UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

“EVALUACION DELCOMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CUATRO HIBRIDOS DE TOMATE, BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE TOMATOYA-JINOTEGA”.

Para optar al título de Ingeniero Agrícola

Elaborado por

Br. Rosa Isabel Lacayo Barrios

Br. Lesly Junieth López Mercado

Tutor

MSc. Emilseth Carolina Padilla Duarte

Asesor

MSc. Sury A. Zamora Mayorga

Managua, Enero 2021

DEDICATORIA

A Dios

Por haberme dado la vida, por ser mi guía, mi fortaleza y el dador del conocimiento a mí persona para poder culminar con éxito uno de mis más grandes sueños y metas de mi vida, como lo es terminar mi carrera universitaria.

A mi madre

Carolina de los Ángeles Barrios, por estar siempre a mi lado apoyándome y brindándome su amor incondicional para poder forjarme en el camino correcto de la vida y por ser el motor principal que me generó fuerzas para alcanzar mi sueño como profesional y persona.

A mi tío

El **Ing. Cesar Montiel**, por estar incondicionalmente como un padre, por ser un gran ejemplo en mi vida, por todo su amor, por enseñarme sus buenos valores y en creer que todos los sueños se cumplen con esfuerzo y dedicación.

A toda mi familia que ha sido parte de mi vida, infundiéndome aliento en cada etapa de mi vida, al igual que todas las personas que siempre me brindaron su ayuda, enriqueciéndome de buenos consejos y esperanzas como lo son mis amistades.

Br. Rosa Isabel Lacayo Barrios

AGRADECIMIENTO

A Dios nuestro Señor por concederme la vida, la salud y el don indispensable para garantizar y lograr todos mis propósitos. Por permitirme culminar mis estudios universitarios y brindarme siempre su amor y protección.

A la MSc. Ing. Emilseth Padilla Duarte por su apoyo incondicional, por su enseñanza y dedicación para garantizar la culminación de tesis**.**

Al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) a través del proyecto KOPIA por darnos la oportunidad de ser parte de presente investigación para culminar nuestros estudios universitarios. A la MSc. Sury Zamora y al MSc. Victorino Blandón, por el apoyo, paciencia, dedicación y por todos sus conocimientos brindados en este proceso de elaboración de la monografía y al compañero Francisco Blandón por el apoyo brindado en la recolecta datos.

A la MSc. Nury Gutiérrez y a la Ing. Xiomara Mendoza, por todo el apoyo, por sus buenos consejos, confianza y por todo el cariño brindado en esta etapa de mi vida.

A mi compañera de tesis Lesly López, gracias por tu amistad y apoyo incondicional en este camino tan largo, y demás amig@s y profesores que en el camino fueron de alguna manera apoyo para seguir adelante en mi vida profesional.

Br. Rosa Isabel Lacayo Barrios

DEDICATORIA

A Dios

Por darme la vida, por ser mi guía, mi fuerza y el dador del don de entendimiento para poder culminar con éxito una de mis metas más grandes.

A mis abuelas

Luz Alemán e Isabel Figueroa, por sus oraciones, por ser mujeres que admiro y siempre han estado motivándome a continuar.

A mis padres

Donald López Figueroa, por su paciencia, su amor desmedido y porque es una pieza clave en la formación de mi vida, por su esfuerzo y brindarme la oportunidad de cursar una carrera universitaria.

A Liseth Mercado Alemán mi ejemplo de superación y lucha constante, mi motor, por confiar en mis decisiones y amarme tanto, por sus palabras de perseverancia y soporte incondicional

A mis hermanos

Chelsie y Liam, por estar incondicionalmente, porque este sueño no sería posible sin su apoyo y ayuda siempre que los necesite, por creer que los sueños se pueden cumplir.

A toda mi familia que ha sido parte de este proceso, a **Jeffrey Moraga** por su apoyo incondicional, por animarme a seguir a pesar de cada tropiezo, y celebrar conmigo mis triunfos, por hacerme participe de su vida y enseñarme que las encrucijadas de la vida tienen más lados de los que parece.

A **Donald Santiago** porque, en medio de mis dudas, ha sido mi inspiración.

Br. Lesly Junieth López Mercado.

AGRADECIMIENTO

A Dios Todopoderoso, por permitirme llegar a concluir una de mis metas más grandes, así como también poner en mi camino a todas aquellas personas que de una u otra manera me han ayudado a crecer personalmente como profesional.

A mis padres, porque de una u otra forma este sueño siempre fue de los tres, gracias por darme la oportunidad de concluir este proceso.

A mi tutora la MSc. Ing. Emilseth Padilla Duarte, por dedicarnos su tiempo y conocimiento para la culminación de esta monografía, por impulsarnos a perseverar.

Al Instituto Nicaragüense de Tecnologías Agropecuaria (INTA) a través del proyecto KOPIA por abrirnos las puertas y darnos la oportunidad de ser parte de esta investigación. A la MSc. Sury Zamora por dejarnos ser partícipe de este proyecto, así como también brindarnos sus conocimientos tanto académicamente como profesional, al MSc. Victorino Blandón por el valioso apoyo en los análisis estadísticos, del mismo modo al compañero Francisco Blandón por su colaboración en la recopilación de datos.

A mis amigos Francisco Mayorga, Yaskany Gallegos, Harnaldo Osorio y Massiel López quienes han sido más que colegas en este proceso académico, además me han apoyado, aconsejado y ayudado en cada momento de mi vida personal y profesional.

A mi compañera de tesis Rosa Lacayo, no solo por confiar en mi persona sino que también por regalarme tu amistad y compañerismo en este proceso de culminación de estudio.

Br. Lesly Junieth López Mercado.

RESUMEN

En Nicaragua el cultivo del tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) constituye una actividad de importancia económica, especialmente en los departamentos de mayor producción, Matagalpa, Jinotega y Estelí. En el país los rendimientos son variables debido a diferentes factores, uno de ellos se le atribuye al poco implemento de prácticas y tecnologías de manejo en los sistemas productivos.

En ese sentido el presente estudio en la búsqueda de una alternativa que permita mejorar los rendimientos, se evaluaron tres híbridos procedentes de Corea del Sur más un hibrido comercial bajo sistema de agricultura protegida. El diseño experimental implementado fue Bloque Completo al Azar (BCA) con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos.

El rendimiento fue estimado mediante la metodología medias repetidas longitudinales y separaciones de medias a través de prueba de Tukey (α=0.05), de igual manera se realizaron correlaciones fenotípicas entre los componentes de rendimientos, el programa utilizados para ambos análisis fue el programa R versión 4.0.2 (2020-06-22), de igual manera se realizó un análisis de suelo mediante la metodología mostrada en la guía del laboratorio de edafología de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Los resultados obtenidos demuestran que los rendimientos superaron el rendimiento promedio nacional, siendo los hibrido de mejor comportamiento Tisey y Miranda con rendimiento promedios de 109,728 kg ha^{-1} y 104,695.9 kg ha^{-1} respectivamente, de igual manera se muestran correlaciones positivas 0.97 entre el rendimiento y las variables de peso promedio de frutos y número de frutos comerciales.

Según el análisis físico y químico el suelo de la finca Chagüite Grande en la cual se realizó el estudio presento una textura arcillosa y pH de 5.94 considerado apto para el cultivo de tomate.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN 1

II. ANTECEDENTES 3

III. JUSTIFICACIÓN 4

IV. OBJETIVOS 5

4.1. Objetivo General: 5

4.2. Objetivos Específicos: 5

V. MARCO TEORICO 6

5.1. Generalidades 6

5.2. Importancia económica del cultivo de tomate 6

5.3 Tipos de crecimiento del cultivo de tomate 7

5.3.1. Tomate de crecimiento determinado 7

5.3.2. Tomate de crecimiento indeterminado 7

5.3.3. Tomate de crecimiento semi indeterminado 8

5.4. Condiciones edafoclimáticas del suelo 8

5.4.1. Suelo: 8

5.4.2. Temperatura: 8

5.4.3. Humedad: 9

5.5. Requerimientos nutricionales del cultivo de tomate 9

5.6. Sistema de agricultura protegida 10

5.6.1. Tipos de agricultura protegida 10

5.6.2. Ventajas y desventajas de utilizar agricultura protegida 11

5.6.3. Rendimiento del cultivo de tomate en casa malla 12

5.6.4. Rendimiento del cultivo de tomate a Campo Abierto 12

5.7. Concepto de Híbrido. 13

5.8. Análisis de varianza 13

5.8.1. Medias repetidas en el tiempo 13

5.8.2. Modelo Aditivo Lineal 14

5.9. Principales plagas y enfermedades del cultivo de tomate 16

5.9.1. Plagas 16

5.9.2. Enfermedades 16

VI. HIPÓTESIS 17

6.1. Hipótesis de investigación (Hi): 17

6.2. Hipótesis Nula (Ho): 17

6.3. Hipótesis Alternativa (Ha): 17
VII. DISEÑO METODOLÓGICO 18
7.1. Tipo de investigación 18
7.1.1. Según el enfoque de la investigación 18
7.1.2. Según el alcance de los resultados 18
7.1.3. Según el tiempo de ocurrencia 18
7.1.4. Según el período en que se realiza el estudio 18
7.2. Ubicación y área de Estudio 19
7.2.1. Descripción de la zona de estudio 19
7.3. Metodología para la determinación de las propiedades físico-químico del suelo, a través de análisis de suelo en Laboratorio. 20
7.3.1. Muestreo de Suelo. 20
7.3.2. Análisis de Laboratorio. 21
7.4. Metodología para estimar el potencial productivo de cuatros híbridos de tomate, bajo condiciones protegidas, mediante la evaluación de sus componentes de rendimiento 30
7.5. Metodología para la determinación de las correlaciones fenotípicas de variables de rendimiento entre las variables de Frutos comerciales y no comerciales. 37
VIII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 38
8.1. Análisis de las propiedades físico químicas del suelo para el establecimiento de los cuatro híbridos de tomate. 38
8.2. Estimación del potencial productivo de cuatros híbridos de tomate. 40
8.3. Determinación de las correlaciones fenotípicas de variables de rendimiento entre los cuatros híbridos de tomate. 47
IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 49
9.2 Conclusiones 49
9.3 Recomendaciones 51
X. BIBLIOGRAFÍA 52
XI. ANEXOS i

INDICE DE FIGURAS

Figuras		Páginas
1	Tomate crecimiento determinado.	7
2	Tomate crecimiento indeterminado determinado.	7
3	Tomate crecimiento semi-indeterminado.	8
4	Sistema de agricultura protegida.	10
5	Macrolocalización Parcela Tomate.	19
6	Microlocalización Parcela Tomate.	20
7	Poda en el cultivo de Tomate.	32
8	Tutorado en el cultivo de Tomate.	32
9	Deschuponado en el cultivo de Tomate.	33
10	Peso del fruto.	34
11	Diagrama de Caja y Bigotes.	36
12	Gráfico de caja y bigotes para las Figuras A) puntuaciones de Rendimiento con respecto al Tratamiento y B) puntuaciones de Rendimiento con respecto a las Repeticiones (Bloque).	45
13	Mapa de calor de correlaciones fenotípicas	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Paginas
1	Híbridos del tomate a ser evaluados en municipio de Tomatoya.	30
2	Resultado de los Análisis Físicos obtenidos en laboratorio de edafología de la Universidad Nacional de Ingeniería.	38
3	Resultado de los Análisis Químicos obtenidos en laboratorio de Suelos y Agua-LABSA de la Universidad Nacional de Agraria.	39
4	P-valor de las variables de componentes de rendimiento.	40
5	Separaciones de media según Tukey (α=0.05) para las variables de Rendimiento Total.	41
6	Separaciones de media según Tukey (α=0.05) para las variables números promedios de frutos comerciales	42
7	Separaciones de media según Tukey (α=0.05) para las variables números promedios de frutos no comerciales	43
8	Separaciones de media según Tukey (α=0.05) para las variables pesos promedios de frutos comerciales.	43
9	Separaciones de media según Tukey (α=0.05) para las variables pesos promedios de frutos no comerciales	44

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo del tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) es una de las hortalizas de mayor importancia a nivel mundial, esto se debe a sus cualidades nutricionales altos contenido de antioxidantes y vitamina (MSc. Alarcón Zayas, 2013, pág. 10). Entre los países de América Latina de mayor producción se encuentran; Argentina, Brasil y Chile con producciones anuales de 150 t. países que contribuyen aproximadamente en el 70 % de la producción mundial. (MIFIC, 2017).

Según datos de la (FAO, 2018), Centroamérica representa el 15.3% de la producción mundial de tomate. Dentro de la Región podemos destacar que el mayor productor de Tomate fue Guatemala con 331,338.00 kg ha (58.56% de la producción regional), en segundo lugar, Nicaragua con 80,723.00 kg ha (14.27%), en tercer lugar, Honduras con 76,567.00 kg ha (13.53%), en cuarto lugar, Costa rica con 57,238.00 kg ha (10.12%) y en último lugar El salvador con 19,915.00 kg ha (3.52%).

En Nicaragua, el cultivo de tomate constituye una actividad de gran importancia económica para pequeños y medianos productores. El consumo nacional de tomate se estima en 50 millones de kilogramos y para este mismo se cosechó 1,637 hectáreas. (MIFIC, 2017).

Según (FAO, 2018) en Nicaragua se establecen 1,706 ha, con rendimientos de 41,963.9 kg ha^{-1} lo que conlleva a una producción final de 71,577 t, las zonas productoras de tomate de mayor importancia en Nicaragua, se encuentran en los departamentos de Matagalpa, Jinotega y Estelí, particularmente en los Valles de Sébaco y Tomatoya.

La Producción de Tomate en Nicaragua se encuentra actualmente de acorde la demanda nacional, el comercio ha venido a aportar mejores precios a los productores y diferentes variedades para los consumidores. Muchos Pequeños Productores han incursionado de lleno a la venta a través de los Supermercados,

principalmente gracias a la alianza con Hortifruti, quien a su vez suple los Supermercados de la Unión y Pali. (MIFIC, 2017).

En esta Investigación se determinaron las propiedades edáficas del suelo, se estimó el potencial productivo mediante la evaluación de sus componentes de rendimiento y se determinaron las correlaciones fenotípicas de rendimiento tomando las variables de Frutos Comerciales y No Comerciales para evaluar el comportamiento productivo de los cuatro híbridos de tomate, bajo condiciones protegidas, en el municipio de Tomatoya-Jinotega.

II. ANTECEDENTES

Un estudio realizado por Olivas y Salgado (2013) en el centro experimental las Mercedes propiedad de la Universidad Nacional Agraria, en el que evaluaron el rendimiento y comportamiento agronómico de siete genotipos de tomate bajo casa malla en un diseño de bloques completos al azar obteniendo los mejores rendimientos la línea AVTO1203 con 94,500 kg ha^{-1} y el hibrido Shanty con 85,500 kg $ha^{-1.}$

Andrade y Loásiga (2015) realizaron un experimento en el centro experimental las Mercedes propiedad de la Universidad Nacional Agraria, en el cual evaluaron el crecimiento y rendimiento de la variedad Shanty en tres distancias de siembra bajo casa malla, el diseño experimental fue de bloques completos al azar obteniendo como mejor resultado un rendimiento de 24,971.56 kg ha^{-1} a una distancia de siembra 1.10 m.

Blandón F. (2015) realizó la evaluación y selección de líneas de tomate tolerantes a enfermedades y con alta productividad en San Isidro, Darío y Jinotega, primera y postrera 2015.En todos los ambientes la variedad que presentó las mejores características agronómicas, mejor rendimiento total y comercial y tolerancia a virus fue la INTA JL-5, seguido de los genotipos 1008 Nicaragua, 1008 Honduras, 1004 y CLN 3125. Los rendimientos oscilaron 2.19 a 3.18 kg por planta. Se seleccionó a la variedad INTA JL-5 con el mejor rendimiento, peso y calidad de frutos, seguido de la línea 1008 Nicaragua, 1008 Honduras, 1004 y 1003.

El INTA en el 2018, realizó un estudio preliminar de comportamiento productivo de seis híbridos de tomate en condiciones climáticas del municipio de San Isidro, Matagalpa, ciclo riego 2018, en el cual, se identificaron híbridos promisorio tales como Aarat y Shanty con rendimiento promedio de 30.23 t. ha^{-1} 30.42 t. ha^{-1} respectivamente.

III. JUSTIFICACIÓN

A pesar que Nicaragua posee condiciones adecuadas para la producción del cultivo de tomate, uno de los factores que limita la producción de tomate es el poco implemento de prácticas y tecnologías de manejo por parte de los productores, así como también las altas incidencias de plagas y enfermedades que afectan directamente los sistemas productivos y la rentabilidad de los mismos.

Una alternativa tecnológica, fue la implementación de un sistema de agricultura protegida mediante el uso de infraestructuras como lo fue la casa malla y también el buen manejo agronómico que se le dio al cultivo como lo fueron las podas, tutoreo y amarre, deschuponado, etc., prácticas que reducen los daños a plagas y enfermedades, minimizando el impacto climático y así contribuir a la obtención de frutos de calidad e inocuidad, debido a que se disminuyeron las aplicaciones de productos químicos como fungicidas, insecticidas, a su vez, permitieron cosechar en épocas de mayor demanda y así acceder a mejores precios en el mercado.

El presente estudio determino el mejoramiento de la producción del cultivo de tomate, mediante la identificación de nuevos genotipos adaptados a las condiciones edafoclimáticas de las principales zonas productoras del país, como también la reducción de costos y el aumento de los rendimientos mediante la implementación de prácticas y tecnologías que fueron de fácil acceso para los productores de tomate, en el municipio de Tomatoya, departamento de Jinotega.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General:

- ✓ Evaluar el comportamiento productivo de cuatro híbridos de tomate, bajo condiciones protegidas, ubicado en el municipio de Tomatoya-Jinotega.

4.2. Objetivos Específicos:

- ✓ Efectuar la determinación de las propiedades edáficas del suelo, a través de un análisis de laboratorio.

- ✓ Estimar el potencial productivo de cuatros híbridos de tomate, bajo condiciones protegidas, mediante la evaluación de sus componentes de rendimiento.

- ✓ Determinar las correlaciones fenotípicas de variables de rendimiento entre los cuatros híbridos de tomate tomando variables de Frutos comerciales y no comerciales.

V. MARCO TEORICO

5.1. Generalidades

El origen del género ***Lycopersicum,*** se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile, pero parece que fue en México donde se domesticó. El tomate es una hortaliza que presenta una alta diversidad genética, existiendo innumerables variedades con distinto aspecto, color y sabor, además de presentar una demanda que aumenta continuamente y, con ello su producción y comercialización. (INIA, 2017, pág. 14).

5.2. Importancia económica del cultivo de tomate

Según (Alberto, 2009, pág. 1) En Nicaragua, el cultivo de tomate constituye una actividad de gran importancia económica, representa una fuente básica de empleo en las zonas donde se cultiva. En el país cuenta con condiciones edafoclimáticas óptimas para el cultivo del tomate.

Según (INIDE, 2018) se cosecharon 2.4 miles de manzanas de tomate, con una producción de 1.6 millones de quintales, 3.6% menor a lo registrado en el ciclo anterior (1.64 millones de quintales) y 93% de cumplimiento de la meta (1.7 millones de quintales). Se exportaron 52.7 miles de quintales (51.2% menor que 2016) con un valor de US$0.3 millones (53.8% menor que 2016). El consumo aparente de 2017 fue de 715.6 miles de quintales.

El consumo preferido del tomate es fresco, pero también es utilizado como producto industrializado para elaborar pastas, salsas, purés, jugos, etc., gracias a los avances tecnológicos para su procesamiento y a las modificaciones en los gustos y costumbres de las nuevas generaciones, lo que exige calidad en cuanto a su distribución y venta en fresco, determinando y condicionando al mercado. (MIFIC, 2017).

5.3 Tipos de crecimiento del cultivo de tomate

5.3.1. Tomate de crecimiento determinado

En las plantas de crecimiento determinado, hay una fuerte brotación de yemas axilares y se producen menor número de hojas (una a dos) entre los racimos florales. Se caracterizan por alcanzar una longitud máxima de dos metros y desarrollar una inflorescencia por cada hoja. En estas plantas la producción se maneja dejando varios tallos que se desarrollan simultáneamente. (CIAA, 2009, pág. 14).

Figura 1. Tomate crecimiento determinado.

Fuente: Blog Pinterest.com

5.3.2. Tomate de crecimiento indeterminado

Las plantas de crecimiento indeterminado se forman en la axila más joven de la hoja (la que esta inmediatamente por debajo del racimo floral). Una yema vegetativa que continua con su crecimiento formando tres o cuatros hojas y luego un nuevo racismo floral. De esta forma, las plantas pueden crecer indefinidamente alcanzando longitudes mayores a 5 metros. Generalmente requieren de un sistema de soporte o “tutorado” para mantenerse erectas. (CIAA, 2009, pág. 15).

Figura 2. Tomate de crecimiento indeterminado.

Fuente: SIDCES, Plantas de Jitomate con bastante y buena producción.

5.3.3. Tomate de crecimiento semi indeterminado

Se caracterizan por la interrupción del crecimiento de sus tallos después de un determinado número de inflorescencias, usualmente en una etapa muy avanzada del ciclo del cultivo. (INTA, 2017, pág. 17).

Figura 3. Tomate crecimiento semi-indeterminado

Fuente: iStock, Ilustración de plantas de Tomate Determinadas, Indeterminadas.

5.4. Condiciones edafoclimáticas del suelo

5.4.1. Suelo:

La rusticidad de la planta de tomate, permite que sea poco exigente a las condiciones de suelo. Sin embargo, debe tener un buen drenaje. De aquí la importancia de un suelo con alto contenido de materia orgánica. En suelos arcillosos y arenosos se desarrolla con un mínimo de 40 cm de profundidad.

El tomate está clasificado como una hortaliza tolerante a la acidez, prefiere suelos de pH entre 5.0 y 7.0, aunque admite cierta tolerancia a valores de pH más altos que 7.0. Las enmiendas de materia orgánica y azufre son benefíciales en este tipo de suelos. (INIA, 2017, pág. 16).

5.4.2. Temperatura:

La temperatura es el principal factor climático que influencia la mayoría de los estados de desarrollo y procesos fisiológicos de la planta. El desarrollo satisfactorio de sus diferentes fases (germinación, crecimiento vegetativo, floración, fructificación y maduración de frutos) depende del valor térmico que la planta alcanza en el invernadero en cada periodo crítico.

El óptimo térmico para el desarrollo del tomate durante el día es de 23-25 ºC y de 15-17 ºC durante la noche. Las temperaturas por debajo de 8 ºC y por encima de 30 ºC, alteran el desarrollo del tomate y suelen provocar una deficiente fructificación. (Agro, 2019).

5.4.3. Humedad:

La humedad relativa óptima oscila entre un 60 y 80 %, cuando éstas son muy elevadas, favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas, el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores.

El rajado del fruto igualmente puede tener su origen en un exceso de humedad edáfica o riego abundante tras un período de estrés hídrico. También una humedad relativa baja dificulta la fijación del polen al estigma de la flor. (Agro, 2019).

5.5. Requerimientos nutricionales del cultivo de tomate

La planta de tomate necesita absorber en promedio 2.5 a 3 kg de Nitrógeno, 0,2 a 0,4 kg de Fosforo y 2,6 a 3,6 kg de Potasio.

- ✓ Nitrógeno: El uso excesivo de este nutriente puede producir un cultivo demasiado vigoroso, con mala floración y frutos excesivamente grandes. Aproximadamente de 2,2 a 2,4 kg de N se remueve con cada tonelada de tomates producidos. Normalmente se esparcen fertilizantes nitrogenados antes de o al trasplantar, a menos que los patrones de lluvia lleven a una lixiviación de los nutrientes. Luego continúa la fertilización de cobertera antes de la floración.
- ✓ Fósforo: La mayoría de este nutriente se requiere en fases tempranas del desarrollo de las plantas, para asegurar un buen crecimiento de la raíz y la flor. Los cultivos necesitan entre 0,2 a 0,4 kg.
- ✓ Potasio: Este nutriente se necesita en cantidades mayores que las del nitrógeno. La absorción es entre 2,6 a 3,6 kg con la demanda más alta

durante el crecimiento del fruto. A las aplicaciones de fondo de potasio le siguen normalmente aplicaciones regulares de cobertera durante la temporada. (Iberian, 2020).

5.6. Sistema de agricultura protegida

La agricultura protegida es un sistema de producción realizado bajo diversas estructuras, para proteger cultivos, al minimizar las restricciones y efectos que imponen los fenómenos climáticos. La agricultura, por su naturaleza, se encuentra asociada al riesgo, de ahí que este sistema tenga como característica básica la protección contra los riesgos inherentes a esta actividad. Los riesgos pueden ser: climatológicos, económicos (rentabilidad, mercado) o de limitaciones de recursos productivos (agua o de superficie) (Méndez, 2019).

Figura 4. Sistema de agricultura protegida.

Fuente: 2000 AGRO, Revista Industrial del Campo.

El tomate puede cultivarse durante todo el año, pero hay que tener en cuenta que las heladas y el calor excesivo pueden dificultar su buen desarrollo en esas épocas. Para subsanar estos inconvenientes, es imprescindible la adopción de nuevas tecnologías, como el cultivo en invernadero (Méndez, 2019).

5.6.1. Tipos de agricultura protegida

Los tipos de agricultura más importante y utilizados por productores son los micro y macro túneles, invernaderos y casa malla, ya que ayudan a intensificar la producción de los cultivos en todo el año. (CORPOICA, 2012, pág. 32).

- ✓ **Micro túneles:** Estructura pequeña y construida con arcos sobre los que se adhieren cubiertas de plástico. Disminuye los efectos perjudiciales de las bajas temperaturas en los cultivos.

- ✓ **Macro túneles:** Este elemento de fácil construcción tiene forma semicircular y está cubierto por malla sombra o polietileno. Es ideal para la producción de hortalizas y plantas ornamentales.
- ✓ **Invernaderos:** Estructura alta y fija que permite controlar de manera eficiente los principales factores ambientales que impiden el desarrollo de los cultivos, tales como lluvias e inundaciones.
- ✓ **Casa malla:** Regula la cantidad de luz solar que llega a las plantas, a las que también protege de las inclemencias del tiempo, así como de los insectos y efectos negativos del uso de pesticidas. (CORPOICA, 2012).

5.6.2. Ventajas y desventajas de utilizar agricultura protegida

- ✓ **Ventajas:**
  - Intensificación de la producción.
  - Un mayor rendimiento
  - Calidad e inocuidad de los frutos, permite optar a mercado más competitivo.
  - Reducción de uso de químico, bajos costos de producción
  - Menos afecciones de plagas y enfermedades.
  - Condiciones idóneas para la experimentación e investigación. (Zamora & Blandón A., 2018).

- ✓ **Desventajas**
  - Inversión inicial alta.
  - Desconocimiento de las estructuras más apropiadas para un uso determinado en función de las condiciones climáticas y los requerimientos ambientales de los cultivos.
  - Alto nivel de especialización y capacitación
  - Altos costos de producción.
  - Dependencia del mercado. (Bastida, 2011).

5.6.3. Rendimiento del cultivo de tomate en casa malla

La producción de tomate en condiciones de casa malla permite incrementar el rendimiento, calidad de frutos y genera mayor beneficio económico. Como ventajas de este sistema están la obtención de cosechas fuera de época, mejor calidad de la cosecha, preservación de la estructura del suelo, siembra de materiales seleccionados, aumento considerable de la producción, ahorro en los costos de producción y disminución en la utilización de pesticidas. (Fuentes, 2014, pág. 2).

Según (Olivas & Salgado, 2013, pág. 1) reportan que el cultivo de tomate mejores rendimientos la línea AVTO1203 con 94 500 kg ha^{-1} y el hibrido Shanty con 85,500 kg ha^{-1} en casa malla sirviendo de referencia para mejorar los rendimientos de tomate si se cultivan bajo este sistema debido a que la producción en campo abierto resulta cada vez más difícil.

5.6.4. Rendimiento del cultivo de tomate a Campo Abierto

El rendimiento promedio nacional de tomate a campo abierto en Nicaragua es de 25,200 kg ha-1. (Fuentes, 2014, pág. 2).

5.7. Concepto de Híbrido.

Se genera a través de realizar procesos de mejora que consiste en un cruzamiento para generar la variabilidad, seleccionando individuos promisorios de altos rendimiento con características de importancia. (INTA, 2019).

Híbridos de Tomate comerciales registrados en Nicaragua.

El Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria (IPSA) a través del Departamento de Semillas ha registrado en el año 2017 diferentes cultivares de Tomate entre los que se pueden mencionar: Barnum F1, Belfast F1, Buttero, Halyana F1, Kartier F1, Kiara F1, DRD 8539, Peto-98, DRD 8551 Tisey, Pony Express F1, DRD 8564, Shanty, Granate F1, Tisey (IPSA, 2017).

5.8. Análisis de varianza

En estadística, el análisis de la varianza (ANOVA por sus siglas en inglés, Analysis Of Variance) es una colección de modelos estadísticos y sus procedimientos asociados, en el cual la varianza está particionada en ciertos componentes debidos a diferentes variables explicativas.

Las técnicas iniciales del análisis de varianza fueron desarrolladas por el estadístico y genetista R. A. Fisher en los años 1920 y 1930, y es algunas veces conocido como "Anova de Fisher" o "análisis de varianza de Fisher", debido al uso de la distribución F de Fisher como parte del contraste de hipótesis. (Tecnicas de Investigacion Educactiva G38, 2019).

5.8.1. Medias repetidas en el tiempo

Los modelos de análisis de varianza (ANOVA) con medias repetidas (MR) sirven para estudiar el efecto de uno o más factores cuando al menos uno de ellos es un factor intra-sujetos, Y se caracteriza por que todos los niveles del factor se aplican a los mismos sujetos. (Analisis de varianza con medida repetidas, 2018).

- ✓ **Criterio de Información de Akaike (AIC)**

El estadístico AIC puede aplicarse a varias clases de modelo ajustados según el criterio de máxima verosimilitud o *máximum likelihood*. La ecuación con la que se calcula el AIC es:

$$\mathrm{AIC} = \frac{1}{n\hat{\sigma}^2}\left(\mathrm{RSS} + 2d\hat{\sigma}^2\right)$$

Para modelos ajustados por mínimos cuadrados (mínimos cuadrados es un ejemplo de *máximum likelihood*) AIC es proporcional.

- ✓ **Criterio de Información Bayesiano (BIC)**

Para modelos ajustados por mínimos cuadrados, el estadístico BIC se calcula con la ecuación

$$\mathrm{BIC} = \frac{1}{n}\left(\mathrm{RSS} + \log(n)d\hat{\sigma}^2\right)$$

Donde n es el número de observaciones, y d es el número de predictores.

La fórmula del BIC reemplaza $2d\sigma^2$ usado en el cálculo del Cp por log(n) $d\sigma^2$. Dado que log *n*> 2 cuando *n*> 7, el estadístico BIC aumenta la penalidad en modelos con muchas variables, y como resultado, selecciona modelos de menor tamaño Cuando se comparan modelos ajustados por máxima verosimilitud con los mismos datos, cuanto más pequeño sea el AIC o BIC, mejor será el ajuste. (Gil Martínez, 2018).

5.8.2. 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 estadisticos 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. (Silvester, 2008).

- ✓ **Fuente de variación**

Una fuente de variación es cualquier causa que pueda generar variabilidad en la respuesta. Es recomendable hacer una lista de todas las posibles fuentes de variación del problema, distinguiendo las que generarán una mayor variabilidad. (Casas & Cañada, 2020).

- ✓ **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).

- ✓ **Significancia del coeficiente de correlación**

Un 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. (Maxima formacion, 2020).

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).

5.9. Principales plagas y enfermedades del cultivo de tomate

5.9.1. Plagas

- ✓ Mosca blanca (Bemisia tabaci sp.)
- ✓ Minador de la hoja (Liriomyza huidobrensis)
- ✓ Araña roja (Tetranychus urticae)

5.9.2. Enfermedades

- ✓ Tizón temprano (*Alternaría solani L*).
- ✓ Tizón tardío (*Phythophtora infestans* L)
- ✓ Oídio (*Leveillula taurica L.*) (MAG, 2013).

VI. HIPÓTESIS

6.1. Hipótesis de investigación (Hi):

Hi: Los híbridos de tomate evaluados superan el rendimiento promedio nacional.

6.2. Hipótesis Nula (Ho):

Ho: Ninguno de los híbridos de tomate evaluados superan los rendimientos promedio nacional.

6.3. Hipótesis Alternativa (Ha):

Ha: Al menos dos híbridos de tomate evaluados superan el rendimiento promedio nacional.

.

VII. DISEÑO METODOLÓGICO

7.1. Tipo de investigación

7.1.1. Según el enfoque de la investigación

El trabajo tenía un enfoque mixto, ya que en este proceso se recolecto, analizo y vinculo datos cuantitativos en un mismo estudio para la evaluación de rendimiento de tres híbridos de tomate provenientes de corea del Sur más un hibrido comercial ya establecido en Nicaragua.

7.1.2. Según el alcance de los resultados

La investigación fue de carácter Experimental porque se realizaron registros y análisis de las variables de suelo y plantas.

7.1.3. Según el tiempo de ocurrencia

La investigación fue Prospectiva, ya que el análisis se ejecutó durante todo el ciclo fenológico del cultivo de tomate, desde la siembra hasta la cosecha.

7.1.4. Según el período en que se realiza el estudio

Se efectuó en un momento determinado del tiempo, la investigación fue de corte transversal, ya que se realizó en el período comprendido del mes de febrero hasta Julio del 2019, desde el establecimiento del semillero hasta la última cosecha.

7.2. Ubicación y área de Estudio

7.2.1. Descripción de la zona de estudio

La evaluación se realizó en el municipio de Tomatoya, departamento de Jinotega, en la finca Chagüite Grande. Geográficamente se encuentra localizado entre las coordenadas 13°08′58″ de latitud norte y 86°02′37″ de longitud oeste, su altitud es de 970 msnm.

Figura 5. Macrolocalización Parcela Tomate

Fuente: Propia

Figura 6. Microlocalización Parcela Tomate

Fuente: propia

7.3. Metodología para la determinación de las propiedades físico-químico del suelo, a través de análisis de suelo en Laboratorio.

7.3.1. Muestreo de Suelo.

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 donde se realizaron los respectivos análisis, así mismo se realizó la extracción de dos muestras inalteradas de la

superficie del terreno a través de un cilindro de volumen conocido para su respectivo análisis.

7.3.2. Análisis de Laboratorio.

Un análisis de suelo es una herramienta que nos ayuda a conocer la disponibilidad de nutrientes y el potencial de absorción para un determinado cultivo.

La realización del análisis físico del suelo se llevó a cabo en el laboratorio de Edafología de la Facultad de Tecnología de la Construcción de la Universidad Nacional de Ingeniería, en donde se determinaron las siguientes propiedades:

- ✓ **Análisis físico.**

  - ➢ **Determinación de humedad**

Es la relación que existe entre el peso de agua en la muestra en estado natural y el peso de la muestra después de ser secada en el horno a una temperatura entre los 105°C-110°C. La importancia del contenido de agua que presenta un suelo representa una de las características más importantes para explicar el comportamiento de este en cuanto a cambios de volumen, cohesión, entre otros.

Para conocer la Humedad del suelo se utilizó el Método Gravimétrico, el cual se basa en determinar la cantidad de agua perdida mediante la diferencia de pesadas de una muestra antes y después de ser situada en una estufa a 105°C durante 8 horas. Expresando la cantidad de agua encontrada en %, la que permitirá establecer una relación de humedad entre ella y el área total representada.

Se utilizara la ecuación en base a suelo seco:

$$\%H = \frac{(P_{sh+t} - P_{ss+t})}{(P_{ss+t} - P_t)} * 100$$

Dónde:

% H = Porcentaje gravimétrico de contenido de Humedad de suelo
Psh+t = Peso de suelo húmedo más peso de la tara
Pss+t = Peso de suelo seco más peso de la tara
Pt = Peso de la tara

- ✓ **Capacidad de campo (C/c)**

Consiste en someter al suelo a saturación mediante drenaje libre, el tiempo en que el suelo alcanza la capacidad de campo después de la saturación depende de su textura, estructura y tipo de arcilla.

Tomando de referencia la expresión de la humedad en porcentaje de volumen: Capacidad de campo porcentaje de volumen= Microporos.

Para esta conocer esta propiedad del suelo se utilizó el método del embudo, el cual consiste en someter el suelo a saturación mediante drenaje libre, colocando el embudo papel filtro para retener la muestra y este a su vez debe estar colocado en un soporte quedando en suspensión, añadiendo agua a la muestra una vez saturado se dejara que escurra durante 72 horas tiempo correspondiente a suelos pesados.

Se determinara el tanto por ciento de la humedad en base a suelo seco dato que será la Capacidad de Campo del suelo con la siguiente fórmula:

$$\%Cc = \frac{(P_{sh+t} - P_{ss+t})}{(P_{ss+t} - P_t)} * 100$$

Dónde:

% Cc = Porcentaje gravimétrico de contenido de agua a Capacidad de campo.
Psh+t = Peso de suelo húmedo más peso de la tara
Pss+t = Peso de suelo seco más peso de la tara

Pt = Peso de la tara

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

Se considera punto de marchitez, a la cantidad de agua que queda en el suelo expresada en porciento base suelo seco, en el momento en que las plantas sufren de marchitez, irreversible o permanente, es decir, es el agua que la planta no es capaz de absorber, lo cual demuestra por sintomatología de la carencia de la misma.

El coeficiente o punto de marchitez, varía con el tipo de planta, el desarrollo de la misma y el tipo de suelo.

Para la determinación de este Índice se realizara por calculadas indirectas, a través de la siguiente formula:

$$PMP = \%\, C_c * \ 1.84$$

Dónde:

PMP = Punto de Marchitez Permanente del suelo.
% Cc = Porcentaje de Capacidad de campo
1.84 = Factor de Corrección.

- ✓ **Densidad aparente (Da)**

La densidad aparente del suelo se determina aplicando el concepto físico de densidad de las sustancias, considerando la masa con relación al volumen. Se puede determinar la densidad del suelo propiamente dicho, la densidad de los terrones y la densidad de los agregados.

Para la determinación de la Densidad Aparente del Suelo se utilizó el Método del cilindro, utilizando una sonda de volumen conocido, con la que se extrae una muestra inalterada. Está en el laboratorio se secó a 105°C por un periodo de 12

horas, se anotó el peso seco de la muestra más el del recipiente y se procedió a la determinación utilizando la siguiente formula:

$$D_a = \frac{M_{ss}}{V_C}$$

Dónde:

Da = Densidad Aparente (gr/cm3) en estado de campo.
Mss = Peso de masa de suelo seco al horno (gr).
Vc = Volumen del cilindro.

- ✓ **Densidad real (Dr)**

En la determinación de la densidad real lo más importante es obtener con precisión el volumen de los sólidos del suelo sobre la base de la extracción del aire del suelo al vacío o mediante ebullición. Para conocer la Dr del suelo se utilizara el Método del picnómetro, en donde su determinación se logra aplicando el principio de Arquímedes. Se toma el peso del picnómetro vacío, luego se toma el

$$D_r = \frac{d_1 * d_3 * P_s}{d_3 (P_1 - P_p) - d_1 (P_3 - P_S - P_p)}$$

Dónde:

Dr = Densidad Real (gr/cm3)
d_1= Densidad del agua a la T_1 en ºC
d_3= Densidad del agua a la T_3 en ºC
P_1 = Peso del picnómetro más agua (gr)
Pp= Peso del picnómetro vacío (gr)
P_3 = Peso del conjunto agua más suelo más picnómetro (gr).
Ps = Peso del suelo (gr)

- ✓ **Porosidad total (Pt)**

Es el porcentaje de volumen no ocupado por los sólidos. En general el volumen del suelo está constituido por 50% de materiales sólidos (45% de minerales y 5% de materia orgánica) y 50% de espacio poroso. El espacio poroso está dividido en macro poros y micro poros donde agua, aire y gases pueden circular o retenerse. Para la determinación de la Porosidad Total del suelo se toman en cuenta los valores de Da y Dr y se procede a calcular a través de la siguiente formula:

$$Pt = \left(1 - \frac{D_a}{D_r}\right) * 100$$

Dónde:

Pt = Porosidad total (%)
Da = Densidad aparente (gr/cm^3)
Dr = Densidad real (gr/cm^3)

- ✓ **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.

Para la determinación de la Textura se utilizó el método del Hidrómetro de Bouyoucos, para realizar los cálculos se siguió procedimiento y formulas descritas en la Guía de laboratorio de Edafología de la Universidad Nacional de Ingeniería.

a. Lectura a los 40 segundos, para obtener el porcentaje de limo más arcilla (%Limo+%Arcilla)

$$\mathrm{Lc_{40s}} = \mathrm{L_i} \pm \mathrm{F_C} \qquad \%\mathrm{Limo} + \%\mathrm{Arcilla} = \left(\frac{\mathrm{Lc_{40s}} - \mathrm{Lb}}{\text{Peso de suelo}}\right) * 100$$

b. Lectura a las 2 horas, para obtener el porcentaje de arcilla (%Arcilla)

$$Lc_{2hrs} = L_i \pm F_C \qquad \%Arcilla = \left(\frac{Lc_{2hr} - Lb_{2hrs}}{\text{Peso de suelo}}\right) * 100$$

c. Cálculo para obtener el porcentaje de área (%Arena)

%Arena= 100-(%Limo+%Arcilla)

d. Cálculo para obtener el porcentaje de limo (%Limo)

%Limo= (%Limo+%Arcilla)-(%Arcilla)

- ✓ **Análisis Químico**.

La realización del análisis químico del suelo se llevó a cabo en el laboratorio de Suelo y Agua (LABSA) de la Universidad Nacional Agraria, en donde se determinarán las siguientes propiedades:

- ✓ **Potencial Hidrógeno (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.

La determinación del pH del suelo se realizó utilizando el Método del pH- Metro, el resultado es adimensional y el cálculo se obtiene del valor medido del equipo.

- ✓ **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.

La determinación de la CE del suelo se realizó utilizando el Método del Conductimetro, el resultado está dado en µs/cm.

Determinación de la constante de la celda en CE:

Para medir la conductividad eléctrica (CE) de las soluciones de cloruro de potasio, y de acuerdo a las instrucciones del fabricante del Conductimetro se utiliza la siguiente formula:

$$K = \frac{Cm}{Ce}(\mu S)$$

Dónde:

K= Constante

Ce= CE especificada del tampón.

Cm= CE medida en el tampón.

Anotar el K promedio y en base a ello corregir las lecturas

La conductividad puede ser determinada multiplicando el valor de la conducción de la conductancia por el valor de la constante K de la celda.

$$\mathrm{CE}\ (\mu\mathrm{S}) = \mathrm{K} * \mathrm{C}$$

Dónde:

CE = Conductividad eléctrica de la muestra

K = Constante de celda

C = Conductancia medida en la solución

- ✓ **Nitrógeno (N)**

La determinación de este parámetro es de suma importancia en suelos, cultivos, suelos y sobre las plantas el nitrógeno desempeña un papel de gran importancia ya que contribuye a la formación de proteínas, principio fundamental para la existencia de los vegetales.

Para la determinación del Nitrógeno (N) se utilizó el Método Colorimétrico.

- ✓ **Potasio (K)**

Son dos de los tres macronutrientes (el otro es nitrógeno) requeridos por las plantas para un crecimiento óptimo. Estos nutrientes son requeridos en cantidades grandes en comparación con los micronutrientes. Asimismo, aunque se encuentra presente en grandes cantidades en los suelos, sólo un pequeño porcentaje está disponible para la absorción de las plantas.

Para la determinación del Potasio (K) se utilizó el Método Colorimétrico.

- ✓ **Fósforo disponible (P)**

Es un macronutriente esencial para las plantas y los microorganismos, junto con el nitrógeno y el potasio. Puede ser un nutrimento limitante, ya que es un componente de los ácidos nucleicos y de los fosfolípidos.

Los análisis de fósforo sirven fundamentalmente para el control de la dosificación de productos químicos en tratamientos de agua o suelos, o como un medio para determinar que un sistema presenta contaminación por exceso de este compuesto.

Para la determinación del Fósforo (P) disponible se utilizó el Método de Extracción de acuerdo a Olsen Modificado.

- ✓ **Materia Orgánica (MO)**

La materia orgánica es uno de los componentes del suelo, en pequeña proporción, formada por los restos vegetales y animales que por la acción del microbiota del suelo son convertidos en una materia rica en reservas de nutrientes para las plantas, asegurando la disponibilidad de macro y micronutrientes.

Cabe mencionar que la determinación de estas propiedades físico – químicas del suelo en la unidad productiva se realizó con la finalidad de conocer si este cuenta con las características que demanda el cultivo de tomate para su debido establecimiento.

Para la determinación de la MO se utilizó el Método de Walkley - Black.

7.4. Metodología para estimar el potencial productivo de cuatros híbridos de tomate, bajo condiciones protegidas, mediante la evaluación de sus componentes de rendimiento.

El diseño experimental fue un bloque completo al azar (BCA) con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos, incluyendo el testigo. La parcela experimental estuvo conformada por, las distancias de siembra utilizada fueron 1 m en surco y 0.50 m entre planta, para un total de 22 plantas por unidad experimental y área total del experimento de 253m^2. Los datos de campo se generaron a partir de una muestra de 15 plantas tomadas al azar en cada unidad experimental. (Ver Anexo 2).

- ✓ **Tratamientos**

Los tratamientos evaluados fueron cuatros híbridos de tomate con hábito de crecimiento indeterminado, tres de ellos procedentes de la RDA (Administración rural de Corea del Sur), más un híbrido comercial de Nicaragua procedente de Tailandia. (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Híbridos del tomate a ser evaluados en municipio de Tomatoya.

No.	Genotipos	Composición genética	Habito de crecimiento	Origen
1	Tygo	Hibrido	Indeterminado	Corea del Sur
2	Aarat	Hibrido	Indeterminado	Corea del Sur
3	Miranda	Hibrido	Indeterminado	Corea del Sur
Testigo	Tisey	Hibrido	Semi-indeterminado	Tailandia

Fuente: INTA-KOPIA

- ✓ **TYGO**

Madurez media. Planta vigorosa con hojas oscuras. El ajuste concentrado fruta con buena cobertura de la hoja hace que sea de alto rendimiento en cultivo de campo abierto. Frutas altamente firmes con excelente color red que pesa 160 x 180 gramos-

- ✓ **AARAT**

Planta vigorosa con hojas oscuras tiene buena cobertura de las hojas, buen entorno en la fruta y con frutos rojos firmes y profundos. La fruta tiene un peso de 90 a 100 gramos y una buena comercialización. Adecuado para condiciones tropicales con alta humedad.

- ✓ **TISEY**

Variedad de tomate de pera semi-determinado que se está utilizando en rastrero, pero que por su porte se puede enramar. Planta fuerte para primera y última etapa. Precocidad intermedia en todo el ciclo del cultivo, fruto muy firme, cuadrado-redondo, para mercado nacional y exportación. Tamaño de 100 a 120 gr.

- ➢ **MIRANDA**

Planta sana y altamente vigorosa, hibrido de tomate indeterminado, con frutos redondo de color rojo. El tamaño del fruto mayor a 120gr. Hibrido con optima comercialización tanto nacional como internacional.

- ➢ **Manejo del experimento**

La producción de plántulas se realiza en bandejas de polietileno de 128 celdas, utilizando sustrato orgánico. Los semilleros se deberán de regar diariamente de manera manual con regadera, considerando la humedad del sustrato, luego se realiza el trasplante a los 21 días después de la germinación (ddg), cuando las plántulas presenten entre cuatro a seis hojas verdaderas y aproximadamente de 10 a 15 centímetros de longitud.

➢ Prácticas de manejo agronómico del experimento

✓ Poda

Una práctica cultural habitual que se realiza al cultivo para manipular el crecimiento de la planta y el fruto es la poda de hojas y brotes, la cual es obligada en variedades de tomate de crecimiento indeterminado.

Figura 7. Poda en el cultivo de Tomate

Fuente: propia

✓ Tutorado

El método de cuerda colgante, es el enfoque más común para el tutoreo de variedades de tomate en invernadero de crecimiento indeterminado. Implica guiar verticalmente los tallos en cuerdas suspendidas sobre las plantas y limitar la planta a un pequeño número de tallos principales, también conocidos como brazos. Cuando el ápice de la planta llega a la altura del alambre, liberamos más hilo y paralelamente movemos todas las plantas de la hilera en la misma dirección. Las plantas de la otra hilera se muevan en la dirección opuesta. Mientras sigue creciendo el tallo principal, todas las ramas secundarias de la planta se podan.

Figura 8. Tutorado en Tomate

Fuente: propia

✓ **Deschuponado**

Los chupones o yemas axilares se desarrollan durante todo el ciclo del cultivo; sin embargo, entre los 30 y 90 días después del trasplante se producen con más frecuencia, y es necesario, en ocasiones, deschuponar dos a tres veces por semana; posteriormente disminuyen su desarrollo durante los picos de producción. Una vez se realice la poda terminal o despunte para definir el número de racimos con que se deja la planta, se puede volver a incrementar el desarrollo de chupones.

Figura 9. Deschuponado

Fuente: Propia

✓ **Fertilización edáfica del cultivo de tomate.**

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 Tomate.

➢ **Variables a medir**

✓ **Variables cuantitativas**

La muestra tomada en el presente estudio fue en 60 plantas individuales por tratamiento a las cuales se les llevo un registro en siete 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 Normas del CODEX (CODEX STAN 293-2007, clasificación por categoría (1 y 2) para el tomate, se utilizaron los siguientes parámetros para las variables de frutos comerciales y no comerciales:

- Enteros, sanos, y exentos de podredumbre o deterioro que hagan que no sean aptos para el consumo;
- Limpios, y prácticamente exentos de cualquier materia extraña visible; prácticamente exentos de plagas, y daños causados por ellas, que afectan al aspecto general del producto.
- Los tomates deberán estar suficientemente desarrollados y presentar un grado de madurez satisfactorio
- Los tomates deberán ser de buena calidad. Deberán tener la pulpa suficientemente firme, y su forma, aspecto y desarrollo deberán ser característicos de la variedad.
- Deberán ser uniformes en cuanto al tamaño y estar exentos de grietas y de dorso verde visible.

Según Los Estándares de tamaños de fruto UUAA (2015) producción y norma para la exportación de tomate en invernadero,

- >70 g se consideraron como frutos comerciales
- < 70g se consideraron como frutos no comerciales.

✓ **Peso 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

Figura 10. Peso del fruto.

Fuente: Propia

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 y análisis de datos (estadístico)**

Para el análisis de datos, las variables **(NFC, NFNC, PFC y PFNC)** tomadas en campo se promediaron para realizar un análisis de varianza (ANDEVA) para variables de carácter cuantitativo. (Ver Anexo 1)

Las variables promediadas: Número Promedio Frutos Comerciales **(NPFC)**, Numero Promedio Frutos No Comerciales **(NPFNC)**, Promedio Total Frutos **(PTF)**, Peso Promedio Frutos Comerciales **(PPFC)**, Peso Promedio Frutos No Comerciales **(PPFNC)** y Rendimiento Promedio Total **(RTOPT)** se registraron en una hoja de notas para proceder a utilizar el programa **R versión 4.0.2 (2020-06-22)** a través de una de sus plataformas **RBIO versión 141 (20-09-2020)**, en el cual la significancia de los tratamientos y sus fuentes de variación para cada variable se realizó mediante la metodología de medias repetidas en el tiempo o longitudinales vía modelos mixtos y se usó un modelo aditivo lineal para categorizar las medias según variables a través del test de Tukey al (α=0.05) de confianza. (Ver Anexo 4)

- ✓ **Medias repetidas vía modelos mixtos**

$$\mathbf{Y_1 = X_1\beta + Z_1 b_1 + \varepsilon_1}$$

Dónde:

$Y_1 = \left(Y_{I1,}\ Y_{I2,} \ldots Y_{In}\right)$, i=1, N, el vector $(^{n_I x\ 1})$ de medias repetidas del i-esimo individuo.

$X_I\ y\ Z_I$ Son matrices conocidas de dimensión

$(^{n_I x 1})$ y $(^{n_I x\ p})$ y $(^{n_I x\ k})$ respectivamente

b_1 es un vector aleatorio de dimensión (k x 1), cuyas componentes se denominan efectos aleatorios,

ε_I es un vector $(^{n_I\ x\ 1})$ que contiene los errores aleatorios (intra-sujeto),

β_I un vector $(^{p\ x\ 1}\ )$ de parámetros.

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

El modelo aditivo lineal nos ayuda a identificar:

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

Dónde:

i=1,2,3… t……tratamientos

j=1,2, 3....r……repeticiones

Yij= La j- ésima observación del i-ésimo tratamiento.

μ= 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.

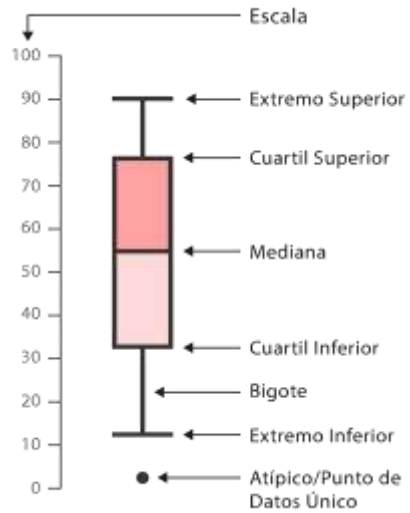
B_j= Efecto debido al j-ésimo bloque.

Eij= Es el error aleatorio asociado a Yij.

- ✓ **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).

Figura 11: Diagrama de Caja y Bigotes



Fuente: Catálogo de Visualización de datos.

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 la determinación de las correlaciones fenotípicas de variables de rendimiento entre las variables de Frutos comerciales y no comerciales.

Para la determinación de las asociaciones entre los componentes de rendimiento se realizó un análisis de correlaciones fenotípicas, tomando las variables: **Número Promedio de Frutos Comerciales (NPFC), Número Promedio de Frutos No Comerciales (NPFNC), Promedio Total de Frutos (PTF), Peso Promedio de Frutos Comerciales (PPFC), Peso Promedio de Frutos Comerciales (PPFNC) y Rendimiento Total Promedio (RTOTP)**, el programa utilizado para el análisis fue **R versión 4.0.2 (2020-06-22).**

Mediante el lenguaje de programación R, se procedió a la realización de diferentes pruebas a través de la función “Cor” sobre las variables de interés que permite calcular el coeficiente de correlación por Pearson, utilizando los parámetros “x,y” como vectores cuantitativos; así como la función “corrplot” para la obtención de un mapa de calor en el que se presentaran los coeficientes de correlaciones.

El mapa de calor nos permitirá encontrar a través de su escala de colores que va de rojo a azul; siendo los colores azules los que tiendan a dar las correlaciones positivas y los rojos los que vayan a dar correlaciones negativas, de este modo los tonos más fuertes serán significativamente correlacionados, otro modo de dirigirnos en la interpretación de nuestro mapa serán los números positivos y negativos que se acerquen más a uno.

VIII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

8.1. Análisis de las propiedades físico químicas del suelo para el establecimiento de los cuatro híbridos de tomate.

Los análisis realizados para la determinación de las características de los suelos de la Finca Chagüite Grande, Tomatoya, Jinotega, proporcionan una amplia información sobre las propiedades (físicas y químicas).

Tabla 2. Resultado de los Análisis Físicos obtenidos en laboratorio de edafología de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Identificación	CC (%)	PMP (%)	%H	Da (gr/cm^3)	Dr. (gr/cm^3)	%Pt	Textura Bouyoucos			
							% Ar	% L	% A	Clase textural
Finca Chagüite Grande	53.31	29	30	1.32	2.29	43	52	33	15	Arcilloso

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.

Según los análisis obtenidos en el laboratorio, el suelo es considerado de una textura arcillosa. Por otro lado, el suelo presento un porcentaje de humedad del 30% considerándose un suelo con buena retención de agua para el establecimiento.

Otro dato muy importante fueron las condiciones climáticas adecuadas para el cultivo de tomate tanto para el desarrollo y polinización, según datos de INETER la temperatura media anual en Jinotega se encuentra a 20.4 °C y precipitaciones de 1407 mm, considerándose óptima para el establecimiento del cultivo ya que requieren de temperaturas promedios de 23-25 ºC.

Tabla 3. Resultado de los Análisis Químicos obtenidos en laboratorio de Suelos y Agua-LABSA de la Universidad Nacional de Agraria.

Identificación	pH	MO %	CE (µs/cm)	N (%)	P-disp (ppm)	K-disp (meq/100)
Finca Chagüite Grande	5.94	3.11	88.40	0.16	127.79	0.92

pH: Potencial hidrogeno; **MO:** Materia orgánica; **CE:** Conductividad eléctrica; **N:** Nitrógeno, **P-disp:** Fosforo; **K-disp:** Potasio.

Según la escala de Soren Peter Lauritz menciona que el pH adecuado para el cultivo de tomate es de 5.0 y 7.0 y en los análisis de suelo realizado en laboratorio se obtuvo un pH de **5.94** estando este resultado en el rango óptimo para el establecimiento del cultivo de tomate.

Al hablar de fertilización de tomate, el Centro de investigaciones Agronómicas Universidad de Costa Rica (2016) indica que: La planta de tomate necesita absorber en promedio 2.5 a 3 kg de Nitrógeno, 0,2 a 0,4 kg de Fosforo y 2,6 a 3,6 kg de Potasio; Según los análisis realizados muestran que existe una deficiencia de nitrógeno con un 0.16 N, fósforo con 127.79 P (0.12 kg) y de potasio con 0.92 K, por lo que se efectúa una programación de fertilización para proveer al cultivo los nutrientes que están faltando y que permiten la limitación y producción exitosa del cultivo de Tomate.

Como parte del manejo adecuado del suelo se realizaron diferentes fertilizaciones edáficas en el transcurso del crecimiento vegetativo del cultivo, tales como:

- Al momento del trasplante se aplicó 18-46-00 (Fosfato diamónico) con dosis de 325 kg ha^{-1}.
- Posteriormente a los 20 días después del trasplante (ddt) se aplicó 46-0-0 (Urea) con dosis de 130 kg ha^{-1}.
- Luego a los 40 ddt se aplicara 46-0-0 (Urea -130 kg ha^{-1}) y 0-0-60 (Muriato de potasio - 65 kg ha^{-1}).
- La última aplicación se efectuó a los 55 ddt con 46-0-0 (Urea - 130 kg ha^{-1}) y 0-0-60 (Muriato de potasio - 65 kg ha^{-1}).

- Cabe mencionar que también se realizaron aplicaciones de Bayfolan tres veces por semana (2cc por litro de agua) un fertilizante foliar que aporta los nutrientes necesarios para el crecimiento vegetativo y para mejorar la calidad de coloración del fruto.

8.2. Estimación del potencial productivo de cuatros híbridos de tomate.

Para la obtención de un p-valor más bajo se realizó un análisis entre los AIC Y BIC del modelo más ajustado a cada variable, en base a medias repetidas en el tiempo vía modelos mixtos. (Ver Anexo 3)

Tabla 4. P-valor de las variables de componentes de rendimiento

FV	NPFC	NPFNC	PTF	PPFC	PPFNC	RTOPT
Bloque	0.5406 Ns	<.0001 **	0.2697 Ns	<.0001**	0.2855 Ns	0.0409 Ns
Tratamiento	<.0001 **	<.0001 **	<.0001**	<.0001**	<.0001 **	<.0001 **
Ambiente	<.0001 **	<.0001 **	<.0001**	<.0001**	<.0001 **	<.0001 **
Tratamiento X ambiente	<.0001 **	<.0001 **	<.0001**	1.00E-04 Ns	<.0001 **	<.0001 **

FV: Fuente de variación**, NPFC:** Número promedio frutos comerciales, **NPFNC:** Número promedio frutos no comerciales, **PTF**: Peso total de frutos, **PPFC:** Peso promedio frutos comerciales, **PPFNC:** Peso promedio frutos no comerciales, **Ns:** No significativo, ****:** Mayormente significativo (α=0.5).

Según resultados del análisis estadístico mediante la selección del modelo más ajustado, se mostró que hubo alta significancia (<.0001) para las fuentes de variación: tratamiento (Híbridos), ambiente (Cortes en el tiempo) y la interacción de ambos para la mayoría de las variables de los componentes de rendimiento, como lo muestra la tabla 4. La significancia (<.0001) para la FV Tratamiento (Híbridos) muestra que en condiciones controladas bajo la implementación adecuada de técnicas de manejo estas son adaptables al ambiente.

A través del Ambiente (Cortes en el tiempo) se muestra la adaptabilidad de las variables evaluadas con respecto al tiempo (número de cortes) y medio en el que se encuentran (posición, húmedas, temperatura etc.), contribuyendo a un Rendimiento Total Promedio (RTOPT) más equilibrado.

Para la separación de medias por El Test de Rasgos Múltiples de Tukey al α=0.05 de confianza, realizada a través de un modelo aditivo, para la variable RTO se observan tres categorías definidas.

En la categoría (a y ab) se ubicaron los híbridos Tisey, Miranda y Tygo con rendimiento **109,728, 104,695.9 y 89,375 Kg ha^{-1}** respectivamente y en la última categoría (b) se ubicó el hibrido Aarat con 83,743.25 Kg ha^{-1} (**Ver tabla 5**).

Tabla 5. Separaciones de media según Tukey (α=0.05) para las variables de Rendimiento Total.

Tratamiento	Rendimiento (Kg. ha^{-1})	Grupo
Tisey	109,728	a
Miranda	104,695.9	ab
Tygo	89,375.96	ab
Aarat	83,743.25	b

Fuente: propia

Según Olivas y Salgado (2013), describe rendimientos promedios de 94,500 kg ha^{-1} en una línea de tomate y rendimiento de 85, 500 kg ha^{-1} con el hibrido Shanty, bajo sistemas de agricultura protegida. Según el presente estudio, los híbridos evaluados superan los rendimientos en las categorías a y ab con 22%, 18% y 4% en comparación al obtenido anteriormente por Olivas y Salgado.

Por otro lado, Andrade y Loásiga (2015) en un proceso de evaluación de tres distancias de siembra se obtuvieron rendimiento 24 971.56 kg ha^{-1} bajo casa malla. Así mismo el INTA en el 2018, evaluó seis híbridos de los cuales solo Aarat y Shanty obtuvieron rendimiento promedio de 30,230 kg ha $^{-1}$, 30,420 kg ha $^{-1}$. Según el presente estudio al evaluar los híbridos Tisey, Miranda, Tygo y Aarat, los cuatro superan los rendimientos en comparación a los resultados presentados en el año 2015 y 2018, esto debido a las nuevas implementaciones de tecnologías y manejo propuestas por INTA. Los rendimientos obtenidos fueron: Tisey con 109,728 kg ha $^{-1}$, Miranda con 104,695.9 kg ha $^{-1}$, seguido por Tygo con 89,375.96 kg ha $^{-1}$ y por ultimo Aarat con 83,743.25 kg ha $^{-1}$.

Según FAO (2010-2018) el país regional con mayor producción de Tomate es Guatemala con 331,338 kg ha $^{-1}$, seguido de Nicaragua con 80,723 kg ha $^{-1}$, continuo a estos, Honduras con 76, 567 kg ha $^{-1;}$ por lo que nos acercamos considerablemente y mejoramos la producción a nivel nacional. Del mismo modo el INTA (2015) asevera que existen 284 tecnologías agropecuarias, de las cuales 231 han sido generadas por esta institución y 53 tecnologías por universidades relacionadas al sector agropecuario por lo que podemos decir que el implemento de prácticas y tecnologías de manejo incrementan en un 70% los rendimientos y mejoran la calidad de los frutos comerciales lo cual permite optar a mejores mercados tales como selectivo y exportación.

- ✓ **NPFC: NUMERO PROMEDIO DE FRUTOS COMERCIALES**

Según el análisis de varianza, por separación de medias en Tukey al (α=0.05), demostró que los híbridos Aarat, Tisey y Miranda obtuvieron el mayor número promedio de frutos comerciales seguido de Tygo, (**Ver tabla 6**), esta variación se debe a que los frutos de dichos materiales cumplieron con la medida de clasificación de frutos comerciales (pesos >70 g).

Tabla 6. Separaciones de media según Tukey (α=0.05) para las variables números promedios de frutos comerciales.

Variable 1: NPFC

Tratamiento	Medias	Grupos
Aarat	586809.5	a
Tisey	569571.4	a
Miranda	523476.2	ab
Tygo	449761.9	b

Fuente: propia

Así como también se puede aseverar que dichos tratamientos (**tabla 4**) al aplicarle técnicas de manejo como lo son las podas de formación, el tutoreo y deschuponado contribuyo de manera significativa a que se obtuviese resultados favorecedores.

✓ **NPFNC: NÚMERO PROMEDIO DE FRUTOS NO COMERCIALES**

El análisis de varianza por medidas repetidas en Tukey (α=0.05) situó al híbrido Aarat y Tygo con mayor número promedio de frutos no comerciales, diferenciándose estadísticamente de los demás híbridos (**Ver tabla 7**) este resultado se debió a que los frutos de estos híbridos fueron los que obtuvieron el rango en pesos menores a (<70 g) así como también no cumplieron con las normas de inocuidad evaluadas según CODEX.

Tabla 7. Separaciones de media según Tukey (α=0.05) para las variables números promedios de frutos no comerciales.

Variable 2: NPFNC

Tratamiento	Medias	Grupos
Aarat	234381	a
Tygo	207642.9	a
Tisey	130261.9	b
Miranda	86238.1	b

Fuente: propia

✓ **PESO PROMEDIO DE FRUTOS COMERCIALES**

Según el análisis por medio de Tukey (α=0.05), mostró que para la variable peso promedio de frutos comerciales agrupo a los híbridos de tomates en 2 categorías estadísticamente diferentes (a y b), siendo Tisey y Miranda los híbridos que obtuvieron los mayores valores promedios diferenciándose de Tygo y Aarat (**Ver tabla 8**).

Tabla 8. Separaciones de media según Tukey (α=0.05) para las variables pesos promedios de frutos comerciales.

Variable 3: PPFC

Tratamiento	Medias (Kg. ha^{-1})	Grupos
Tisey	100476.1	a
Miranda	97343.37	a
Tygo	70187.91	b
Aarat	70156.83	b

Fuente: propia

Lo que se afirma que los tratamientos Tisey y Miranda son híbridos que cumplen no solo con la norma de CODEX, sino que también presenta pesos adecuados que permiten incursionar a mercados selectivos y de exportación.

- ✓ **PESO PROMEDIO DE FRUTOS NO COMERCIALES**

Según análisis por Tukey, con respecto a la variable peso promedio de frutos no comerciales, agrupó a los híbridos en cuatro categorías estadísticamente distintas (**ver tabla 9**), siendo Tygo el que obtuvo mayor peso de frutos no comerciales y el hibrido Miranda el de menor peso de frutos comerciales

Tabla 9. Separaciones de media según Tukey (α=0.05) para las variables pesos promedios de frutos no comerciales.

Variable 4: PPFNC

Tratamiento	Medias (Kg. ha^{-1})	Grupos
Tygo	19188.05	a
Aarat	13586.42	b
Tisey	9251.9	ab
Miranda	7352.545	c

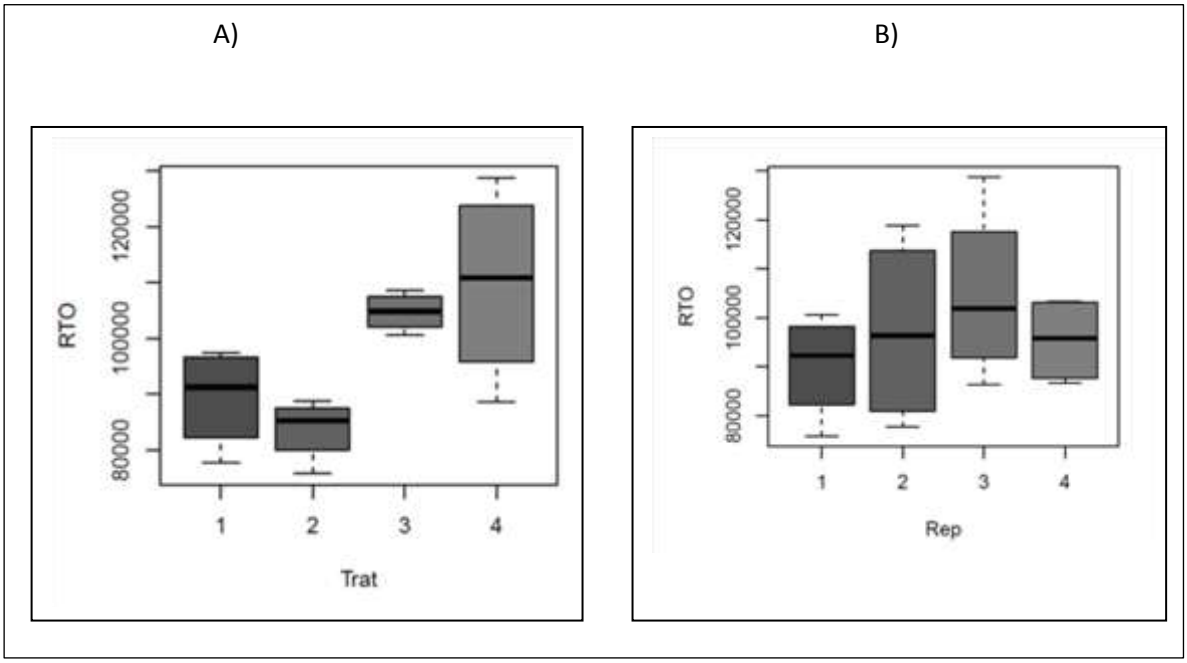
Fuente: propia

Para la variable PPFNC se demostró que el hibrido con mayor concentración de frutos que no logran cumplir la norma de CODEX, es el Tygo el cual presento las madias más altas significando de este modo que establece una merma considerable en la disminución de Rendimiento, sin embargo, queda comprobado que el tratamiento Miranda es un hibrido que posee la menor cantidad de frutos que no logran cumplir la norma.

✓ **DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES**

Mediante el diagrama de cajas y bigotes se representa la distribución de los tratamientos (híbridos) y su significancia.

Figura 12: Gráfico de caja y bigotes para las Figuras A) puntuaciones de Rendimiento con respecto al Tratamiento y B) puntuaciones de Rendimiento con respecto a las Repeticiones (Bloque).



Fuente: Propia

En la figura 12-A), se muestra la distribución de las puntuaciones con respecto a los tratamientos (híbridos), en el cual se aprecia al tratamiento 2 (Aarat) como el acreedor de la media más baja con respecto al rendimiento, ya que este fue el hibrido con la mayor cantidad de frutos no comerciales. Así como también muestra que los tratamientos 3 (Miranda) y 4 (Tisey) son los que aportaron mayormente al rendimiento con máximos superiores a los tratamientos 1 y 2 (Tygo y Aarat). En la figura 12-B), se encuentran las aportaciones más significativas que dieron las repeticiones (Bloque) a lo largo de los siete cortes con respecto a la variable rendimiento; Encontrando así que los aportes más significativos en la producción se dieron entre los bloques 2 y 3, del mismo modo

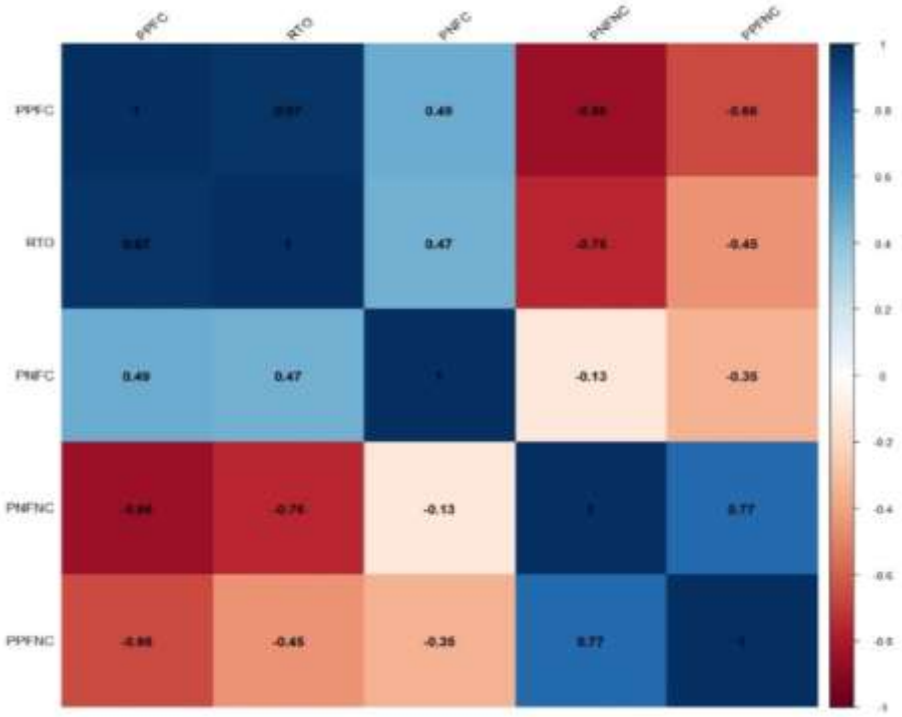
se muestra que para el bloque 4, por motivos del ambiente (humedad, posición, el manejo) hayan influido negativamente para que la media de este posea máximos y mínimos más bajos. (Ver Anexo 2)

Como se evidencia en la figura 12-B), para la repetición 2 y 4 se establece la misma media, no obstante la repetición 4, posee cuartil del 75% para la media de la repetición 3 bloque este por debajo de las demás repeticiones.

8.3. Determinación de las correlaciones fenotípicas de variables de rendimiento entre los cuatros híbridos de tomate.

Para la determinación de las correlaciones fenotípicas de variables de rendimiento de los cuatro híbridos se utilizó “el programa R” en donde se obtuvo el siguiente Mapa de calor.

Figura 13: Mapa de calor de correlaciones fenotípicas



Fuente: Propia

Para los resultados del análisis de correlaciones fenotípica presentados en el Mapa de Calor se pudo observar que se mostraron correlaciones positivas y negativas entre las variables de rendimiento en el experimento.

Según el análisis existe una correlación fenotípica positiva entre las variables RTO (**Kg ha^{-1})** y PPFC **(Kg ha^{-1})** con 0.97, para los tratamientos: Tisey, Miranda, Tygo y Aarat, es decir que el mayor aporte al rendimiento se debió a los Pesos Promedios de Frutos Comerciales. Sin embargo, para las variables PNFNC (Unidad) y PPFNC (Kg ha^{-1}) con 0.77, el mayor aporte positivo se da entre los

Promedios de Números de Frutos No Comerciales con respecto a los Promedios de Pesos de Frutos No comerciales resultando así muy similares a las variables anteriores puesto que están altamente correlacionadas. (Ver figura 13).

De acuerdo a Parra y Lobato (2016), realizaron un estudio similar en el cual muestra que el rendimiento con respecto al peso promedio el fruto (PPF) están positivamente correlacionadas (PFF,r = 0.57), lo que contrasta con respecto a este estudio ya que de igual manera existe una correlación positiva, no obstante hay una diferencia significativa del 40% entre ambas, lo que se podría interpretar que el hecho de emplear prácticas y tecnologías adecuadas de manejo favorece considerablemente la correlación entre las variables.

Para el caso de PNFNC (Promedio de Número de Frutos No comerciales) con respecto a PPFNC (Peso Promedio de Frutos No Comerciales) existe una correlación positiva al estar estrechamente ligadas por ser variables que merman en el estudio.

Por otro lado, las variables PPFC (Peso Promedio de Frutos Comerciales) y PNFNC (Promedio Numero de Frutos No Comerciales) mostraron una correlación negativa de -0.86 así como también dicha variable con respecto a RTO (Rendimiento) de – 0.76.

De acuerdo a Ortega (2010), al aumentar el peso del fruto se reduce el número de ellos por plantas, existiendo una correlación negativa.

IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.2 Conclusiones

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

- ✓ Después de haber realizado los análisis físico – químicos del suelo y tomando en consideración los requerimientos edáficos del cultivo de Tomate, 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 5.94, proporcionando una óptima retención de humedad de 30%, presentando poca aireación debido a su bajo porcentaje de poros 43%, el contenido de materia orgánica fue de 3.11% clasificándola como media, indicando que el suelo es rico en nutrientes, demostrando con estos datos que el suelo en estudio tiene las condiciones adecuadas para que se pueda establecer el cultivo en la zona.

- ✓ Para la estimación del potencial productivo de los cuatro híbridos de Tomate se evaluaron las variables PNFC, PNFNC, PPFC, PPFNC y Rendimiento las cuales al realizar la prueba de Rangos Múltiples de tukey (α=0.05) de confianza, se observa diferencias significativas en las variables PPFC y PPFNC y Rendimiento, siendo los Híbridos Tisey, Miranda y Tygo los que tuvieron mejor comportamiento presentando mejores resultados de adaptabilidad mostrando Rendimientos de 109,728 kg ha^{-1}, 104,695.9 kg ha^{-1} y 89,375.96 kg ha^{-1}.

- ✓ Para la determinación de las correlaciones fenotípicas de variables de rendimiento entre los cuatros híbridos de tomate tomando variables de Frutos comerciales y no comerciales, se obtuvo un diagrama de calor donde demuestra la significancia altamente positiva y negativa para las variables PNFC, PNFNC, PPFC, PPFNC con respecto al Rendimiento total que es la variable de interés, de tal manera que PPFC y Rendimiento son las variables que se encuentran más estrechamente ligadas, en los que se puede

mencionar los Híbridos Tisey y Miranda con el mayor aporte de peso de frutos comerciales aumentando de esta manera el Rendimiento. Y la negativa PNFNC con respecto al Rendimiento, siendo el Hibrido Aarat el que menos aporte de Frutos Comerciales obtuvo.

De esta manera se afirma que se cumple la hipótesis alternativa en donde se plantea que al menos dos de los híbridos superan el rendimiento nacional (85,500 kg ha^{-1}) siendo estos Tisey (109, 728 kg ha^{-1}) y Miranda (104, 695.9 kg ha^{-1}), concluyendo así con una investigación exitosa académicamente y a nivel de institución por parte del programa INTA- KOPIA Nicaragua brindando así una alternativa a los pequeños y medianos productores aumentando la calidad y producción al utilizar los híbridos que mejor se adaptaron a las condiciones de la zona.

9.3 Recomendaciones

- ✓ Tomar en cuenta los análisis realizados en el área de estudio, los requerimientos edáficos y nutricionales del cultivo para poder desarrollar programas de fertilización o aplicar enmiendas que permitan se den las condiciones adecuadas para que el cultivo se desarrolle satisfactoriamente.

- ✓ Difundir, Aplicar las prácticas y tecnologías de manejo adecuadas que el INTA recomienda para incrementar el potencial de los sistemas productivos del cultivo de tomate en Nicaragua.

- ✓ Evaluar variables como vida anaquel, grado brix, virosis de cultivares de tomate para determinar si estas tienen relación con respecto al rendimiento del cultivo.

X. BIBLIOGRAFÍA

FAO, O. A. (2017). *FAO.* Obtenido de Deschuponado o brotes del cultivo de tomate: http://www.fao.org/3/a1374s/a1374s04.pdf

Food and Agriculture Organization of he United Nations. (2011). Obtenido de Contribucion al tratamiento estadistico de datos con distribucion binomial en el modelo de analisis de varianza: https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CU2012400667

Analisis de varianza con medida repetidas. (Junio de 2018). Obtenido de http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/GuiaSPSS/16anovar.pdf

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/

Tecnicas de Investigacion Educactiva G38. (Noviembre de 2019). Obtenido de https://sites.google.com/site/tecnicasdeinvestigaciond38/metodos-estadisticos/1-4-analisis-de-varianza

Maxima formacion. (Septiembre de 2020). Obtenido de Analisis de correlaccion: https://www.maximaformacion.es/blog-dat/analisis-de-correlacion-en-r/

Modelos estadisticos con R. (Septiembre de 2020). Obtenido de Modelos aditivos lineales: https://bookdown.org/j_morales/webmodelos/09ML-SMOOTH.html#:~:text=Modelos%20aditivos%20lineales-,1%20Introducci%C3%B3n,trav%C3%A9s%20de%20una%20funci%C3%B3n%20desconocida

Agro, I. (18 de Octubre de 2019). *Agricultura Ecologica.* Obtenido de https://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm

Alberto, G. S. (11 de Junio de 2009). *Evaluación De Cuatro Variedades De Tomate Industrial (Lycopersicum Esculentum, Mill) En El Rendimiento Y Tolerancia Al Complejo Mosca Blanca (Bemisia Tabaci Gennadius) – Geminivirus.* Managua.

Bastida, I. A. (22 de Junio de 2011). *Tecno Agro (Avances tecnologicos y agricolas).* Obtenido de https://tecnoagro.com.mx/revista/revista-tecnoagro/29-no-62/351-arroz-y-silicio-mayor-produccion

Blandón A., F. (2015). *Evaluación y selección de líneas de tomate (Solanum lycopersicum Mill) tolerantes a enfermedades y con alta productividad en San Isidro, Darío y Jinotega, primera y postrera 2015.* Managua.

Casas, I., & Cañada, H. (15 de Julio de 2020). *Diseño de Experimentos.* Obtenido de http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/mcasas/esp/disenio/introduction2.pdf

Centro de Investigaciones y Asesorias Agroindustriales. (2009). *Manual de tomate.* Bogota: Segunda Edición.

Centro de Investigaciones y Asesorias Agroindustriales. (2009). *Manual de Tomate.* Bogota: Segunda Edición.

CIAA, C. y. (2009). *Manual de Produccion de Tomate bajo invernadero.* Bogota, Colombia: Segunda edicion.

CORPOICA, C. I. (2012). En J. Jaramillo, & D. Sanchez, *Tecnologia para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas* (pág. 482). Bogota, Colombia.

FAO. (2017). Obtenido de http://www.fao.org/3/s8630s/s8630s08.htm

FAO. (2018). Obtenido de http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize

FAO, O. l. (2018). *FAO.* Obtenido de http://www.fao.org/3/s8630s/s8630s08.htm

Fuentes, D. M. (Mayo de 2014). Comportamiento agronómico de 12 cultivares de tomate (Lycopersicum esculentum Mill) en condiciones de campo en Tisma, Masaya y en casa malla, en el CEVT Las Mercedes, UNA. Tisma, Nicaragua.

Gil Martínez, C. (Marzo de 2018). *R Pubs by RStudio*. Obtenido de TÉCNICAS DE REGULARIZACIÓN Y SELECCIÓN DEL MEJOR MODELO: https://rpubs.com/Cristina_Gil/Regularizacion_Seleccion

Iberian, Y. (12 de Agosto de 2020). *Nutriciòn Vegetal del tomate.* Obtenido de https://www.yara.es/nutricion-vegetal/tomate/resumen-nutricional/

INIA, I. I. (2017). *Manual de cultivo de tomate al aire libre.* Santiago, Chile: Boletin INIA/No. 11.

INIDE. (16 de Junio de 2018). *Censo Nacional Agropecuario.* Obtenido de https://www.bcn.gob.ni/divulgacion_prensa/notas/2018/PPCC2018-2019.pdf

INIDE, I. I. (2012). *Instituto Nacional de Informacion de Desarrollo.* Obtenido de https://www.inide.gob.ni/#:~:text=Instituto%20Nacional%20de%20Informaci%C3%B3n%20de%20Desarrollo%20%2D%20INIDE

INTA (Compositor). (2019). Producción de semillas en el cultivo de tomate, chiltoma y cebolla. [I. MS.c.Ing.Agro. Sury Aylem Mayorga Zamora, Intérprete, & P. P. Benavides, Dirección] Managua, Nicaragua.

INTA, I. T. (2017). Manual Tecnico del Cultivo de Tomate. En M. Ing. Agr. Ligia Mayela López Marín. San Jose, Costa rica.

IPSA, I. (2017). *Catálogo de Cultivares Registrados IPSA .*

Lagos Santander, L., Alirio, F., Lagos, T., & Duarte, D. (2018). *Correlaciones genotípicas, fenotípicas y ambientales, y análisis de sendero en tomate de árbol (Cyphomandra betacea Cav. Sendt.).* Tesis Monografica, Valle del cauca, Colombia.

Lagos, L., Alirio, F., Lagos, T., & Duarte, D. (2018). *Correlaciones genotípicas, fenotípicas y ambientales, y análisis de sendero en tomate de árbol (Cyphomandra betacea Cav. Sendt.).* Tesis Monografica, Valle del cauca, Colombia.

MAG, A. e. (2013). En I. Villasanti, *EL CULTIVO DE TOMATE CON BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS EN LA AGRICULTURA URBANA Y PERIURBANA* (pág. 72). Paraguay.

Méndez, M. C. (Septiembre de 2019). *Universidad de Costa rica.* Obtenido de Ambientes Protegidos, PRO NAP, Costa rica: http://www.mag.go.cr/informacion/prog-nac-aprot-1-conceptoAP-Taller-Sistemas-v1.pdf

MIFIC, M. I. (2017). *Ficha del tomate.* Obtenido de https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENE71N583ft.pdf

MSc. Alarcón Zayas, A. (2013). *Calidad poscosecha del tomate (Solanum licopersicum L) cultivo en sistemas ecológicos de fertilización.* Doctoral, Ciencias Agricolas, Madrid,España.

Olivas, A., & Salgado, L. (2013). *Evaluación de rendimiento y comportamiento agronómico de siete genotipos de tomate (Lycopersicum esculentum, Mill.) bajo sistema de casa malla en el centro experimental Las Mercedes Universidad Nacional Agraria.* Tesis de monografia, Managua,Nicaragua.

Silvester. (2008). *Estadisticas para todos.* Obtenido de Diagrama de caja y bigotes: https://www.estadisticaparatodos.es/taller/graficas/cajas.html

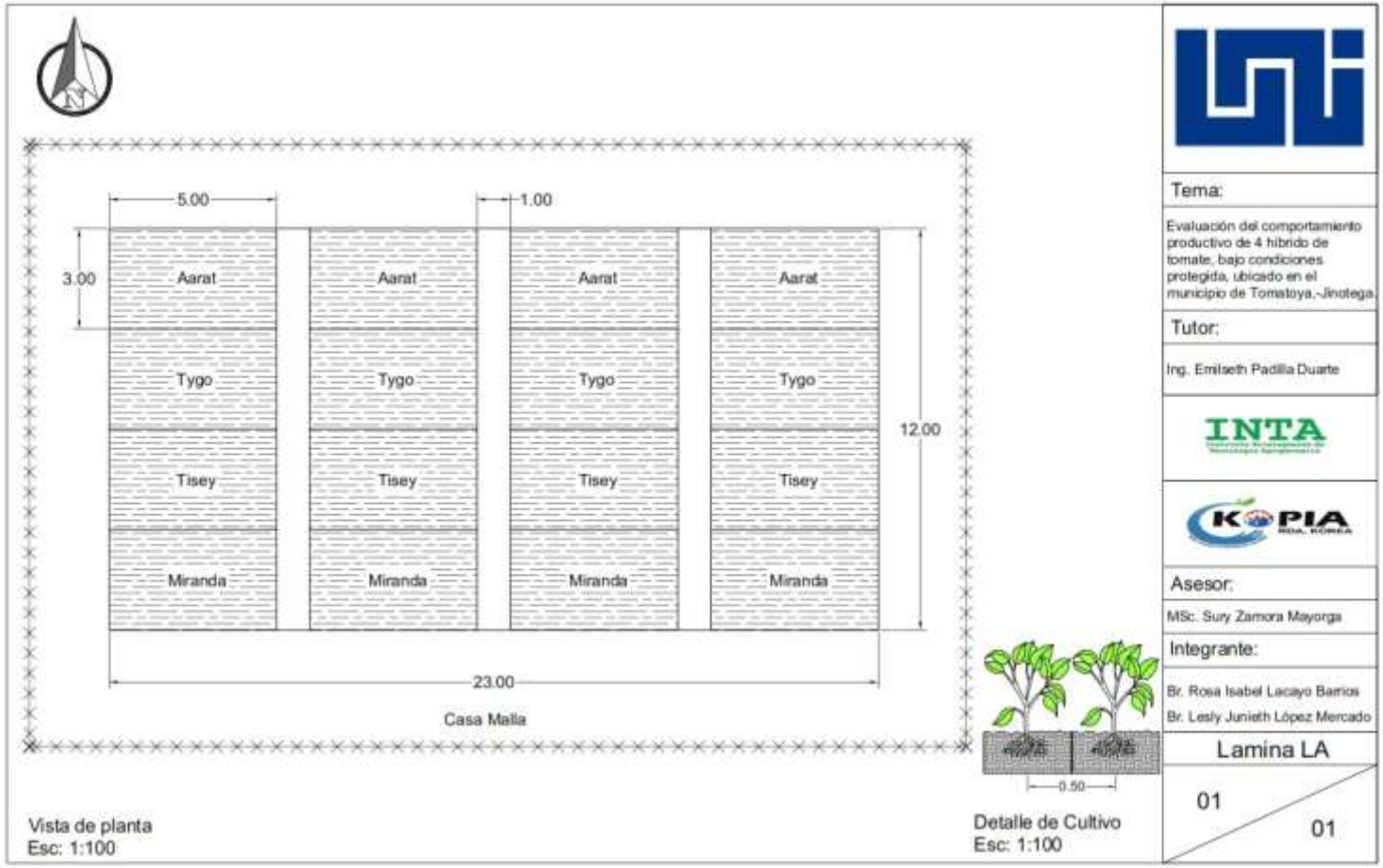
Zamora, S., & Blandón A., F. (2018). *Comportamiento de productivo de seis híbridos de tomate en condiciones climáticas del municipio de san isidro, Matagalpa. Ciclo riego, 2018. Managua, Nicaragua. (No publicado).* Managua.

XI. ANEXOS

Anexo 1. Consolidado de base de datos en siete cosechas del experimento de los cuatro híbridos de tomate establecidos en Municipio de Tomatoya Departamento de Jinotega.

HIBRIDOS	BLOQUES	Cosecha N° 1				Cosecha N° 2				Cosecha N° 3				Cosecha N° 4				Cosecha N° 5				Cosecha N° 6				Cosecha N° 7			
		NFC		NFNC		NFC		NFNC		NFC		NFNC		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)	N°	Peso (gr)	N°	Peso (gr)	N°	Peso (gr)	N°	Peso (gr)	N°	Peso (gr)	N°	Peso (gr)
TYGO	B1	5	795	2	215	6	1271	2	265	4	391	3	217	5	872	2	247	2	235	3	204	2	200	1	94	1	75	0	23
	B2	4	650	2	151	4	187	3	332	4	442	2	171	4	631	2	256	2	192	1	78	2	195	1	87	1	61	1	85
	B3	3	655	2	267	6	1213	3	352	5	643	2	173	6	928	2	225	2	203	2	118	2	193	1	83	1	118	1	58
	B4	3	593	2	221	5	1074	2	239	4	600	2	184	5	837	2	197	2	175	2	119	2	180	2	102	2	142	2	98
AARAT	B1	4	576	2	99	7	896	2	131	6	516	3	141	6	706	2	114	3	248	3	170	2	175	3	159	1	63	2	130
	B2	4	422	1	111	8	1136	2	137	5	522	2	125	6	829	2	131	3	304	4	197	2	195	3	169	1	83	2	120
	B3	4	493	1	90	9	1302	2	170	6	574	1	86	7	930	2	197	2	186	3	170	2	137	3	160	1	71	3	127
	B4	4	464	2	103	10	1462	2	110	4	450	2	105	7	935	2	97	3	273	3	154	3	240	3	161	3	228	2	136
MIRANDA	B1	3	356	1	119	6	1342	2	93	5	839	2	154	6	1091	1	88	3	354	2	118	2	284	1	96	2	178	1	51
	B2	4	864	1	168	7	1465	1	145	5	912	1	122	6	1189	1	67	2	91	2	196	2	295	1	80	2	240	2	89
	B3	3	595	1	226	7	1437	1	131	5	873	1	133	6	1155	1	58	4	520	1	87	3	416	1	38	2	221	0	22
	B4	4	771	1	180	5	1225	2	115	6	1072	2	186	6	1148	1	98	2	293	2	141	2	263	1	64	2	177	1	54
TISEY	B1	3	625	0	0	5	1083	1	85	6	822	1	135	5	952	1	102	3	355	2	118	2	256	5	70	1	124	0	18
	B2	5	1098	1	136	8	1716	2	122	6	936	2	205	7	1326	1	125	2	197	2	134	2	272	1	56	1	144	0	31
	B3	4	879	2	157	9	1709	2	215	6	1123	1	134	8	1436	2	213	3	361	1	92	2	291	1	63	1	134	1	74
	B4	3	680	1	85	6	1230	3	274	6	902	2	121	6	1106	2	158	3	332	2	112	3	319	1	91	2	211	2	84

Anexo 2: Diseño de campo del experimento comportamiento productivo de cuatro híbridos de tomate, en Municipio de Tomatoya Departamento de Jinotega.



Anexo 3: Andeva de Medias Repetidas en el Tiempo.

Valores comparativos de AIC e BIC									
Variable 1: NPFC									
	FAT	**PS2**	**PS3**	**VC**	**CS**	**CSH**	**AR1**	**AR1H**	**UN**
AIC	3087,89	3084,85	3078,57	2324,6	2325,44	2313,37	2325,66	**2307,59**	**2267,41**
BIC	3174,88	3196,31	3238,96	2401,22	2404,46	2406,75	2404,68	**2400,97**	2408,68
Variable 2: NPFNC									
	FAT	**PS2**	**PS3**	**VC**	**CS**	**CSH**	**AR1**	**AR1H**	**UN**
AIC	3027,15	3034,19	3034,38	2280,66	2282,52	2243,99	2282,32	2243,82	**2234,43**
BIC	3114,14	3145,65	3194,77	2357,29	2361,53	2337,37	2361,33	2337,2	2375,7
Variable 3: PTF									
	FAT	**PS2**	**PS3**	**VC**	**CS**	**CSH**	**AR1**	**AR1H**	**UN**
AIC	3150,02	3157,39	3144,72	2369,53	2371,33	2369,95	2370,02	2367,92	**2347,3**
BIC	3237,01	3268,85	3305,11	**2446,15**	2450,35	2463,33	2449,04	2461,3	2488,58
Variable 4: PPFC									
	FAT	**PS2**	**PS3**	**VC**	**CS**	**CSH**	**AR1**	**AR1H**	**UN**
AIC	2699,47	2686,26	2692,01	2043,69	2041,15	2012,12	2040,91	2003,34	**1961,67**
BIC	2786,47	2797,71	2852,4	2120,31	2120,17	2105,5	2119,93	**2096,72**	2102,94
Variable 5: PPFNC									
	FAT	**PS2**	**PS3**	**VC**	**CS**	**CSH**	**AR1**	**AR1H**	**UN**
AIC	2383,53	2370	2340,13	1815,19	1812,53	1800,87	1812,18	**1799,22**	1806,28
BIC	2470,52	2481,46	2500,52	1891,81	1891,55	1894,25	**1891,2**	1892,6	1947,55
Variable 6: RTOPT									
	FAT	**PS2**	**PS3**	**VC**	**CS**	**CSH**	**AR1**	**AR1H**	**UN**
AIC	2708,46	2695,3	2689,41	2050,19	2047,67	2023,21	2046,05	2013,52	**1982,53**
BIC	2795,46	2806,76	2849,8	2126,81	2126,69	2116,59	2125,07	**2106,9**	2123,8

Anexo 4: Modelo Aditivo Lineal

Arquivo de Entrada: C:\Users\usuario\Desktop\Rbio\MAL_07102020.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: Wed Oct 07 12:03:03 2020

Attaching package: 'ExpDes'

The following object is masked from 'package:stats':

    ccf

-------------------------------------------------------------
Variavel =  1      PNFC
-------------------------------------------------------------
-----------------------------------------------------------------------
Analysis of Variance Table
-----------------------------------------------------------------------
          DF         SS MS     Fc    Pr>Fc
Treatament  3 4.5003e+10  2 8.3625 0.005718
```

Block 3 1.1502e+10 4 2.1374 0.165563

Residuals 9 1.6145e+10 3

Total 15 7.2650e+10 1

CV = 7.96 %

Shapiro-Wilk normality test

p-value: 0.7960666

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

Homogeneity of variances test

p-value: 0.7755224

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

Tukey's test

Groups Treatments Means

a 2 586809.5

a 4 569571.4

ab 3 523476.2

b 1 449761.9

Variavel = 2 PNFNC

Analysis of Variance Table

	DF	SS	MS	Fc	Pr>Fc
Treatament	3	5.6167e+10	2	34.803	0.000028
Block	3	2.3010e+09	4	1.426	0.298261
Residuals	9	4.8415e+09	3		
Total	15	6.3310e+10	1		

CV = 14.09 %

Shapiro-Wilk normality test

p-value: 0.7690385

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

Homogeneity of variances test

p-value: 0.2041569

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

Tukey's test

Groups Treatments Means

a 2 234381

a 1 207642.9

b 4 130261.9

b 3 86238.1

Variavel = 3 PPFC

Analysis of Variance Table

DF SS MS Fc Pr>Fc

Treatament 3 3322974609 2 12.7751 0.001356

Block 3 376466480 3 1.4473 0.292729

Residuals 9 780338414 4

Total 15 4479779502 1

CV = 11.01 %

Shapiro-Wilk normality test

p-value: 0.5671462

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

Homogeneity of variances test

p-value: 0.238076

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

Tukey's test

Groups Treatments Means

a 4 100476.1

a 3 97343.37

b 1 70187.91

b 2 70156.83

Variavel = 4 PPFNC

Analysis of Variance Table

DF SS MS Fc Pr>Fc

Treatament 3 331441437 2 24.9306 0.00011

Block 3 3626268 3 0.2728 0.84360

Residuals 9 39883665 4

Total 15 374951369 1

CV = 17.05 %

Shapiro-Wilk normality test

p-value: 0.574155

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

Homogeneity of variances test

p-value: 0.2294204

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

Tukey's test

Groups Treatments Means

a	1	19188.05
b	2	13586.42
bc	4	9251.9
c	3	7352.545

Variavel = 5 RTO

Analysis of Variance Table

	DF	SS	MS	Fc	Pr>Fc
Treatament	3	1820177459	3	6.1731	0.014476
Block	3	430475221	2	1.4600	0.289541
Residuals	9	884567587	4		
Total	15	3135220267	1		

CV = 10.23 %

Shapiro-Wilk normality test

p-value: 0.9028127

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

Homogeneity of variances test

p-value: 0.3096407

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

Tukey's test

Groups Treatments Means

a 4 109728

ab 3 104695.9

ab 1 89375.96

b 2 83743.25

> proc.time()

user system elapsed

0.21 0.06 0.35

Anexo 5: Análisis de laboratorio de suelo.

Figura 14: Determinación de Textura de suelo.

Fuente: Propia

Figura 15: Determinación de pH del suelo.

Fuente: Propia

Figura 16: Determinación de la densidad real del suelo.

Fuente: Propia

Figura 17: Determinación de la Capacidad de campo.

Fuente: Propia