

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO
CENTRO REGIONAL UNIVERSITARIO DE LOS SANTOS

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA SOSTENIBLE

EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE TOMATE INDUSTRIAL PARA FORTALECER
LA SOSTENIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN

NIMIA LASTENIA SOLÍS VERGARA

CIP: 7-708-735

TESIS PRESENTADA COMO UNO DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL
GRADO DE MAGISTER EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA SOSTENIBLE

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2023

**EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE TOMATE INDUSTRIAL PARA FORTALECER
LA SOSTENIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN**

**TRABAJO DE GRADUACION SOMETIDO PARA OPTAR POR EL TITULO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN PRODUCCIÓN
AGRÍCOLA SOSTENIBLE.**

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

DEPARTAMENTO DE POSTGRADO Y MAESTRÍA

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL
DEBE SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

APROBADO

PH. D. JOSÉ E. VILLARREAL N.

DIRECTOR

PH. D. VIDAL AGUILERA C.

ASESOR

MSC. LUIS A. BARAHONA A.

ASESOR

LAS TABLAS, LOS SANTOS

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2023

DEDICATORIA

Este trabajo de graduación es dedicado a nuestro padre Dios al cual tenemos tanto que agradecerle.

A mis padres Manuel Solís Villarreal y Luvilia Vergara Cedeño de Solís, por siempre brindarme su amor y comprensión, formándome como una persona de bien, sincera, responsable; inculcándome que el trabajo honrado y el estudio son la base para una vida profesional llena de éxitos.

A mi hermana Nataly Lourdes Solís Vergara, quien siempre ha compartido momentos de alegría, tristezas y preocupaciones.

A Jacinto de Jesús Espino Ríos por siempre estar a mi lado brindándome esa voz de aliento.

A mis abuelos Odilón Vergara (q.e.p.d.), Manuel Solís Barrios (q.e.p.d.), hasta el cielo y mis abuelas Lastenia Cedeño y Eodimia Villarreal, por todos sus sabios consejos.

Con mucho amor y cariño para ustedes.

Nimia

AGRADECIMIENTO

Primeramente, le doy gracias a Dios y a Santa Librada por brindarme sabiduría, fortaleza, capacidad y perseverancia para obtener un logro más en mi vida profesional y así culminar esta maestría.

A mis padres Luvilia Vergara Cedeño de Solís y Manuel Solís Villarreal por siempre confiar en mí, darme la vida, sus consejos, apoyo moral, espiritual y económico de forma incondicional.

A mi hermana Nataly Lourdes Solís Vergara, quien siempre me brindó su apoyo y estuvo a mi lado.

A mi esposo Jacinto de Jesús Espino Ríos por todo el apoyo brindado.

Al director de este trabajo de investigación, doctor José Villarreal, por sus conocimientos, atención y paciencia para que este trabajo de investigación se desarrollara adecuadamente.

De igual manera a los asesores doctor Vidal Aguilera y el magíster Luis A. Barahona A., por su gran apoyo en la culminación de mi tesis; de igual forma al ingeniero José Guerra del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) por su colaboración en todas las actividades de campo.

Al Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), por haber puesto a mi disposición sus terrenos, instalaciones y personal necesario para que el proyecto se realizara.

Nimia

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
Resumen	1
Abstract	2
Introducción.....	3
Objetivos.....	5
□ Objetivo general.....	5
□ Objetivos específicos	5
I. Revisión de literatura	6
1.1. El cultivo de tomate en Panamá.....	6
1.2. Generalidades de la planta	7
1.2.1. <i>Descripción botánica del tomate</i>	7
1.2.2. <i>Etapas fenológicas</i>	9
1.3 Requerimientos edafoclimáticos	10

1.4	Índice de vegetación normalizada (NDVI).....	13
II.	Materiales y métodos	14
1.	Localización geográfica	14
2.	Condiciones climáticas durante el establecimiento del ensayo	14
2.1	<i>Humedad relativa</i>	14
2.2	<i>Temperatura (media, máxima y mínima)</i>	15
2.3	<i>Radiación</i>	16
3.	Cultivares evaluados	18
4.	Arreglo en campo y manejo	18
5.	Días a cosecha	21
6.	Diseño experimental y análisis estadístico	22
7.	Variables de estudio	23
7.1	<i>Variables cuantitativas</i>	23
7.2	<i>Variables cualitativas</i>	25
III.	Resultados y discusión	27
1.	Comprobación de los supuestos	27
2.	Análisis de correlación	29
3.	Variables cuantitativas	30
3.1	<i>Temperatura del cultivo</i>	30
3.2	<i>Frutos por planta</i>	32

3.3	Peso promedio fruto (g)	33
3.4	<i>Rendimiento promedio (ton/há)</i>	35
3.5	<i>Flores por racimo</i>	36
3.6	<i>Grados brix</i>	38
3.7	<i>pH del fruto</i>	39
3.8	Índice de vegetación normalizada de diferencia, (NDVI)	41
3.9	<i>Cobertura foliar (%)</i>	42
3.10	<i>Firmeza del fruto</i>	43
3.11	<i>Número de lóculos</i>	45
4.	Variables cualitativas	46
4.1	<i>Forma del fruto (IPGRI)</i>	46
4.2	<i>Color del fruto maduro</i>	48
3.12	<i>Desprendimiento del pedúnculo</i>	49
5.	Análisis de componentes principales	50
IV.	Conclusiones y recomendaciones	52
1.	Conclusiones	52
2.	Recomendaciones	53
V.	Bibliografía	54
VI.	Anexos	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla n°.1. Requerimientos climáticos del cultivo de tomate industrial.....	11
Tabla n°.2. Descripción de los tratamientos a evaluar.....	18
Tabla n°.3. Fertilidad de los suelos en el campo experimental de La Villa de Los Santos.....	20
Tabla n°.4. Fertilidad de los suelos en el campo experimental de La Villa de Los Santos.....	20
Tabla n°.5. Plan de fertilización del experimento.....	21
Tabla n°.6. Días a cosecha. Los Santos, 2020.....	22
Tabla n°.7. Escala de clasificación por color de tomate del USDA (UCDAVIS, 2016).....	26
Tabla n°.8. Prueba de normalidad y homogeneidad de varianza de las variables de respuesta.....	28
Tabla n°.9. Valores medios de las variables de respuesta.....	29
Tabla n°.10. Análisis de correlación de Pearson.....	30
Tabla n°.11. Análisis de varianza para la variable temperatura del cultivo. Los Santos, 2020.....	31
Tabla n°.12. Análisis de varianza para la variable frutos por planta. Los Santos, 2020.....	32
Tabla n°.13. Análisis de varianza para la variable peso promedio de frutos (g). Los Santos, 2020.....	34
Tabla n°.14. Análisis de varianza para la variable rendimiento promedio de frutos (t/há). Los Santos, 2020.....	36

Tabla n°.15. Análisis de varianza para la variable flores por racimo. Los Santos, 2020.....	37
Tabla n°.16. Análisis de varianza para la variable grados brix. Los Santos, 2020.....	39
Tabla n°.17. Análisis de varianza para la variable pH del fruto. Los Santos, 2020.....	40
Tabla n°.18. Análisis de varianza para la variable índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI). Los Santos, 2020.....	41
Tabla n°.19. Análisis de varianza para la variable cobertura foliar (%). Los Santos, 2020.....	42
Tabla n°.20. Análisis de varianza para la variable firmeza del fruto. Los Santos, 2020.....	44
Tabla n°.21. Variable número de lóculos. Los Santos, 2020.....	46
Tabla n°.22. Variable forma del fruto. Los Santos, 2020.....	47
Tabla n°.23. Variable color del fruto maduro. Los Santos, 2020.....	49
Tabla n°.24. Variable desprendimiento del pedúnculo. Los Santos, 2020.....	49
Tabla n°.25. Prueba de KMO y Bartlett para adecuación muestral.....	50
Tabla n°.26. Varianza total explicada por el análisis de componentes principales...	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n°.1. Comportamiento de la humedad relativa durante el cultivo de tomate.....	15
Figura n°.2. Comportamiento de la temperatura media, máxima y mínima durante el cultivo de tomate.....	16
Figura n°.3. Comportamiento de la radiación durante el cultivo de tomate.....	17
Figura n°.4. Formas de frutos según IPGRI, (2001).....	26
Figura n°.5. Escala de clasificación por color de tomate del USDA.....	27
Figura n°.6. Medición de temperatura con infrarrojo.....	32
Figura n°.7. Gráfico de comparación de medias (Duncan, α : 0.05), para la variable número de frutos por planta.....	33
Figura n°.8. Gráfico de comparación de medias (Duncan, α : 0.05), para la variable peso promedio de fruto.....	35
Figura n°.9. Gráfico de comparación de medias (Duncan, α : 0.05), para la variable flores por racimo.....	38
Figura n°.10. Medición del índice de vegetación normalizada (NDVI).....	42
Figura n°.11. Toma de datos de la cobertura vegetal utilizando drone.....	43

Figura n°.12. Gráfico de comparación de medias (Duncan, α : 0.05), para la variable firmeza del fruto.....	45
Figura n°.13. A). Forma del fruto para el genotipo 5-2-14#3. B). Forma del fruto para el genotipo 15-3-14#1. C). Forma del fruto para el genotipo Perita corozal. D). Forma del fruto para el genotipo 5-2-14#4. E). Forma del fruto para el genotipo T-8. F). Forma del fruto para el genotipo 15-3-14#3 G). Forma del fruto para el genotipo 16-1-14#1.....	48
Figura n°.14. Gráfico biplot del análisis de componentes principales.....	51

ÍNDICE DE ANEXOS.

Anexo n°.1. Valores medios de temperatura del cultivo expresados en grados centígrados (°C).....	70
Anexo n°.2. Valores medios de frutos por planta.....	70
Anexo n°.3. Valores medios de peso promedio del fruto (gramos).....	71
Anexo n°.4. Valores medios de rendimiento toneladas por hectárea.....	71
Anexo n°.5. Valores medios de flores por racimo.....	72
Anexo n°.6. Valores medios de grados brix.....	72
Anexo n°.7. Valores medios de pH del fruto.....	73
Anexo n°.8. Valores medios de índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI).....	73
Anexo n°.9. Valores medios de cobertura foliar (%).....	74
Anexo n°.10. Valores medios de firmeza del fruto.....	74
Anexo n°.11. Trasplante realizado de forma manual.....	75
Anexo n°.12. Toma de datos en la parcela.....	75
Anexo n°.13. Inicio de fructificación.....	76
Anexo n°.14. Inicio de maduración de frutos.....	76
Anexo n°.15. Medición de firmeza, utilizando el penetrómetro.....	77
Anexo n°.16. Cosecha de frutos maduros.....	77

EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE TOMATE INDUSTRIAL PARA FORTALECER LA SOSTENIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN.

Resumen

Con el objetivo de evaluar genotipos de tomate industrial para fortalecer la sostenibilidad de la producción, se realizó en el campo experimental de La Villa de Los Santos, provincia de Los Santos en el 2020, utilizando un diseño de BCA con 7 tratamientos y 3 repeticiones. Se realizó un ANOVA; donde existió diferencia significativa. Se realizó una comparación de medias de rangos múltiples de Duncan. Se realizó un análisis de correlación de Pearson y un análisis multivariado de componentes principales. Se estudiaron 6 genotipos de tomate y un testigo comercial (IDIAP-T8). Las variables temperatura del cultivo, rendimiento promedio, brix, pH, NDVI y cobertura foliar no mostraron diferencias estadísticamente significativas. La variable frutos por planta mostró diferencias altamente significativas siendo el genotipo Perita corozal el de mayor número de frutos y el IDIAP T-8 el de menor número de frutos; mientras que en el peso promedio de frutos se demostraron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) donde el IDIAP T-8 tiene el mayor promedio. El genotipo 5-2-14#4 presentó la mayor cantidad de flores por racimo, y en la firmeza sobresalió el genotipo 5-2-14#3. La forma ligeramente achatada resaltó en tres de los genotipos (5-2-14#3, 5-2-14#4 y 15-3-14#3). El color rojo se presentó en los 6 genotipos y el testigo. El número de lóculos que predominó en los genotipos fue de 4 (4 5-2-14#3, 5-2-14#4 e IDIAP T-8). En el desprendimiento del pedúnculo los genotipos Perita corozal e IDIAP T-8 fue fácil, en los genotipos 5-2-14#3 y 15-3-14#3 fue regular, y en los genotipos 15-3-14#1, 5-2-14#4 y 16-1-14#1 fue difícil. El genotipo 5-2-14-3 obtuvo las mejores características de las variables cuantitativas y rendimiento, y el genotipo 15-3-14-3 los mejores parámetros industriales comparados con el testigo.

PALABRAS CLAVES: características agroindustriales, genotipos, rendimiento, tomate industrial, variables agronómicas.

EVALUATION OF INDUSTRIAL TOMATO GENOTYPES TO STRENGTHEN THE SUSTAINABILITY OF PRODUCTION .

Abstract

With the objective of evaluating industrial tomato genotypes to strengthen the sustainability of production, it was carried out in the Experimental Field of La Villa de Los Santos, Los Santos province in 2020, using a BCA design with 7 treatments and 3 repetitions, an ANOVA was performed; where there was a significant difference, a comparison of Duncan's multiple range means was performed. A Pearson correlation analysis and a multivariate principal component analysis were performed. Six tomato genotypes and a commercial control (IDIAP-T8) were studied. The variables crop temperature, average yield, brix, pH, NDVI and leaf cover did not show statistically significant differences. The variable fruits per plant showed highly significant differences, being the Perita corozal genotype the one with the highest number of fruits and the IDIAP T-8 the one with the lowest number of fruits; while in the average weight of fruits highly significant differences were demonstrated ($P < 0.01$) where the IDIAP T-8 has the highest average. The 5-2-14#4 genotype presented the highest number of flowers per bunch, and the 5-2-14#3 genotype stood out in firmness. The slightly flattened shape stood out in three of the genotypes (5-2-14#3, 5-2-14#4 and 15-3-14#3). The red color was present in the 6 genotypes and the control. The number of locules that predominated in the genotypes was 4 (4 5-2-14#3, 5-2-14#4 and IDIAP T-8). In the detachment of the peduncle the genotypes Perita corozal and IDIAP T-8 was easy, in the genotypes 5-2-14#3 and 15-3-14#3 it was regular, and in the genotypes 15-3-14#1, 5-2-14#4 and 16-1-14#1 was difficult. The 5-2-14-3 genotype obtained the best characteristics of the quantitative variables and yield, and the 15-3-14-3 genotype the best industrial parameters compared to the control.

KEY WORDS: agroindustrial characteristics, genotypes, yield, industrial tomato, agronomic variables.

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es la hortaliza más difundida en todo el mundo y la de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio (De León et al., 2009).

Durante décadas, el tomate ha sido la hortaliza más importante en términos de producción en Panamá, ocupando el vigésimo segundo y el quinto lugar en el continente americano y en América Central, respectivamente (FAO, 2018).

La provincia de Los Santos, en la región central del país, está considerada como la principal zona de producción de tomate industrial en Panamá, con una producción de 6,022 toneladas (85,67% del total a nivel nacional), mientras que la superficie destinada a su cultivo es de 110,1 ha (88,13% del total a nivel nacional) en el año 2022 (MIDA, 2022).

Por otro lado la producción de tomate en Panamá se ha disminuido de 30, 499 toneladas en el año 1983 a 18,167 toneladas en el año 2017, lo que equivale a una reducción del 40,4%, y hoy en día ocupa el tercer lugar después de la sandía [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. y Nakai] y la papa (*Solanum tuberosum* L.), respectivamente (FAO, 2018).

El constante crecimiento de la población y por ello la creciente demanda de alimentos, ha hecho necesario producir alimentos y materias primas industrializables en mayor cantidad por unidad de superficie cultivable. (Martínez et al., 2016).

Según Martínez et al. (2016) el objetivo principal del mejoramiento genético es incrementar la producción y la calidad de los productos agrícolas por unidad de

superficie, en el menor tiempo, con el mínimo esfuerzo y costo posibles. Esto puede lograrse mediante la obtención de nuevas variedades o híbridos, con mayores aptitudes productivas que respondan a las necesidades de agricultores y consumidores.

Mediante la generación de nuevos genotipos de tomate se busca fortalecer la base agro-tecnológica del país en cuanto a sus recursos genéticos. Es necesario entonces, evaluar y seleccionar cultivares con fuentes genéticas de alto potencial de rendimiento y adaptación a las condiciones edafoclimáticas; este tipo de evaluación es de suma importancia, ya que se hace necesario disponer de una amplia variabilidad genética y seleccionar el material con las mejores características agronómicas y otras de importancia.

Objetivos

➤ **Objetivo general**

-Evaluar genotipos de tomate industrial para fortalecer la sostenibilidad de la producción.

➤ **Objetivos específicos**

-Determinar las características agronómicas y el rendimiento de siete genotipos de tomate.

-Evaluar las características industriales de siete genotipos de tomate.

I. Revisión de literatura

1.1. El cultivo de tomate en Panamá

En Panamá, con la llegada de la empresa transnacional NESTLÉ a la región de Natá en la provincia de Coclé, se inician las actividades de la industria tomatera en la década de 1940 y con ella las primeras variedades cultivadas que eran de origen europeo (Francia) y de Norteamérica (Estados Unidos) sobresaliendo la variedad Roso; no obstante la utilización de sistemas de monocultivo y el uso continuo de los mismos suelos generó la aparición de problemas fitosanitarios como la marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) la cual es considerada la principal enfermedad del cultivo de tomate en suelos de las regiones tropicales (IDIAP, 2016).

Esto provocó una sustancial reducción de los rendimientos lo cual con el paso de los años motivó el traslado de la procesadora a la provincia de Los Santos. Para mediados de la década de 1970, se inicia el programa de mejoramiento genético en tomate por el IDIAP (Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá), con el objetivo de producir variedades con tolerancia a la marchitez bacteriana; de estas investigaciones se originaron variedades sobresalientes como Entero Chico, Entero Grande, DINA RPs, IDIAP T-5, IDIAP T-6, IDIAP T-7, IDIAP T-8 e IDIAP T-9 las cuales brindaron la oportunidad de que el desarrollo de la industria tomatera en el país continuara (IDIAP, 2016).

De acuerdo con el MIDA (2021), en Panamá el consumo anual per cápita es de 1.4 kilogramos de tomate industrial; por otra parte, la producción de tomate industrial en Panamá para el año 2021-2022 fue de 7,029 toneladas. Las hectáreas sembradas

fueron 143.71 con un rendimiento promedio de 48.91 toneladas por hectárea; en la provincia de Los Santos se sembraron 126.66 hectáreas, obteniendo una producción de 6,022 toneladas y un rendimiento promedio de 47.54 toneladas ha⁻¹, la totalidad de superficie sembrada se da bajo sistemas de riego por goteo (MIDA, 2022).

Las empresas transformadoras de tomate buscan disminuir sus costos de producción, aumentar los rendimientos y desarrollar productos de mayor calidad. Actualmente, el consumidor demanda productos que gocen del mejor sabor y que presenten cualidades beneficiosas para la salud.

1.2. Generalidades de la planta

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es una planta originaria de la planicie costera occidental de América del Sur. Fue introducido por primera vez en Europa a mediados del siglo XVI y se comenzó a cultivar comercialmente a principios del siglo XIX, etapa en que inició la industrialización y diferenciación de las variedades para mesa e industria (Larín et al., 2018).

1.2.1. Descripción botánica del tomate

- **Semilla:** De acuerdo con Larín et al. (2018), la semilla es plana y ovalada con dimensiones aproximadas de 3x2x1 mm. Si se almacena por periodos prolongados se recomienda hacerlo a una humedad de 5.5 %. Una semilla de calidad deberá tener al menos el 95% de germinación.
- **Raíz:** El sistema radicular está formado por una raíz principal, raíces secundarias y las adventicias, las cuales se extienden superficialmente en un diámetro de 1.5 m con una profundidad de 0.5 m.; sin embargo, el 70% de las raíces se localizan a menos de 0.20 m de la superficie (Pérez et al., 2006).

- **Tallo:** Los tallos son ligeramente angulosos, semileñosos, de grosor mediano y con tricomas (pilosidades), simples y glandulares. Eje con un grosor que oscila entre 2-4 cm. en su base, sobre el que se van desarrollando las hojas, tallos secundarios e inflorescencias. En la parte distal, se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales. (Escalona et al., 2009).
- **Hojas:** Escalona et al. (2009), menciona que las hojas son compuestas e imparipinnadas, con folíolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternada sobre el tallo.
- **Flores:** La flor del tomate es perfecta, de color amarillo, consta de 5 o más sépalos, 5 o más pétalos y de 5 a 6 estambres; se agrupan en inflorescencias de tipo racimo cimoso, compuesto por 4 a 12 flores. Temperaturas superiores a los 30°C ocasionan que el polen no madure, por lo tanto, no hay fecundación, observándose aborto floral o caída de flor. Por lo que se recomienda seleccionar variedades que se adapten a este tipo de condiciones ambientales. Las variedades de tomate de crecimiento determinado inician su floración entre los 55 a 60 días después de sembrados; mientras que las de crecimiento indeterminado, entre los 65 a 75 días después de la siembra. (Pérez et al., 2006)
- **Fruto:** El fruto del tomate es una baya, de forma redonda, más o menos globosa o piriforme, de color generalmente rojo en la maduración, aunque algunas variedades pueden presentar otras coloraciones, como amarillo, etc. El diámetro de los frutos puede variar de 1 a 15 cm. La superficie de la baya puede ser lisa o acostillada. En el interior del fruto se delimitan claramente los lóculos

carpelares, que pueden variar de 2 a más de 10 y la placenta (Argerich et al., 2010).

1.2.2. Etapas fenológicas

La diversidad de zonas edafoclimáticas en que se cultiva el tomate dificulta generalizar el desarrollo de la plantación. Sin embargo, es necesario presentar los diferentes estados para su desarrollo y duración, considerando las condiciones edafoclimáticas comunes de las áreas tomateras (Guerra et al., 2016).

- **Etapa de plántula:** Comienza con la germinación de la semilla. Se caracteriza por el rápido aumento en la materia seca, la planta invierte su energía en la síntesis de nuevos tejidos de absorción y fotosíntesis (Pérez et al., 2006)
- **Etapa vegetativa:** Esta etapa se inicia a partir de los 21 días después de la germinación y dura entre 25 a 30 días antes de la floración. Requiere de mayores cantidades de nutrientes para satisfacer las necesidades de las hojas y ramas en crecimiento y expansión (Pérez et al., 2006)
- **Etapa reproductiva (floración, fructificación, maduración):** Se inicia con la formación de flores a los 51 días después de la germinación. Las flores hermafroditas del tomate se auto polinizan y comienza la formación de frutos entre 60 y 70 días después de la siembra, extendiéndose de 30 a 40 días más (CATIE, 1990; Pérez et al., 2006).

La fructificación se caracteriza porque el crecimiento de la planta se detiene y los frutos extraen los nutrientes necesarios para su crecimiento y maduración (Pérez et al.2006). Así mismo Larín et al., (2018) destaca que la primera cosecha puede realizarse entre los 85 a 90 días, el número de cortes dependerá

del manejo dado al cultivo de tomate, de las condiciones climáticas imperantes durante su ciclo de cultivo y de su hábito de crecimiento.

1.3 Requerimientos edafoclimáticos

Según Espinoza et al. (2008), la productividad del cultivo está determinada por complejas interacciones entre el clima y los procesos fisiológicos que estos conllevan. El éxito productivo no solo depende de la intensidad de los estímulos climáticos sino también de la secuencia temporal de estos durante su ciclo de vida.

La temperatura, la radiación solar y el agua en el suelo son los tres principales factores que regulan los procesos fisiológicos y metabólicos en las plantas. La ocurrencia de bajas y altas temperaturas, la variación entre la humedad relativa y evaporación, son la principal limitante para el cultivo, ya que influyen en un momento determinado durante su crecimiento y desarrollo (Espinoza et al., 2008).

- **Temperatura:** El cultivo de tomate posee un amplio rango de temperatura para crecer o desarrollarse; las temperaturas óptimas para el desarrollo del cultivo oscilan entre los 30°C para el día y 16°C durante la noche. La temperatura influye en la distribución de los productos de la fotosíntesis (Larín et al., 2018). Pérez et al. (2006), indican que la temperatura ideal para la fructificación es 16°C durante la noche y 30°C en el día; sin embargo, inferior a 13°C y superior a 32°C resultan perjudicial, afectando significativamente la fructificación, provocando la caída de la floral cuando excede los 34°C; agregando a lo anterior, Escalona et al. (2009), menciona que la temperatura para el desarrollo normal de la planta es de 18-25°C (Tabla N°1).

Tabla n°.1. *Requerimientos climáticos del cultivo de tomate industrial.*

Evento		Temperatura (°C)
Muerte por helada		-2°C
Detiene su desarrollo		10-12°C
Desarrollo normal		18-25°C
Excelente desarrollo		21-24°C
Germinación óptima		25-30°C
<i>Temperaturas óptimas para zonas tropicales</i>		
Desarrollo	Diurna	23-26°C
	Nocturna	13-16°C
Floración	Diurna	23-26°C
	Nocturna	15-18°C
Maduración		15-22°C

Fuente: Escalona et al. (2009).

- **Humedad:** Según Escalona et al. (2009) la humedad ambiental óptima para el desarrollo del cultivo esta entre 60% - 80%, humedades altas pueden provocar enfermedades fúngicas de los tejidos foliares, rajado del fruto, problemas con la fecundación. Sin embargo, si la humedad es muy baja se pueden presentar problemas con la fijación del polen al estigma floral; mientras que Larín *et al.* (2018), indican que en el cultivo de tomate es conveniente que la humedad relativa (HR) del aire sea entre 70% y 80%; los valores superiores favorecen el desarrollo de enfermedades del follaje.

Simón (2011) menciona que la humedad influye sobre el crecimiento de los tejidos, transpiración, fecundación de las flores y desarrollo de enfermedades criptogámicas.

El tomate es una planta sensible a humedades relativas altas o bajas, por tanto, es necesario mantener éstas dentro del rango óptimo para el desarrollo del cultivo. Para el tomate, la humedad relativa óptima oscila entre 60% y 80%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores, mientras que una humedad relativa baja dificulta la fijación del polen al estigma de la flor (Jaramillo, 2007).

- **Luminosidad:** De acuerdo con Him (1997) el cultivo de tomate es insensible al fotoperiodo; sin embargo, necesita de una 11 a 12 horas de luz solar. La densidad de siembra el sistema de poda, tutorado y las prácticas culturales aplicadas al cultivo pueden modificar el aprovechamiento de la radiación solar. Las prácticas culturales durante la época lluviosa optimizan la recepción de los rayos; mientras que Gómez et al. (2010), alude que el tomate no es sensible a la duración del día, fructifica con fotoperiodos de 7 a 19 horas. De todos modos, la intensidad lumínica es un factor importante puesto que afecta el crecimiento de las plantas al modular la fotosíntesis.

El tomate necesita condiciones de muy buena luminosidad, de lo contrario los procesos de crecimiento, desarrollo, floración, polinización y maduración de los frutos pueden verse significativamente afectados (Casanova et al., 2007).

- **Suelos:** Los suelos destinados al cultivo de tomate deben presentar, preferiblemente, topografía plana, con pendientes máximas de 8%, suelos profundos, de textura franco a franco arcillosa, buena aireación y facilidad de drenaje, con un pH de 5.6 a 6.0, densidad aparente de 1.20 g/cm³, un

contenido de materia orgánica superior a 3.0% y una conductividad eléctrica entre 0.75 y 2.0 dSm (Gutiérrez Palma 2006, Pérez et al. 2006).

1.4. Índice de vegetación normalizada (NDVI).

Según Merg et, al. (2011); este índice puede ser definido como un parámetro calculado a partir de los valores de la reflectancia a distintas longitudes de onda. Este índice, no mide directamente la productividad ni disponibilidad forrajera, pero tienen una estrecha relación con estas variables. El utilizar estos índices tiene su fundamento en el particular comportamiento radiométrico de la vegetación. Una cubierta vegetal en buen estado de salud tiene una firma espectral que se caracteriza por el contraste entre la banda del rojo (entre 0.6 y 0.7 $\mu\text{m}.$), la cual es absorbida en gran parte por las hojas y el infrarrojo cercano (entre 0.7 y 1.1 $\mu\text{m}.$), que es reflejada en su mayoría. Esta cualidad de la vegetación permite la realización de su valoración cualitativa.

La reflectancia es la fracción de energía reflejada por un objeto posteriormente a la incidencia de esta en la superficie. La reflectancia espectral de un cultivo difiere considerablemente entre el rango del infrarrojo cercano ($\lambda = 700\text{-}1300\text{ nm}$) y del rojo visible ($\lambda = 550\text{-}700\text{ nm}$) (Kumar- Silva 1973).

Las plantas suelen tener baja reflectancia en las porciones azul y roja del espectro debido a la absorción de la clorofila en dicho rango y una reflectancia más alta en la región del verde, lo que hace que las plantas sean verdes a nuestros ojos.

De acuerdo con Verhulst et al. (2010), hasta ahora la mayor parte de los conocimientos que existen acerca del crecimiento y el desarrollo de las plantas han sido generados bajo las prácticas de manejo convencionales como la labranza intensiva y la remoción de residuos. En cambio, el sensor portátil del NDVI permite

monitorear el crecimiento y el desarrollo de las plantas durante todo el ciclo de cultivo, aportando conocimientos sobre el efecto de los distintos manejos agronómicos sobre el sistema.

II. Materiales y métodos

1. Localización geográfica

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), específicamente en el campo experimental de La Villa de Los Santos, corregimiento de Los Santos, distrito de Los Santos, provincia de Los Santos; en las coordenadas 7°56'24" de latitud norte – 80°25'02" de longitud oeste; a una elevación aproximada de 14 msnm.

Pertenece al bosque seco tropical según las zonas de vida de Holdridge (1967), precipitación promedio anual de 900 mm, temperatura ambiental promedio de 27°C.

Suelo clasificado como franco fino, mezclado, isohipertérmico, Fluventic Ustropept (Inceptisol), temperatura de suelo Isohipertérmico y régimen de humedad Ústico (Jaramillo, 1991).

2. Condiciones climáticas durante el establecimiento del ensayo.

2.1 Humedad relativa

A los 20 días después del trasplante se presentó la humedad relativa más baja cerca del 60%. Nuez, (1986), menciona que, la humedad relativa en un rango entre 50- 70% son valores favorables para el desarrollo del cultivo y la humedad relativa más alta se dio entre los 50 y 60 ddt sobre el 75% de humedad, coincidiendo con el final de la etapa vegetativa e inicio de la etapa

reproductiva de las plantas de tomate (Figura N° 1). Nuez (1986), señala que rangos superiores a 70% dificultan la fecundación debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores y puede favorecerse el desarrollo de enfermedades (Figura N° 1).

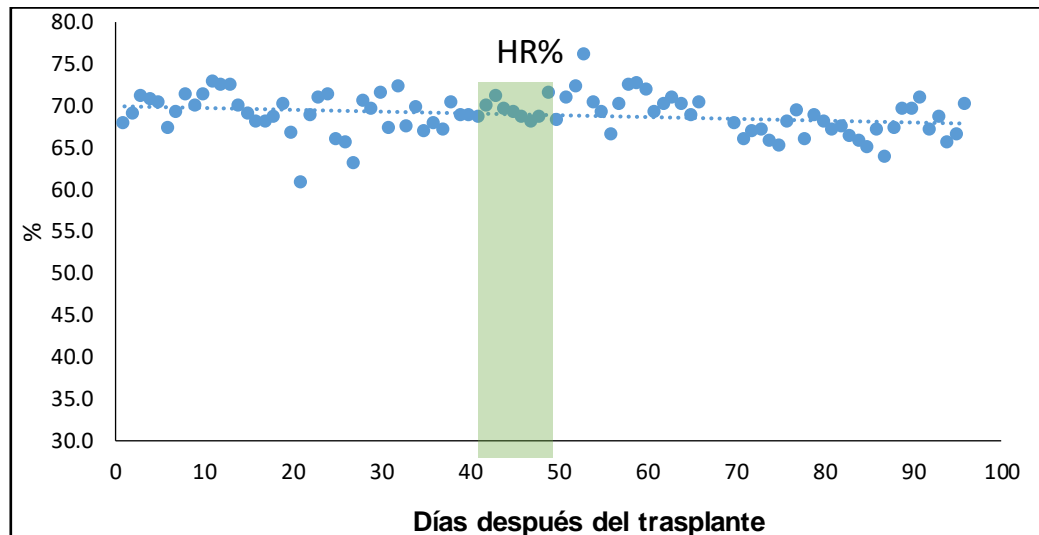


Figura n°1. Comportamiento de la humedad relativa durante el cultivo de tomate.

2.2 Temperatura (media, máxima y mínima)

Esta variable climática nos indica que las temperaturas ambientales estuvieron en la media general de 30°C.

Nuez (1986), señala que la maduración del fruto está muy influida por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración de forma que valores cercanos a los 10°C así como superiores a los 30°C originan tonalidades amarillentas.

En el caso de la temperatura máxima, los valores ascendieron a más de 35°C a los 40 ddt y la temperatura mínima se mantuvo en el rango de los 20°C a los 55 ddt en la etapa reproductiva del cultivo.

Por otro lado, Jaramillo et al. (2007), reporta que temperaturas superiores a 35°C afectan el desarrollo general de la planta, el desarrollo de óvulos, la polinización, el cuajado, el crecimiento de los frutos y su calidad (Figura N°2).

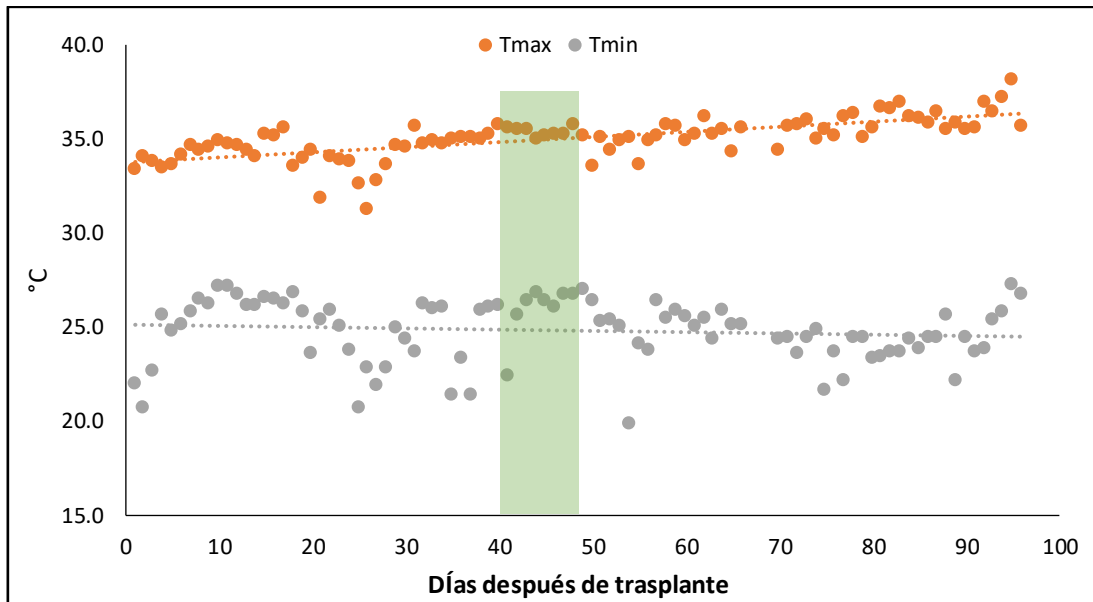


Figura n°.2. Comportamiento de la temperatura media, máxima y mínima durante el cultivo de tomate.

2.3 Radiación

Los valores de radiación más bajos se observaron durante el inicio de la etapa vegetativa del cultivo de tomate a los 25 días después del trasplante y la radiación más alta se presentó durante la etapa de inicio de fructificación (70 ddt). (Figura N°3).

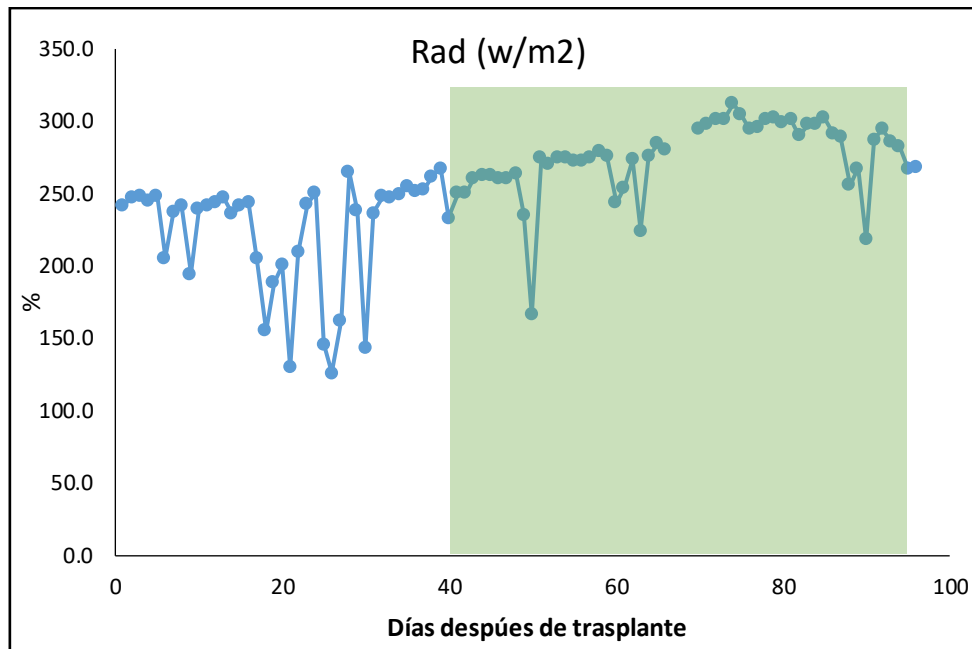


Figura n°.3. Comportamiento de la radiación durante el cultivo de tomate.

De la radiación incidente sobre la cubierta vegetal las hojas reflejan un poco más del 10%, transmiten un 10% y absorben el 80% restante de la radiación fotosintética activa (PAR). La radiación absorbida, a su vez, sigue tres caminos diferentes: de la radiación incidente, el 20% es emitida en forma de radiación infrarroja; el 60% calentará las hojas y será disipada (por transpiración o por convección, dependiendo del contenido hídrico); y sólo el 1% se utiliza en la fotosíntesis (Sánchez, 2007).

Al transformarse de energía luminosa a energía calorífica, la radiación solar interviene en todos los procesos bioquímicos de las plantas.

3. Cultivares evaluados

Se evaluaron las características agronómicas, el rendimiento y características industriales de 6 diferentes genotipos y un testigo comercial (IDIAP T-8), cuyas características se presentan en la Tabla n°.2.

Tabla N°2.. Descripción de los tratamientos a evaluar.

Tratamiento	Descripción	Composición genética	Origen
T1	5-2-14#3	Línea	Programa de mejoramiento genético del IDIAP
T2	5-2-14#4	Línea	Programa de mejoramiento genético del IDIAP
T3	16-1-14#1	Línea	Programa de mejoramiento genético del IDIAP
T4	15-3-14#1	Línea	Programa de mejoramiento genético del IDIAP
T5	15-3-14#3	Línea	Programa de mejoramiento genético del IDIAP
T6	Perita corozal	Variedad	Programa de mejoramiento genético del IDIAP
T7	Testigo comercial (IDIAP T-8)	Variedad	Programa de mejoramiento genético del IDIAP

Fuente: Autor

4. Arreglo en campo y manejo

El experimento se realizó entre los meses de enero a marzo de 2020, utilizando el sistema de riego por goteo.

Cada unidad experimental estaba constituida por 3 hileras separados a 1.8 m. entre ellas con un largo de 4.0 m. (21.6 m.²). La distancia entre golpe fue de 0.3 m. a doble hilera (0.1 m. de distancia entre planta a cada lado del gotero), con 26 planta por surco, para un total de 60 plantas por unidad experimental.

La parcela efectiva estaba constituida por el surco central, dejando 0.5 m. a cada lado como efecto de borde, para un total de 20 plantas (7.2 m.²). La distancia entre los tratamientos fue de 1.8 m. y la distancia entre los bloques de 1.0 m. para un total de 680.4 m.² en el experimento.

Los semilleros se prepararon en bandejas de cultivo utilizando sustrato estéril. El trasplante se realizó a los 18 días después de la siembra del semillero; no se realizaron aplicaciones de fungicidas ni bactericidas para que la planta expresara su potencial genético.

El manejo agronómico, en cuanto a fertilización, control de malezas e insectos de suelo se realizó de acuerdo con las tecnologías generadas por el IDIAP para el manejo integrado del cultivo de tomate (Guerra *et al.*, 2016).

Se tomaron muestras de suelo antes de establecer el ensayo, a 0.30 m. de profundidad tomando 15 sub-muestras; estas se mezclaron para obtener una sola muestra homogénea y así determinar sus características fisicoquímicas según la metodología descrita por Agudo *et al.*, (2012).

El análisis de suelo se utilizó para conocer la cantidad de nutrientes disponibles para las plantas y la cantidad que se debe adicionar aplicada en forma de fertilizante mineral para obtener un rendimiento de cultivo esperado.

El contenido de nutrientes en el campo experimental de La Villa de Los Santos presenta niveles altos de P, Ca y Mg; los niveles de K, Mn, Fe y Cu son medios y niveles bajos de Al y Zn. (Tabla N°3).

Tabla n°.3. *Fertilidad de los suelos en el Campo Experimental de La Villa de Los Santos.*

P	K	Ca	Mg	Al	Mn	Fe	Zn	Cu
<i>mg l⁻¹</i>		<i>cmol(+) kg⁻¹</i>			<i>mg l⁻¹</i>			
58	107.20	18.70	10.90	0.10	14.40	63.90	3.35	4.83

Fuente: Laboratorio de Suelos, IDIAP (2020).

Este suelo según sus características físico-químicas presenta una textura franco arenosa con una coloración en seco pardo amarillento, pH muy ácido, además una capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) media, una saturación de aluminio baja y una saturación de bases alta, además de un nivel de materia orgánico bajo (Tabla n°.4).

Tabla n°4. *Fertilidad de los suelos en el campo experimental de La Villa de Los Santos.*

Textura	Color	CICE	pH	Al	Bases	M.O.
		<i>cmol(+) kg⁻¹</i>	<i>(1:2.5)</i>	<i>% saturación</i>		<i>%</i>
Arcilloso-limoso	Pardo amarillo	29.97	4.7	0.33	99.67	1.14

Fuente: Laboratorio de Suelos, IDIAP (2020).

De acuerdo con el análisis de suelo se procedió a realizar la fertilización según el plan recomendado con el cual se aportó 200 Kg de N, 242 Kg de P₂O₅ y 75 Kg de K₂O. (Tabla N°5).

Tabla n°.5. Plan de fertilización del experimento.

Fórmula del fertilizante	Cantidad	Época de aplicación
15-15-15	317.52 Kg	Una semana después del trasplante
Urea 46%	136.08 Kg	Una semana después del trasplante
Urea 46%	136.08 Kg	Al aporque
Urea 46%	136.08 Kg	60 días después del trasplante

Fuente: Autor

5. Días a cosecha

La importancia de esta variable recae en conocer parte del ciclo fisiológico de la planta que nos permite tomar decisiones dentro de la programación del cultivo.

En el momento de la recolección, se recomienda que se alcance al menos el 75% de maduración de los frutos ya que por debajo de estos porcentajes decrece sensiblemente su rentabilidad económica (Lagunas, 2003).

En la figura n°.6, se representan los porcentajes de madurez alcanzados en los diferentes tratamientos del ensayo.

Tabla n°.6. Días a cosecha. Los Santos, 2020.

Genotipo	Días a cosecha
5-2-14#3	86ddt
15-3-14#1	88ddt
Perita Corozal	86ddt
5-2-14#4	88ddt
IDIAP T-8	83ddt
15-3-14#3	88ddt
16-1-14#1	88ddt

Fuente: Autor

Al final del cultivo, la maduración fue similar en todos los tratamientos alcanzando aproximadamente el 90% de frutos maduros; la media general fue de 87 ddt para el inicio de la cosecha.

El ciclo medio del cultivo desde el trasplante hasta la cosecha es de 110 días tanto para suelo acolchado como desnudo, estuvo de acuerdo con lo obtenido para este cultivo en ensayos de variedades de tomate de recolección única en Navarra en 2012, donde la duración del ciclo estuvo comprendida entre los 110 y los 130 días según la precocidad (Macua et al., 2012).

6. Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con 7 tratamientos y 3 repeticiones. Los tratamientos fueron 6 genotipos de tomate y un testigo comercial, según el siguiente modelo matemático:

$$\gamma_{ij} = \mu + Rep_i + T_j + \varepsilon_{ij}$$

En donde:

γ_{ijk} = Valor del carácter estudiado.

μ = Media general del experimento.

Rep_i = Efecto de la repetición.

T_j = Efecto del genotipo.

ε_{ijk} = Error experimental.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existe diferencia entre los genotipos evaluados. Donde existió diferencia significativa, se realizó una comparación de medias de rangos múltiples de Duncan.

Se realizó un análisis de correlación de Pearson.

Se realizó un análisis multivariado de componentes principales para observar la relación entre las distintas variables de respuesta.

7. Variables de estudio

7.1 Variables cuantitativas

- Temperatura del cultivo: La temperatura del cultivo se tomó una vez a la semana desde los 30 hasta los 50 ddt, utilizando un sensor infrarrojo, el cual es un termómetro digital en forma de pistola, con apuntador láser que mide a distancia la temperatura gracias a su tecnología basada en la detección de radiación térmica electromagnética, la medición se llevó a cabo en el surco central que constituye la unidad experimental.

- Frutos por planta: Se contaron los frutos cosechados en la parcela útil y se dividieron entre el número de plantas productivas en la misma. En el ensayo se realizaron dos cosechas.
- Peso promedio de frutos (g): Al momento de la cosecha se realizó el conteo del número de frutos por parcela efectiva, este peso se promedió para obtener el peso promedio
- Rendimiento (ton/há): Para el ensayo, se cosecharon los frutos de la parcela efectiva por cada tratamiento, estos fueron pesados y se sumó la producción obtenida en los 2 cortes realizados, de esta forma se obtuvo el rendimiento en kg por parcela y luego se convirtieron en el rendimiento por hectárea (ton/há).
- Flores por racimo: Se contabilizó el número de flores presentes en los racimos de las plantas de la parcela efectiva, efectuando lecturas desde el inicio de la floración hasta el inicio de formación de los frutos.
- Grados brix: Se utilizó un refractómetro portátil. Se recolectó una pequeña muestra de jugo de tomate, esta se colocó en el prisma de medición y se esparció uniformemente luego se anotó la lectura observada.
- pH del fruto: Se tomaron 5 frutos al azar de la parcela efectiva y se utilizó el jugo del fruto y con la ayuda de un medidor de pH (potenciómetro), para luego tomar la lectura correspondiente.
- Índice de vegetación normalizada de diferencia (NDVI): Las lecturas de NDVI, se realizaron a partir de los 25 ddt una vez por semana hasta la cosecha. Los muestreos se efectuaron utilizando un "Green Seeker™"; este se sostenía sobre la planta de tomate manteniendo el gatillo presionado sobre todo el surco a 0.30 m. sobre el cultivo al finalizar se soltaba el gatillo y se presentaba el promedio.

- Cobertura foliar (%): Con ayuda de un dron se sobrevolaron sistemáticamente los diferentes tratamientos cuando se encontraba en el inicio de la etapa de floración para tomar imágenes aéreas y se calculó el porcentaje de cobertura del suelo con la aplicación conopeo.
- Firmeza del fruto: Se utilizó un penetrómetro manual, realizando la medición la misma persona asegurando la exactitud de las medidas, este se introdujo en la pulpa del fruto.
- Número de lóculos: Se tomaron 5 frutos por cultivar, se realizó un corte transversal a la parte más ancha del fruto (diámetro ecuatorial) y se procedió a contar el número de lóculos.

7.2 Variables cualitativas

- Forma del fruto (IPGRI): Se determinó de manera visual la forma predominante de los tomates muestreados, tomando cada fruto de los diferentes tratamientos; dado que es una variable cualitativa, se utilizó la tabla de formas de frutos de los descriptores varietales propuestas por el IPGRI, 2001. Figura n°.4.
1. Achatado 2. Ligeramente achatado 3. Redondeado 4. Redondo-alargado 5. Cordiforme 6. Cilíndrico (oblongo-alargado) 7. Piriforme 8. Elipsoide (forma de ciruela) 9. Otro (especificar en el descriptor).

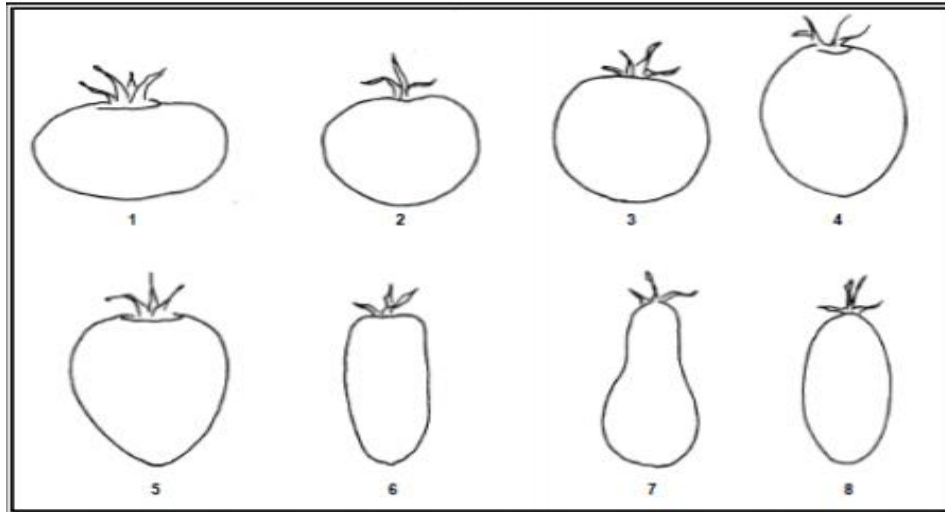


Figura n°.4. Formas de frutos según IPGRI, (2001).

- Color del fruto maduro: Al llegar a la madurez fisiológica, se utilizaron los colores especificados en los descriptores varietales de (UCDAVIS, 2016); para realizar la clasificación de los cultivares (Tabla n°.7). En la figura 5 se muestra la escala de los descriptores varietales.

Tabla n°.7. Escala de clasificación por color de tomate del USDA (UCDAVIS, 2016).

Estado	Nombre	Descripción
1	Verde	La superficie del tomate es totalmente verde en color. El tono de verde puede variar de claro a oscuro
2	Quebrante	Se presenta un quiebre en la coloración verde del fruto por la aparición de pequeñas coloraciones amarillas, rosas o verdes en no más del 10% de la superficie.
3	Torneado	Más del 10% pero no más del 30% de la superficie presenta un cambio de coloración de verde a amarillo, rosa, rojo o la combinación de estos.
4	Rosa	Más del 30% pero no más del 60% de la superficie del fruto muestra una coloración rosa o rojiza.
5	Rojo claro	Más del 60% de la superficie del fruto muestra una coloración rosa-rojiza o roja. No más del 90% de la superficie es de color rojo
6	Rojo	Más del 90% de la superficie del fruto muestra una coloración roja.

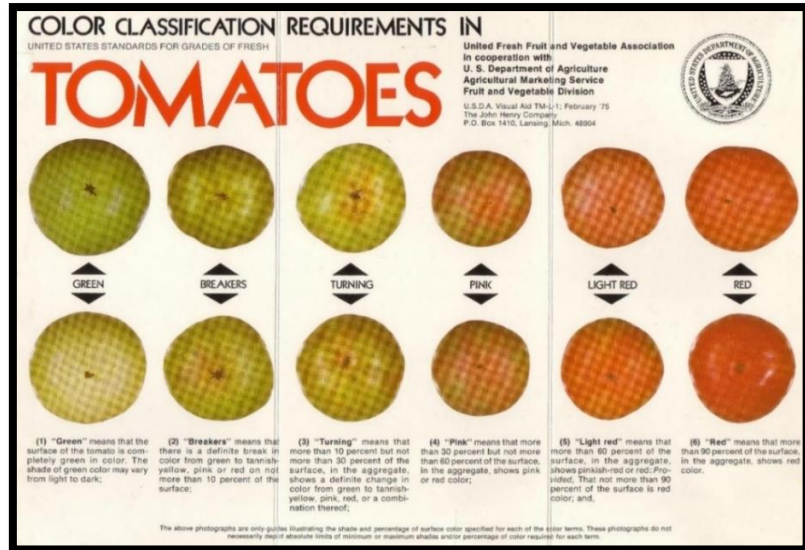


Figura n°.5. Escala de clasificación por color de tomate del USDA.

Fuente: UCDAVIS (University of California, Davis). 2016. https://postharvest.ucdavis.edu/Commodity_Resources/Fact_Sheets/Datastores/Veg_etable_English/?uid=36&ds=799.

- Desprendimiento del pedúnculo: Se realiza de forma manual, realizando una leve torcedura para tratar de obtener el fruto.

III. Resultados y discusión

1. Comprobación de los supuestos

Se realizó la prueba de Levene para comprobar la homogeneidad de varianza, observándose que, en todas las variables bajo estudio, las varianzas fueron homogéneas. Se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, encontrando que las variables de flor por racimo y firmeza de fruto no presentaban una distribución normal, por lo cual se procedió a realizar una transformación utilizando el logaritmo natural (Tabla n°.8). Luego de comprobado los supuestos, se realizó un análisis de varianza.

Tabla n°.8. Prueba de normalidad y homogeneidad de varianza de las variables de respuesta.

Variable	Prueba de normalidad Shapiro-Wilk		Homogeneidad de varianza Levene	
	Estadístico	Sig.	Estadístico	Sig.
NDVI	0.924	0.103	0.803	0.464
%CC	0.978	0.897	3.285	0.091
T°cultivo	0.960	0.526	2.202	0.140
Flor/racimo*	0.815	0.001	1.986	0.166
Fr/planta	0.946	0.281	0.645	0.536
Peso/fruto	0.963	0.569	0.355	0.706
Firmeza*	0.907	0.047	0.495	0.618
BRIX	0.962	0.553	1.936	0.173
PH	0.930	0.136	0.258	0.775
t/ha	0.971	0.748	0.795	0.467
Flor/racimo*	0.890	0.100	2.035	0.160
Firmeza*	0.940	0.022	0.920	0.416

**Variables transformadas con Logaritmo Natural*

En la Tabla n°.9, se observan los valores medios de las variables evaluadas, en el experimento, promedio de todas las variables evaluadas, se describen los valores medios obtenidos por cada variable de respuesta.

Tabla n°.9. Valores medios de las variables de respuesta

Trat	NDVI	% CC	T° Cultivo	Flor/ racimo	Fr/ Planta	Peso/ fruto (g)	Firmeza	Brix	pH	t/ há
15-3-14-1	0.77	78.7	28.6	2.9	38.1	66.4	4.8	5.1	4.3	72.0
15-3-14-3	0.77	66.7	28.0	2.4	52.6	46.1	4.4	5.2	4.5	67.2
16-1-14-1	0.77	78.2	29.0	2.8	34.0	61.8	3.5	5.1	4.3	65.2
5-2-14-3	0.78	67.3	28.1	2.8	61.6	40.7	5.5	5.1	4.5	73.7
5-2-14-4	0.79	76.6	30.1	3.0	48.6	57.8	4.1	5.2	4.4	72.7
IDIAP T-8	0.77	64.7	28.2	2.3	21.0	75.3	3.5	5.1	4.5	58.1
Perita Corozal	0.77	78.0	28.8	2.9	68.8	18.7	3.5	4.8	4.3	57.3
Promedio	0.77	72.9	28.7	2.7	46.4	52.4	4.2	5.1	4.4	66.6
Desv. Est.	0.01	6.3	0.7	0.3	16.6	18.9	0.8	0.1	0.1	6.8

2. Análisis de correlación

Se realizó un análisis de correlación de Pearson para determinar la relación entre el NDVI y la temperatura del cultivo, respecto a las variables agronómicas evaluadas en la producción de tomate. Se encontró una correlación negativa entre el número de frutos por planta y el peso promedio de frutos (R: -0.80) encontrando que, a mayor número de frutos por planta, menor es su peso medio. No se encontró correlación directa ni inversa con las variables agronómicas y rendimiento evaluados en este ensayo. (Tabla n°.10).

Anuradha, et al (2018) utilizaron el análisis de coeficientes en un estudio realizado con 40 genotipos de tomate, donde obtuvieron una correlación de -0.58** en la comparación de número de frutos por planta y el peso promedio de frutos.

Meena et al. (2014), en su estudio encontró que el análisis de correlación reveló que el rendimiento de frutos por planta (g) mostró una correlación significativa y positiva con el peso de frutos (g) (0.68**).

Tabla n°.10. Análisis de correlación de Pearson.

	NDVI	%CC	T° Cultivo	Flor/ racimo	Fr/ Planta	Peso/ fruto	Firmeza	BRIX	PH	t/ha
NDVI	1.00									
%CC	0.41	1.00								
T°cultivo	-0.27	-0.14	1.00							
Flor/racimo	0.07	0.27	0.26	1.00						
Fr/planta	0.19	0.03	-0.12	0.22	1.00					
Peso/fruto	-0.15	0.00	-0.07	-0.30	-0.80	1.00				
Firmeza	0.07	-0.13	-0.10	0.38	0.19	-0.13	1.00			
BRIX	0.05	-0.20	0.10	-0.22	-0.18	0.31	-0.22	1.00		
PH	-0.15	-0.26	-0.05	-0.24	0.00	0.07	0.31	0.04	1.00	
t/ha	0.33	0.10	-0.23	0.08	0.31	0.21	0.40	0.20	0.07	1.00

****** La correlación es significativa en el nivel 0.01 (2 colas).

3. Variables cuantitativas.

3.1 Temperatura del cultivo

El análisis de varianza (ANOVA) para la variable temperatura del cultivo, indica que no hubo diferencia estadística ($P=0.7211$) entre los tratamientos, demostrando que las temperaturas que se registraron en los cultivares fueron similares (Tabla n°.11).

En la Tabla n°.9 se puede observar el comportamiento de la temperatura en cada uno de los cultivares. La temperatura más alta se presentó en el tratamiento 5-2-14#4 y la temperatura más baja, por debajo de la media estuvo el tratamiento 15-3-14#3.

Tabla n°11. *Análisis de varianza para la variable temperatura del cultivo. Los Santos, 2020.*

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	47.89	23.94	8.85	0.0043
Tratamiento	6	9.84	1.64	0.61	0.7211NS
Error	12	32.45	2.70		
Total	20	90.18			

CV= 5.73%; *nota: *Existen diferencias significativas al nivel de probabilidad del 5%; **Existen diferencias significativas al nivel de probabilidad del 1%; NS No existen diferencias significativas.*

La temperatura de la hoja puede ser utilizada como un indicador del estado hídrico de la planta, el cual es factible de ser utilizado para la programación de riegos (Kamp y Timmerman, 1996; Ramírez, 2005; Ünlü et, al, 2011; citado por Zarazúa, 2013).

La superficie total de la hoja y la orientación de esta en las plantas tienen efectos significativos sobre la pérdida de agua en las plantas y hojas individuales. Las altas temperaturas en el cultivo incrementan la transpiración de este, pero algunas veces las plantas no son capaces de remover el exceso de calor mediante la transpiración y consecuentemente la temperatura de la planta puede alcanzar hasta 10°C por encima de la temperatura ambiente; es entonces cuando la planta empieza a deshidratarse (Kamp y Timmerman, 1996; citado por Zarazúa, 2013)



Figura 6. Medición de temperatura con infrarrojo.

3.2 Frutos por planta

En el ensayo se encontraron diferencias altamente significativas ($P=0.0008$) entre tratamientos según el análisis de varianza (ANOVA), en cuanto a la variable frutos por planta (Tabla n°.12), se observa una tendencia en el tratamiento Perita corozal con mayor número de frutos según la media estadística, mientras que el material T-8 fue el que presentó menor número de frutos.

Tabla n°.12. Análisis de varianza para la variable frutos por planta. Los Santos, 2020.

F.V.	GI	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	132.89	66.45	0.72	0.5072
Tratamiento	6	4942.72	823.79	8.91	0.0008**
Error	12	1109.23	92.44		
Total	20	6184.85			

CV= 20.73%. Nota: *: Existen diferencias significativas al nivel de probabilidad del 5%; **: Existen diferencias significativas al nivel de probabilidad del 1%; NS: No existen diferencias significativas

Los tratamientos 15-3-14#1, 16-1-14#1 e Idiap T-8 presentaron números de frutos por debajo de la media y no difieren entre ellos, y los tratamientos Perita corozal, 5-2-14#3, 15-3-14#3 presentaron número de frutos similares entre ellos y sobre la media (Figura n°.7).

Lo presentado indica que se obtuvo en los tratamientos estudiados los resultados oscilaron entre 20 y casi 70 frutos por planta Taladera (2012), en su investigación reportó promedios entre 51.62 y 52.87; si bien difirieron estadísticamente el rango de este es menor al arrojado en este estudio.

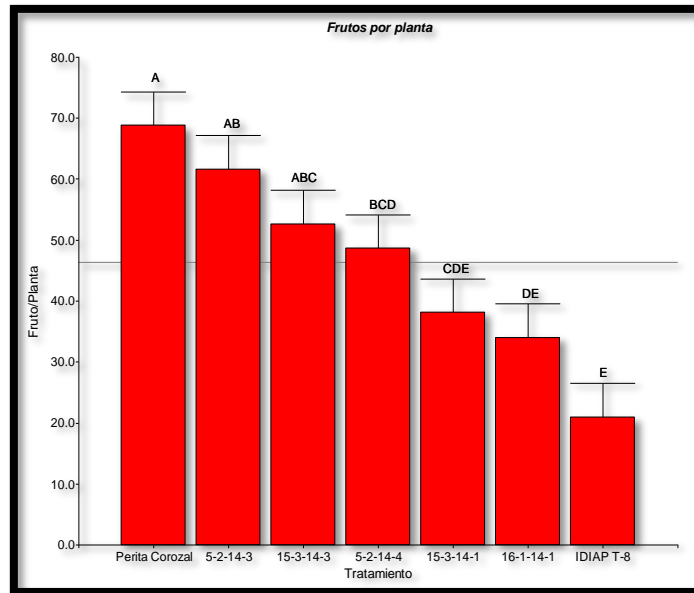


Figura 7. Gráfico de comparación de medias (Duncan, $\alpha: 0.05$), para la variable número de frutos por planta.

3.3 Peso promedio fruto (g)

El análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias altamente significativas ($P=0.0001$) en cuanto al peso promedio de frutos de los tratamientos (Tabla n°.13), donde el T-8 presenta el mayor peso, a pesar de tener menor número de frutos, como

lo mostró el análisis de correlación, donde estas variables resultaron inversamente proporcional (R: -80); cabe destacar que los frutos son de mayor tamaño comparados con los demás tratamientos.

Tabla n°.13. *Análisis de varianza para la variable peso promedio de frutos (g). Los Santos, 2020.*

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	272.70	136.35	3.17	0.0787
Tratamiento	6	6436.04	1072.67	24.91	<0.0001**
Error	12	516.82	43.07		
Total	20	7225.55			

*C V= 12.52%. Nota: *: Existen diferencias significativas al nivel de probabilidad del 5%; **: Existen diferencias significativas al nivel de probabilidad del 1%; NS: No existen diferencias significativas*

El tratamiento Perita corozal fue el que presentó un menor peso promedio y difiere con los otros tratamientos (Figura n°.8). El tratamiento IDIAP T-8 y el 15-3-14#1 son similares entre ellos en cuanto a la variable peso promedio de frutos.

Huerres y Carballo (1988) afirmaron que las variedades de uso industrial pesan generalmente de 50-120 g, esto concuerda en gran parte con los resultados obtenidos por Taladera (2012), en siete genotipos evaluados los promedios de peso del fruto oscilan entre 48 g. y 131 g.; en tanto en el actual estudio los rangos del promedio obtenidos por tratamiento se registran entre 15 g. y 80 g., es importante destacar que en los estudios mencionados no son los mismos cultivares evaluados.

Santiago et al. (1998), indicó que la relación entre la potencia de la fuente y la potencia de la demanda en el periodo de crecimiento del fruto determina el peso del fruto, influye en la cantidad de asimilados que producirá y aceptará reflejándose en una mejor tasa de absorción.

Los pesos promedio de fruto entre los tratamientos en este estudio varían, son superiores a 15 g. e inferiores a 75 g. en el ensayo realizado por Monge (2015), se presentaron resultados entre 4.0 y 253.3 g, es importante señalar que solo tres de los 60 genotipos estudiados pesaron más de 180 g.

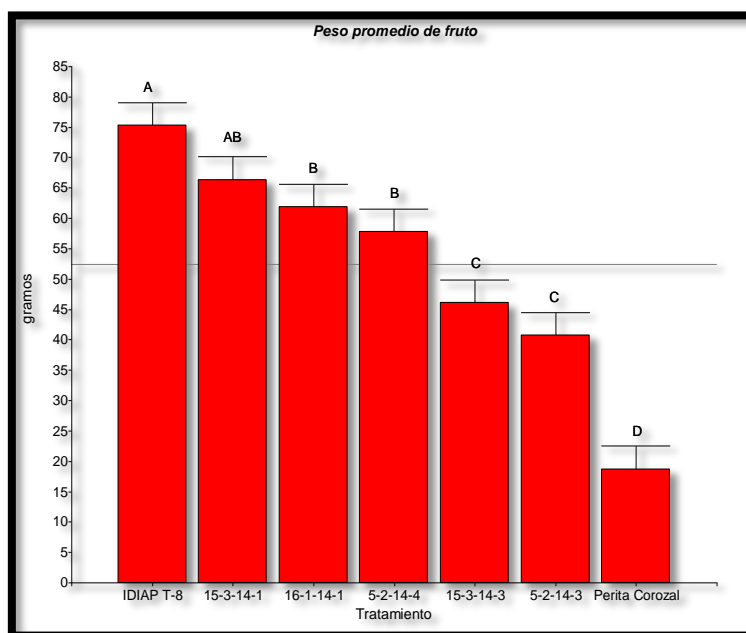


Figura 8. Gráfico de comparación de medias (Duncan, α : 0.05), para la variable peso promedio de fruto

3.4 Rendimiento promedio (ton/há)

Para la variable rendimiento promedio no se encontraron diferencias significativas ($P=0.1589$) según el análisis de varianza (ANOVA) entre los tratamientos (Tabla n°.14). Se aprecia en la tendencia que el tratamiento 5-2-14#3 la producción fue mayor y el Perita corozal fue el tratamiento con menor rendimiento promedio estando por debajo es la media estadística (Tabla n°.9).

Tabla n°14. Análisis de varianza para la variable rendimiento promedio de frutos (t/há). Los Santos, 2020.

F.V.	GI	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	162.69	81.34	1.12	0.3579
Tratamiento	6	834.71	139.12	1.92	0.1589 NS
Error	12	870.96	72.58		
Total	20	1868.37			

CV= 12.79%. Nota: *: Existen diferencias significativas al nivel de probabilidad del 5%; **: Existen diferencias significativas al nivel de probabilidad del 1%; NS: No existen diferencias significativas.

Los factores que determinan el rendimiento pueden manifestarse en características morfológicas, pero también en otras menos evidentes como la resistencia a enfermedades y plagas o la adaptación a factores ambientales como el fotoperiodo (León, 2000).

Sin resultar estadísticamente diferencias los tratamientos evaluados presentaron rendimientos promedios superiores a 50 e inferiores a 70 ton/ha. En el estudio realizado por Monge (2015), evaluó 60 genotipos y los rendimientos estadísticamente diferentes los presenta con rendimientos entre 6.06 ton/há. y 66.93 ton/há.

3.5 Flores por racimo

El análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencia significativa entre los tratamientos (P=0.0200), para la variables flores por racimo (Tabla n°.15); la media más alta para la variable flores por racimo la presentó el material 5-2-14#4 y la más baja el IDIAP T-8 (Figura n°.9).

Tabla n°15. Análisis de varianza para la variable flores por racimo. Los Santos, 2020.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	0.01	0.01	0.13	0.8812
Tratamiento	6	1.16	0.19	3.98	0.0200*
Error	12	0.58	0.05		
Total	20	1.75			

CV= 8.04%. Nota: *: Existen diferencias significativas al nivel de probabilidad del 5%; **: Existen diferencias significativas al nivel de probabilidad del 1%; NS: No existen diferencias significativas

Los tratamientos 5-2-14#4, Perita corozal, 15-3-14#1, 5-2-14#3 y 16-1-14#1 son similares en cuanto a la variable flores por racimo; mientras que el tratamiento IDIAP T-8 solamente presenta similitud con el tratamiento 15-3-14#3 y difiere con los demás, en el punto máximo de aparición de flores (Figura n°.9). Ceballos y Vallejo (2012) encontraron que en un 80% de las variedades se produjo una relación directa entre un mayor número de flores por inflorescencia y un número más alto de frutos.

En la figura n°.9 se observan categorizadas las diferencias estadísticas resultantes en esta variable. El número de flores por racimo osciló entre 2.3 y 3.0, estos datos son inferiores a los obtenidos por Zurita (2014), en el ensayo evaluación de seis híbridos de tomate, que obtuvo entre 6.68 y 13.57 frutos por racimo.

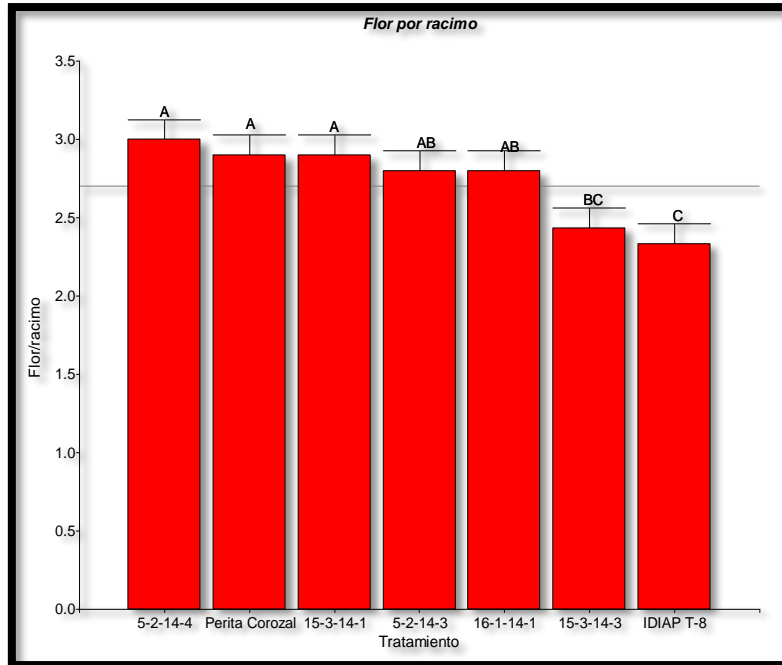


Figura 9. Gráfico de comparación de medias (Duncan, α : 0.05), para la variable flores por racimo

3.6 Grados brix

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para la variable °Brix, nos indica que no existen diferencias significativas ($P=0.8678$) entre los tratamientos (Tabla n°16).

El material que presentó el grado brix más alto fue el tratamiento 5-2-14#14, seguido por el tratamiento 15-3-14#3; estadísticamente todos los tratamientos fueron similares entre ellos (Tabla n°.9).

La mayor parte de las variedades contienen entre 4.5 y 5 °Brix, aunque más que el carácter varietal, lo que influye sobre el contenido en sólidos solubles son la climatología durante el período de maduración y el riego (volumen total de agua, momento de corte de riego, etc.) que pueden hacer variar el contenido en °Brix para frutos de una misma variedad entre 4 y 7. (Laguna, 2003).

Acosta (2016), en su investigación en diferentes híbridos obtuvo valores promedios entre 3.40 y 4.23 estadísticamente, presentando diferencias entre los tratamientos.

El cultivar Perita corozal demostró el grado Brix más bajo entre los tratamientos y por debajo de la media (Tabla n°.16).

Tabla n°.16. *Análisis de varianza para la variable grados brix. Los Santos, 2020.*

F.V.	GI	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	9.5E-04	4.8E-04	3.3E-03	0.9967
Tratamiento	6	0.34	0.06	0.40	0.8678 NS
Error	12	1.71	0.14		
Total	20	2.05			

CV= 7.43%. Nota: *: Existen diferencias significativas al nivel de probabilidad del 5%; **: Existen diferencias significativas al nivel de probabilidad del 1%; NS: No existen diferencias significativas

Para las variedades sobresalientes de tomate industrial en Panamá poseen diversos valores los cuales son muy similares con las variedades analizadas en el ensayo en el caso de la variedad IDIAP T-7 tiene un rango de brix 5 a 6, en la variedad IDIAP T-8 e IDIAP T-9 poseen un rango de 6 a 7 (Guerra, 2016).

De acuerdo con Noale (2015), en el ensayo realizado con diferentes variedades los valores oscilaron entre 4.9 y 5.3 con un nivel superior para la variedad ISI 714.

3.7pH del fruto

Para la variable pH según el análisis de varianza (ANOVA), no existen diferencias significativas (P=0.2910) entre los tratamientos (Tabla N°17); desde el punto de vista estadístico los materiales poseen porcentajes similares.

Los cultivares 5-2-14#3, 15-3-14#3 e Idiap T-8 mostraron porcentajes de pH sobre las medias; mientras que los tratamientos 15-3-14#1, Perita corozal y 16-1-

14#1, presentan valores por debajo de la media (Tabla N°9). Estos resultados permiten inferir que el cultivar 5-2-14#3 es el menos ácido que los otros cultivares evaluados.

Tabla n°.17. Análisis de varianza para la variable pH del fruto. Los Santos, 2020.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	0.07	0.03	1.58	0.2457
Tratamiento	6	0.18	0.03	1.40	0.2910 NS
Error	12	0.26	0.02		
Total	20	0.52			

CV= 3.38%. Nota: *: Existen diferencias significativas al nivel de probabilidad del 5%; **: Existen diferencias significativas al nivel de probabilidad del 1%; NS: No existen diferencias significativas

El pH del zumo se sitúa normalmente entre 4.2 y 4.4. Si en algún caso el pH es superior, se pueden presentar problemas en el procesado, siendo necesario acidular el zumo (Laguna, 2003).

En Panamá, las variedades de tomate industrial predominantes tienen valores semejantes con el ensayo en el caso de la variedad IDIAP T-7 tiene un rango de 4.5 A 5.0, en la variedad IDIAP T-8 e IDIAP T-9 poseen un rango de 5 a 6. (Guerra, 2016).

Las variedades de tomate para la industria Defender y PS 002 mostraron niveles bajos de pH. Y las variedades ISI 714 y NUN 6005 presentaron valores inferiores a 4.5; en el ensayo llevado a cabo en la localidad de Choele Choe, Argentina (Noale, 2015).

Ministerio de Salud (2012), señala que, incluso se pueden presentar problemas de salud en pH superiores a 4.6 las esporas de *Clostridium botulinum* pueden desarrollar y producir la toxina botulínica, una proteína capaz de ocasionar la muerte.

3.8 Índice de vegetación normalizada de diferencia, (NDVI).

Para esta variable, el análisis de varianza (ANOVA) muestra que no hay diferencias estadísticas significativa ($P=0.8060$) entre los tratamientos (Tabla n°.18).

Los tratamientos muestran semejanza entre ellos; estadísticamente todos los tratamientos fueron similares entre ellos (Tabla n°.9); mientras que los tratamientos 5-2-14#4 y 5-2-14#3 presentan valores sobre la media para la variable índice de vegetación normalizado (NDVI).

Tabla n°.18. Análisis de varianza para la variable índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI). Los Santos, 2020.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	4.7E-04	2.3E-04	0.69	0.5211
Tratamiento	6	9.9E-04	1.7E-04	0.49	0.8060 NS
Error	12	4.1E-03	3.4E-04		
Total	20	0.01			

CV= 2.38%. Nota: *: Existen diferencias significativas al nivel de probabilidad del 5%; **: Existen diferencias significativas al nivel de probabilidad del 1%; NS: No existen diferencias significativas.

Trabajos realizados por Ruíz et al. (2011) reportan que el NDVI es un índice que varía de acuerdo con el vigor de la planta de tomate, obteniendo valores más elevados en tratamientos donde se aplicó una dosis mayor de nitrógeno. Resultados similares fueron encontrados por Millán *et al.* (2016), encontrando un mayor vigor medido con NDVI en tratamientos con mayores dosis de nitrógeno aplicados al cultivo de tomate industrial. En este estudio, la fertilización fue similar, por lo cual los cambios de NDVI estarían influenciados por las características genéticas de los mismos, no encontrando diferencia en esta medida de vigor entre ellos.



Figura 10. Medición del índice de vegetación normalizada (NDVI).

3.9 Cobertura foliar (%).

A pesar de que no hubo diferencias significativas ($P=0.4338$) entre los tratamientos según el análisis de varianza (Tabla N°19), los resultados mostraron mayor cobertura en los tratamientos 15-3-14#1, 16-1-14#1, Perita corozal y 5-12-14#4 estuvieron sobre la media de cobertura alcanzando los mayores porcentajes (Tabla n°.9).

Los tratamientos 5-2-14#3, 15-3-14#3 e IDIAP-T8 presentan los valores más bajos por debajo de la media según la variable cobertura vegetal.

Tabla n°.19. Análisis de varianza para la variable cobertura foliar (%). Los Santos, 2020.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	129.55	64.77	0.58	0.5737
Tratamiento	6	711.17	118.53	1.07	0.4338 NS
Error	12	1335.34	111.28		
Total	20	2176.05			

CV= 14.47%. Nota: *: Existen diferencias significativas a nivel de probabilidad del 5%; **: Existen diferencias significativas al nivel de probabilidad del 1%; NS: No existen diferencias significativas

Shepherd et al. (2018), acotan que el canopeo es una herramienta muy confiable para medir productividad y se pueden realizar proyecciones de rendimiento. Además, en el mismo estudio demostraron que mediante el método del canopeo basado en fotografía en relación con la intercepción de luz, las respuestas estaban sobre el 80% de porcentaje de cobertura vegetal, siendo un método confiable para estimar la cubierta vegetal.

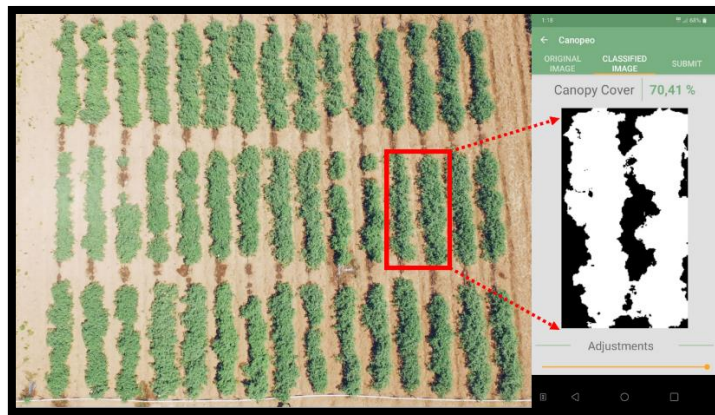


Figura 11. Toma de datos de la cobertura vegetal utilizando drone.

3.10 Firmeza del fruto.

En la Tabla n°.20, se muestra que en la variable firmeza del fruto existe diferencias significativas entre los tratamientos ($P=0.0459$).

Los tratamientos 5-2-14#3, 15-3-14#1, 15-3-14#3 y 5-2-14-#4 son similares entre ellos; el tratamiento 16-1-14#1 presenta la media más baja de firmeza de los tratamientos evaluados (Tabla n°.9).

Tabla n°.20. Análisis de varianza para la variable firmeza del fruto. Los Santos, 2020.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	0.23	0.12	0.17	0.8438
Tratamiento	6	10.43	1.74	2.59	0.0459*
Error	12	8.06	0.67		
Total	20	18.73			

C V= 19.58%. %. Nota: *: Existen diferencias significativas al nivel de probabilidad del 5%; **: Existen diferencias significativas al nivel de probabilidad del 1%; NS: No existen diferencias significativas.

El tratamiento 5-2-14#3 presenta la media más alta de los tratamientos evaluados. (Figura n°.12). Existe diferencia entre el genotipo 15-2-14-3 y el perita corozal, IDIAP T-8 y 16-1-14#1.

Angón et al. (2006) y Zhiguo Li et al., (2010) consideran que, durante la maduración del fruto, la velocidad de degradación de componentes estructurales está relacionada con el ablandamiento del fruto, existiendo además una pérdida de humedad debido a la transpiración, disminuyendo así, la presión de turgencia y debilitando finalmente la estructura y consistencia del fruto.

Los frutos maduros de tomate que tengan una firmeza igual o superior a 11 Newtons se consideran muy firmes, y como consecuencia, tienen un periodo mayor de vida de anaquel (Castellanos, 2009). Los datos de este estudio reflejan firmeza entre 3.5 y 5.5, por debajo de lo indicado por Castellanos, pero que coinciden con la investigación realizada por Monge (2015) donde registró resultados entre 4.6 y 51.5, solo dos de los genotipos evaluados presentaron firmeza inferior a 11 N.

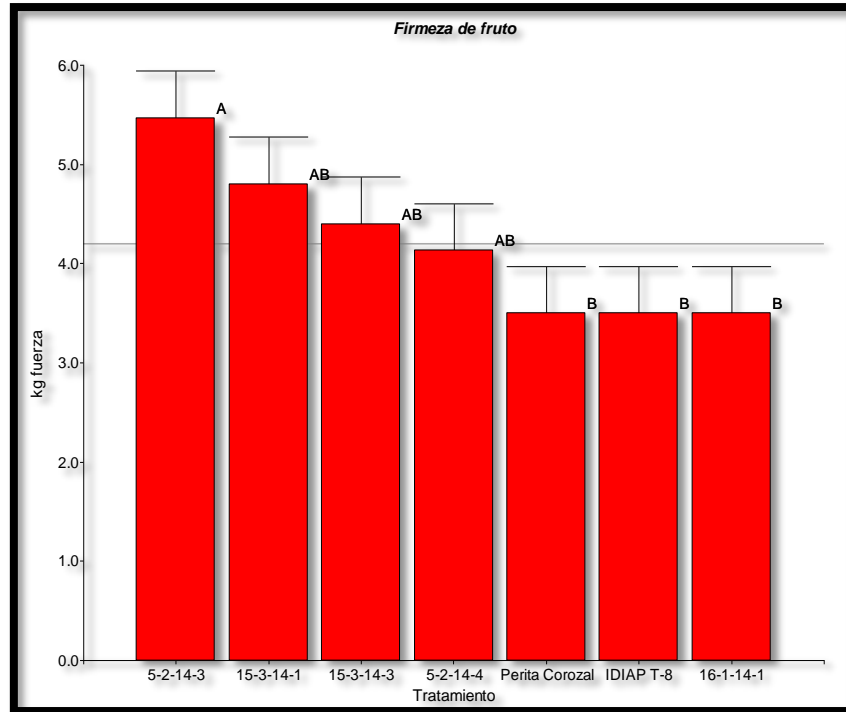


Figura 12. Gráfico de comparación de medias (Duncan, α : 0.05), para la variable firmeza del fruto.

3.11 Número de lóculos

Los diferentes genotipos presentaron mayoritariamente frutos con 4 lóculos en el caso del genotipo 5-2-14#3, 5-2-14#4 e IDIAP T-8; mientras que en los tratamientos perita corozal y 16-1-14#1 presentaron 7 lóculos en promedio por fruto (Tabla n°.21). El número de lóculos para el tratamiento 15-3-14#1 fue de 6 y el número de lóculos para el tratamiento 15-3-14#3 fue de 5 lóculos.

Tabla n°.21. *Variable número de lóculos. Los Santos, 2020.*

Cultivar	Número de lóculos
5-2-14#3	4
15-3-14#1	6
Perita corozal	7
5-2-14#4	4
IDIAP T-8	4
15-3-14#3	5
16-1-14#1	7

Los lóculos son los compartimientos que contienen la semilla, la cantidad de celdas tiende a tener mejor consistencia; por esto, son más apreciados y adecuados para el consumo fresco. (Van Haeff, 1990). Los frutos multiloculares son, en general, más compactos que los biloculares (FAO, 2002). Las especies que existen de tomate en forma silvestre presentan frutos de dos lóculos mientras que los cultivares con fines comerciales el número de lóculos es mayor, llegando a presentar un máximo de 10 lóculos (León, 2000).

4. Variables cualitativas

4.1 Forma del fruto (IPGRI)

Esta variable está muy relacionada con la maduración del fruto, según Monge (2014), los genotipos más tardíos son aquellos que presentan frutos de mayor tamaño y los más precoces tienen frutos más pequeños.

Tabla n°.22. *Variable forma del fruto.* Los Santos, 2020.

Cultivar	Forma del fruto
5-2-14#3	Ligeramente achatado
15-3-14#1	Redondeado
Perita corozal	Cilíndrico (oblongo-alargado)
5-2-14#4	Ligeramente achatado
IDIAP T-8	Redondo alargado
15-3-14#3	Ligeramente achatado
16-1-14#1	Redondo alargado

Fuente: Autor

La forma ligeramente achatada fue la que predominó evidenciándose en tres de los genotipos evaluados 5-2-14#3, 5-2-14#4 y 15-3-14#3 (Tabla n°.22); seguido de la forma redondo alargado en dos de los genotipos IDIAP T-8 y 16-1-14#1, el genotipo 15-3-14#1 presentó una forma redondeada y también el genotipo Perita corozal demostró tener una forma cilíndrica (Figura n°.13).

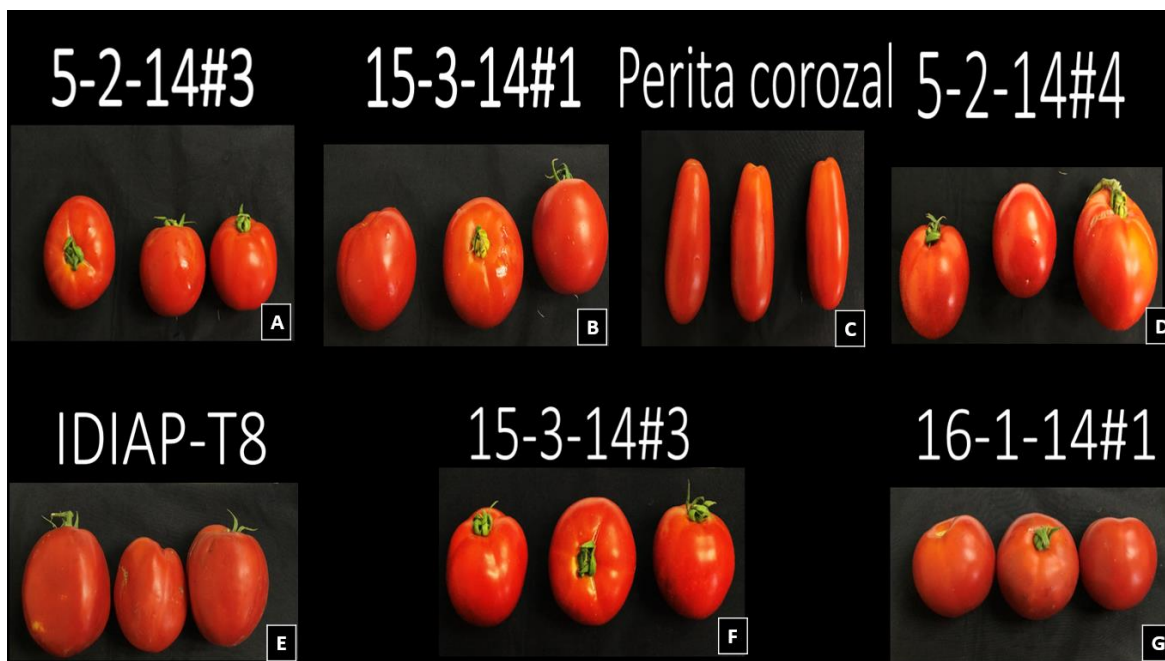


Figura n°, 13. A). Forma del fruto para el genotipo 5-2-14#3. B). Forma del fruto para el genotipo 15-3-14#1. C). Forma del fruto para el genotipo Perita corozal. D). Forma del fruto para el genotipo 5-2-14#4. E). Forma del fruto para el genotipo T-8. F). Forma del fruto para el genotipo 15-3-14#3 G). Forma del fruto para el genotipo 16-1-14#1.

4.2 Color del fruto maduro

El color en el tomate es una característica de calidad extremadamente importante, ya que determina la madurez y vida post cosecha y es el factor determinante en cuanto a la aceptabilidad por parte del consumidor (Laguna, 2003).

Todos los genotipos presentaron el color rojo de forma predominante. Todos los caracteres cualitativos que presentaron los cultivares son aceptados por el consumidor, lo que facilitaría la comercialización (Tabla n°.23).

Tabla n°.23. *Variable color del fruto maduro. Los Santos, 2020.*

Cultivar	Color del fruto maduro
5-2-14#3	Rojo
15-3-14#1	Rojo
Perita corozal	Rojo
5-2-14#4	Rojo
IDIAP T-8	Rojo
15-3-14#3	Rojo
16-1-14#1	Rojo

3.12 Desprendimiento del pedúnculo

Para la variable desprendimiento del pedúnculo los genotipos Perita corozal e IDIAP T-8 presentan desprendimiento fácil, mientras que los genotipos 5-2-14#3 y 15-3-14#3 poseen un desprendimiento regular, en el caso de los genotipos 15-3-14#1, 5-2-14#4 y 16-1-14#1 el desprendimiento es difícil (Tabla n°.24).

Es preferible tener desprendimiento fácil del pedúnculo en cuanto a la industrialización y que las mismas se separen con facilidad del cáliz.

Tabla n°.24. *Variable desprendimiento del pedúnculo. Los Santos, 2020.*

Cultivar	Desprendimiento del pedúnculo
5-2-14#3	Regular
15-3-14#1	Difícil
Perita corozal	Fácil
5-2-14#4	Difícil
IDIAP T-8	Fácil
15-3-14#3	Regular
16-1-14#1	Difícil

Fuente: Autora

Para limitar la manipulación en la fábrica, se desea que los frutos se desprendan de la mata sin el pedúnculo y el cáliz.

El gen recesivo “jointless” hace que no se forme capa de abscisión en el pedúnculo del fruto y que este se desprenda de la planta sin cáliz, muchas de las buenas variedades de conserva poseen este gen. La fuerza óptima de separación del fruto del pedúnculo debe ser alrededor de 1.2 a 2.2 kg. en las variedades que no llevan incorporado el gen mencionado, la fuerza para romper la capa de abscisión debe ser 0.5 a 0.6 kg. mayor que la necesaria para la separación del fruto del pedúnculo (Prado, 2002).

5. Análisis de componentes principales

Se realizó una prueba de Kaiser-Meyer-Olkin para determinar la adecuación muestral, obteniéndose un valor cercano a uno (0.799), indicando que se puede realizar el PCA (Tabla n°25), según lo descrito por Montoya-Suárez (2007).

Tabla n°.25. Prueba de KMO y Bartlett para adecuación muestral.

Medida Kaiser-Meyer-Olkin		0.799
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox χ^2	73.860
	gl	45
	sig	<0.004

Se procedió a realizar un análisis multivariado de componentes principales con las variables de respuesta para observar la asociación entre alguna de las mismas.

Tabla n°26. Varianza total explicada por el análisis de componentes principales

Componente	Varianza		
	Total	% de varianza	% acumulado
CP-1	3.53	35.3	35.3
CP-2	2.97	29.7	65.0
Residuo	3.49	35.0	100.0

En el gráfico biplot para el análisis multivariado de componentes principales, se puede observar la relación que existe entre algunas variables de respuesta con respecto a los genotipos evaluados, observando una asociación entre el genotipo 15-3-14-3 con parámetros de calidad industrial como pH y brix; asociación entre el testigo IDIAP-T8 y el peso promedio de frutos; una asociación entre el genotipo 5-2-14-4 con un mayor número de frutos por planta y el genotipo 5-2-14-3 está estrechamente relacionado con las variables de rendimiento, vigor (NDVI) y firmeza de fruto.

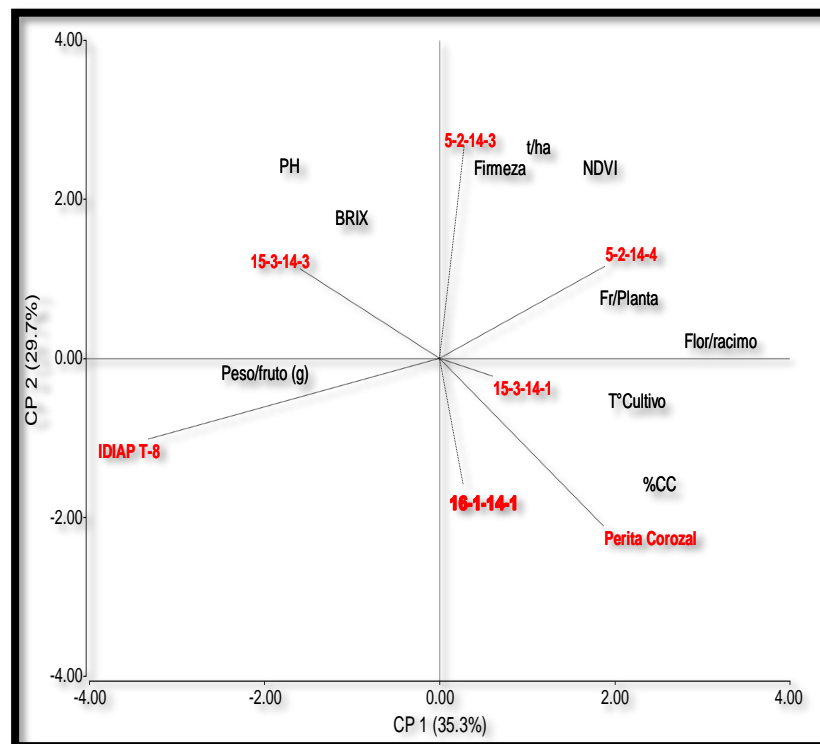


Figura 14. Gráfico biplot del análisis de componentes principales

IV. Conclusiones y recomendaciones

1. Conclusiones

- Dentro de los genotipos evaluados en las variables agronómicas las características de temperatura del cultivo, rendimiento promedio, brix, pH, vigor de la planta (NDVI) y cobertura foliar, fueron estadísticamente similares a las del testigo IDIAP-T8.
- El genotipo con mayor cantidad de frutos por planta fue el Perita corozal, siendo mejor que el testigo; sin embargo, fue el de menor peso promedio de fruto y el testigo IDIAP-T8, obtuvo el mayor peso de fruto.
- Para la firmeza el genotipo que sobresalió fue el 5-2-14-3, siendo esta una característica deseable para el manejo postcosecha y de la industria.
- La forma del fruto que predominó fue el de ligeramente achatado y redondeado, mientras que la forma del testigo es la de redondeado alargado, el color rojo fue el que sobresalió dentro de los genotipos evaluados y el testigo.
- En el desprendimiento del pedúnculo los genotipos Perita corozal e IDIAP T-8 fue fácil, en los genotipos 5-2-14#3 y 15-3-14#3 fue regular, y en los genotipos 15-3-14#1, 5-2-14#4 y 16-1-14#1 fue difícil; para el testigo se IDIAP-T8 presentó un desprendimiento fácil.

2. Recomendaciones

- Se sugiere realizar trabajos similares de investigación y programas de mejoramiento en otras regiones productoras del país para evaluar el comportamiento frente a diferentes condiciones climáticas, presencia de plagas y enfermedades, para lograr obtener cultivares con características agronómicas e industriales deseables mejorando la sostenibilidad de la producción.
- Se recomienda incluir el material 5-2-14-3, por sus características de rendimiento por hectárea, firmeza y vigor (NDVI) y el genotipo 15-3-14-3 con los mejores parámetros de calidad industrial como pH y brix, en un ensayo avanzado como las pruebas regionales en diferentes localidades o validación con productores.
- Se propone realizar estudios sobre el manejo post cosecha de los diferentes materiales evaluados, logrando tener mayores días de vida anaquel, mejorando la calidad de la materia prima y así incrementar los rendimientos industriales.
- Realizar estudios donde se realice la cosecha mecanizada optimizando los procesos, mejorando la calidad industrial de la materia prima, buscando la eficiencia y sostenibilidad del productor.

V. Bibliografía

Acosta, J. (2016). *Evaluación del comportamiento agronómico de nuevos híbridos hortícolas bajo cubierta plástica* [Tesis de pregrado]. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

Agudo M, L; Villaláz P, J; Villarreal N, J. (2012). *El muestreo de suelos para análisis de fertilidad* [archivo PDF]. Recuperado de <http://www.idiap.gob.pa/download/el-muestreo-de-suelos-para-analisis-de-fertilidad/?wpdmdl=1153>

Angón, G. P; Sánchez, N; Hernández C.H. (2006, Diciembre). Índices para la determinación de las condiciones óptimas de maduración de un fruto. *Temas de Ciencia y tecnología*, 10 (30), pp. 3-8.

Anuradha, B.,Saidaiah, P., Sudini, H., Geetha, A & Reddy, K.R. (2018, Julio 28). Correlation and path coefficient analysis in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(5), 2748-2751.

Argerich, C., Troilo, L., Rodríguez F, M., Izquierdo, J., Strassera M E; Balcaza, L., Dal Santo, S., Miranda, O., Rivero, M L; González C, G. & Iribarren, M J. (2010). *Buenas prácticas agrícolas en la cadena de tomate* [archivo PDF]. Recuperado https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/bpa/bibliografia/Manual_BPA_tomate_FAO.pdf.

Bezert, J. 1994. *Sistema de pago por calidad de tomate*. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. Curso Internacional de Tomate Industrial. Viña del Mar. 1-3 diciembre. pp. 7-10.

Casanova, A. S. (2007). *Manual para la producción protegida de hortalizas*. Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova.

Castellanos, J. (2009). *Manual de producción de tomate en invernadero*, Celaya, Guanajuato, México, Editorial Intagri S.C

CATIE (Centro Internacional de Agricultura Tropical). (1990) *Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de tomate* [archivo PDF]. Recuperado de https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2264/Guia_para_el_manejo_tomate.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Causse, M., Buret, M., Robini, K. & Verschave, P. (2003). Inheritance of nutritional and sensory quality traits in fresh market tomato and relation to consumer preferences. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb05770.x>

Ceballos, N; F. Vallejo C, FA. (2012). Evaluating the fruit production and quality of cherry tomato (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 65 (2), pp. .6599-6610.

Centro Internacional de Mejoramiento de maíz y trigo (CIMMYT). (1988). La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica [archivo PDF]. Recuperado de <https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/1063/9031.pdf>

El cultivo del tomate. (s.f). Recuperado de https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_tomate__parte_i_.asp

Engel, M., Fernández, O., Jeske, H., Frischmuth, T. (1998). Molecular characterization of a new whitefly-transmissible bipartite geminivirus infecting tomato in Panama. *Journal of General Virology* 79 (10), pp. 2313-2317

Escalona, V., Alvarado, P., Monardes, H., Urbina, C. & Martin, A. (2009). *Manual de cultivo del tomate (Lycopersicon esculentum Mil)* [archivo PDF]. Recuperado de https://www.academia.edu/14057757/MANUAL_DE_CULTIVO_DE_TOMATE.

De León C, W., Antón V, MA., Villalba M, G. (2009). Evaluación ambiental de la producción del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum mill.*), bajo condiciones protegidas en Las Palmas Gran Canaria, España, mediante la utilización de la metodología del análisis del ciclo de vida (acv), 2007-2009 [Tesis de doctorado]. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona, España.

Descriptores para el tomate (Lycopersicon spp.). (2001). [Archivo PDF]. Recuperado de <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Documento/JatrophaContrataciones/DESCRIPTOR ES-IBPRI-TOMATE.pdf>

Fernández R, V., Sánchez-Mata, M. C., Cámara, M., Torija, M. E., Chaya, C., Galiana-Balaguer, L., Roselló, S. & Nuez, F. (2004). *Internal Quality Characterization of Fresh Tomato Fruits* [archivo PDF]. Recuperado de <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/39/2/article-p339.xml>

Guerra, J.A., Villarreal, J.E., Herrera, JA., Aguilera, V.A. a & Osorio, O. (2016). *Manual técnico para el manejo integrado del cultivo de tomate industrial* [archivo PDF].

Recuperado de <http://www.idiap.gob.pa/download/manual-tecnico-manejo-integrado-del-cultivo-de-tomate-industrial/?wpdmdl=3309>

Gudiel, E. (2000). *Evaluación de rendimiento de quince variedades de (*Lycopersicon esculentum* Miller), en la Aldea Barcena, Villa Nueva, Guatemala* [archivo PDF]. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1904.pdf

Gutiérrez Palma, OA. (2006). *Evaluación de los diferentes arreglos topológicos en el rendimiento de tomate IDIAP-T9 bajo el sistema de riego por goteo. Los Santos, 2006. [Tesis de pregrado]. Universidad de Panamá, Panamá.*

Holdridge, LR. (1967). *Sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge. Ecología basada en zonas de vidas.* San José, CR. 206 p.

Huerres, C & Carballo, N. (1988). *Horticultura*, La Habana, Cuba, Editorial Pueblo y Educación.

Jaén, J N., & Herrera, José Á. (2018). *Begomovirus que infectan tomate en la provincia de Los Santos, Panamá: situación actual y manejo. Ciencia Agropecuaria, (29), pp. 140-153.*

Jaramillo, S. (1991). *Pedones de campo y estaciones experimentales del IDIAP. Boletín Técnico N° 38 IDIAP. Panamá.*

Jaramillo, J., Rodríguez, V. P., Guzmán, M., Zapata, M. & Rengifo, T. (2007). *Manual Técnico: Buenas Prácticas agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas [archivo PDF].* Recuperado de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13469/43123_50544.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Jarquín, D. (2004). *Evaluación de cuatro variedades de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill), basado en el complejo Mosca blanca (*Bemisia tabaci*) Geminivirus, en la comunidad de Apompuá, Potosí, Rivas, Nicaragua.* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.

Jiménez-Martínez, E., Gutiérrez, W., & González, C. (2012). Evaluación de cuatro variedades de tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill) en el rendimiento y tolerancia al complejo Mosca blanca (*Bemisia tabaco* Gennadius)-Geminivirus. *La Calera*, 10 (15), pp5–15. <https://doi.org/10.5377/calera.v10i15.663>

Kumar, R., & Silva, L. (1973). Light ray tracing through a leaf cross section. *Applied optics*, 12 (12), 2950–2954. <https://doi.org/10.1364/AO.12.002950>

Larín, M; Díaz, L & De Serrano, F. (2018). Cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*). Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova. El Salvador de http://centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Centa_Tomate%202019.pdf

León, J. (2000). *Botánica de los cultivos tropicales*. San José, Costa Rica. Editorial Agroamericana

Macua, J.I., Lahoz, I., Santos, A & Calvillo, S. (2010). Tomate de industria. *Navarra Agraria*, (184), pp. 7-14.

Martínez A, K., Morales, F & Vallejo, F. (2008). Caracterización molecular de un begomovirus del tomate en el Valle del Cauca, Colombia, y búsqueda de fuentes de resistencia para el mejoramiento de la variedad Unapal Maravilla. *Acta agronómica*, 57 (3), pp 167-173.

Martínez, R., Benítez, A., Espinoza, J., Sánchez, D., Reyes, C.A., Rojas & Gordillo, F.A. (2016). Potencial genético y heterosis para rendimiento en líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7 (2).

Meena, O.P. y Bahadur, V. (2014). Assessment of correlation and path coefficient analysis for yield and yield contributing traits among tomato (*Solanum lycopersicum* L.) germplasm. *Agricultural Science Digest*, 34 (4), pp.245-250

Melo, P.C.T & Vilela, N.J. (2005, Mayo 24) Desafíos e perspectivas para a cadeia brasileira do tomate para processamento industrial. *Horticultura Brasileira*, 23 (1), pp. 154-157.

Mena, L. (2011). *Evaluación de la productividad de ciento dieciséis híbridos (f1) de tomate (*Lycopersicon esculentum miller*) bajo condiciones de invernadero*. [Tesis de pregrado]. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.

Merg, C., Petri, D., Bodoira, F., Nini, M., Fernández, M., Schmidt, F., Montalva, R., Guzmán, I., Rodríguez, K., Blanco, F. & Selzer, F. (2011). Mapas digitales regionales de lluvias, índice estandarizado de precipitación e índice verde. *Sección Agronomía*. 13 (11), pp. 1-11.

Millán, S., Campillo T, C., González G, V., Fortes G, R & Prieto L, H. (2016). *Evaluación del estado nutricional del cultivo de tomate de industria* [archivo PDF]. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/319417921_EVALUACION_DEL_ESTADO_NUTRICIONAL_DEL_CULTIVO_DE_TOMATE_DE_INDUSTRIA.

Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2020) Cultivo de tomate industrial / cierre agrícola año 2018-2019. Dirección De Agricultura. Unidad de planificación. Panamá de https://www.mida.gob.pa/upload/documentos/cierre__agricolacorrec%281%29.pdf

Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2021). Cultivo de tomate industrial / cierre agrícola año 2018-2019. Dirección De Agricultura. Unidad de planificación. Panamá de <https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2021/10/CIERREAGRICOLA2020-2021-modificado.pdf>.

Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2022). Cultivo de tomate industrial / cierre agrícola año 2021-2022. Dirección de Agricultura. Unidad de planificación. Panamá de <https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2022/11/CIERRE-2021-2022-ultimo-23-11.pdf>

Ministerio de Salud. (2012). Alerta por Botulismo Alimentario de https://bancos.salud.gob.ar/sites/default/files/2020-01/alerta_6-botulismo-alimentario-argentina-2012.pdf.

Miranda, A. (1990). *Comportamiento agronómico e industrial de cinco variedades de tomate (Lycopersicum esculentum Mill) en el Valle de Sebaco* [Archivo PDF]. Recuperado de <https://repositorio.una.edu.ni/2550/1/tnf30m672.pdf>.

Monge P., J E. (2014, Octubre-Diciembre). Caracterización de 14 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 27(4), pp. 58-68.

Monge J., (2015). Evaluación de 60 genotipos de tomate cultivados bajo invernadero en Costa Rica. *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales*, 16 (33), pp.82-122.

Muñoz, G.,Giraldo, G & Fernández de Soto, J. (1993). *Descriptores varietales: arroz, frijol, maíz y sorgo* [archivo PDF]. Recuperado de http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/descriptores_varietales.pdf

Noale, N. (2015). *Tomate para industria: revisión bibliográfica y selección de variedades en el valle medio de río negro* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de la Plata. Buenos Aires, Argentina. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/52747/Documento_completo_.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Nuez, F. (1999). La revolución de los tomates [archivo PDF]. Recuperado de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Hort%2FHort_1996_114_52_61.pdf

Nuez, F. 1986. El cultivo de tomate. Editorial Mundiprensa. 793 pp.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). *Base de datos estadísticos FAOSTAT*. Recuperado de <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2002). *El Cultivo Protegido en Clima Mediterráneo*. <http://www.fao.org/docrep/005/s8630s/s8630s08.htm>

Patrignani, A., Tyson E. Ochsne. (2015, Noviembre1). Canopeo: A Powerful New Tool for Measuring Fractional Green Canopy Cover. *Agronomy Journal*. 107(6), pp 2312-2320. DOI: 10.2134 /agronj15.0150

Pérez, J., Hurtado, G., Aparicio, V., Argueta, Q & Larin, M. (2006). *Guía Técnica. Cultivo de Tomate Industrial*. Recuperado de <https://docplayer.es/4489531-Guia-tecnica-cultivo-de-tomate.html>

Piven, N.M., de Uzcátegui, R.C., Infante, H.D. (1995). Resistance to tomato yellow mosaic virus in species of *Lycopersicon*. *Plant Disease*, 79 (6), pp. 590-594.

Prado, J. (2002). *Tipos y especificaciones de calidad en el cultivo de tomate*. [archivo PDF]. Recuperado de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_vrural/Vrural_2002_148_42_46.pdf.

PROMOSTA (Proyecto de Modernización de los Servicios de Tecnología Agrícola). (2005). *El cultivo del tomate (Lycopersicum esculentum, Mill)* [archivo PDF]. Recuperado de <https://dicta.gob.hn/files/2005,-El-cultivo-del-tomate,-F.pdf>

Rojas, A., Kvarheden, A. & Valconnen. J. P. T. (2000). Geminivirus infesting tomato crop in Nicaragua. *Plant. Disc.* 89. pp 843-846

Ruiz, J., Tijerina, L., Mejía, E., Sandoval, M., Sánchez, P., Vaquera, H & Colinas, M. (2011). Índices de vegetación para estimar el crecimiento de plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum mill.*) estresadas por deficiencia de agua y nitrógeno. *Tierra Latinoamericana*, 29 (1), pp. 47-56.

Ruiz, F., Marrero, P., Cruz, O., Murillo, B & García, J. (2008). Influencia de los factores agroclimáticos en la productividad de albahaca (*Ocimumbasilicum* L.) en una zona árida de Baja California Sur, México. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17 (1), pp. 44-47.

Salguero V, L. (2016). Evaluación de cuatro híbridos de tomate riñón (*Lycopersicum esculentum*) con dos densidades de plantación [Tesis de pregrado]. Universidad Técnica de Ambato. Cevallos, Ecuador.

Sánchez de M, P. (2007). *Producción y distribución de foto asimilados en la vid (Vitis vinífera) durante el periodo de maduración: cambios en la respuesta fotosintética a la luz de las hojas por factores biológicos, ambientales y culturales*. [Tesis de doctorado]. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España.

Santiago, J., Mendoza, M & Borrego, F. (1998). Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, MILL) en invernaderos: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana*, 9 (1), pp. 59-65.

Shepherd, M., Lindsey, L., & Lindsey, A. (2018). Soybean canopy cover measured with canopeo compared with light interception. *Agricultural & environmental letters*, 3 (1).

Simon, T., R M. (2011). *Evaluación de fisiopatías en frutos mediante el uso del sistema de análisis de imágenes windias*. [Tesis de pregrado]. Universidad de Almería, España.

Suslow, T., Cantwell, M. (2014). *Vegetables Produce Facts Spanish*, de https://postharvest.ucdavis.edu/Commodity_Resources/Fact_Sheets/Datastores/Vegetables_Spanish/?uid=1&ds=803

Suslow, T & Cantwell, M. (s.f). *Tomato. Recommendations for Maintaining Postharvest Quality*. [archivo PDF]. Recuperado de <https://postharvest.ucdavis.edu/files/259455.pdf>

Taladera, N. (2012). *Comportamiento agronómico de siete genotipos de tomate (Lycopersicum esculentum Mill) provenientes de AVRDC resistentes a virosis transmitida por mosca blanca, Tisma, Masaya, 2012*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.

Thicoipe, P J. 2002. *Tecnología de las hortalizas*. 1 ed. Editorial ACRABIA. Zaragoza. P 17.

UCDAVIS (University of California, Davis). 2016. Maturity & quality. Postharvest Technology: Maintaining Produce Quality & Safety https://postharvest.ucdavis.edu/Commodity_Resources/Fact_Sheets/Datastores/Vegetables_English/?uid=36&ds=799

Verhulst, N., Govaerts, B & Fuentes Ponce, M. (2010). *Sensor portátil GreenSeeker™ para la medición del índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI): Una herramienta para la evaluación integral de las prácticas agronómicas*. [archivo PDF]. Recuperado de <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/560/94511.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Villarreal, J & Name, B. 1996. Técnicas analíticas del laboratorio de suelos. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Panamá. 110 p.

Yengoh, G.T., Dent, D., Olsson, L., Tengberg, A.E., & Tucker, C.J. (2015). *The use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to assess land degradation at multiple scales: a review of the current status, future trends, and practical considerations* [archivo PDF]. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/300238726_Limits_to_the_Use_of_NDVI_in_Land_Degradation_Assessment.

Zarazúa, JP. (2013). *Relaciones básicas entre evapotranspiración, temperatura foliar y variables climáticas* [Tesis de pregrado]. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México.

Zhiguo L., Pingping L., Jizhan L. (2010, Marzo 22). Effect of tomato internal structure on its mechanical properties and degree of mechanical damage. *African Journal of Biotechnology*, 9 (12), pp. 1816-1826.

Zurita V, H & Sangacha G, M L. (2011). *Evaluación de seis híbridos de tomate hortícola (Lycopersicum esculentum Mill.) bajo cubierta plástica*. [Tesis de pregrado]. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.

VI. Anexos

Anexo n°.1. *Valores medios de temperatura del cultivo expresados en grados centígrados (°C).*

TRATAMIENTO	MEDIA (°C)	RANGOS DE SIGNIFICANCIA
5-2-14-4	30.13	a
16-1-14-1	29.03	a
Perita corozal	28.80	a
15-3-14-1	28.63	a
IDIAP T-8	28.20	a
5-2-14-3	28.10	a
15-3-14-3	28.00	a

*Valores medios seguidos por distintas letras difieren de acuerdo con la prueba de Duncan

Anexo n°.2. *Valores medios de frutos por planta.*

TRATAMIENTO	MEDIA	RANGOS DE SIGNIFICANCIA
Perita Corozal	68.80	a
5-2-14-3	61.63	ab
15-3-14-3	52.60	abc
5-2-14-4	48.63	bcd
15-3-14-1	38.10	cde
16-1-14-1	33.97	de
IDIAP T-8	20.97	e

*Valores medios seguidos por distintas letras difieren de acuerdo con la prueba de Duncan

Anexo n°.3. Valores medios de peso promedio del fruto (gramos).

TRATAMIENTO	MEDIA	RANGOS DE SIGNIFICANCIA
IDIAP T-8	75.27	a
15-3-14-1	66.37	ab
16-1-14-1	61.83	b
5-2-14-4	57.80	b
15-3-14-3	46.10	c
5-2-14-3	40.73	c
Perita Corozal	18.73	d

*Valores medios seguidos por distintas letras difieren de acuerdo con la prueba de Duncan

Anexo n°.4. Valores medios de rendimiento toneladas por hectárea.

TRATAMIENTO	MEDIA	RANGOS DE SIGNIFICANCIA
5-2-14-3	73.67	a
5-2-14-4	72.70	a
15-3-14-1	71.97	a
15-3-14-3	67.23	a
16-1-14-1	65.20	a
IDIAP T-8	58.07	a
Perita Corozal	57.27	a

*Valores medios seguidos por distintas letras difieren de acuerdo con la prueba de Duncan

Anexo n°5. Valores medios de flores por racimo.

TRATAMIENTO	MEDIA	RANGOS DE SIGNIFICANCIA
5-2-14-4	3.00	a
Perita corozal	2.90	a
15-3-14-1	2.90	a
5-2-14-3	2.80	ab
16-1-14-1	2.80	ab
15-3-14-3	2.43	bc
IDIAP T-8	2.33	c

*Valores medios seguidos por distintas letras difieren de acuerdo con la prueba de Duncan

Anexo n°6. Valores medios de grados brix.

TRATAMIENTO	MEDIA	RANGOS DE SIGNIFICANCIA
5-2-14-4	5.23	a
15-3-14-3	5.17	a
16-1-14-1	5.13	a
IDIAP T-8	5.10	a
15-3-14-1	5.07	a
5-2-14-3	5.07	a
Perita Corozal	4.80	a

*Valores medios seguidos por distintas letras difieren de acuerdo con la prueba de Duncan

Anexo n°7. Valores medios de pH del fruto

TRATAMIENTO	MEDIA	RANGOS DE SIGNIFICANCIA
5-2-14-3	4.50	a
15-3-14-3	4.50	a
IDIAP T-8	4.47	a
5-2-14-4	4.40	a
15-3-14-1	4.30	a
Perita corozal	4.30	a
16-1-14-1	4.27	a

*Valores medios seguidos por distintas letras difieren de acuerdo con la prueba de Duncan

. Anexo n°8. Valores medios de índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI)

TRATAMIENTO	MEDIA	RANGOS DE SIGNIFICANCIA
5-2-14-4	0.79	a
5-2-14-3	0.78	a
Perita corozal	0.77	a
15-3-14-3	0.77	a
15-3-14-1	0.77	a
16-1-14-1	0.77	a
IDIAP T-8	0.77	a

*Valores medios seguidos por distintas letras difieren de acuerdo con la prueba de Duncan

Anexo n°9. Valores medios de cobertura foliar (%)

TRATAMIENTO	MEDIA (%)	RANGOS DE SIGNIFICANCIA
15-3-14-1	78.67	a
16-1-14-1	78.17	a
Perita corozal	77.97	a
5-2-14-4	76.63	a
5-2-14-3	67.27	a
15-3-14-3	66.73	a
IDIAP T-8	64.73	a

*Valores medios seguidos por distintas letras difieren de acuerdo con la prueba de Duncan

Anexo n°10. Valores medios de firmeza del fruto

TRATAMIENTO	MEDIA	RANGOS DE SIGNIFICANCIA
5-2-14-3	5.47	a
15-3-14-1	4.80	ab
15-3-14-3	4.40	ab
5-2-14-4	4.13	ab
Perita Corozal	3.50	b
IDIAP T-8	3.50	b
16-1-14-1	3.50	B

*Valores medios seguidos por distintas letras difieren de acuerdo con la prueba de Duncan



Anexo n°.11. Trasplante realizado de forma manual



Anexo n°.12. Toma de datos en la parcela.



Anexo n°13. Inicio de fructificación.



Anexo n°14. Inicio de maduración de frutos.



Anexo n°15. Medición de firmeza, utilizando el penetrómetro



Anexo n°.16. Cosecha de frutos maduros

1. Firma del estudiante

_____ Fecha _____

2. Refrendo del Director de la Tesis

_____ Fecha _____

3. Refrendo del Coordinador (a) del Programa y/o Director (a) de Investigación y Postgrado de la Unidad Académica.

_____ Fecha _____