidad de ser parte de la presente investigación. A nuestros asesores MSc. Ing. Sury Zamora, Ing. Victorino Blandón, por brindarnos toda su confianza, darnos todo su apoyo y su tiempo para nosotros poder lograr este propósito.

Al MSc. Francisco Blandón, por el apoyo en la recolección de datos.

**Br. Anderson Tiffer**

## RESUMEN

El cultivo de Pimiento Dulce (*Capsicum annuum* L), ocupa el tercer lugar dentro de las hortalizas de mayor producción y consumo en el país, en los últimos 10 años la demanda de este rubro ha ido creciendo, aperturando consigo nuevos mercados. Debido al potencial que posee el rubro de pimiento, es necesario contribuir al desarrollo productivo mediante nuevas prácticas y tecnologías que les permita a los productores obtener altos rendimiento y optar a mejores mercados. En el presente estudio se evaluaron cuatro híbridos de Pimiento Dulce bajo sistema de agricultura protegida implementado prácticas y tecnologías de manejo.

El diseño implementado fue un Bloque Completamente al Azar (BCA) con tres repeticiones y cuatro tratamientos. Los componentes de rendimiento se estimaron mediante la metodología medias repetidas longitudinales y separaciones de medias a través de prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ), de igual manera se realizaron análisis correlaciones fenotípicas, utilizando el programa R versión Core Team 4.0.2 (2020) y el programa Rbio (Biometría en R versión 1.40: 2020), respectivamente. Los resultados obtenidos mostraron que los híbridos de mayor rendimiento fueron 16364212 y el híbrido 13PE9124 con rendimientos promedios de  $81,056.68 \text{ kg.ha}^{-1}$  y  $72,949.03 \text{ kg.ha}^{-1}$  respectivamente, de igual manera se muestran correlaciones positivas de 1 y 0.48 entre las variables rendimiento y las variables de peso promedio de frutos y número de frutos comerciales y no comerciales.

El análisis físico-químico del suelo realizados en la finca se determinó que el suelo posee una textura arcillosa, un pH de 7.15, materia orgánica de 2,12 %, considerando estos datos aceptado, si se les da un manejo adecuado al suelo.

# INDICE

I.	INTRODUCCION.....	1
II.	ANTECEDENTES .....	2
III.	JUSTIFICACIÓN.....	3
IV.	OBJETIVOS .....	4
4.1.	Objetivo General:.....	4
4.2.	Objetivos Específicos: .....	4
V.	MARCO TEORICO.....	5
5.1	Generalidades.....	5
5.2	Importancia económica del cultivo de Pimiento Dulce.....	7
5.3	Sistema de agricultura protegida .....	8
5.3.1	Tipos de agricultura protegida .....	8
5.3.2	Ventajas y desventajas de la agricultura protegida .....	10
5.3.3	Rendimiento del cultivo de Pimiento Dulce bajo casa malla.....	11
5.3.4	Rendimiento del cultivo de Pimiento Dulce a campo abierto.....	11
5.4	Híbridos.....	12
5.5	Principales plagas y enfermedades del cultivo de Pimiento Dulce .....	12
5.6	Análisis de varianza .....	13
5.6.1	Medias repetidas en el tiempo .....	14
5.6.2	Modelo aditivo lineal .....	15
VI.	HIPÓTESIS.....	18
6.1	Hipótesis de investigación (Hi):.....	18
6.2	Hipótesis nula (H0): .....	18
6.3	Hipótesis alternativa (Ha):.....	18
VII.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	19
7.1	Tipo de investigación.....	19
7.1.1	Según el enfoque de la investigación .....	19
7.1.2	Según el alcance de los resultados .....	19
7.1.3	Según el tiempo de ocurrencia .....	19
7.1.4	Según el período en que se realiza el estudio .....	19
7.2	Descripción de la zona.....	20
7.2.1	Localización.....	20
7.3	Metodología para primer objetivo específico .....	21
7.3.1	Toma de muestras de suelos.....	21
7.3.2	Análisis de laboratorio .....	21
7.3.3	Análisis de las propiedades químicas en el Laboratorio de suelo y agua – LABSA, UNA. ....	23

<b>7.4</b>	<b>Metodología para segundo objetivo específico.....</b>	<b>24</b>
7.4.1	Diseño experimental.....	24
7.4.2	Tratamientos.....	25
7.4.3	Buenas prácticas agrícolas que se implementaron en el establecimiento del cultivo Pimiento Dulce.....	26
<b>7.5</b>	<b>Metodología para tercer objetivo específico .....</b>	<b>32</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>33</b>
<b>8.1</b>	<b>Análisis físico - químico del suelo.....</b>	<b>33</b>
<b>8.2</b>	<b>Estimación del potencial productivo de los cuatro híbridos de Pimiento Dulce.....</b>	<b>35</b>
<b>8.3</b>	<b>Procesamiento y análisis de datos estadístico correlación fenotípica de los cuatro híbridos de Pimiento Dulce. ....</b>	<b>40</b>
<b>IX.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>43</b>
<b>9.1</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>43</b>
<b>9.2</b>	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>45</b>
<b>X.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>46</b>
<b>XI.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>i</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Páginas</b>
<b>1</b>	Macro localización	<b>20</b>
<b>2</b>	Micro localización	<b>20</b>
<b>3</b>	Distribución del experimento, con sus bloques y repeticiones	<b>24</b>
<b>4</b>	Semillero de Pimiento Dulce	<b>25</b>
<b>5</b>	Trasplante del Pimiento Dulce	<b>26</b>
<b>6</b>	Tutoreo de Pimiento Dulce.	<b>27</b>
<b>7</b>	Deshojado del Pimiento Dulce.	<b>27</b>
<b>8</b>	Cosecha Pimiento Dulce.	<b>28</b>
<b>9</b>	Comportamiento de Cortes (Tiempo) del rendimiento de los cuatros híbridos en estudio.	<b>36</b>
<b>10 (A y B)</b>	Medidas para variable peso del fruto comerciales en aporte al rendimiento.	<b>37</b>
<b>11</b>	Forma de fruto tipo cuadrado (13PE9124, Royal Red, Royal Orange).	<b>39</b>
<b>12</b>	Correlaciones fenotípicas para los componentes de rendimiento en parcela experimental de Pimiento Dulce <i>Mapa de calor en R versión 4.0.3(2020-10-10)</i> .	<b>40</b>
<b>13</b>	Forma de fruto híbrido, tipo cuadrado.	<b>41</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>		<b>Paginas</b>
<b>1</b>	Clasificación de la porosidad total del suelo	<b>23</b>
<b>2</b>	Descripción de los híbridos de Pimiento Dulce evaluados en la comunidad la China – Sébaco, Matagalpa, bajo condiciones protegidas 2019.	<b>25</b>
<b>3</b>	Resultado de los análisis físicos del suelo, obtenidos del laboratorio de edafología de la Universidad Nacional de Ingeniería	<b>33</b>
<b>4</b>	Resultados de los análisis químicos obtenidos en laboratorio de suelo y agua-LABSA de la Universidad Nacional Agraria	<b>34</b>
<b>5</b>	Valores P – valor de las variables de componentes de rendimiento	<b>35</b>
<b>6</b>	Separaciones de media para las variables de rendimiento total (RPOT), de los cuatros híbridos de Pimiento Dulce, en la comunidad la china, departamento de Matagalpa.	<b>37</b>
<b>7</b>	Separaciones de medias para las variables (NTFC, PTFC, NTFNC, PTFNC, NTF). De los cuatros híbridos de Pimiento Dulce, en comunidad la China, departamento de Matagalpa.	<b>38</b>
<b>8</b>	Característica de la forma de fruto y peso de los híbridos en estudio.	<b>38</b>

## I. INTRODUCCION

El cultivo de Pimiento Dulce (*Capsicum annuum* L.) a nivel mundial es una de las hortalizas de mayor importancia, según (FAO, 2017), anualmente se registran producciones de (31.167 millones de kilos) entre los países de mayor producción se encuentra China, México, Holanda, España, con una producción anual. En América Latina los países de mayor producción y consumo son, Argentina, México, Costa Rica, El Salvador.

En Nicaragua el Pimiento Dulce o chiltoma es una hortaliza que ha aumentado su importancia y demanda, debido a su alto valor nutritivo, contenido de vitaminas (C (muchísima, más que los cítricos) E, A, B1, B2, B3, B6) minerales (Fosforo, magnesio, potasio y calcio) además de ofrecer una buena rentabilidad para los productores. En Nicaragua esta hortaliza ocupa el tercer lugar entre las hortalizas de mayor producción y consumo. (Altamirano, Pavón, & Laguna, 2004).

De acuerdo con Urbina (2012), anualmente se ofertan 180,992 quintales, destinados para el mercado local. Según INIDE (2011), el área nacional que se cultiva anualmente es de 415 a 467 hectáreas con rendimientos promedios de 15 t.ha<sup>-1</sup>.

Dicha producción se localiza principalmente en el valle de Sébaco (Matagalpa) y Tisma (Masaya), entre otras zonas de menor escala (INTA, 2004), a pesar de que el país cuenta con zonas aptas para el cultivo de Pimiento Dulce, los rendimientos son variables y no se logra abastecer la demanda nacional. Uno de los factores que limitan la producción es el poco implemento de prácticas y tecnologías de manejo, uso de materiales genético poco adaptables a las condiciones climáticas del país y de bajos rendimientos.

El presente estudio tuvo como finalidad evaluar cuatro híbridos de Pimiento Dulce *Capsicum annuum* L. bajo casa malla, implementando prácticas y tecnología.

## II. ANTECEDENTES

Según un estudio realizado por la Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica, en el cual evaluaron 15 genotipo de Pimiento Dulce bajo condiciones de invernaderos obtuvieron rendimiento de (44,29 – 77,34 t.ha<sup>-1</sup>) y total (55,13 – 90,45 t.ha<sup>-1</sup>) con número de frutos de primera calidad por planta (2,00 – 7,25), peso promedio del fruto de primera calidad (171,15 – 243,45 g). (Cabalceta Elizondo & Monge Perez, 2017).

Según Gonzales y Laguna (2004), mencionan que los frutos pueden clasificarse como frutos grandes de forma cuadrados o de relleno con diámetros polares mayores 7 centímetros, medianos entre 7 a 5 centímetros y pequeños inferiores o iguales a 5 centímetros. En el caso de cultivares tipo moderadamente triangular y triangular estrecho, se consideran frutos grandes a los mayores de 12 centímetros, intermedios entre 8 a 12 centímetros y pequeños menores de 8 centímetros. De acuerdo a esta clasificación, cuatro de los híbridos evaluados presentan frutos de forma cónica o triangular y tres de forma cuadrada.

Una investigación realizada por la universidad Autónoma de Chapingo del Estado de México, durante el año 2007, demostraron que un híbrido tipo relleno Orion tuvo buena calidad de fruto con peso promedio individual de 178.7 g, anchura de 9.2 cm y longitud de 7 cm, comportándose como frutos de primera calidad para el mercado nacional; en consecuencia, alcanzó mayor rendimiento por planta (1.9 kg) y por área (11.5 kg·m<sup>2</sup>).

En el año 2018, el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), evaluaron en el centro experimental de San Isidro Matagalpa, tres híbrido de Pimiento Dulce tipo relleno y un híbrido tipo cocina (alargado) procedentes de Corea del Sur, según datos de la evaluación bajo un sistema de agricultura protegida (invernadero), sin el implemento de prácticas de poda, se obtuvieron rendimiento 20,138 kg.ha<sup>-1</sup> para el híbrido 14PE9581 ( tipo de fruto alargado o cocina), seguido por el híbrido Royal Red con rendimiento de 16,963 kg.ha<sup>-1</sup> tipo relleno de fruto tipo relleno.

### III. JUSTIFICACIÓN

A pesar que en Nicaragua se registran aproximadamente 30 híbrido incluyendo variedades, las áreas como los rendimientos son variables y van de  $15 \text{ t.ha}^{-1}$  a  $32.3 \text{ t ha}^{-1}$ , esto se le puede atribuir a diversos factores entre ello la falta de implemento de prácticas y tecnologías de manejo. En Nicaragua el cultivo de Pimiento Dulce se cultiva bajo dos sistemas campo abierto especialmente variedades de polinización libre tolerante a virus, sistemas protegido los cuales varían de acuerdo con el tipo de productor; pequeño y medianos (microtuneles, casa malla e invernadero). (INTA 2018)

Por otro lado, otra limitante en los sistemas productivos es la poca adaptabilidad de los materiales genéticos introducidos al país e incorporado a los sistemas productivo, sin previa evaluación a ello se le suma la falta o implemento de prácticas de manejo por parte de los productores el uso excesivo de productos agrícolas, permitiendo que los sistemas sean poco sostenibles y rentables

En ese sentido el presente estudio se evaluaron cuatro híbridos de Pimiento Dulce bajo un sistema protegidos (casa malla) e implementando prácticas y tecnologías de manejo, con la finalidad de obtener mayor calidad de fruto, y optar a mejores mercado por ende mayor rentabilidad de los sistemas.

Esta investigación presenta beneficios a los pequeños y medianos productores que se dedican a la producción de Pimiento Dulce y a la vez ellos puedan optar a nuevas alternativas de manejo de prácticas y el beneficio que les va a proporcionar el uso de estos nuevos híbridos.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo General:**

- Evaluar el comportamiento productivo de cuatro híbridos de Pimiento Dulce, bajo condiciones protegidas, en el municipio de Sébaco – Matagalpa, 2019

### **4.2. Objetivos Específicos:**

- Realizar el estudio de las propiedades edáficas del suelo, a través de un análisis de laboratorio
- Estimar el potencial productivo de cuatro híbridos de Pimiento Dulce, bajo condiciones protegidas, mediante la evaluación de sus componentes de rendimiento.
- Determinar la correlación fenotípica de variables de rendimiento entre los cuatros híbridos de Pimiento Dulce tomando, variables de Frutos comerciales y no comerciales

## V. MARCO TEORICO

### 5.1 Generalidades

El Pimiento (*Capsicum annum* L), es un cultivo originario de la zona de Bolivia y Perú. Fue llevado al Viejo Mundo por Colón en su primer viaje (1493). En el siglo XVI ya se había difundido su cultivo en España; desde ahí pasó al resto de Europa y del mundo con la colaboración de los portugueses. (Paredes, 2015).

#### ➤ **Taxonómica:**

De acuerdo con (Gonzalez & Obregon, 2007), la clasificación taxonómica se estructura de la siguiente manera:

- ✓ División: Embriophyta
- ✓ Subdivisión: Angiospermas
- ✓ Clase: Dicotiledóneas
- ✓ Orden: Polomoniales
- ✓ Familia: Solanáceas
- ✓ Género: *Capsicum*
- ✓ Especie: *annum*.

#### ➤ **Descripción botánica de la planta**

##### ✓ **Sistema radicular**

El Pimiento Dulce es una planta pivotante y profundo que puede alcanzar entre 70 -120 cm, provisto y reforzado de un número elevado de raíces adventicias.

##### ✓ **El tallo**

Es de forma cilíndrica o prismática angular, de crecimiento limitado y erecto con un porte que puede variar entre 0.5 y 1.5 cm de altura. Este emite 2 o 3 ramificaciones y continúa ramificándose de forma dicotómica hasta el final de su ciclo. Cuando la planta alcanza los 2 meses, los tallos tienden a lignificarse ligeramente.

### ✓ **Las hojas**

Son simples, ovaladas y lanceoladas con un ápice acuminado y un peciolo alargado. La inserción de las hojas en el tallo es alterna.

### ✓ **Las flores**

Poseen una corola con 5 pétalos blancos; se encuentran insertadas en las yemas axilares de la planta. Son hermafroditas de fecundación autógamas, con 10% de alogamia. Cuando la polinización es escasa los frutos pueden salir deformes.

### ✓ **El fruto**

Es una baya semicartilaginosa de color verde oscuro, proveniente de un ovario súpero, con pesos entre 50 y 500 gramos. (Aker, 2018)

### ➤ **Condiciones edafoclimáticas**

#### ✓ **Temperatura**

Para su desarrollo óptimo, la planta necesita una temperatura media diaria de 24 °C, cuando la temperatura es menor de 15 °C, el crecimiento es limitado y con temperaturas superiores a los 35 °C, la fructificación es muy débil o nula, sobre todo si el aire es seco. Las altas temperaturas provocan la caída de flores y frutos. (Cuevas & Olivas, 2016).

#### ✓ **Humedad**

La humedad relativa óptima oscila entre el 50 % y el 70 %. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación. La coincidencia de alta temperatura y baja humedad relativa puede ocasionar la caída de flores y de frutos recién cuajados.

#### ✓ **Luminosidad**

El Pimiento Dulce, es una planta muy exigente en luminosidad, sobre todo en los primeros estados de desarrollo y durante la floración.

## ✓ Suelo

La elección del suelo para la producción de Pimiento Dulce es una de las decisiones más importantes. Si se comete un error al respecto, se puede producir la pérdida total del cultivo; sin embargo, el cultivo se adapta a un rango muy amplio de suelos, se desarrolla mejor en suelos franco-arenosos, profundos (30 a 40 cm de profundidad), con alto contenido de materia orgánica (3–4%) y calcio, que sean bien drenados porque es muy sensible a enfermedades.

Los valores óptimos de pH oscilan entre 6.0 y 7.0, aunque puede tolerar ciertas condiciones de acidez (hasta un pH de 5.5); en suelos arenosos puede cultivarse con valores de pH próximos a 8. En cuanto al agua de riego el pH óptimo de la misma se encuentra en el rango de 5.5 a 7.

El Pimiento Dulce es una especie de moderada tolerancia a la salinidad tanto del suelo como del agua de riego. Durante la etapa de semillero el cultivo es sensible a la salinidad del suelo, pero a medida que se desarrolla se vuelve tolerante a ésta. (Cuevas & Olivas, 2016).

## 5.2 Importancia económica del cultivo de Pimiento Dulce

### ➤ Producción del cultivo en América

En Estados Unidos, las variedades de Pimiento de forma cuadrada o rectangular que más se cultivan en invernadero son las que tienen frutos de color rojo, amarillo o anaranjado. En ese país, existe un mercado importante de ese tipo de pimientos, y desde hace varios años se exporta este producto desde México, Canadá, Holanda, Israel, España, República Dominicana, y varios países de Centroamérica. Las exportaciones de pimiento desde América Central y el Caribe hacia Estados Unidos sumaron más de 10.500 toneladas métricas en 2009.

La totalidad de esta producción de Pimiento en dichos países se hace bajo ambientes protegidos, tales como invernaderos, túneles y otros, que permiten el mejoramiento de la calidad del fruto en comparación a la producción a campo abierto; en el año 2010, los principales países productores de acuerdo a

su volumen fueron República Dominicana, Honduras, Nicaragua y Guatemala; se estima que hay más de 600 hectáreas de ambientes protegidos en estos países. (Cabalceta E. , 2017)

### ➤ **Rendimiento actual del cultivo en Nicaragua**

De acuerdo con (Gonzales & Roque, 2019), en Nicaragua la producción de Pimiento está en manos de pequeños y medianos agricultores principalmente de la zona norte del país, para el ciclo 2017-2018 el Banco Central dio a conocer que en Nicaragua se establecieron 562 ha<sup>-1</sup>, con una producción de 18,182 toneladas y rendimientos de 32.3 t ha<sup>-1</sup>, se registró un consumo aparente de 17,727 toneladas.

## **5.3 Sistema de agricultura protegida**

Ante las condiciones climáticas cada vez más adversas, aunado a la reducción de usos de suelo agrícola en muchas partes del mundo, la industria agropecuaria ha redirigido su atención hacia técnicas de agricultura protegida, mediante el uso de invernaderos y casas sombra.

Estas herramientas contribuyen a proteger los cultivos de amenazas externas que puedan comprometer su integridad y rendimiento, como son: plagas, lluvias torrenciales, sequías, vientos fuertes, heladas, entre otros. Además de incrementar significativamente el rendimiento de los cultivos al proveer las condiciones más adecuadas para el crecimiento de éstos, mejorando el retorno de inversión de los proyectos agrícolas. (Rizo, 2019).

### **5.3.1 Tipos de agricultura protegida**

#### ➤ **Casa o malla sombra**

Una casa-malla es una estructura metálica cubierta con malla plástica, que permite la entrada de agua al interior, teniendo como objetivo la protección del cultivo, de las plagas y granizo, a la vez que optimiza las condiciones climatológicas para mejorar el entorno del cultivo y cuyas dimensiones posibilitan el trabajo de las personas en su interior. (INIFAP, 2013).

➤ **Macrotúnel o túnel alto**

Son estructuras que no tienen las características apropiadas en ancho y altura al canal para ser consideradas invernaderos, pero ya permiten que las labores se realicen en el interior. Tienen de 4 a 5 m de ancho y 2 a 3 m de altura en la parte más elevada, con longitudes variables que para facilitar su manejo se recomienda no sean mayores a 60 m.

Este tipo de estructuras son ideales para semilleros o almácigos de especies hortícolas y ornamentales, como abrigo en la propagación vegetativa de especies de interés comercial y para la producción de hortalizas y plantas ornamentales. Tienen como ventaja su fácil construcción y como principal desventaja, con respecto a los invernaderos es que retienen menos calor en la noche, debido a su poco volumen. Otra desventaja es su elevada temperatura durante el día por carecer de ventilación natural. (Juárez, 2011).

➤ **Microtúnel, túnel bajo o mini invernadero**

Son estructuras pequeñas construidas con arcos sobre los que se colocan cubiertas de plástico. Por sus reducidas dimensiones no es posible que las personas trabajen en su interior por lo que las labores se realizan desde el exterior de las mismas. En México, se le conoce como micro túneles ya que es la forma que más frecuentemente adoptan; sin embargo, algunos son de forma triangular.

La función de los túneles es minimizar los efectos perjudiciales de las bajas temperaturas, sin recurrir a estructuras costosas. En algunos cultivos su empleo se limita a la primera parte del ciclo, por ejemplo, en la producción de plántula y en algunos sistemas de producción de hortalizas donde en la primera fase se emplean mini invernaderos con acolchado y riego por goteo. Se les emplea para proteger los cultivos y acortar el ciclo productivo al lograrse mayor precocidad.

Los factores principales que determinan el mayor o menor rendimiento térmico del túnel, y, por lo tanto, sus resultados económicos, se relacionan con los materiales de cobertura, la forma y dimensiones de la estructura, el sistema de

ventilación, la orientación, la hermeticidad, la naturaleza de la estructura de sostenimiento, el sombreado y la conectividad térmica. Las dimensiones óptimas dependen de la especie a cultivar, garantizando que la altura del túnel permita un desarrollo normal, por ejemplo, para fresa, rábano, lechuga y zanahoria requieren de 30 a 40 cm mientras que, para jitomate de crecimiento determinado, pimiento y berenjena necesitan de 80 a 90 cm de altura. (Juárez, 2011).

➤ **Invernaderos:**

Un invernadero es una construcción agrícola con una cubierta traslúcida que tiene por objetivo reproducir o simular condiciones climáticas adecuadas para el crecimiento y desarrollo de plantas de cultivo establecidas en su interior, con cierta independencia del medio exterior. De las estructuras empleadas para proteger cultivos, los invernaderos permiten modificar y controlar de forma más eficiente los principales factores ambientales que intervienen en el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales.

Los invernaderos son estructuras construidas con diversos materiales, cuya altura es mayor de dos metros en la parte útil, con anchos mayores de seis metros y largos variables. Uniendo varias naves o módulos se obtienen grandes dimensiones de superficies cubiertas, conocidas como invernaderos en batería. Por su tamaño, permiten que todas las labores y prácticas que requieren los cultivos se realicen en el interior de las instalaciones. (López, 2011).

### **5.3.2 Ventajas y desventajas de la agricultura protegida**

➤ **Ventajas**

- ✓ Intensificación de la producción.
- ✓ Aumento de los rendimientos
- ✓ Menor riesgo de producción
- ✓ Uso más eficiente de insumos
- ✓ Mayor control de plagas, malezas y enfermedades
- ✓ Posibilidad de cultivar todo el año

- ✓ Obtención de productos fuera de temporada
- ✓ Obtención de productos en regiones con condiciones restrictivas
- ✓ Obtención de productos de alta calidad
- ✓ Mayor comodidad y seguridad para realizar el trabajo
- ✓ Condiciones ideales para investigación (agricultura, 2020).

#### ➤ **Desventajas**

- ✓ Inversión inicial elevada
- ✓ Desconocimiento de las estructuras
- ✓ Altos costos de producción
- ✓ Alto nivel de capacitación
- ✓ Condiciones óptimas para el desarrollo de patógenos
- ✓ Dependencia del mercado (agricultura, 2020).

### **5.3.3 Rendimiento del cultivo de Pimiento Dulce bajo casa malla**

FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola), en los últimos cinco años, ha estudiado en el Centro Experimental y Demostrativo de Horticultura (CEDEH) el comportamiento y desempeño de cultivares de pimientos de colores bajo malla sombra, dejando sólo dos ramas por planta, obteniéndose rendimientos hasta de 140,000 kg/ha<sup>-1</sup> con estos mismos cultivares. (Rizo, 2019).

### **5.3.4 Rendimiento del cultivo de Pimiento Dulce a campo abierto**

En Costa Rica la mayoría de los productores de Pimiento Dulce utilizan sistemas de producción a cielo abierto. Los rendimientos de Pimiento Dulce oscilan entre 8,2 y 42,9 ton/ha<sup>-1</sup> a campo abierto. Por otra parte, y en otras investigaciones se ha indicado que, en Florida, EE. UU., la producción a campo abierto oscila entre 28,5 y 33,7 ton/ha<sup>-1</sup>. (Cabalceta & Monge Perez , 2016).

## **5.4 Híbridos**

Según (Cerruffo, 2011), Los híbridos suelen mostrar mayor vigorosidad que los parentales, lo que da lugar a un mayor rendimiento. Este fenómeno ha sido aprovechado en la producción a gran escala de determinados cultivos, aunque también es apreciable la contribución que las semillas híbridas han supuesto en numerosas variedades de hortalizas. (Keeton, 1996).

Las ventajas de las semillas híbridas F1 de pimiento, son su uniformidad, el incremento de vigor, precocidad, altos rendimientos y resistencia a plagas y patógenos específicos, aunque estas características no aparecen siempre en una determinada variedad, (Keeton, 1996).

Una desventaja de los híbridos es el costo de la semilla que suele ser mayor que las variedades comunes. Entre los híbridos o variedades que se establecen en Nicaragua se pueden mencionar: California wonder (Chile Dulce), PIMIENTO ARISTOTLE, Natahlie (chile dulce), PS-16364212, Jalapeño (chile), Martha, Magno, PS – 4212 y Yolo wonder (chile dulce) (IPSA, 2017)

En Nicaragua el híbrido que más demanda produce es el PS-4212, de tipo Alargado con medidas de 17 cm de largo entre 7- 8 de diámetro, con un ciclo vegetativo de 90 y 100 días después de trasplante, de crecimiento Indeterminado, se adapta a alturas de 0 – 1500 msnm y es tolerante al virus Y de la papa (VYP), Poty virus (PO) y Xanthomonas (Linarte, Serrano, & De León, 2018).

## **5.5 Principales plagas y enfermedades del cultivo de Pimiento Dulce**

Las plagas y enfermedades pueden ocasionar pérdidas económicas significativas en la producción, reduciendo las ganancias de los productores. Las plagas y enfermedades del pimiento varían durante todo el desarrollo del cultivo, esto refleja las necesidades cambiantes a medida que la planta invierte mayor cantidad de recursos de energía y nutrimentos, ya sea en el crecimiento de sus raíces o de los tejidos vegetativos aéreos, así como también en la producción de flores y desarrollo de los frutos; cada una de estas etapas

fonológicas difieren en susceptibilidad a las plagas y enfermedades (CATIE, 1993).

#### ➤ **Plagas**

Según (Romero, 2008) las plagas más importantes son:

- ✓ Araña roja (*Tetranychus urticae*, *T. turkestanii* y *T. ludeni*)
- ✓ Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci*)
- ✓ Pulgón (*Aphis gossypii*, *Myzus persicae* y *Neomizus circumflexus*)
- ✓ Trips (*Frankliniella occidentalis*)
- ✓ Nemátodos (*Meloidogyne javanica*, *Heterodera* sp., *Tylenchus* sp. y *Dorylaimus* sp.).

#### ➤ **Enfermedades**

(Romero, 2008) Clasifica las enfermedades importantes en:

- ✓ *Pythium* (*Pythium debaryanum* y *P. ultimum*)
- ✓ *Rhizoctonia* (*Rhizoctonia solani*)
- ✓ Seca o tristeza (*Phytophthora capsici*)
- ✓ Podredumbre blanda (*Erwinia carotovora*)

## **5.6 Análisis de varianza**

El análisis de varianza es el método más generalizado en la experimentación agrícola y los demás estudios biológicos por ser más preciso, flexible y de más fácil aplicación. Por medio de la descomposición de la variabilidad total en sus diferentes componentes, se puede determinar si existen diferencias significativas o no, entre los tratamientos objeto de estudio.

ANOVA es el acrónimo de análisis de la varianza. Es una prueba estadística desarrollada para realizar simultáneamente la comparación de las medias de más de dos poblaciones. A la asunción de Normalidad debe añadirse la de la homogeneidad de las varianzas de las poblaciones a comparar. Esta condición

previa de aplicación se verificará estadísticamente mediante una de las opciones que se encuentran dentro de la configuración del ANOVA. (Silvente, 2011).

### 5.6.1 Medias repetidas en el tiempo

Los modelos de análisis de varianza (ANOVA) con medidas repetidas (MR) sirven para estudiar el efecto de uno o más factores cuando al menos uno de ellos es un factor intra-sujetos. Hablamos de medidas repetidas cuando el mismo sujeto o caso participa de todas las condiciones de un experimento o cuando se tiene de ellos múltiples valores en el tiempo. (Data Science, 2019).

#### ➤ Criterio de información de Akaike (AIC).

Es, quizás, el criterio de información más extendido y utilizado en la práctica estadística y econométrica. Propuesto por Akaike, aproxima el sesgo mediante por  $f(k;n) = 2k$ , con lo que la expresión operativa es:

$$AIC = 2 \ln L(\hat{\theta}_{MV} / Y_n) + 2k$$

Cuando el tamaño muestral es relativamente grande y el número de parámetros es comparativamente pequeño, este criterio constituye un estimador aproximadamente insesgado de la “distancia” entre el modelo estimado y el verdadero, siendo deseable que tome un valor pequeño. Como se aprecia, el primer sumando del segundo término está relacionado con el ajuste del modelo a los datos, mientras que el segundo sumando constituye una “penalización” por el número de parámetros (complejidad del modelo). Así, este criterio tiende a favorecer a los modelos más simples, con menos parámetros, y solo apuntará hacia modelos más parametrizados si la ganancia en bondad de ajuste así lo justifica.

A su vez, dependiendo de los modelos alternativos que se consideren, el AIC puede adoptar diversas formas operativas, según el valor de la función de verosimilitud. (Wolters Kluwer, 2018).

➤ **Criterio de información bayesiano (BIC).**

En 1978, Schwarz, desde un planteamiento bayesiano, también abordó la construcción de criterios de información, pero basando su deducción en la integral de la función de verosimilitud del modelo. En cuanto al término asociado al ajuste del modelo, el resultado coincide con el AIC, diferenciándose solo en el término de penalización de la dimensión del modelo, cuya expresión es  $f(k;n) = k \ln N$ , con lo que la expresión operativa es:

$$BIC = 2 \ln L(\hat{\theta}_{MV} / Y_n) + k \ln n$$

Como se aprecia, el término relacionado con el tamaño del modelo pasa a depender del tamaño muestral, lo que penaliza más a los modelos complejos y corrige parcialmente la tendencia al sobredimensionamiento del criterio de Akaike. La interpretación de este criterio es similar a la del anterior, siendo preferible escoger aquellos modelos con menor valor del BIC.

Las expresiones de este criterio para los distintos tipos de modelos alternativos son similares a los obtenidos en el caso del AIC, solo que sustituyendo el valor 2 por  $\ln n$  en los sumandos relacionados con el número de parámetros del modelo estimado (Wolters Kluwer, 2018).

### **5.6.2 Modelo aditivo lineal**

Los modelos aditivos lineales surgen cuando la relación entre la predictora y la respuesta (en el caso de variables numéricas) no se puede escribir de forma lineal, sino más bien a través de una función desconocida. (Modelos estadísticos con R, 2020).

### ➤ **Test de Tukey**

El método de Tukey se utiliza en ANOVA para crear intervalos de confianza para todas las diferencias en parejas entre las medias de los niveles de los factores mientras controla la tasa de error por familia en un nivel especificado. (Soporte de Minitab 18, 2019).

### ➤ **Diagrama de caja y bigotes**

Los diagramas de Caja-Bigotes (boxplots o box and whiskers) son una presentación visual que describe varias características importantes, al mismo tiempo, tales como la dispersión y simetría.

Para su realización se representan los tres cuartiles y los valores mínimo y máximo de los datos, sobre un rectángulo, alineado horizontal o verticalmente.

Una gráfica de este tipo consiste en una caja rectangular, donde los lados más largos muestran el recorrido intercuartílico. Este rectángulo está dividido por un segmento vertical que indica donde se posiciona la mediana y por lo tanto su relación con los cuartiles primero y tercero (recordemos que el segundo cuartil coincide con la mediana). Esta caja se ubica a escala sobre un segmento que tiene como extremos los valores mínimo y máximo de la variable. Las líneas que sobresalen de la caja se llaman bigotes. Estos bigotes tienen un límite de prolongación, de modo que cualquier dato o caso que no se encuentre dentro de este rango es marcado e identificado individualmente. (Univerdidad de Bio-Bio, 2019)

### ➤ **Coefficiente de variación**

Es la relación entre la desviación típica de una muestra y su media, a su vez permite comparar las dispersiones de dos distribuciones distintas, siempre que sus medias sean positivas.

El coeficiente de variación toma valores entre 0 y 1, si el coeficiente es próximo a cero significa que existe poca variabilidad en los datos y es una muestra muy compacta; en cambio sí tiende a 1 es una muestra muy dispersa. (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2011).

$$Cv = \frac{\sigma_x}{|\bar{x}|} * 10$$

### ➤ **Correlaciones Fenotípicas**

La correlación fenotípica es estimada directamente de los valores medios fenotípicos de campo, siendo, por tanto, el resultado de causas genéticas y ambientales. (Lagos, Alirio, Lagos, & Duarte, 2018).

Coeficiente de correlación: se dice que es significativo si se puede afirmar, con una cierta probabilidad, que es igual a cero. Cuando más cerca de 1, mayor es la correlación, y mucho menor cuando más cerca de cero. La correlación nos indica el signo y magnitud de la tendencia de 2 variables. El signo indica la relación; si es de valor positivo hay una relación positiva o directa, si es valor negativo hay una relación inversa o negativa y si es un valor nulo no existe tendencia.

La magnitud indica la fuerza de la relación y toma valores entre -1 a 1; cuando más se acerca a los intervalos (1 o -1) más fuerte es la tendencia de las variables o menor es la dispersión existente en los puntos alrededor de dicha tendencia, del mismo modo cuando más cercano a cero sea el coeficiente, más débil será la tendencia. Si la correlación vale 1 o -1 es una correlación perfecta, y si la correlación vale cero no están correlacionadas. (Maxima formacion, 2020).

## **VI. HIPÓTESIS**

### **6.1 Hipótesis de investigación (Hi):**

Hi: Los híbridos de Pimiento Dulce de origen Coreano superan el rendimiento híbrido comercial.

### **6.2 Hipótesis nula (H0):**

H0: Ninguno de los híbridos de Pimiento Dulce de origen Coreano superan los rendimientos híbrido comercial.

### **6.3 Hipótesis alternativa (Ha):**

Ha: Al menos uno de los híbridos de Pimiento Dulce de origen Coreano supera el rendimiento híbrido comercial.

## VII. DISEÑO METODOLÓGICO

### 7.1 Tipo de investigación.

#### 7.1.1 Según el enfoque de la investigación

El presente trabajo emplea un enfoque mixto, ya que se recolectaron, analizaron y vincularon datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio para la evaluar el rendimiento de los tres híbridos de Pimiento Dulce de origen Coreano más el híbrido comercial ya establecido en Nicaragua.

#### 7.1.2 Según el alcance de los resultados

El presente estudio es el resultado de un proceso de Investigación experimental, ya que se realizó registros y análisis de variables de suelo y plantas.

#### 7.1.3 Según el tiempo de ocurrencia

La investigación es **Prospectiva**, ya que el análisis se ejecutó desde la siembra hasta la cosecha del cultivo de Pimiento Dulce.

#### 7.1.4 Según el período en que se realiza el estudio

La investigación es de corte transversal, ya que se efectuó en el momento determinado del tiempo, este comprende el período del mes de Marzo hasta Octubre del 2019, desde el establecimiento en semilleros hasta el último corte.

## 7.2 Descripción de la zona

### 7.2.1 Localización

La investigación se estableció en la finca de Don. Bayardo Reyes en la comunidad la China, ubicada en el municipio de Sébaco, departamento de Matagalpa, localizada en las coordenadas geográficas N12° 48' 05.2" de longitud y W86° 05' 57.0" de latitud, a una altitud aproximada de 491 msnm con una temperatura promedio de 22 °C. De acuerdo con Köppen y Geiger el clima se clasifica como seco y árido BSI. En Sébaco, las temperaturas medias anuales oscilan entre 23°C y 27°C mientras que la precipitación promedio anual, presenta rangos de 650 mm a 800 mm (INETER, 2019)

**Figura 1.** Macro localización de Parcela de Pimiento Dulce



Fuente propia: puntos levantados con GPS.

**Figura 2.** Micro localización de la Parcela de Pimiento Dulce



Fuente propia: puntos levantados con GPS

### 7.3 Metodología para primer objetivo específico

- **Determinación de las propiedades edáficas del suelo, a través de un análisis de laboratorio.**

#### 7.3.1 Toma de muestras de suelos.

Se realizó el muestreo de suelo en el área de estudio, tomando una muestra compuesta de todo el terreno, la cual se conformó por varias sub-muestras extraídas haciendo un corte en “V” en la superficie del suelo con ayuda de una pala, tomando las sub-muestras a una profundidad de 30 cm siguiendo un patrón de recorrido en zigzag tratando de cubrir toda la superficie del terreno.

Una vez obtenidas las sub-muestras, se depositaron en un recipiente (balde), donde se mezclaron, esto con el objetivo de homogenizarlas sub-muestras y tener una muestra representativa de todo el lote; después de homogenizar, se tomaron aproximadamente 1 kg y se depositaron en una bolsa plástica debidamente identificada que fue enviada al laboratorio.

#### 7.3.2 Análisis de laboratorio

La realización del análisis físico del suelo se llevó a cabo en el Laboratorio de Edafología de Universidad Nacional de Ingeniería, en donde se determinó las siguientes características:

- ✓ **Textura (Método del Hidrómetro de Bouyoucos)**

Las partículas suspendidas en el agua se asientan diferencialmente dependiendo de la cantidad de superficie por unidad de volumen. Las muestras de suelo que se analizan se secan, muelen y tamizan en malla de 2mm. A las partículas inferiores a 2mm se les trata con agua oxigenada. Calentando la mezcla a la plancha para eliminar la materia orgánica.

- ✓ **Determinación de humedad**

Se determinó el porcentaje de humedad o agua contenida en los suelos extraídos del sitio en laboratorio (**Método gravimétrico**) el cual consiste en el cálculo de las diferencias de peso de las muestras simples alteradas en estado seco y húmedo en unidades de por ciento (%).

✓ **Capacidad de campo (C/c)**

Este análisis consistió en la determinación de la capacidad de retención de agua que posee el suelo después del periodo de drenaje y se realizara en laboratorio (**Método embudo de vidrio**).

✓ **Punto de marchitez permanente (PMP)**

Se determinó la cantidad de agua contenida en suelo seco en unidad de por ciento, este análisis se ejecutará por el método de laboratorio (**Método embudo de vidrio**).

✓ **Densidad aparente (Da)**

En esta actividad se determinó la densidad aparente de los suelos muestreados por el método de laboratorio (**Método del cilindro**)

✓ **Densidad real (Dr)**

Posterior a la determinación de Densidad real ejecuto el método de laboratorio (**Método del picnómetro**)

✓ **Porosidad total (Pt)**

Una vez determinada la densidad aparente se procedió a obtener la porosidad total del suelo mediante la fórmula:

$$PT = [1 - (Da / Dr)] \times 100\%$$

**Dónde:**

PT = Porosidad Total (%)

Da = Densidad aparente (gr / cm<sup>3</sup>)

Dr = Densidad real (gr / cm<sup>3</sup>)

**Tabla 1.** Clasificación de la Porosidad total del suelo

<b>Porosidad Total (%)</b>	<b>Tipo de porosidad</b>
Muy alta	Porosidad > 65%
Alta	55% - 65%
Media	45% - 55%
Baja	40% - 45%
Muy baja	Porosidad < 40%

Fuente: Guía de Laboratorio de Edafología UNI-RUPAP

### **7.3.3 Análisis de las propiedades químicas en el Laboratorio de suelo y agua – LABSA, UNA.**

En esta etapa se realizó análisis químicos a las muestras simples alteradas extraídas en el municipio de Sébaco – Matagalpa y se ejecutó en el laboratorio de suelo y agua LABSA, de la Universidad Nacional Agraria.

#### **✓ Potencial de Hidrogeno (pH)**

El PH es una unidad de medida que sirve para establecer el nivel de acidez o alcalinidad de una sustancia. Se expresa como el logaritmo negativo de base 10, en la actividad de iones de hidrogeno.

La importancia de medir PH de un suelo radica en la disponibilidad de los nutrientes del suelo por parte de las plantas.

#### **✓ Materia Orgánica (MO)**

En esta prueba se determinó la cantidad de materia orgánica y de carbono que poseen los suelos del área en estudio. En esta se aplicó el método de laboratorio por titulación (Método de Walkley-Black).

#### **✓ Conductividad eléctrica (CE)**

La conductividad se define como la capacidad de una sustancia de conducir la corriente eléctrica. Esta relaciona con la presencia de iones disueltos en el agua, los cuales son partículas cargadas eléctricamente. Cuanto mayor sea la cantidad de iones disueltos mayor será la conductividad eléctrica del agua.

La medida de la conductividad (CE), junto con la de pH, son básicas en el análisis de suelos y aguas, puesto que de ellas se deducen muchas de las características del agua de riego y del suelo del cultivo.

#### ✓ **Determinación de macro nutrientes**

Se llevó una muestra de suelo al Laboratorio de suelo y agua – LABSA ubicado en la Universidad Nacional Agraria, lo cual se realizó el respectivo análisis, siguiendo las metodologías establecidas para conocer los principales macro nutrientes (Nitrógeno, Fosforo y Potasio) que presenta el suelo donde está ubicado el experimento.

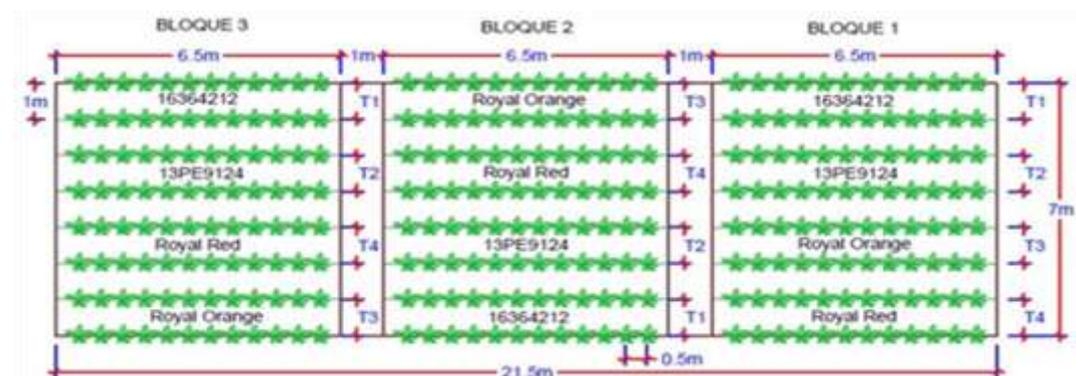
### **7.4 Metodología para segundo objetivo específico**

- **Estimación del potencial productivo de cuatro híbridos de Pimiento Dulce, mediante la evaluación de componentes de rendimiento.**

#### **7.4.1 Diseño experimental**

El experimento se estableció dentro de casa malla, utilizando tela anti-insectos de Mesh 50x24 hilos/pulg<sup>2</sup>. El diseño experimental utilizado fue un Bloque Completo al Azar (BCA) con tres repeticiones y cuatro tratamientos, incluyendo el testigo. Cada tratamiento estuvo conformado por dos surcos de 6.5 m de longitud. Las distancias de siembra entre surco fueron de 1 m y 0.50 m entre planta, para una total de 22 plantas por unidad experimental, para un área total de 150.5 m<sup>2</sup>. Los datos se obtuvieron de 10 plantas tomadas al azar por tratamiento en cada uno de los bloques del área experimental.

**Figura 3.** Distribución del Experimento, con sus bloques y repeticiones



Fuente: Propia

### 7.4.2 Tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron cuatro híbridos de Pimiento Dulce, tres de ellos procedentes de la RDA (Administración rural de Corea del Sur), más un testigo híbrido comercial que posee alta demanda por los productores de Pimiento Dulce de Nicaragua procedente de Israel. (**Ver tabla 2**).

**Tabla 2.** Descripción de los híbridos de Pimiento Dulce evaluados en la Comunidad la China - Sébaco, Matagalpa, bajo condiciones protegida, 2019

Nº	Híbridos	Composición genética	Origen
<b>Testigo</b>	16364212	Híbrido	Hazera Seeds Israelí
<b>1</b>	13PE9124	Híbrido	Corea del Sur
<b>2</b>	Royal Red	Híbrido	Corea del Sur
<b>3</b>	Royal Orange	Híbrido	Corea del Sur

Fuente: INTA – KOPIA

#### ➤ Manejo del experimento

##### ✓ Semillero

La producción de las plántulas se realizó en el mes de marzo, en bandejas de polietileno de 128 celdas, utilizando sustrato orgánico. Los semilleros se estuvieron regando diariamente dos veces al día mañana y tarde de manera manual con regadera, considerando la humedad del sustrato. La aplicación de fertilización en el semillero consistió en la aplicación de 20-20-20 con 2.5 gr/ltr de agua de manera foliar, para garantizar un mejor crecimiento a las plántulas.

**Figura 4:** semillero de Pimiento Dulce



Fuente: Propia

### ✓ **Trasplante**

Se realizó a los 25 días después de la germinación (ddg), cuando las plántulas presentaron aproximadamente de 10 a 15 centímetros de longitud. Sin embargo, al momento del trasplante se seleccionaron plántulas sanas y vigorosas.

**Figura 5:** Trasplante del Pimiento Dulce



Fuente: Propia

### ✓ **Fertilización edáfica del cultivo.**

Luego de haber realizado el análisis físico-químico del suelo se procederá a realizar el análisis de los datos obtenidos en el que si el suministro de nutrientes que aporta el suelo es amplio el cultivo crecerán y producirán con mayores rendimientos, sin embargo si los nutrientes resultaran escasos el crecimiento del cultivo se limitaría y los rendimientos serian reducidos, en vista de este último planteamiento y con la finalidad de obtener altos rendimientos se efectuara un programa de fertilización para toda la etapa de desarrollo del cultivo de Pimiento Dulce.

#### **7.4.3 Buenas prácticas agrícolas que se implementaron en el establecimiento del cultivo Pimiento Dulce**

##### ✓ **Poda de formación:**

La poda de formación es una práctica cultural frecuente y útil que mejora las condiciones de cultivo en invernadero o casa malla y como consecuencia la obtención de producciones de una mayor calidad comercial. Con la poda se obtienen plantas equilibradas, vigorosas y aireadas, para que los frutos no queden ocultos entre el follaje, a la vez que protegidos por él de insolaciones. Se delimita el número de tallos con los que se desarrollará la planta (normalmente 2 ó 3). En los casos necesarios se realizó una limpieza de las hojas y brotes que se desarrollen bajo la cruz.

✓ **Tutoreo:**

Es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida, ya que los tallos del pimiento se parten con mucha facilidad. Las plantas en casa malla son más tiernas y alcanzan una mayor altura, por ello se emplean tutores que faciliten las labores de cultivo y aumente la ventilación. Se pueden considerar una modalidad:

**Figura 6.** Tutoreo del Pimiento Dulce



Fuente: Propia

✓ **Destallado**

A lo largo del ciclo de cultivo se fueron eliminando los tallos interiores para favorecer el desarrollo de los tallos seleccionados en la poda de formación, así como el paso de la luz y la ventilación de la planta. Esta poda no debe ser demasiado severa para evitar en lo posible paradas vegetativas y quemaduras en los frutos que quedan expuestos directamente a la luz solar, sobre todo en épocas de fuerte insolación.

✓ **Deshojado**

Es recomendable tanto en las hojas senescentes, con objeto de facilitar la aireación y mejorar el color de los frutos, como en hojas enfermas, que deben sacarse inmediatamente del invernadero o casa malla.

**Figura 7:** Deshojado del Pimiento Dulce



Fuente: Propia

✓ **Aclareo de frutos**

Se recomendó eliminar el fruto que se forma en la primera “cruz”, con el fin de obtener frutos de mayor calibre, uniformidad y precocidad, así como mayores rendimientos.

✓ **Riego**

El riego fue realizado mediante un sistema por goteo, con período inicial de 30 minutos durante los primeros 30 días después del trasplante, luego la

permanencia fue aumentando conforme el desarrollo del cultivo a 45 minutos, seguido de una hora hasta llegar a dos horas al día (una por la mañana y otra por la tarde).

### ✓ **Cosecha y recolección de datos**

Esta se realizó al inicio de la madurez de cosecha de los frutos y por híbrido. Se hizo de manera progresiva tomando los datos respectivos para los análisis estadísticos de cada planta seleccionada para la evaluación, la toma de datos fue en cuatro cortes, cada corte se realizó semanalmente, para seleccionar el fruto que fue cosechado se determinó en

**Figura 8:** Cosecha Pimiento Dulce



**Fuente:** Propia

función del tipo de pimiento: Por tamaño, firmeza y color del fruto en el caso de pimientos verdes, y al obtener un mínimo de 50% de coloración en el caso de pimientos de colores.

### ➤ **Variables a medir**

#### ✓ **Variables cuantitativas**

La muestra tomada en el presente estudio fue en 66 plantas individuales por tratamiento a las cuales se les llevo un registro en 4 cortes. Las variables tomadas fueron: Número de frutos comerciales (NFC), Número de frutos no comerciales (NFNC), Peso de frutos comerciales y no comerciales (PFC y PFNC).

### ✓ **Frutos comerciales y no comerciales.**

Según las normas del mercado interno o nacional (CENTA, 2018) para la comercialización del pimiento dulce se consideran los siguientes parámetros:

- Frutos frescos y de coloración verde brillante.
- Corteza firme y de aspecto brillante
- Turgencia al quiebre
- Frutos grandes de 0.08 a 0.10 m de diámetro y de 0.10 a 0.14 m de largo.
- Fruto con 4 lóbulos y paredes gruesas (para consumo fresco).
- Frutos tipo cónico de 0.08 a 0.10 m de largo (para procesos).
- Existen preferencias por el pimiento dulce, de aspecto brillante, de tamaño mediano a grandes, sin daño de quemaduras, magulladuras del transporte, que lleve pedúnculo.

Existen algunos problemas que afectan la calidad y el precio del pimiento dulce, entre ellos se tienen:

- Falta de uniformidad en tamaño y forma.
- Marchitamiento o pérdida de turgencia.
- Daños mecánicos y ambientales.
- Daños por insectos, quemaduras de sol y enfermedades.

### ✓ **Peso promedio de frutos comerciales y no comerciales**

La información de estas dos variables se generó pesando en una balanza electrónica, los frutos comerciales y no comerciales de cada una de las plantas cosechadas, registrando sus pesos en gramos.

Una vez obtenidos el resultado de estas variables se procedió a crear una base datos en una tabla de Excel para luego ser procesada a través de análisis estadísticos.

✓ **Procesamiento de datos estadístico de los cuatro híbridos de Pimiento Dulce.**

Se realizó un análisis de varianza, haciendo uso de un modelo de medidas repetidas en el tiempo o longitudinales (vía modelos mixtos), con diferentes matrices de covarianza y estructuras de error. Para explicar las significancias de las fuentes de variación, se hizo uso de los Criterios de Información Akaike (AIC) y los Criterios de Información Bayesiano (BIC), que permitió identificar el mejor modelo. Estos análisis fueron realizados haciendo uso del programa R Core Team (2020) y el programa Rbio (Biometría en R) versión.140: 2020. Para generar el mejor ranking de las separaciones de medias, por cada variable se realizó la prueba de Tukey con un 95% de significancia, mediante el modelo aditivo lineal.

✓ **Medias repetidas vía modelos mixtos**

Se realizó mediante la siguiente formula:

$$Y_i = X_i \beta + Z_i b_i + \varepsilon_i$$

**Dónde:**

$Y_i = (Y_{i1}, Y_{i2}, \dots, Y_{in})$ ,  $i=1, N$ , el vector  $(n_i \times 1)$  de medias repetidas del i-esimo individuo.

$X_i$  y  $Z_i$  Son matrices conocidas de dimensión  $(n_i \times 1)$  y  $(n_i \times p)$  y  $(n_i \times k)$  respectivamente

$b_i$  Es un vector aleatorio de dimensión  $(k \times 1)$ , cuyas componentes se denominan efectos aleatorios,

$\varepsilon_i$  Es un vector  $(n_i \times 1)$  que contiene los errores aleatorios (intra-sujeto),

$\beta_i$  Un vector  $(p \times 1)$  de parámetros.

✓ **Modelo aditivo lineal (M.A.L), para un B.C.A.**

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Dónde:

$i=1, 2, 3$      $t$     tratamientos

$j=1, 2, 3$      $r$     repeticiones

$Y_{ij}$ = La  $j$ -ésima observación del  $i$ -ésimo tratamiento.

$\mu$ = Es la media poblacional a estimar a partir de los datos del experimento.

$T_i$ = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento a estimar a partir de los datos del experimento.

$B_j$ = Efecto debido al  $j$ -ésimo bloque.

Modelo medidas repetidas en el tiempo.

✓ **Diagrama de Cajas y Bigotes**

Para una mejor interpretación de resultados de la variable de importancia: Rendimiento se graficará por medio de un diagrama de Cajas y bigotes en el cual compararemos con respecto a tratamientos (Híbridos) y repeticiones (Número de bloques).

Un diagrama de cajas y bigotes es una manera conveniente de mostrar visualmente grupos de datos numéricos a través de sus cuartiles. Las líneas que se extienden paralelas a las cajas se conocen como bigote, y se usan para indicar variabilidad fuera de los cuartiles superior o inferior.

## 7.5 Metodología para tercer objetivo específico

- ✓ **Determinación de las correlaciones fenotípica de variables de rendimiento, tomando variables de fruto comercial y no comercial.**

Para la determinación de las asociaciones de las variables entre los rendimientos se realizará un análisis de correlaciones fenotípicas, tomando las variables: Número total de frutos comerciales (NTFC), peso total del fruto comercial (PTFC), número total de frutos no comercial (NTFNC), Peso total de frutos no comercial (PTFNC), número total de fruto (NTF) y Rendimiento promedio total (RPOT) expresado en  $\text{kg.ha}^{-1}$  ; utilizando el programa **R versión 4.0.2 (2020-06-22)**. A partir de la construcción de las matrices de correlación fenotípica se realizó un gráfico (mapa de calor) a través del programa R versión 4.0.2 (2020-06-22) mediante diferentes librerías, comandos y funciones (“corrplot”, “dplyr”, “ggplot2”, “GGally”, “Hmisc” y “PerformanceAnalytics”).

## VIII. ANALISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 8.1 Análisis físico - químico del suelo

Los análisis realizados para la determinación de las características de suelo de la finca de Don Bayardo Reyes en donde se realizó el experimento, proporcionaron una amplia información sobre las propiedades (físicas y químicas). Lo que fue de gran utilidad para la optimización del suelo como recurso para el establecimiento del cultivo Pimiento Dulce.

**Tabla 3.** Resultados de los análisis físicos del suelo, obtenidos del laboratorio de Edafología de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Muestra	Cc (%)	PMP (%)	% H	Da (gr/cm <sup>3</sup> )	Dr (gr/cm <sup>3</sup> )	%Pt	Textura			
							% Ar	% L	% A	Clase textural
Finca Don Bayardo	71.17	38.68	36.75	1,25	2,07	40	52	17	31	Arcilloso

Leyenda: **Cc**: Capacidad campo, **PMP**: Punto de marchitez permanentes, **H**: Porcentaje de Humedad, **Da**. Densidad aparente, **Pt**: Porosidad total, **Ar**. Porcentaje de arcilla, **L**: Porcentaje de Limo, **A**: Porcentaje de arena.

**Fuente:** Laboratorio de Edafología, UNI

Los resultados del análisis de laboratorio muestran que el suelo posee una Textura arcillosa es decir que posee un mayor porcentaje de arcilla 52% en comparación al limo 17% y arena 31%, también se presentó un porcentaje de humedad del suelo a Capacidad de Campo de 71.17% considerándose como la humedad óptima para el establecimiento del cultivo.

El Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal del Salvador (2018), indica que “Los suelos ideales para el establecimiento del cultivo son los de texturas ligera a intermedia, es decir suelos franco arenosos, francos, profundos y fértiles, lo que indica un suelo con adecuada retención de agua y buen drenaje y menciona que deben evitarse suelos demasiados arcillosos”.

Dicho esto, se observa que los resultados de los análisis de suelo de la Finca de Don Bayardo Reyes, no son los ideales para el establecimiento y desarrollo del cultivo, sin embargo, conociendo estos resultados permitió tomar decisiones para brindarle al cultivo un manejo agronómico y técnicas adecuadas que

propiciaron el suelo y que este estuviera en las condiciones óptimas para el desarrollo del Pimiento Dulce bajo estas condiciones.

**Tabla 4.** Resultado de los análisis químicos obtenidos en laboratorio de suelos y agua-LABSA de la Universidad Nacional de Agraria.

<b>Muestras</b>	<b>pH</b>	<b>MO</b>	<b>N</b>	<b>P-disp</b>	<b>CE</b>	<b>K-disp</b>
Finca Don Bayardo	7,15	2,12	0,19	27,42	12,86	0,96

Leyenda: **PH:** grado de acidez, **MO:** materia orgánica, **N:** nitrógeno, **P-disp:** fosforo disponible, **CE:** conductividad eléctrica, **K-disp:** potasio disponible

**Fuente:** Laboratorio de suelo y agua, UNA

Según la guía MIP en el cultivo de Pimiento Dulce o Chiltoma, laguna (2004) plantea que: “Los valores de pH óptimos oscilan entre 6.5 y 7.0, aunque puede tolerar ciertas condiciones de acidez (hasta un pH de 5.5); en suelos Arenosos puede cultivarse con valores de pH próximos a 8”; Según los resultados obtenidos en el laboratorio de la muestra de suelo se obtuvieron los siguientes valores: pH 7.15 mostrando que este valor se encuentra entre el rango óptimo para el establecimiento del cultivo, la MO fue de 2,12% que según el rango de los suelos de Nicaragua establecido por la Universidad Nacional Agraria UNA, se clasifica en un rango de contenido medio indicando que hay una cantidad aceptable de nutrientes que benefician el desarrollo radicular y el rendimiento del cultivo.

Según (UofA 2005) menciona que: “El fósforo y Potasio son dos de los tres macronutrientes de mayor importancia en el suelo, seguido del nitrógeno, estos son requeridos por las plantas del Pimiento Dulce para un crecimiento óptimo. Estos nutrientes son requeridos en cantidades grandes en comparación con los micronutrientes Zinc, Hierro, Boro”.

El Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal del Salvador (2018), indica que: “La fertilización se debe realizar según los resultados del análisis de suelo”; Por lo que en base a esta información se puede observar que los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio fueron los siguientes: 0.19% de Nitrógeno, 27,42ppm de Fosforo y 0,96meq/100 gr, siendo valores en altas cantidades de acuerdo con los rangos establecidos para los suelos de Nicaragua clasificados por la Universidad Nacional Agraria, afirmando que este

suelo cuenta con los rangos nutricionales y aunque sus características no son las indicadas como en otros estudios, con un buen manejo del suelo este rubro logro establecerse y desarrollarse satisfactoriamente bajo estas condiciones.

Partiendo de que el suelo de la finca donde se estableció el Pimiento Dulce, no presenta el suelo idóneo para el desarrollo del cultivo y como parte del manejo adecuado del suelo se vio en la necesidad de crear un programa de fertilización para mantener las condiciones favorables en el transcurso del crecimiento vegetativo del cultivo, las dosis de aplicación fueron las siguientes:

- Al momento del trasplante se aplicó 18-46-00 (Fosfato diamónico) con dosis de 320 kg ha<sup>-1</sup>.
- Posteriormente a los 20 días después del trasplante (ddt) se aplicó 46-0-0 (Urea) con dosis de 130 kg ha<sup>-1</sup>.
- Luego a los 40 ddt se aplicará 46-0-0 (Urea -130 kg ha<sup>-1</sup>) y 0-0-60 (Muriato de potasio - 65 kg ha<sup>-1</sup>).
- La última aplicación se efectuó a los 55 ddt con 46-0-0 (Urea - 160 kg ha<sup>-1</sup>) y 0-0-60 (Muriato de potasio - 60 kg ha<sup>-1</sup>).

## 8.2 Estimación del potencial productivo de los cuatro híbridos de Pimiento Dulce.

La selección del modelo para el análisis de medias repetidas, se realizó a través de los criterios de información de Akaike y criterio de información bayesiano (AIC y BIC). A continuación, se muestran los valores de P-valor en base a las matrices de covarianzas seleccionado:

**Tabla 5.** Valores de P-valor de las variables de componentes de rendimiento

<b>FV</b>	<b>NFC</b>	<b>PFC</b>	<b>NFNC</b>	<b>PFNC</b>	<b>NTF</b>	<b>RTOPT</b>
<b>Híbrido</b>	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**
<b>Cortes</b>	<.0001**	<.0001**	0.0177Ns	0.5876Ns	<.0001**	<.0001**
<b>Híbrido x corte</b>	0.4579Ns	0.1406Ns	0.3314Ns	0.2991Ns	0.6472Ns	0.4878Ns

**Leyenda:** **FV:** fuente de variación, **NFC** (Número de los frutos comerciales), **PFC** (peso de frutos comerciales), **NFNC** (Número de frutos no comerciales), **PFNC** (peso de frutos no comerciales), **NTF** (número total de frutos). **RTOPT** (rendimiento total)

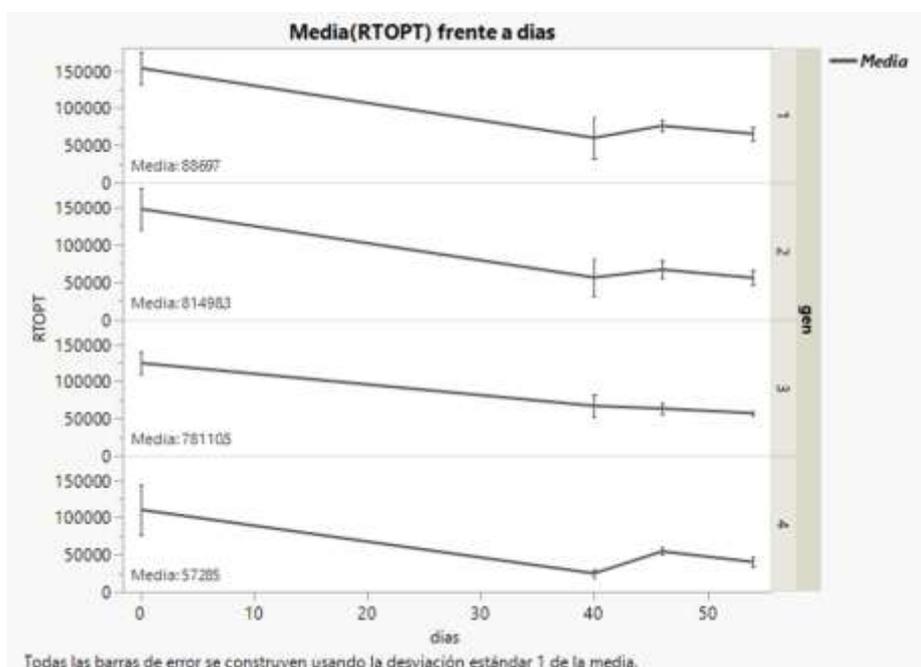
**Ns:** No significativo

**Códigos de significancia:** 0 \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 \* 0.1 ' ' 1

Según los resultados mostraron que hubo alta significancia ( $<.0001$ ) para las fuentes de variación: tratamiento (híbridos) y (cortes) para la mayoría de las variables de los componentes de rendimiento. No obstante, los resultados muestran que no hubo diferencias significativas en la interacción de las fuentes en la variación híbrido & corte.

En la figura 9, se muestra una línea de tiempo sobre el comportamiento del rendimiento entre los cuatro híbridos durante todos los cortes, en el que se evidencia que en el primer, segundo y tercer corte se obtuvo el mayor rendimiento siendo el tratamiento 16364212 (con media de 88697) el que mejor comportamiento obtuvo, seguido del 13PE9124 (con media de 814983) y Royal Red (con media 781105) respectivamente, por último el que presentó más bajo comportamiento fue el Royal Orange (con media 57285). Aclarando que el pico más alto se presentó en el primer corte seguido del tercero y la cosecha más baja se presentó en el segundo y cuarto corte.

**Figura 9.** Comportamiento de Cortes (Tiempo) del Rendimiento de los cuatro Híbridos en estudio.



Fuente: Propia

Según el análisis de separación de medias a través de la prueba de Tukey al 95% de confianza, mostro que para la variable rendimiento (RPOT kg), se diferenciaron cuatro categorías (a, b, c, d), en la (a y b) se ubicaron los híbridos 16364212 tipo de fruto cónico y 13PE9124 tipo de fruto cuadrado con rendimientos promedios de 81,056.68 kg.ha<sup>-1</sup> y 72,949.03 kg.ha<sup>-1</sup> respectivamente, seguido por lo híbrido Royal Orange y Royal Red ambos tipo de fruto cuadrado, con rendimientos de 66,566.43 kg.ha<sup>-1</sup> y 60,758.83 kg.ha<sup>-1</sup> ubicados en las categorías (c y d).

**Tabla 6.** Separaciones de media para las variables de rendimiento total (RPOT), de los cuatros híbridos de Pimiento Dulce, en la comunidad la china, departamento de Matagalpa.

Tratamiento	Rendimiento (Kg. ha <sup>-1</sup> )	Grupo
16364212	81,056.68	a
13PE9124	72,949.03	b
Royal Orange	66,566.43	c
Royal Red	60,758.83	d

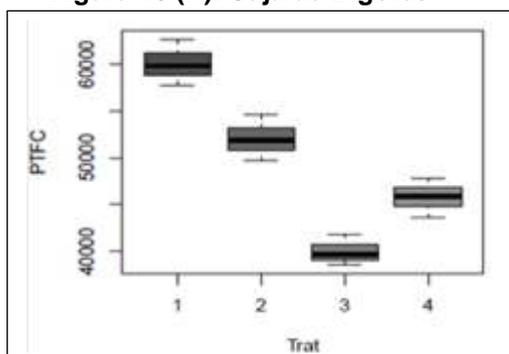
RPOT: Rendimiento total.

Fuente: propia

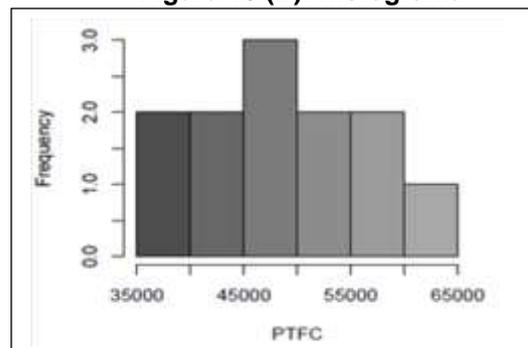
Como se observa las medias en la Figura 10 A (cajas de bigotes) y Figura 10.B (histograma), el aporte al rendimiento se debe a frutos meramente comerciales los cuales oscilaron entre los intervalos de 50,000 a 60,000 kg.ha<sup>-1</sup> para los híbridos 16364212 y 13PE9124. Datos que también son corroborados en las separaciones de media para las variables (NFC, PFC, NFNC, PFNC y NTF) (tabla 7), los cuales demuestran que el mayor aporte al rendimiento para todos los híbridos se debe al aporte de mayor peso de frutos comerciales.

**Figura 10 (A y B).** Medias para la variable peso del fruto comerciales en aporte al rendimiento

**Figura 10 (A).** Caja de Bigotes



**Figura 10 (B).** Histograma



Fuente: Propia

**Tabla 7.** Separaciones de medias para las variables (NTFC, PTFC, NTFNC, PTFNC, NTF), de los cuatros híbridos de Pimiento Dulce, en comunidad la china, departamento de Matagalpa.

Híbridos	NFC	PFC (Kg.ha <sup>-1</sup> )	NFNC	PFNC (Kg.ha <sup>-1</sup> )	NTF
16364212	555,855 a	60,045.24 a	329,729 c	21,011.44	899,639a
13PE9124	499,639 b	52,055.42 b	337,657bc	20,893.60	851,351 b
Royal Orange	458,018 c	45,786.05 c	347,207ab	20,780.38	819,279 c
Royal Red	418,558 d	40,041.37 d	355,135 a	20,717.46	783,063 d

**NFC** (Número de frutos comerciales), **PFC** (peso del fruto comercial), **NFNC** (Número frutos no comerciales), **PFNC** (Número de frutos totales), **NTF** (número total de frutos). **Medias iguales no significativa para cada variable PTFNC**

En la tabla 8, se muestran las características de la forma de fruto y los pesos máximos y mínimos de los cuatro híbridos durante toda la cosecha.

**Tabla 8.** Características de la forma de fruto y peso de los híbridos en estudio.

Híbridos	PFC (g)		Forma del fruto	Color del fruto maduro
	Máximo	Mínimo		
16364212	393	282	Cónico	Rojo
13PE9124	362	247	Cuadrado	Rojo
Royal Red	313	150	Cuadrado	Rojo
Royal Orange	224	150	Cuadrado	Naranja

Fuente: Propia

Según estudios a nivel genético afirman que el rendimiento de un cultivo depende de tres factores muy importante el material genético, manejo y el ambiente. Hallauer *et al.*, (2010), describe que el mejoramiento genético es el arte y la ciencia que permite el desarrollo de cultivares superiores. En los últimos años los centros de investigación y las empresas semillera en la búsqueda de incrementar los rendimientos han centrado su atención en la formación de híbridos.

Según (Cerruffo, 2011), los híbridos suelen mostrar mayor vigorosidad que los parentales, lo que da lugar a un mayor rendimiento.

Partiendo de esta información se puede decir que el rendimiento obtenido se debió a tres factores: híbridos, protección que se le brindo casa malla, evitando la afectación de plagas, enfermedades y las prácticas de manejo agronómico: poda, destallado, eliminación de las primeras flores, podas de formación y raleo de hojas.

Diversas investigaciones describen que el rendimiento total en pimiento puede variar entre 7,67 y 171,8 t.ha<sup>-1</sup> (Aminifard *et al.*, 2012). Si comparamos los resultados del presente estudio con una evaluación realizada por el FHIA Honduras (2010) en la cual evaluaron 10 genotipo bajo malla sombra, dejando sólo dos tallos por planta, obtuvieron rendimientos de 140,000 kg.ha<sup>-1</sup> rendimiento que son superiores a los obtenidos con el híbrido 16364212 el cual es el que presento mayor rendimiento en este estudio, siendo este de 81,056.68 kg.ha<sup>-1</sup>.

Es importante mencionar que el híbrido 16364212 utilizado como testigo perteneciente a la empresa semillera Israelita Hazara, distribuido en Nicaragua por agroservicio Duwest®, considerado uno de los híbridos más utilizados por los pequeños y medianos productores de pimiento en el país, por diversas características que posee, tal como crecimiento indeterminado, tolerancia a *Potyvirus* y virus Y de la papa como también tolerancia a enfermedades causada por la bacteria (*Xanthomonas* sp).

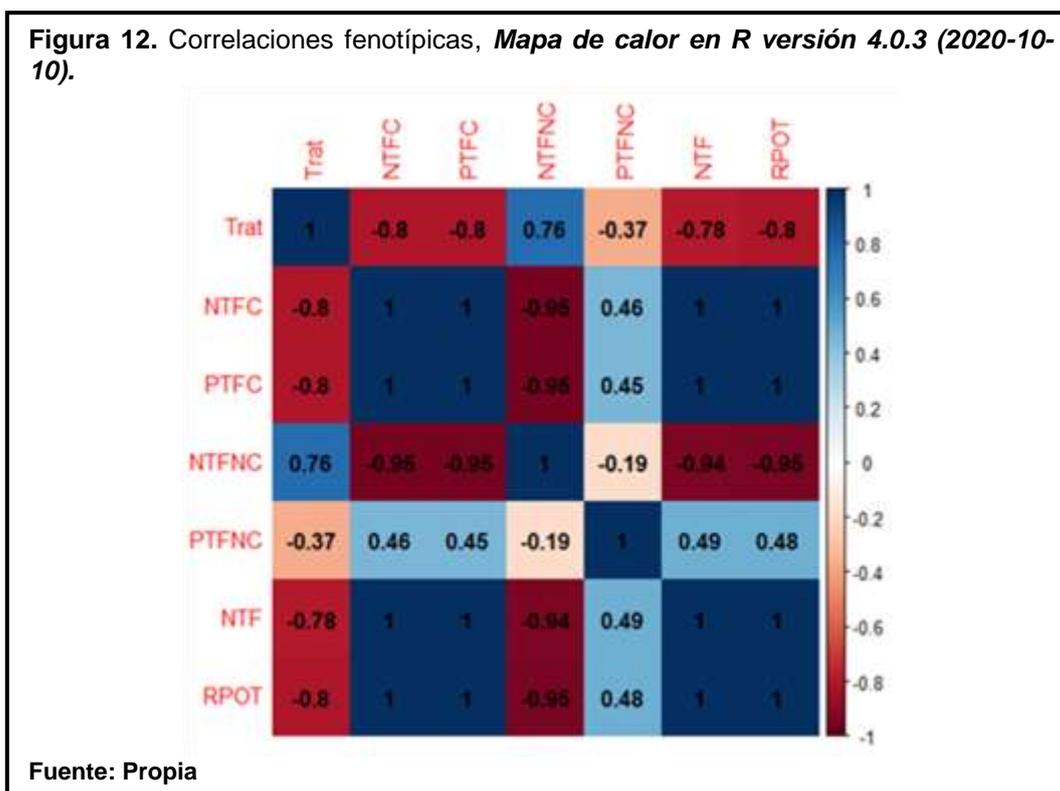
**Figura 11:** Forma de frutos tipo cuadrado (13PE9124, Royal Red y Royal Orange)



Fuente: INTA, 2019

### 8.3 Procesamiento y análisis de datos estadístico correlación fenotípica de los cuatro híbridos de Pimiento Dulce.

En la figura 12 se presenta un mapa de calor con los resultados del análisis de correlaciones fenotípicas para los componentes de rendimiento en parcela experimental de Pimiento Dulce de los híbridos en estudio.



En el Mapa de Calor se muestran correlaciones positivas entre las variables:

- Correlación con valor de 1 entre las variables número de frutos comerciales (NTFC) y peso de frutos comerciales (PTFC). Indicando en esta correlación que entre mayores frutos comerciales presenta la planta, mayor va ser el peso, esto se debió al buen manejo que se le brindo al cultivo.
- Correlación con valor de 1 entre las variables número de frutos comerciales (NTFC) y rendimiento total (RPOT). Indicando en esta correlación que entre mayor número de frutos comerciales presenta el cultivo, mayor va ser el rendimiento total.
- Correlación con valor de 1 entre las variables número total de frutos (NTF) y número total de frutos comerciales (NTFC). Indicando en esta correlación

que entre mayor es el número total de frutos, mayor va ser el número total de frutos comerciales.

- Correlación bajas positivas 0.49 entre las variables peso total de frutos no comercial (PTFNC) y número total de frutos (NTF). Entre mayor número total de frutos no comerciales va haber menor número total de frutos. Ya que hay menos competencia de frutos por los nutrientes.
- Correlación bajas positivas 0.48 entre las variables peso total de frutos no comercial (PTFNC) y rendimiento total (RPOT). Indica que entre mayor peso total de frutos no comerciales, menor va ser su aporte al rendimiento promedio total.

Según este análisis se puede decir que el rendimiento de los híbrido en general estuvo ampliamente correlacionado positivamente por frutos meramente comerciales, sin embargo, hubieron correlaciones positivas, pero bajas de 0.48 del aporte de fruto no comerciales al rendimiento.

Según Gonzales y Laguna (2004), mencionan que los frutos pueden clasificarse como frutos grandes de forma cuadrados o de relleno con diámetros polares mayores 7 cm, medianos entre 7 a 5 cm y pequeños inferiores o iguales a 5 centímetros. Sin embargo, los diámetros para los híbridos **13PE9124** y **Royal Red** anduvieron entre los intervalos de **10 y 8 cm**.

En el caso de cultivares tipo moderadamente triangular y triangular estrecho, se consideran frutos grandes a los mayores de 12 centímetros, intermedios entre 8 a 12 centímetros y pequeños menores de 8 centímetros. En este estudio el **híbrido comercial 16364212 los diámetros polares oscilaron entre 17 y 13 cm**.

**Figura13:** Forma de fruto, híbrido tipo cuadrado.



Fuente: INTA

Un estudio realizado por la Universidad Autónoma de Chapingo del Estado de México, considera un fruto de pimiento tipo relleno de primera calidad con peso promedio individual de 178.7 g, anchura de 9.2 cm y longitud de 7 cm. En el caso de los pimientos, el peso del fruto (que está relacionado con su tamaño) es una variable muy importante, pues determina el precio del producto (Jovicich et al., 1999). En este estudio se considera un fruto de pimiento tipo relleno de primera calidad el híbrido **13PE9124** con peso promedio de 160 g.

Una evaluación realizada en Costa Rica con pimiento amarillo americano tipo relleno, describe que los pesos promedios de 179,4 g y 146,5 g se consideran de primera calidad. En este estudio el **Royal Orange** pimiento anaranjado tipo relleno, presenta pesos promedios de 120 g, considerándose como fruto comercial de primera calidad.

## IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 9.1 Conclusiones

Al realizar el análisis y la discusión de los resultados se concluye:

- ✓ Después de haber realizado los análisis físico – químicos del suelo, tomando en cuenta los requerimientos edáficos que demanda el cultivo de Pimiento Dulce para su desarrollo, se establece que este tiene la facilidad de suministrar el agua y los nutrientes necesarios para el desarrollo del mismo; siendo el suelo de textura Arcillosa, con pH de 7.15 (neutro), un porcentaje de humedad del suelo a capacidad de campo de 71.17% considerándose como la humedad óptima para el establecimiento del cultivo, presentando una Materia Orgánica de 2.12 % clasificándola como media, sin embargo al no poseer el tipo de suelo idóneo con las prácticas de manejo y siguiendo el programa de fertilización para mejorar la cantidad adecuada de macronutrientes, se logró que el cultivo de Pimiento Dulce se desarrollara satisfactoriamente durante todo su ciclo vegetativo.
- Para la estimación del potencial productivo del Pimiento Dulce que se evaluó mediante un análisis de varianza analizando las fuentes de variación híbridos, cortes y su interacción Híbrido – corte, se obtuvo diferencias significativas en la interacción de las fuentes de variación. Los híbridos de pimiento dulce con mayor rendimiento fueron 16364212 (81,056 kg.ha<sup>-1</sup>), 13PE9124 (72,949 kg.ha<sup>-1</sup>), caracterizados por poseer frutos tipo alargado y fruto tipo relleno.
- Para la determinación de las correlaciones fenotípicas de variable de rendimiento entre los cuatro híbridos de Pimiento Dulce, tomando variables de frutos comerciales y no comerciales, se obtuvo un mapa de calor donde se demuestra la significancia altamente positiva y negativa para las variables NTFC, PTFC, NTFNC, PTFNC, NTF con respecto al Rendimiento Total que es la variable de interés, de tal manera que se presentaron correlaciones positivas altas entre el rendimiento y las variables NTF y PTFC, el aporte del rendimiento estuvo ampliamente correlacionado con

frutos meramente comerciales de manera general para todos los híbridos. Teniendo así el mejor comportamiento el híbrido 16364212, con un rendimiento de 81,056.68 kg.ha<sup>-1</sup> seguido del 13PE9124 con un rendimiento de 72,949.03 kg.ha<sup>-1</sup> con el mayor aporte de peso de frutos comerciales aumentando de esta manera el Rendimiento. Y la negativa PTFNC con respecto al Rendimiento, siendo el híbrido Royal Orange el que menos aporte de Frutos Comerciales obtuvo.

De esta manera se afirma que se cumple la hipótesis nula en donde se plantea que ninguno de los híbridos supera el rendimiento del híbrido nacional (81,056.68 kg ha<sup>-1</sup>), mostrando que los tratamientos 13PE9124 (72,949.03 kg ha<sup>-1</sup>), Royal Red (60,758.83 kg ha<sup>-1</sup>) y Royal Orange (66,566.43 kg ha<sup>-1</sup>) procedentes de Corea del Sur se comportaron de forma similar que el utilizado comercialmente.

## 9.2 Recomendaciones

Después de haber efectuado el estudio se recomienda:

- Mantener el cumplimiento del plan de fertilización y las prácticas de manejo adecuado al suelo para optar a una mejor adaptabilidad por parte del cultivo dada sus exigencias edáficas.
- Continuar con la utilización del híbrido nacional dado a que este presenta características satisfactorias que contribuyen en el rendimiento y de esta manera les permita optar a mejores mercados por ende mejor rentabilidad del cultivo.
- Dar continuidad al proceso de evaluación y validación de otros cultivares de Pimiento Dulce de forma cuadrada o relleno que se adapten mejor a las condiciones de agricultura protegida, dado a que el país no hay híbridos registrados de este tipo.

## X. BIBLIOGRAFÍA

- agricultura, B. (15 de mayo de 2020). Análisis de las principales ventajas y desventajas, agricultura protegida. Obtenido de <https://blogagricultura.com/ventajas-desventajas-invernaderos/>
- AgroHuerto. (25 de mayo de 2015). Plagas y Enfermedades del Pimiento: Guía Completa con Fotos y Consejos. Obtenido de [https://www.agrohuerto.com/pimiento-plagas-y-enfermedades-comunes/#Enfermedades\\_del\\_pimiento](https://www.agrohuerto.com/pimiento-plagas-y-enfermedades-comunes/#Enfermedades_del_pimiento)
- Aker, C. (15 de septiembre de 2018). Producción de chiltoma Nathalie bajo estructuras protegidas con enfoque en MIC. Obtenido de [https://assets.rikolto.org/paragraph/attachments/guia\\_chiltoma.pdf](https://assets.rikolto.org/paragraph/attachments/guia_chiltoma.pdf)
- Altamirano, K., Pavón, J. F., & Laguna, T. (20 de enero de 2004). GUÍA MIP EN EL CULTIVO DE LA CHILTOMA. Obtenido de <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENH10L181.pdf>
- Br.Carlos Cardoza, B. M. (2019). REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNA. Obtenido de <http://repositoriouna.edu.ni/>
- Cabalceta Elizondo, E., & Monge Perez, J. E. (18 de marzo de 2017). Evaluación de rendimiento y calidad de 15 genotipos de pimiento (*Capsicum annum* L.) cultivados bajo invernadero en Costa Rica. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-3.pdf>
- Cabalceta, E. E. (abril de 07 de 2017). caracterización morfológica de 15 genotipos de pimiento. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/is/v18n37/2215-2458-is-18-37-00129.pdf>
- Cabalceta, E. E., & Monge Perez, J. E. (17 de Noviembre de 2016). Evaluación de calidad y rendimiento de 12 genotipos de chile dulce (*Capsicum annum* L.). Obtenido de [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0379-39822017000200036](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822017000200036)
- CERRUFFO, L. I. (12 de enero de 2011). ADAPTACIÓN DE CINCO HÍBRIDOS DE PIMIENTO (*Capsicum annum* L.) . Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8163/1/TESIS%20PIMIENTO.pdf>
- Cuevas, J. L., & Olivas, A. C. (enero de 2016). Comportamiento de variables de crecimiento, desarrollo y producción de chiltoma (*Capsicum annum* L.) bajo tratamientos orgánicos y convencional en la estación experimental
- Data Science. (12 de julio de 2019). medidas repetidas en R-Software. Obtenido de <https://www.maximaformacion.es/blog-dat/anova-de-medidas-repetidas-tutorial-en-rsoftware/>

- Dobronski, J., & Guato, M. J. (5 de mayo de 2017). "EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE TRES HÍBRIDOS DE PIMIENTO.(Capsicum annum L.). Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24996>
- Fabela, D. A. (17 de Noviembre de 2015). Academia. Obtenido de [https://academia.edu/19315412/Analisis\\_de\\_la\\_varianza](https://academia.edu/19315412/Analisis_de_la_varianza)
- FAO. (2017). Obtenido de <http://www.fao.org/3/s8630s/s8630s08.htm>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2011). Obtenido de Contribucion al tratamiento estadístico de datos con distribución binomial en el modelo de análisis de varianza: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CU2012400667>
- Gonzales, C., & Roque, J. (21 de septiembre de 2019). Caracterización socioeconómica y fitosanitaria de sistemas de producción de chiltoma. Obtenido de <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf01c268c.pdf>
- Gonzalez, J. D., & Obregon, H. M. (01 de ABRIL de 2007). EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE PROTECCIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE SEMILLEROS DE CHILTOMA (Capsicum annum L.). Obtenido de <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf03g643e.pdf>
- Hortofrutícola, p. (2 de septiembre de 2017). Diario digital de actualidad hortofrutícola. Obtenido de <http://www.hortoinfo.es/index.php/informes/cultivos/6011-inf-pim-2017>
- IICA. (1 de MARZO de 2007). Guía práctica para la exportación a EE.UU. CHILTOMA. Obtenido de <http://www.bionica.info/biblioteca/IICA2007Chiltoma.pdf>
- INIA, I. I. (2017). Manual de cultivo de tomate al aire libre. Santiago, Chile: Boletín INIA/No. 11.
- INIDE, I. I. (2012). Instituto Nacional de Información de Desarrollo. Obtenido de <https://www.inide.gob.ni/#:~:text=Instituto%20Nacional%20de%20Informaci%C3%B3n%20de%20Desarrollo%20%2D%20INIDE>
- IPSA, I. (2017). Catálogo de Cultivares Registrados IPSA .
- Jiménez, M. S., & Barrantes, L. &. (20 de JULIO de 2007). Agrocadena regional: cultivo del chile dulce. Obtenido de [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2215-24582017000100129#B20](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-24582017000100129#B20)
- Laguna, P. &. (2004). Control de plagas y enfermedades en el cultivo de pimiento dulce.
- Laurentin T, H. (11 de noviembre de 2020). ¿Híbridos o variedades? Obtenido de <https://universidadagricola.com/hibridos-o-variedades/>

- Mayorga, i. a. (2018). comportamiento de productivo de siete híbridos de chiltoma establecido en condiciones climáticas san isidro matagalpa. managua: inta.
- Paredes, i. p. (02 de junio de 2015). comportamiento de cuatro híbridos de capsicum annuum l. obtenido de [www.repositorio.unapiquitos.edu.peru](http://www.repositorio.unapiquitos.edu.peru)
- Rizo, E. (23 de Agosto de 2019). Obtenido de <https://www.hortalizas.com/innovacion/agricultura-protegida/la-importancia-de-los-sistemas-de-agricultura-protegida/>
- Rizo, E. (2010 de febrero de 2019). Producción de pimientos bajo malla sombra. Obtenido de <https://www.hortalizas.com/horticultura-protegida/produccion-de-pimientos-bajo-malla-sombra/>
- Romero, M. G. (05 de agosto de 2008). Efecto de diferentes sistemas de cultivo sobre la composición. Obtenido de <https://repositorio.upct.es/xmlui/bitstream/handle/10317/255/pfc2156.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Silvente, M. J. (4 de 07 de 2011). Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student y ANOVA en SPSS. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/277149493\\_Com\\_aplicar\\_les\\_proves\\_parametriques\\_bivariades\\_t\\_de\\_Student\\_i\\_ANOVA\\_en\\_SPSS\\_Cas\\_practic/fulltext/559c9b4808ae7f3eb4d02f8a/Com-aplicar-les-proves-parametriques-bivariades-t-de-Student-i-ANOVA-en-SPSS-Cas](https://www.researchgate.net/publication/277149493_Com_aplicar_les_proves_parametriques_bivariades_t_de_Student_i_ANOVA_en_SPSS_Cas_practic/fulltext/559c9b4808ae7f3eb4d02f8a/Com-aplicar-les-proves-parametriques-bivariades-t-de-Student-i-ANOVA-en-SPSS-Cas)
- Soporte de Minitab 18. (2019). Obtenido de Test de Tukey: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/anova/supporting-topics/multiple-comparisons/what-is-tukey-s-method/>
- Técnicas de Investigación Educativa G38. (Noviembre de 2019). Obtenido de <https://sites.google.com/site/tecnicasdeinvestigaciond38/metodos-estadisticos/1-4-analisis-de-varianza>
- Zamora, s. (2018). comportamiento productivo de cuatro híbridos de chiltoma establecidos en ocho zonas agroecológicas de nicaragua ciclo .



**Anexo 2.** Consolidado de base de datos en cuatro cosechas del experimento de los cuatro híbridos de Pimiento Dulce establecidos en Municipio de Sébaco, Matagalpa.

HIBRIDOS	BLOQUES	Cosecha N° 1				Cosecha N° 2				Cosecha N° 3				Cosecha N° 4			
		NFC		NFNC		NFC		NFNC		NFC		NFNC		NFC		NFNC	
		N°	Peso (gr)	N°	Peso (gr)	N°	Peso (gr)	N°	Peso (gr)	N°	Peso (gr)	N°	Peso (gr)	N°	Peso (gr)	N°	Peso (gr)
16364212	B1	6	723	2	136	3	274	4	224	4	259	3	146	3	238	3	144
	B2	5	577	2	149	3	204	2	136	3	236	2	102	3	217	2	97
	B3	7	793	2	108	2	129	1	64	4	268	3	131	3	188	2	99
13PE9124	B1	5	715	2	231	2	232	3	183	3	253	2	158	2	210	2	110
	B2	4	556	2	202	2	264	2	133	2	253	2	96	2	216	1	80
	B3	4	528	1	137	1	100	1	56	2	207	2	99	2	152	1	70
Royal Red	B1	5	550	1	135	2	200	3	209	2	213	2	143	2	181	2	120
	B2	5	587	3	204	2	172	2	129	3	268	2	129	2	195	2	90
	B3	3	434	2	136	2	183	4	233	2	179	2	102	2	162	2	112
Royal Orange	B1	4	492	2	138	1	66	2	94	2	167	3	163	1	112	2	105
	B2	3	329	1	86	0	42	1	57	2	158	2	104	1	86	1	80
	B3	5	533	3	209	0	28	2	109	2	174	2	90	1	123	2	97

### Anexo 3. Andeva

SOFTWARE Rbio - BIOMETRIA NO R  
Procedimento: Medidas Repetidas  
Laboratorio de Biometria www.biometria.ufv.br  
Autor: SILVA, F.F. e BHERING, L.L.  
Data: 04/2019

\*\*\*\*\*  
Data da Analise: Thu Oct 29 16:40:15 2020

-----  
Variavel = 1           NFC  
-----

-----  
----Analise de variancia Fatorial  
-----

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloco	2	4.782e+10	2.391e+10	1.143	0.332
Trat	3	9.576e+11	3.192e+11	15.257	3.27e-06 ***
Amb	3	2.353e+12	7.844e+11	37.491	2.85e-10 ***
Trat:Amb	9	1.138e+11	1.264e+10	0.604	0.783
Residuals	30	6.276e+11	2.092e+10		

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  
AIC = 1292.332  
BIC = 1327.885

-----  
----Analise de variancia com parcela subdividida  
-----

-----  
-Considerando o modelo com 2 erros (Erro a e Erro b) - (PS2):  
Yijk = m + Bloco + Pi + Erroa + Sj + PSij + Errob  
-----

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloco	2	4.782e+10	2.391e+10	1.289	0.294
Trat	3	9.576e+11	3.192e+11	17.211	3.53e-06 ***
Amb	3	2.353e+12	7.844e+11	42.290	9.77e-10 ***
Bloco:Trat	6	1.825e+11	3.042e+10	1.640	0.179
Trat:Amb	9	1.138e+11	1.264e+10	0.682	0.718
Residuals	24	4.451e+11	1.855e+10		

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  
AIC = 1287.839  
BIC = 1334.619

-----  
-Considerando o modelo com 3 erros (Erro a, Erro b e Erro c) -  
(PS3): Yijk = m + Bloco + Pi + Erroa + Sj + Errob + PSij + Erroc  
-----

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloco	2	4.782e+10	2.391e+10	1.352	0.284

Trat	3	9.576e+11	3.192e+11	18.052	1.16e-05	***
Amb	3	2.353e+12	7.844e+11	44.359	1.61e-08	***
Bloco:Trat	6	1.825e+11	3.042e+10	1.720	0.174	
Bloco:Amb	6	1.268e+11	2.114e+10	1.196	0.353	
Trat:Amb	9	1.138e+11	1.264e+10	0.715	0.689	
Residuals	18	3.183e+11	1.768e+10			

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  
AIC = 1283.738  
BIC = 1341.746

-----  
-----Analise de variancia com Medidas Repetidas e diferentes estruturas de erro  
-----

-----  
-- Matriz de covariancia 1: Variance componentes (VC)  
-----

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	630.3529	<.0001
Bloco	2	1.1428	0.3324
Trat	3	15.2574	<.0001
Amb	3	37.4906	<.0001
Trat:Amb	9	0.6042	0.7834
Variância residual: 20921666667			

--  
AIC = 858.0822  
BIC = 884.705

-----  
-- Matriz de covariancia 2: Simetria Composta (CS)  
-----

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	433.5396	<.0001
Bloco	2	0.7860	0.4648
Trat	3	10.4937	0.0001
Amb	3	42.2902	<.0001
Trat:Amb	9	0.6815	0.7193
Variância residual: 21515277239			

--  
AIC = 859.4368  
BIC = 887.4608

-----  
-- Matriz de covariancia 3: Simetria Composta Heterogenea (CSH)  
-----

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1259.2386	<.0001
Bloco	2	1.1701	0.3241
Trat	3	34.1462	<.0001
Amb	3	32.4500	<.0001

Trat:Amb 9 1.0046 0.4579  
Variancia residual: 63904879097  
--  
AIC = 838.0914  
BIC = 870.3189

-----  
-- Matriz de covariancia 4: Auto-Regressiva (AR)  
-----

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	655.5662	<.0001
Bloco	2	1.1863	0.3193
Trat	3	15.9100	<.0001
Amb	3	36.9175	<.0001
Trat:Amb	9	0.6020	0.7851

Variancia residual: 20868762507  
--  
AIC = 860.0724  
BIC = 888.0963

-----  
-- Matriz de covariancia 5: Auto-Regressiva Heterogenea (ARH)  
-----

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	2003.2436	<.0001
Bloco	2	2.0304	0.1489
Trat	3	52.8847	<.0001
Amb	3	24.9729	<.0001
Trat:Amb	9	0.8604	0.5693

Variancia residual: 65790544579  
--  
AIC = 840.5851  
BIC = 872.8126

-----  
-- Matriz de covariancia 6: Não Estruturada (UN)  
-----

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1816.2969	<.0001
Bloco	2	2.4540	0.1030
Trat	3	50.8536	<.0001
Amb	3	38.4704	<.0001
Trat:Amb	9	1.3805	0.2405

Variancia residual: 70394205571  
--  
AIC = 833.8395  
BIC = 873.073

-----  
-- Valores comparativos de AIC e BIC para escolha do melhor modelo (RESUMO):  
-----

```

-----
-- AIC: O modelo mais adequado possui o MENOR AIC
-----
      FAT      PS2      PS3      VC      CS      CSH      AR1      AR1H
UN
1 1292.33 1287.84 1283.74 858.08 859.44 838.09 860.07 840.59
833.84
-----

```

```

-----
-- BIC: O modelo mais adequado possui o MENOR BIC
-----
      FAT      PS2      PS3      VC      CS      CSH      AR1      AR1H
UN
1 1327.89 1334.62 1341.75 884.7 887.+46 870.32 888.1 872.81
873.07
-----

```

```

-----
Variavel = 2      PFC
-----

```

```

-----
-----Analise de variancia Fatorial
-----
      Df      Sum Sq      Mean Sq      F value      Pr(>F)
Bloco      2 6.701e+08 3.351e+08      2.470      0.102
Trat      3 5.894e+09 1.965e+09     14.486 5.16e-06 ***
Amb      3 5.420e+10 1.807e+10    133.223 < 2e-16 ***
Trat:Amb   9 1.470e+09 1.634e+08      1.205      0.328
Residuals 30 4.069e+09 1.356e+08
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
AIC = 1050.477
BIC = 1086.03

```

```

-----
-----Analise de variancia com parcela subdividida
-----

```

```

-----
-Considerando o modelo com 2 erros (Erro a e Erro b) - (PS2):
Yijk = m + Bloco + Pi + Erroa + Sj + PSij + Errob
-----
      Df      Sum Sq      Mean Sq      F value      Pr(>F)
Bloco      2 6.701e+08 3.351e+08      2.955      0.0713 .
Trat      3 5.894e+09 1.965e+09     17.326 3.35e-06 ***
Amb      3 5.420e+10 1.807e+10    159.333 5.62e-16 ***
Bloco:Trat 6 1.347e+09 2.245e+08      1.980      0.1085
Trat:Amb   9 1.470e+09 1.634e+08      1.441      0.2263
Residuals 24 2.722e+09 1.134e+08
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

AIC = 1043.175  
BIC = 1089.955

-----  
-----  
-Considerando o modelo com 3 erros (Erro a, Erro b e Erro c) -  
(PS3):  $Y_{ijk} = m + \text{Bloco} + P_i + \text{Erroa} + S_j + \text{Errob} + \text{PS}_{ij} + \text{Erroc}$   
-----

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloco	2	6.701e+08	3.351e+08	3.432	0.0546 .
Trat	3	5.894e+09	1.965e+09	20.126	5.58e-06 ***
Amb	3	5.420e+10	1.807e+10	185.088	1.03e-13 ***
Bloco:Trat	6	1.347e+09	2.245e+08	2.300	0.0798 .
Bloco:Amb	6	9.644e+08	1.607e+08	1.647	0.1918
Trat:Amb	9	1.470e+09	1.634e+08	1.674	0.1684
Residuals	18	1.757e+09	9.762e+07		

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  
AIC = 1034.175  
BIC = 1092.182  
-----

-----  
-----  
-----Analise de variancia com Medidas Repetidas e diferentes  
estruturas de erro  
-----

-----  
-- Matriz de covariancia 1: Variance componentes (VC)  
-----

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1106.1258	<.0001
Bloco	2	2.4704	0.1016
Trat	3	14.4864	<.0001
Amb	3	133.2228	<.0001
Trat:Amb	9	1.2047	0.3285

Variância residual: 135623855

--  
AIC = 706.9225  
BIC = 733.5453  
-----

-----  
-- Matriz de covariancia 2: Simetria Composta (CS)  
-----

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	668.1515	<.0001
Bloco	2	1.4923	0.2411
Trat	3	8.7505	0.0003
Amb	3	159.3335	<.0001
Trat:Amb	9	1.4408	0.2154

Variância residual: 141180302

--  
AIC = 707.6517  
BIC = 735.6757

-----  
-- Matriz de covariancia 3: Simetria Composta Heterogenea (CSH)  
-----

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	910.7869	<.0001
Bloco	2	2.1884	0.1297
Trat	3	12.8233	<.0001
Amb	3	89.3701	<.0001
Trat:Amb	9	1.2076	0.3268

Variância residual: 417859147

--

AIC = 689.4378

BIC = 721.6654

-----  
-- Matriz de covariancia 4: Auto-Regressiva (AR)  
-----

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1055.2199	<.0001
Bloco	2	2.3346	0.1142
Trat	3	13.7264	<.0001
Amb	3	134.7453	<.0001
Trat:Amb	9	1.2063	0.3275

Variância residual: 136189641

--

AIC = 708.9038

BIC = 736.9277

-----  
-- Matriz de covariancia 5: Auto-Regressiva Heterogenea (ARH)  
-----

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1526.2163	<.0001
Bloco	2	3.3472	0.0487
Trat	3	22.5739	<.0001
Amb	3	69.9312	<.0001
Trat:Amb	9	0.9925	0.4667

Variância residual: 418648319

--

AIC = 694.6002

BIC = 726.8277

-----  
-- Matriz de covariancia 6: Não Estruturada (UN)  
-----

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1357.8144	<.0001
Bloco	2	48.9725	<.0001
Trat	3	18.6622	<.0001
Amb	3	79.8129	<.0001
Trat:Amb	9	1.6697	0.1406

Variância residual: 534563430

--

AIC = 678.4729

BIC = 717.7064

-----  
-- Valores comparativos de AIC e BIC para escolha do melhor modelo (RESUMO):  
-----

-----  
-- AIC: O modelo mais adequado possui o MENOR AIC  
-----

	FAT	PS2	PS3	VC	CS	CSH	AR1	AR1H
UN								
1	1050.48	1043.18	1034.17	706.92	707.65	689.44	708.9	694.6

678.47

-----  
-- BIC: O modelo mais adequado possui o MENOR BIC  
-----

	FAT	PS2	PS3	VC	CS	CSH	AR1	AR1H
UN								
1	1086.03	1089.96	1092.18	733.55	735.68	721.67	736.93	726.83

717.71

-----  
Variavel = 3            NFNC  
-----

-----  
----Análise de variância Fatorial  
-----

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloco	2	7.082e+10	3.541e+10	2.622	0.0893 .
Trat	3	5.477e+10	1.826e+10	1.352	0.2764
Amb	3	1.404e+11	4.679e+10	3.464	0.0284 *
Trat:Amb	9	1.680e+11	1.867e+10	1.382	0.2397
Residuals	30	4.052e+11	1.351e+10		

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

AIC = 1271.326

BIC = 1306.878

-----  
----Análise de variância com parcela subdividida  
-----

-----  
-Considerando o modelo com 2 erros (Erro a e Erro b) - (PS2):  
Yijk = m + Bloco + Pi + Erroa + Sj + PSij + Errob

```

-----
              Df      Sum Sq   Mean Sq F value Pr(>F)
Bloco         2 7.082e+10 3.541e+10  2.867 0.0765 .
Trat          3 5.477e+10 1.826e+10  1.478 0.2456
Amb           3 1.404e+11 4.679e+10  3.789 0.0235 *
Bloco:Trat    6 1.088e+11 1.813e+10  1.468 0.2312
Trat:Amb      9 1.680e+11 1.867e+10  1.512 0.2002
Residuals    24 2.964e+11 1.235e+10
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
AIC = 1268.319
BIC = 1315.099

```

```

-----
-Considerando o modelo com 3 erros (Erro a, Erro b e Erro c) -
(PS3): Yijk = m + Bloco + Pi + Erroa + Sj + Errob + PSij + Erroc
-----

```

```

              Df      Sum Sq   Mean Sq F value Pr(>F)
Bloco         2 7.082e+10 3.541e+10  3.146 0.0674 .
Trat          3 5.477e+10 1.826e+10  1.622 0.2194
Amb           3 1.404e+11 4.679e+10  4.157 0.0211 *
Bloco:Trat    6 1.088e+11 1.813e+10  1.611 0.2014
Bloco:Amb     6 9.378e+10 1.563e+10  1.389 0.2723
Trat:Amb      9 1.680e+11 1.867e+10  1.659 0.1724
Residuals    18 2.026e+11 1.126e+10
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
AIC = 1262.06
BIC = 1320.068

```

```

-----
-----Analise de variancia com Medidas Repetidas e diferentes
estruturas de erro
-----

```

```

-----
-- Matriz de covariancia 1: Variance componentes (VC)
-----

```

```

Denom. DF: 30
      numDF  F-value p-value
(Intercept)  1 385.0726 <.0001
Bloco        2  2.6217  0.0893
Trat         3  1.3517  0.2764
Amb          3  3.4643  0.0284
Trat:Amb     9  1.3824  0.2397
Variance residual: 13506111111
--
AIC = 844.9529
BIC = 871.5757

```

```

-----
-- Matriz de covariancia 2: Simetria Composta (CS)
-----

```

```

Denom. DF: 30

```

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	286.85461	<.0001
Bloco	2	1.95296	0.1595
Trat	3	1.00689	0.4033
Amb	3	3.78857	0.0204
Trat:Amb	9	1.51177	0.1890
Variancia residual: 13795138831			
AIC = 846.572			
BIC = 874.5959			

-----  
 -- Matriz de covariancia 3: Simetria Composta Heterogenea (CSH)  
 -----

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1682.4803	<.0001
Bloco	2	10.8267	0.0003
Trat	3	13.2171	<.0001
Amb	3	3.6795	0.0228
Trat:Amb	9	1.5771	0.1673
Variancia residual: 22134199560			
--			
AIC = 834.5042			
BIC = 866.7317			

-----  
 -- Matriz de covariancia 4: Auto-Regressiva (AR)  
 -----

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	400.3528	<.0001
Bloco	2	2.7636	0.0791
Trat	3	1.4275	0.2542
Amb	3	3.5035	0.0273
Trat:Amb	9	1.3723	0.2441
Variancia residual: 13475028571			
--			
AIC = 846.9407			
BIC = 874.9646			

-----  
 -- Matriz de covariancia 5: Auto-Regressiva Heterogenea (ARH)  
 -----

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	2038.6487	<.0001
Bloco	2	12.7671	0.0001
Trat	3	15.0367	<.0001
Amb	3	3.4609	0.0285
Trat:Amb	9	1.3427	0.2575
Variancia residual: 21643528257			
--			
AIC = 835.5712			
BIC = 867.7987			

-----

-- Matriz de covariancia 6: Não Estruturada (UN)

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	5987.196	<.0001
Bloco	2	21.990	<.0001
Trat	3	51.470	<.0001
Amb	3	3.929	0.0177
Trat:Amb	9	1.199	0.3314

Variancia residual: 20061555620

--

AIC = 829.2833

BIC = 868.5168

-- Valores comparativos de AIC e BIC para escolha do melhor modelo (RESUMO):

-- AIC: O modelo mais adequado possui o MENOR AIC

	FAT	PS2	PS3	VC	CS	CSH	AR1	AR1H
UN	1271.33	1268.32	1262.06	844.95	846.57	834.5	846.94	835.57

829.28

-- BIC: O modelo mais adequado possui o MENOR BIC

	FAT	PS2	PS3	VC	CS	CSH	AR1	AR1H	UN
1	1306.88	1315.1	1320.07	871.58	874.6	866.73	874.96	867.8	868.52

Variavel = 4 PFNC

-----Analise de variancia Fatorial

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloco	2	3.609e+08	180428527	3.009	0.0644 .
Trat	3	9.524e+07	31746118	0.529	0.6655
Amb	3	9.377e+06	3125652	0.052	0.9840
Trat:Amb	9	7.070e+08	78550101	1.310	0.2730
Residuals	30	1.799e+09	59963763		

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

AIC = 1011.302

BIC = 1046.855

-----  
 -----Análise de variância com parcela subdividida  
 -----

-Considerando o modelo com 2 erros (Erro a e Erro b) - (PS2):  
 $Y_{ijk} = m + \text{Bloco} + P_i + \text{Erroa} + S_j + \text{PS}_{ij} + \text{Errob}$

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloco	2	3.609e+08	180428527	3.741	0.0385 *
Trat	3	9.524e+07	31746118	0.658	0.5857
Amb	3	9.377e+06	3125652	0.065	0.9780
Bloco:Trat	6	6.415e+08	106920900	2.217	0.0765 .
Trat:Amb	9	7.070e+08	78550101	1.629	0.1631
Residuals	24	1.157e+09	48224478		

---  
 Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  
 AIC = 1002.133  
 BIC = 1048.913

-----  
 -----Considerando o modelo com 3 erros (Erro a, Erro b e Erro c) -  
 (PS3):  $Y_{ijk} = m + \text{Bloco} + P_i + \text{Erroa} + S_j + \text{Errob} + \text{PS}_{ij} + \text{Erroc}$   
 -----

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloco	2	360857053	180428527	3.959	0.0376 *
Trat	3	95238353	31746118	0.697	0.5662
Amb	3	9376956	3125652	0.069	0.9759
Bloco:Trat	6	641525403	106920900	2.346	0.0751 .
Bloco:Amb	6	337035179	56172530	1.233	0.3358
Trat:Amb	9	706950911	78550101	1.724	0.1556
Residuals	18	820352295	45575128		

---  
 Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  
 AIC = 997.6122  
 BIC = 1055.619

-----  
 -----Análise de variância com Medidas Repetidas e diferentes  
 estruturas de erro  
 -----

-- Matriz de covariância 1: Variance componentes (VC)

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	336.1680	<.0001
Bloco	2	3.0090	0.0644
Trat	3	0.5294	0.6655
Amb	3	0.0521	0.9840
Trat:Amb	9	1.3100	0.2730
Variância residual:		59963763	

AIC = 682.4382  
BIC = 709.061

-----  
-- Matriz de covariancia 2: Simetria Composta (CS)  
-----

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	188.53095	<.0001
Bloco	2	1.68750	0.2021
Trat	3	0.29691	0.8273
Amb	3	0.06481	0.9781
Trat:Amb	9	1.62884	0.1519

Variancia residual: 62898583

--  
AIC = 682.6793  
BIC = 710.7033

-----  
-- Matriz de covariancia 3: Simetria Composta Heterogenea (CSH)  
-----

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1359.9786	<.0001
Bloco	2	14.2994	<.0001
Trat	3	5.6780	0.0033
Amb	3	0.4338	0.7304
Trat:Amb	9	1.5436	0.1782

Variancia residual: 133986457

--  
AIC = 664.7302  
BIC = 696.9578

-----  
-- Matriz de covariancia 4: Auto-Regressiva (AR)  
-----

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	239.95259	<.0001
Bloco	2	1.81454	0.1803
Trat	3	0.32221	0.8092
Amb	3	0.06468	0.9781
Trat:Amb	9	1.49840	0.1937

Variancia residual: 61720489

--  
AIC = 683.5913  
BIC = 711.6152

-----  
-- Matriz de covariancia 5: Auto-Regressiva Heterogenea (ARH)  
-----

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1397.6819	<.0001
Bloco	2	14.2436	<.0001
Trat	3	4.0778	0.0153
Amb	3	0.3787	0.7690

Trat:Amb 9 1.3267 0.2650  
 Variância residual: 131193035  
 --  
 AIC = 668.2001  
 BIC = 700.4276

-----  
 -- Matriz de covariancia 6: Não Estruturada (UN)  
 -----

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	10725.474	<.0001
Bloco	2	62.684	<.0001
Trat	3	60.901	<.0001
Amb	3	0.653	0.5876
Trat:Amb	9	1.258	0.2991

Variância residual: 122880705  
 --  
 AIC = 658.1915  
 BIC = 697.425

-----  
 -- Valores comparativos de AIC e BIC para escolha do melhor modelo (RESUMO):  
 -----

-----  
 -- AIC: O modelo mais adequado possui o MENOR AIC  
 -----

	FAT	PS2	PS3	VC	CS	CSH	AR1	AR1H	UN
1	1011.3	1002.13	997.61	682.44	682.68	664.73	683.59	668.2	658.19

-----  
 -- BIC: O modelo mais adequado possui o MENOR BIC  
 -----

	FAT	PS2	PS3	VC	CS	CSH	AR1	AR1H	UN
1	1046.85	1048.91	1055.62	709.06	710.7	696.96	711.62	700.43	697.43

-----  
 Variavel = 5 NTF  
 -----

-----  
 -----Análise de variancia Fatorial  
 -----

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloco	2	1.497e+11	7.486e+10	2.282	0.120
Trat	3	1.144e+12	3.813e+11	11.622	3.19e-05 ***
Amb	3	1.952e+12	6.506e+11	19.832	2.81e-07 ***
Trat:Amb	9	2.818e+11	3.131e+10	0.954	0.495
Residuals	30	9.842e+11	3.280e+10		



Bloco	2	2.2819	0.1195
Trat	3	11.6219	<.0001
Amb	3	19.8320	<.0001
Trat:Amb	9	0.9543	0.4952

Variância residual: 3.2805e+10

--  
AIC = 871.5761  
BIC = 898.1988

-----  
-- Matriz de covariancia 2: Simetria Composta (CS)  
-----

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	742.9576	<.0001
Bloco	2	1.5516	0.2284
Trat	3	7.9021	0.0005
Amb	3	22.4772	<.0001
Trat:Amb	9	1.0816	0.4043

Variância residual: 33770137974

--  
AIC = 872.8858  
BIC = 900.9097

-----  
-- Matriz de covariancia 3: Simetria Composta Heterogenea (CSH)  
-----

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	2001.4281	<.0001
Bloco	2	3.3410	0.0490
Trat	3	30.4798	<.0001
Amb	3	22.3597	<.0001
Trat:Amb	9	1.1485	0.3616

Variância residual: 50177283023

--  
AIC = 863.5991  
BIC = 895.8266

-----  
-- Matriz de covariancia 4: Auto-Regressiva (AR)  
-----

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1309.0826	<.0001
Bloco	2	2.8969	0.0707
Trat	3	14.2623	<.0001
Amb	3	18.1518	<.0001
Trat:Amb	9	0.8627	0.5674

Variância residual: 32429503147

--  
AIC = 873.262  
BIC = 901.2859

-----  
-- Matriz de covariancia 5: Auto-Regressiva Heterogenea (ARH)  
-----

```

Denom. DF: 30
      numDF  F-value p-value
(Intercept)  1 3578.283 <.0001
Bloco        2   6.037 0.0063
Trat         3  51.124 <.0001
Amb          3  15.785 <.0001
Trat:Amb     9   0.815 0.6063
Variância residual: 53356111163
--
AIC = 864.4564
BIC = 896.6839

```

-----  
-- Matriz de covariância 6: Não Estruturada (UN)  
-----

```

Denom. DF: 30
      numDF  F-value p-value
(Intercept)  1 72474.14 <.0001
Bloco        2  53.84 <.0001
Trat         3 1549.76 <.0001
Amb          3  25.87 <.0001
Trat:Amb     9   0.77 0.6472
Variância residual: 50061537696
--
AIC = 840.6694
BIC = 879.903

```

-----  
-- Valores comparativos de AIC e BIC para escolha do melhor modelo (RESUMO):  
-----

-----  
-- AIC: O modelo mais adequado possui o MENOR AIC  
-----

	FAT	PS2	PS3	VC	CS	CSH	AR1	AR1H
UN								
1	1313.92	1309.2	1312.92	871.58	872.89	863.6	873.26	864.46
	840.67							

-----  
-- BIC: O modelo mais adequado possui o MENOR BIC  
-----

	FAT	PS2	PS3	VC	CS	CSH	AR1	AR1H
UN								
1	1349.48	1355.98	1370.93	898.2	900.91	895.83	901.29	896.68
	879.9							

-----  
Variavel = 6           RTOPT  
-----

-----  
-----Análise de variância Fatorial

```

-----
          Df      Sum Sq   Mean Sq F value   Pr(>F)
Bloco      2 1.861e+09 9.305e+08   3.591 0.039973 *
Trat       3 6.546e+09 2.182e+09   8.421 0.000329 ***
Amb        3 5.398e+10 1.799e+10  69.438 1.33e-13 ***
Trat:Amb   9 1.992e+09 2.213e+08   0.854 0.574520
Residuals 30 7.774e+09 2.591e+08

```

```

---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
AIC = 1081.552
BIC = 1117.105

```

```

-----
-----Analise de variancia com parcela subdividida
-----

```

```

-----
-Considerando o modelo com 2 erros (Erro a e Erro b) - (PS2):
Yijk = m + Bloco + Pi + Erroa + Sj + PSij + Errob

```

```

-----
          Df      Sum Sq   Mean Sq F value   Pr(>F)
Bloco      2 1.861e+09 9.305e+08   4.693 0.0190 *
Trat       3 6.546e+09 2.182e+09  11.004 9.75e-05 ***
Amb        3 5.398e+10 1.799e+10  90.739 3.10e-13 ***
Bloco:Trat 6 3.015e+09 5.024e+08   2.534 0.0482 *
Trat:Amb   9 1.992e+09 2.213e+08   1.116 0.3893
Residuals 24 4.759e+09 1.983e+08

```

```

---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
AIC = 1069.999
BIC = 1116.779

```

```

-----
-Considerando o modelo com 3 erros (Erro a, Erro b e Erro c) -
(PS3): Yijk = m + Bloco + Pi + Erroa + Sj + Errob + PSij + Erroc

```

```

-----
          Df      Sum Sq   Mean Sq F value   Pr(>F)
Bloco      2 1.861e+09 9.305e+08   4.270 0.030358 *
Trat       3 6.546e+09 2.182e+09  10.013 0.000417 ***
Amb        3 5.398e+10 1.799e+10  82.568 1.03e-10 ***
Bloco:Trat 6 3.015e+09 5.024e+08   2.306 0.079221 .
Bloco:Amb  6 8.365e+08 1.394e+08   0.640 0.697345
Trat:Amb   9 1.992e+09 2.213e+08   1.015 0.463787
Residuals 18 3.922e+09 2.179e+08

```

```

---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
AIC = 1072.72
BIC = 1130.727

```

```

-----
-----Analise de variancia com Medidas Repetidas e diferentes
estruturas de erro

```

-----  
-----  
-- Matriz de covariancia 1: Variance componentes (VC)  
-----

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1081.1858	<.0001
Bloco	2	3.5912	0.0400
Trat	3	8.4211	0.0003
Amb	3	69.4377	<.0001
Trat:Amb	9	0.8540	0.5745

Variância residual: 259120369

--  
AIC = 726.3448  
BIC = 752.9675

-----  
-----  
-- Matriz de covariancia 2: Simetria Composta (CS)  
-----

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	557.5968	<.0001
Bloco	2	1.8521	0.1744
Trat	3	4.3430	0.0118
Amb	3	90.7389	<.0001
Trat:Amb	9	1.1159	0.3820

Variância residual: 274327664

--  
AIC = 725.8965  
BIC = 753.9204

-----  
-----  
-- Matriz de covariancia 3: Simetria Composta Heterogenea (CSH)  
-----

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1374.8646	<.0001
Bloco	2	3.9687	0.0296
Trat	3	9.9693	0.0001
Amb	3	60.3374	<.0001
Trat:Amb	9	1.1124	0.3843

Variância residual: 613221142

--  
AIC = 709.3771  
BIC = 741.6046

-----  
-----  
-- Matriz de covariancia 4: Auto-Regressiva (AR)  
-----

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	917.8777	<.0001
Bloco	2	2.8950	0.0709
Trat	3	7.0014	0.0010
Amb	3	72.8243	<.0001

Trat:Amb 9 0.9226 0.5196  
Variancia residual: 263205732

--  
AIC = 728.0963  
BIC = 756.1203

-----  
-- Matriz de covariancia 5: Auto-Regressiva Heterogenea (ARH)  
-----

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	2039.8552	<.0001
Bloco	2	6.0651	0.0061
Trat	3	14.9480	<.0001
Amb	3	43.5505	<.0001
Trat:Amb	9	0.8760	0.5567

Variancia residual: 636495165  
--  
AIC = 715.358  
BIC = 747.5855

-----  
-- Matriz de covariancia 6: Não Estruturada (UN)  
-----

Denom. DF: 30

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	9708.550	<.0001
Bloco	2	31.619	<.0001
Trat	3	76.844	<.0001
Amb	3	55.634	<.0001
Trat:Amb	9	0.964	0.4878

Variancia residual: 672592371  
--  
AIC = 697.8441  
BIC = 737.0776

-----  
-- Valores comparativos de AIC e BIC para escolha do melhor modelo (RESUMO):  
-----

-----  
-- AIC: O modelo mais adequado possui o MENOR AIC  
-----

	FAT	PS2	PS3	VC	CS	CSH	AR1	AR1H	UN
1	1081.55	1070	1072.72	726.34	725.9	709.38	728.1	715.36	697.84

-----  
-- BIC: O modelo mais adequado possui o MENOR BIC  
-----

	FAT	PS2	PS3	VC	CS	CSH	AR1	AR1H	
UN	1	1117.11	1116.78	1130.73	752.97	753.92	741.6	756.12	747.59

737.08  
-----

```
> proc.time()
  user  system elapsed
 10.10   0.29   10.90
```

#### Anexo 4. Modelo aditivo lineal

Arquivo de Entrada: C:\Users\invest\_agricola\Desktop\BDMAL.txt

```
*****
SOFTWARE Rbio - BIOMETRIA NO R
Procedimento: ANOVA - DBC
Laboratorio de Biometria www.biometria.ufv.br
Autor: BHERING, L.L.
Data: 08/2016
*****
Data da Analise: Fri Oct 30 10:48:42 2020
```

```
-----
Variavel = 1          NTFC
-----
```

```
-----
Analysis of Variance Table
-----
```

	DF	SS	MS	Fc	Pr>Fc
Treatment	3	3.1085e+10	2	303.316	0.00000061
Block	2	1.5098e+09	4	22.098	0.00170791
Residuals	6	2.0497e+08	3		
Total	11	3.2800e+10	1		

```
-----
CV = 1.21 %
-----
```

```
-----
Shapiro-Wilk normality test
```

p-value: 0.2941382

According to Shapiro-Wilk normality test at 5% of significance, residuals can be considered normal.

```
-----
Homogeneity of variances test
```

p-value: 0.04480885

WARNING: at 5% of significance, residuals cannot be considered homocedastic!

```
-----
Tukey's test
```

-----  
-----  
Groups Treatments Means

a	1	555855.9
b	2	499639.6
c	4	458018
d	3	418558.6

-----  
-----

Variavel = 2            PTFC

-----  
-----

-----  
-----  
Analysis of Variance Table

	DF	SS	MS	Fc	Pr>Fc
Treatment	3	662970402	4	1327.7	7.4000e-09
Block	2	37281882	3	112.0	1.7754e-05
Residuals	6	998646	2		
Total	11	701250930	1		

-----  
-----

CV = 0.82 %

-----  
-----

Shapiro-Wilk normality test

p-value: 0.26678

According to Shapiro-Wilk normality test at 5% of significance, residuals can be considered normal.

-----  
-----

-----  
-----  
Homogeneity of variances test

p-value: 0.4602345

According to the test of oneillmathews at 5% of significance, the variances can be considered homocedastic.

-----  
-----

Tukey's test

-----  
-----

Groups Treatments Means

a	1	60045.24
b	2	52055.42
c	4	45786.05
d	3	40041.37

-----  
-----

Variavel = 3            NTFNC

-----  
-----  
-----  
Analysis of Variance Table  
-----  
-----

	DF	SS	MS	Fc	Pr>Fc
Treatment	3	1104942636	4	24.0233	0.000964
Block	2	64426630	3	2.1011	0.203409
Residuals	6	91989419	2		
Total	11	1261358685	1		

-----  
-----

CV = 1.14 %

-----  
-----

Shapiro-Wilk normality test

p-value: 0.7274193

According to Shapiro-Wilk normality test at 5% of significance, residuals can be considered normal.

-----  
-----

Homogeneity of variances test

p-value: 0.4103643

According to the test of oneillmathews at 5% of significance, the variances can be considered homocedastic.

-----  
-----

Tukey's test

-----  
-----

Groups Treatments Means

a	3	355135.1
ab	4	347207.2
bc	2	337657.7
c	1	329729.7

-----  
-----

Variavel = 4            PTFNC

-----  
-----

Analysis of Variance Table

-----  
-----

	DF	SS	MS	Fc	Pr>Fc
Treatment	3	151132	3	0.44251	0.73123
Block	2	11883	4	0.05219	0.94958
Residuals	6	683073	2		
Total	11	846088	1		

-----  
-----  
CV = 1.62 %  
-----  
-----

Shapiro-Wilk normality test  
p-value: 0.9776681  
According to Shapiro-Wilk normality test at 5% of significance,  
residuals can be considered normal.  
-----  
-----

-----  
-----  
Homogeneity of variances test  
p-value: 0.4094415  
According to the test of oneillmathews at 5% of significance,  
the variances can be considered homocedastic.  
-----  
-----

According to the F test, the means can not be considered  
distinct.

Levels	Means
1	1 21011.44
2	2 20893.60
3	3 20717.46
4	4 20780.38

-----  
-----

Variavel = 5            NTF  
-----  
-----  
-----

Analysis of Variance Table  
-----  
-----

	DF	SS	MS	Fc	Pr>Fc
Treatment	3	2.2037e+10	4	412.90	0.00000024
Block	2	1.2659e+09	3	35.58	0.00047025
Residuals	6	1.0674e+08	2		
Total	11	2.3410e+10	1		

-----  
-----

CV = 0.5 %  
-----  
-----

Shapiro-Wilk normality test  
p-value: 0.7640626  
According to Shapiro-Wilk normality test at 5% of significance,  
residuals can be considered normal.  
-----  
-----

-----  
-----  
Homogeneity of variances test  
p-value: 0.6771787  
According to the test of oneillmathews at 5% of significance,  
the variances can be considered homocedastic.  
-----  
-----

Tukey's test  
-----  
-----

Groups	Treatments	Means
a	1	899639.6
b	2	851351.3
c	4	819279.3
d	3	783063.1

-----  
-----

Variavel = 6            RPOT  
-----  
-----  
-----

Analysis of Variance Table  
-----  
-----

	DF	SS	MS	Fc	Pr>Fc
Treatment	3	683078397	3	531.38	1.1500e-07
Block	2	38595966	2	45.04	2.4358e-04
Residuals	6	2570979	4		
Total	11	724245341	1		

-----  
-----

CV = 0.93 %  
-----  
-----

Shapiro-Wilk normality test  
p-value: 0.7139458  
According to Shapiro-Wilk normality test at 5% of significance,  
residuals can be considered normal.  
-----  
-----

-----  
-----  
Homogeneity of variances test  
p-value: 0.4116447  
According to the test of oneillmathews at 5% of significance,  
the variances can be considered homocedastic.  
-----  
-----

Tukey's test

```
-----  
-----  
Groups Treatments Means  
a      1      81056.68  
b      2      72949.03  
  c    4      66566.43  
    d  3      60758.83  
-----  
-----  
> proc.time()  
   user  system elapsed  
   0.32   0.04   0.37
```