



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS

AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

EVALUACIÓN AGRONÓMICA Y DE CALIDAD DE LAS

DIFERENTES POBLACIONES DE TOMATE DE ÁRBOL

(Solanum betaceum. Cav)

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL

TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR: JOHN DAVID QUICHIMBO LLIVICURA

DIRECTOR: ING. JUAN CARLOS GONZÁLEZ ROJAS, PhD.

CUENCA - ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA CIENCIAS

AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA Y DE CALIDAD DE LAS
DIFERENTES POBLACIONES DE TOMATE DE ÁRBOL**

(Solanum betaceum. Cav)

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

AUTOR: JOHN DAVID QUICHIMBO LLIVICURA

DIRECTOR: ING. JUAN CARLOS GONZÁLEZ ROJAS, PhD.

CUENCA - ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

John David Quichimbo Llivicura portador de la cédula de ciudadanía N° **0106716905**. Declaro ser el autor de la obra: **“EVALUACIÓN AGRONÓMICA Y DE CALIDAD DE LAS DIFERENTES VARIEDADES DE TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum. Cav*)”**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **3 de junio de 2024**

John David Quichimbo Llivicura
C.I. **0106716905**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por **John David Quichimbo Llivicura**, bajo mi supervisión.



Firmado
digitalmente por
**JUAN CARLOS
GONZALEZ ROJAS**
Fecha: 2024.06.03
09:37:03 -05'00'

Juan Carlos González Rojas
DIRECTOR

Agradecimiento

Agradezco a Dios por guiarme por el buen camino donde nos encontramos con obstáculos que aparentar ser difíciles, pero él te da la fuerza y el ánimo para superarlos. A la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Católica de Cuenca, al Mgs. Juan Carlos González Rojas como director. A la Mgs. Marilú Valverde Vanegas Codirectora del trabajo de titulación por su guía en la elaboración de este trabajo.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), por el espacio prestado para la investigación, en la Estación Experimental Austro. Al PhD. José Ochoa y al Sr. Santiago Ochoa por el apoyo brindado a lo largo del estudio en campo.

A los Ingenieros: Bryan Jiménez Bravo y Daniel Segovia por el apoyo en el análisis estadístico de datos, soporte fundamental en la presentación de los resultados del estudio. A todos quienes conforman el Laboratorio de Principios Activos y Seguridad Alimentaria, y Microbiología. Al técnico Bq. Jorge Córdova, por compartir sus conocimientos y apoyar con los análisis de laboratorio realizados; de igual manera a la técnica Bq. María del Carmen Calle; por su apoyo brindando con los materiales de laboratorio.

John David Quichimbo Llivicura

Dedicatoria

A mis padres Rosa y Rómulo, a mis hermanos, quienes me han brindado su amor y apoyo constante e incondicional a lo largo de este arduo camino académico. Vuestra confianza en mí ha sido mi motor y mi guía. A mis profesores y mentores, cuyas enseñanzas y sabiduría han sido faros en la oscuridad del desconocimiento desde el inicio en este camino académico. Gracias por compartir su conocimiento y por inspirarme a seguir aprendiendo.

A mis amigos y compañeros de estudio, por ser partícipes en esta aventura, juntos hemos enfrentado desafíos, celebrado pequeñas victorias y creados recuerdos imborrables, finalmente, a todos aquellos que han contribuido de alguna manera a mi formación y desarrollo, les dedico este trabajo. Sus palabras, gestos y soporte han dejado una huella en mi camino.

John David Quichimbo Llivicura

ÍNDICE

RESUMEN	5
ABSTRACT	6
Introducción	7
Hipótesis	9
Objetivos	10
Capítulo 1	11
1 Marco teórico	11
1.1 Familia Solanaceae	11
1.2 Origen de <i>Solanum betaceum</i>	11
1.3 Genética	12
1.4 Caracterización de <i>S. betaceum</i>	12
1.5 Taxonomía	14
1.6 Morfología de la planta	15
1.7 Fenología del cultivo	17
1.8 Exigencias agroclimáticas	17
1.9 Principales plagas y enfermedades que se presentaron en <i>S. betaceum</i> , durante el estudio	17
1.10 Manejo integrado del cultivo de tomate de árbol	18
Capítulo 2	20
2 Metodología	20
2.1 Zona de estudio	20
2.1 Material vegetal	21
2.2 Evaluación morfológica	22
2.3 Variables cuantitativas	23
2.4 Variables cualitativas	29
2.5 Análisis estadístico	33
2.6 Manejo Agronómico del Cultivo	33
Capítulo 3	35
3 Resultados y discusión.....	35
3.2 Análisis de las variables fenológicas y agronómicas, relevantes para determinar la calidad de fruta, en las poblaciones de tomate de árbol, en estudio.	39
3.3 Caracterización de las variables, para determinar la reacción de las poblaciones de tomate de árbol (<i>S. betaceum</i> x <i>S. unilobum</i>) a las enfermedades presentadas durante el estudio.	47
3.4 Identificar materiales promisorios de tomate de árbol, con potencial del mercado nacional y para programas de mejoramiento genético	58

4	Anexos.....	72
5	Conclusiones	73
6	Recomendaciones	75
7	Bibliografía.....	76

RESUMEN

El tomate de árbol (*Solanum betaceum*), es un frutal andino con gran potencial para la producción intensiva. No obstante, su rendimiento puede verse afectado por diversas enfermedades, como la Punta Morada, que actualmente está presente en al menos el 50% de las zonas productoras, disminuyendo la producción nacional. En este estudio se evaluaron materiales posiblemente promisorios, con características agronómicas y sanitarias posibilitando el desarrollo de líneas genéticas con mayor resistencia a estos factores bióticos. Para esto, se estableció la calidad de fruta y la reacción a enfermedades, de poblaciones de tomate de árbol derivadas del cruce entre *S. betaceum* x *S. unilobum*, durante su primer ciclo de producción. Estos materiales procedentes de las localidades de Píllaro, Tumbaco, Bullcay y Tandapi; fueron comparados con el cultivar comercial conocido como Gigante Anaranjado. Se analizaron variables de rendimiento, días a la floración, sólidos solubles, relación sabor, forma del fruto, pH, acidez titulable, color y pardeamiento; resistencia a enfermedades como: Clorosis, Virus del follaje, Escoba de bruja. Los materiales que mejor comportamiento presentaron para rendimiento: Píllaro 5-69 con un estimado de 1000g por cosecha, floración a los 210 días; Píllaro 5, sólidos solubles; Píllaro 1 con 13,9% °brix, pH de 3,88 para Píllaro 4, ácidos titulable para Bullcay 4 con el valor de 0,336% de ácido cítrico, relación sabor de 50,2 para la población Píllaro 4, altura para Bullcay 1-134 con 148 cm, peso de fruto Bullcay 9-77 con 137,86g y resistencia a enfermedades Bullcay 1-134 con una media de nivel 1 de ataque.

Palabras clave: Tomate de árbol, genética, poblaciones, resistencia, variables, materiales promisorios, rendimiento, enfermedades

ABSTRACT

The tamarillo fruit (*Solanum betaceum*) is an Andean fruit tree with great potential for intensive production. However, its yield can be affected by various diseases, such as Purple Top, currently present in at least 50% of the producing areas, decreasing national production. In this study, possibly promising materials were evaluated, with agronomic and health characteristics enabling the development of genetic lines with greater resistance to these biotic factors. To accomplish this, the fruit quality and the reaction to diseases of tamarillo populations derived from the cross between *S. betaceum* and *S. unilobum* during their first production cycle were established. These materials from the towns of Píllaro, Tumbaco, Bullcay, and Tandapi were compared to the commercial cultivar known as "Orange Giant." Yield variables, days to flowering, soluble solids, flavor relationship, fruit shape, pH, titratable acidity, color, browning, and resistance to diseases, such as Chlorosis, Foliage Virus, and Witches' Broom, were analyzed. The materials that presented the best performance for yield were Píllaro 5-69 with an estimated 1000g per harvest, flowering after 210 days; Píllaro 5, soluble solids; Píllaro 1 with 13.9% °brix, pH of 3.88 for Píllaro 4, titratable acids for Bullcay 4 with the value of 0.336% citric acid, flavor ratio of 50.2 for the Píllaro 4 population, height for Bullcay 1 -134 with 148 cm, Bullcay fruit weight 9-77 with 137.86g and resistance to Bullcay diseases 1-134 with an average attack level 1.

Keywords: Tamarillo, genetics, populations, resistance, variables, promising materials, performance, diseases.

Introducción

El tomate de árbol (*Solanum betaceum*), también conocido como tomate extranjero, tomate cimarrón, tomate de monte, tomate silvestre y tamarillo (Kumar *et al.*, 2024), es un frutal no tradicional procedente de la Región Andina encontrándose disperso en Bolivia, Argentina, Venezuela, Colombia, Perú, Ecuador y Chile (Vasco *et al.*, 2009). El consumo de sus frutos se debe al agradable sabor ligeramente ácido, y alta concentración de vitaminas A, C y B6, minerales como hierro y potasio (Fonseca *et al.*, 2019).

Ecuador por su parte, conocido por su amplia riqueza biológica y ecosistémica en cada una de sus regiones; presenta condiciones agroecológicas potenciales para el desarrollo de la especie, principalmente en el callejón interandino, donde se presenta como un cultivo emergente, con alrededor de 14748 ha cultivadas (Casquete, 2020), situado entre los de mayor rendimiento en cuanto a frutas, con un promedio por hectárea de 32 toneladas (MAG, 2019).

Las provincias de Tungurahua, Pichincha, Imbabura, Cotopaxi, Chimborazo, Azuay, Bolívar y Loja figuran como las principales localidades de cultivo de tomate de árbol, con fines comerciales (MAG, 2019). No obstante, de este potencial *S. betaceum*, es una variedad que se ha visto afectada a través del tiempo por varios tipos de plagas y enfermedades, que afectan cada vez más la estructura de la planta, calidad del fruto, el rendimiento, lo que resta interés en su cultivo, pese a mantener su demanda nacional e internacional, ya que actualmente es solicitado en los mercados de EEUU, España, Países Bajos y Canadá (MAG, 2021).

Su producción se ha visto obstaculizada por la falta de variedades y la alta susceptibilidad fitosanitaria que presenta el cultivo; debido principalmente al Psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*), Punta Morada (*Candidatus Liberibacter solanacearum*), Antracnosis (*Colletotrichum acutatum*), Chinche foliado (*Leptoglossus zonatus*), Pulgones (*Myzus persicae*), Lancha o tizón tardío (*Phytophthora infestans*), Cenicilla (*Oidium sp*), Gallina ciega (*Phyllophaga sp*), entre otros; lo que genera grandes pérdidas económicas para los agricultores. La afección incide en más del 50% de las áreas cultivadas provocando el abandono del cultivo (Viera *et al.*, 2016).

Varios autores manifiestan que estudios sobre la diversidad genética de *S. betaceum*, podrían contribuir con soluciones eficientes y accesibles a los agricultores

del país, desarrollando variedades mejoradas con resistencia a las principales enfermedades, potencial agronómico con el manejo integral del cultivo garantizando el uso adecuado y eficiente de pesticidas en conjunto con las labores agronómicas oportuna con el fin de recuperar e incrementar la productividad del cultivo, pues mientras más extensa sea la variación genética de la población, mayores serán sus posibilidades de responder con éxito a los desafíos bióticos o abióticos (Peñafiel *et al.*, 2009), (Llomitoa *et al.*, 2019).

En este contexto, mediante el presente estudio se realizó la caracterización de variables: días a la floración, forma del fruto, sólidos solubles, pH, acidez titulable, relación sabor, color y pardeamiento y la resistencia a enfermedades en diferentes poblaciones de tomate de árbol, con el propósito de verificar la resistencia ante la presencia de los patógenos, sin que la planta pierda sus características fisiológicas y su capacidad de producción, expresada a través del rendimiento.

Hipótesis

El comportamiento agronómico de las diferentes poblaciones de tomate de árbol es similar, no existe diferencia en producción y calidad de los frutos, dentro de las poblaciones estudiadas

Objetivos

A. Objetivo general

- Evaluar las características agronómicas y sanitarias que permitan establecer la calidad de fruta y la reacción a enfermedades, de poblaciones de tomate de árbol derivadas del cruce entre *S. betaceum* x *S. unilobum*, durante su primer ciclo de producción.

B. Objetivos específicos

- Analizar las variables fenológicas y agronómicas, relevantes para determinar la calidad de fruta, en las poblaciones de tomate de árbol, en estudio.
- Verificar en campo, en condiciones de infección natural la reacción a enfermedades de poblaciones de tomate de árbol derivadas del cruce entre *S. betaceum* x *S. unilobum*.
- Identificar materiales promisorios de tomate de árbol, con potencial a los requerimientos del mercado nacional y para programas de mejoramiento genético.

Capítulo 1

1 Marco teórico

1.1 Familia Solanaceae

Dentro del orden Solanaceae, constan de seis a siete subfamilias, aproximadamente 100 géneros y 2300 a 2500 especies (Martins y Barkman., 2005). Los géneros Lycopersicon, Cyphomandra, Normania y Triguera forman un grupo de especies de la familia Solanaceae que durante mucho tiempo se han considerado géneros independientes de Solanum en función de ciertas características morfológicas. Sin embargo, con el paso de los años han sido trasladados oficialmente a Solanum en 1995 debido al caso Cyphomandra (Bohs, 1995). Estos cambios en la clasificación de este grupo están relacionados con el desarrollo de herramientas moleculares para estudios filogenéticos y se basan principalmente en estudios de sitios de restricción del ADN del cloroplasto (Olmstead y Palmer., 1992, 1997), (Spooner *et al.*, 1993) y (Bohs y Olmstead., 1997), lo que permite plantear o confirmar que los géneros anteriores deberían incluirse en Solanum (Bohs, 1994, 1995, 2004), (Peralta y Spooner., 2000) y (Bohs y Olmstead., 2001).

No obstante, la migración de estos géneros a Solanum, no son de motivación reciente, ya que algunas de estas especies fueron descritas originalmente (en algunos casos hace más de 200 años) en *Solanum* (Knapp, 2007).

Se caracterizan por la diversidad de hábito, morfología y ecología, incluyen especies con gran importancia para la alimentación, la agricultura y la economía de numerosos países, tales como: *S. tuberosum*; *S. melongena*; *S. quitoense* L.; *S. muricatum* Aiton; *L. esculentum*; *Solanum betaceum* (Chung *et al.*, 2006), (Manoko *et al.*, 2008)

1.2 Origen de *Solanum betaceum*

Se considera que el origen de *Solanum betaceum* (Cav.), está situado en los bosques de la reserva de Tucumano-Boliviana entre el sur de Bolivia y el noroeste de Argentina, ya que en la zona indicada se ha encontrado una mayor diversidad genética, misma que se extiende por Venezuela, Colombia, Perú, Ecuador, Chile (Buono *et al.*, 2018). Los frutos de esta especie son comestibles, de sabor encantador,

ligeramente ácidos y con un alto contenido de provitamina A, vitaminas C y B6 y minerales como el hierro y potasio (Vasco *et al.*, 2009).

Dentro del país se han encontrado materiales vegetales silvestres de esta especie en bosques nativos a lo largo de las provincias de Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Chimborazo, Imbabura, Loja, Pichincha y Tungurahua (Feicán *et al.*, 2018). Cuyo potencial aún está por estudiarse.

1.3 Genética

Acosta., (2011), reconocido como pionero en la descripción fenológica y morfológica de *S. betaceum*, en su estudio considera que la variación genética de una especie puede o no expresarse mediante caracteres perceptibles por lo que es fundamental identificar el nivel de variabilidad que se intenta medir o describir, para elegir la forma de caracterización, las herramientas y métodos estadísticos adecuados para comparar los datos. La caracterización morfológica, agronómica y evaluativa de poblaciones cultivadas permite la identificación fitogenética y análisis de diversidad para definición de nuevas poblaciones (Villares *et al.*, 2018). El uso de programas de fitomejoramiento elevará los estándares de siembra, mejorando así la calidad del fruto y reduciendo la huella ambiental de las prácticas agrícolas actuales y tradicionales. Comprender estos alcances y la distribución de la diversidad genética de los cultivos es invaluable para muchos productores, estos alcances incluyen características moleculares de variedades, cultivares e individuos y por ende la elección de padres viables para programas de hibridación e introgresión de genes en cultivos de beneficio como tamarillo. Cuanto mayor sea la diversidad genética de una especie, más probable es que responda con éxito a los retos bióticos o abióticos. Por lo tanto, la variedad genética brinda mayores oportunidades para potenciar el rendimiento (Peñafiel *et al.*, 2009).

1.4 Caracterización de *S. betaceum*

La caracterización incluye determinar los caracteres o descriptores más representativas de seres vivos o no vivos en el caso de los recursos fitogenéticos, tiene principalmente los siguientes objetivos: identificar la clase o grupo al que pertenece el material en análisis, examen sistemático, análisis de variedad genética; gestión de bancos de germoplasma, identificación de nuevas variedades y adquisición de marcadores de rasgos agronómicos para el manejo y mejora de cultivos, etc., que

incluyen el objetivo común de utilizar y conservar los recursos fitogenéticos (González y Pita., 2001), (Engels y Visser., 2007) y (Khoury *et al.*, 2010).

Una población de individuos que integran una especie vegetal se encuentra en una interacción constante con los elementos bióticos y abióticos del entorno en el que crece, lo que se expresa en su capacidad de adaptación al entorno. Esta información se va acumulando en su genoma y con el tiempo heredando a las siguientes generaciones (Hidalgo., 2003). Y si bien una población de individuos de una especie tiene características comunes, cada una tiene muchas variaciones individuales; La suma de todos los individuos y sus variaciones equivale a la variación genética de la especie, que puede manifestarse o no mediante signos visibles (Cubero., 2013), (Hidalgo., 2003).

La diversidad demostrada por signos visibles se denomina fenotípica e incluye características botánicas, morfoagronómicas y evaluativas (expresadas en respuesta a factores bióticos y abióticos); La variabilidad, que no se manifiesta como características visibles, requiere el uso de técnicas de laboratorio y marcadores moleculares, que también permitan la evolución de la especie, su variación genética y sus usos, incluido el mapeo de especies. (González y Pita., 2001) y (Hidalgo., 2003), (Spooner *et al.*, 2005).

Mientras la variación genética de una especie puede o no presentarse a través de caracteres visibles, siendo necesario determinar el nivel de variación que puede medirse o describirse para poder elegir una forma de caracterización y herramientas o métodos estadísticos apropiados. para analizar los datos obtenidos. En cuanto a la variabilidad percibida visualmente, los caracteres o descriptores investigados están relacionados con la morfología y arquitectura de las plantas, manejo agronómico y la organización de la producción (para especies cultivadas) y la respuesta a diversos factores ambientales (por ejemplo, plagas, enfermedades, disponibilidad de agua, disponibilidad de nutrientes y factores ambientales); En general, este tipo de evaluación de caracteres suele conocerse como caracterización morfológica, agronómica y de evaluación(González y Pita., 2001), (Mohammadi y Prasanna., 2003)

Caracterizar especies como *S. betaceum*, de la que se tiene muy poca información a nivel nacional, es de mucha utilidad en la búsqueda de solucionar los problemas sanitarios que presenta el cultivo, utilizando la posible resistencia que pueden

presentar algunos materiales genéticos presentes en fincas de agricultores. Lo que es posible conseguir a partir del uso de marcadores moleculares y descriptores morfológicos; como es el caso del presente estudio.

1.4.1 Descriptores morfológicos

Un carácter o descriptor es una propiedad o característica cuya expresión puede medirse, registrarse o evaluarse fácilmente y que se relaciona con la forma, estructura o comportamiento de una accesión (Hernández., 2013). Los descriptores morfológicos son los más tradicionales, estudian algunos órganos de forma cualitativa (datos binarios, ordinales o nominales tales como: formas, colores, presencia de estructuras individuales, etc.) o cuantitativa (datos morfométricos continuos discontinuos) (González *et al.*, 2014). El presente estudio se basó en el uso de descriptores agronómicos y fenológicos.

1.4.2 Descriptores agronómicos

Son características que se utilizan para evaluar la sanidad y rendimiento del cultivo incluyendo: días a la floración, madurez fisiológica, cantidad de frutos, altura e incidencia de enfermedades. Estas pueden verse afectadas por diversos componentes incluyendo las condiciones del suelo, el clima, la genética de la planta, y el manejo del cultivo (Uresti, 2017).

1.4.3 Descriptores fenológicos

Son cambios visibles presentes durante el desarrollo de la planta, resultado de las condiciones ambientales. Estas son esenciales para comprender el desempeño de la planta, planificar y programar diversas operaciones agrícolas, (fagro., 2019); entre las cuales encontramos las variables: tamaño del fruto, forma, peso, sólidos solubles, pH, acidez titulable, relación sabor, color y pardeamiento.

1.5 Taxonomía

Para Bueno *et al.*, (2018), *Solanum betaceum* presenta la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: *Plantae*
División: *Angiospermae*
Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Solanales*
Familia: *Solanaceae*
Género: *Solanum*
Especie: *Solanum betaceum*

Nombre común: Tomate de Árbol

1.6 Morfología de la planta

S. betaceum es un arbusto de rápido crecimiento que se caracteriza por una periodo de vida entre 5 a 12 años (Casquete., 2020), entre las principales características morfológicas se cita:

1.6.1 Sistema radicular

Raíces pivotantes, que pueden alcanzar un metro de profundidad contando con ramificaciones presentes en los primeros 50 cm que contienen raíces absorbentes, la profundidad que alcanza el sistema radicular puede variar por la estructura, textura y consistencia del suelo (Llundo., 2022).

1.6.2 Tallo

Exhibe un único tronco de estructura cilíndrica y consistencia semileñosa de coloración verde en sus primeros estados, marrón en su estado adulto. Una vez alcanzada la altura entre 1 y 1,50 m se ramifica mayoritariamente en tres ramas, su altura está comprendida entre 2,5 y 3 m (Maita., 2011).

1.6.3 Hojas

Sus hojas son perennes, alternas y simples, de forma ovada, puntiagudas, las hojas presentan pubescencia en el haz, envés y peciolo, las hojas de la copa y del tallo se diferencian por su tamaño, los limbos de las hojas del tallo principal miden de 25 a 40 cm de largo y de 20 a 35 cm de ancho; la base tiene forma de corazón, los lóbulos de la base que miden de 3 a 6 cm de largo y el peciolo mide de 15 a 25 cm de largo; las hojas de la copa tienen limbos de 7 a 20 cm de largo y 6 a 15 cm de ancho; los lóbulos basales de 1,5 a 3 cm de largo y los peciolos mide de 3 a 10 cm de largo (Buono *et al.*, 2018).

1.6.4 Inflorescencia

En forma de cima escorpioide distribuyéndose en doble serie, presentando entre 10 y 50 flores terminando la misma con una flor (Ramírez y Kallarackal., 2019). Identificándose las principales: pedúnculo, raquis y pedicelos cada una de estas presenta pubescencia, con una longitud entre 2,5 a 15 cm; el pedúnculo cuenta de 1,5 a 9 cm y el raquis entre 2 a 8 cm, mientras que el pedicelo de 1 a 2 cm de longitud y 1,5 a 5 cm cuando el fruto este cuajado (Acosta., 2011).

1.6.5 Flores

Las flores tienen todas las estructuras definidas, son hermafroditas, de forma estrellada y pentámeras, iniciando en el ápice del brote y después de desarrollarse puede situarse entre 30 y 40 mm por encima de la ramificación (Ramírez y Kallarackal., 2019). Los botones florales poseen forma ovoide, con ángulos obtusos a agudos en su ápice. El cáliz sinsépalo presenta un radio de 0,3 a 0,5 cm, los lóbulos miden de 0,1 a 0,2 cm de longitud y de 0,2 a 0,3 cm de ancho, con forma obtusa, apiculada y presentan una pubescencia de ligero a denso. La corola simpétala es de color rosáceo con un radio de 1 a 1,5 cm; los lóbulos se muestran de forma triangular con una longitud de 0,7 a 1,2 cm y 0,25 a 0,4 cm de ancho (Acosta., 2011).

1.6.6 Frutos

Es una baya de estructura ovoide o apiculada dependiendo de su genotipo, el exocarpo exhibe una coloración verde en la etapa inmadura y naranja, roja, amarilla en su estado maduro. El mesocarpo de sabor semi-ácido dulce, muestra coloración que va desde el amarillo pasando por el naranja hasta el púrpura (Coyago *et al.*, 2023).

1.6.7 Semillas

Las semillas miden entre 0,3 y 0,4 cm de largo y 0,35 y 0,4 cm de ancho. Son lenticulares planos, de color blanco cuando son tiernas y cubiertos de mucílago negro o amarillo cuando maduran dependiendo de su genotipo de piel púrpura, amarillo, rojo y naranja (Acosta., 2011).

1.7 Fenología del cultivo

1.7.1 Etapa Vegetativa

Tiempo transcurrido desde la siembra en campo hasta la floración, entre 6 a 8 meses (Castro., 2014). En este periodo, presenta un rápido crecimiento, el tallo alcanza su altura máxima y se ramifica, y las hojas alcanzan su máximo desarrollo (Ramírez y Kallarackal., 2019).

1.7.2 Etapa Reproductiva

Comienza alrededor de entre 7 y 14 meses de edad, periodo entre la floración y fructificación. Iniciada la floración se mantiene constante con la producción (Cámara_de_Comercio_de_Bogotá., 2015).

1.7.3 Etapa Productiva

Este período inicia desde el cuajado del fruto hasta que finaliza la producción, dependiendo del tiempo que pueda vivir la planta que puede durar entre 60 a 144 meses (Calvo., 2009).

1.8 Exigencias agroclimáticas

Para un óptimo desarrollo del cultivo, se recomienda las siguientes condiciones climáticas: altitud de 1000 a 3000 msnm, precipitación de 500 a 2500 mm, temperaturas desde los 13 a 24 °C; ph entre 6 y 7; preferible suelos ricos en materia orgánica (4 a 5 %) (Feicán *et al.*, 2018), de textura franca.

1.9 Principales plagas y enfermedades que se presentaron en *S. betaceum*, durante el estudio

Antracnosis, producida por el hongo del género *Colletotrichum sp*, el cual ataca a tallos, ramas, hojas y frutos en diferentes estados de desarrollo (Delgado y Vásquez 2010), presentando lesiones negras con bordes definidos, centro hundido variando el tamaño y forma (Castro *et al.*, 2019).

Cenicilla, patología desarrollada por (*Oidium sp*), en el cual aparecen manchas de color oscuro cercadas de un polvillo de color blanquecino en las hojas inferiores (Revelo *et al.*, 2008).

Punta morada, como promotor de esta enfermedad se ha reconocido a *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CaLso) es transmitida por el psílido *Bactericera cockerelli*, se manifiesta con clorosis en brotes apicales, mosaicos en hojas jóvenes, escoba de bruja, las flores presentan necrosis y los frutos que producen son extremadamente pequeños y duros (Viera *et al.*, 2021).

Los virus identificados en tomate de árbol corresponden a los géneros Potyvirus (virus Y de la papa; PVY), Polerovirus (virus del enrollamiento de la papa; PLRV) y Tobamovirus (virus del mosaico del tomate; ToMV), pueden presentar síntomas en diferentes partes de la planta provocando: estancamiento del desarrollo de la planta, manchas necróticas, hojas jóvenes enrolladas, mosaicos y disminución del rendimiento (Espinoza *et al.*, 2017).

Virus en frutos, aparecen manchas púrpuras en los frutos verdes, que se vuelven de varias coloraciones rojizas a medida que maduran. Dependiendo del nivel del ataque pueden cubrir parte o la totalidad del fruto; además, a menudo se producen deformaciones del fruto y daños en la pulpa lo que inciden negativamente en la apariencia y calidad (Jaramillo *et al.*, 2012).

1.10 Manejo integrado del cultivo de tomate de árbol

Se debe optar por un manejo integral adecuado para sobre llevar los problemas sanitarios que pueda presentar el cultivo, y si bien esto dependerá también de las condiciones ambientales, dentro del manejo agronómico de la especie, se puede realizar algunas labores que contribuyen a mantener un cultivo sano, como: eliminar focos de infección, eliminar plantas hospederas, labores culturales oportunas, marco de plantación adecuada, podas de sanidad, tutorado, nutrición adecuada, entre otras (Viera *et al.*, 2021).

Crear un sistema dinámico y programado con la meta de proporcionar los frutos limpio e inocuo para el consumidor mediante monitoreos constantes evaluando la severidad de plagas y enfermedades anticipándose a niveles que no superen el umbral de daño económico (FAO., 2015), constituye una actividad eficiente y de bajo costo, que además potencializará el posterior uso de pesticidas.

Complementariamente se debe llevar un registro de labores y controles químicos realizados en el cultivo, ayudará a un manejo eficiente de agroquímicos, con la

rotación de productos, evitando crear resistencia en los patógenos y tomando en cuenta el periodo de carencia (Maita., 2011).

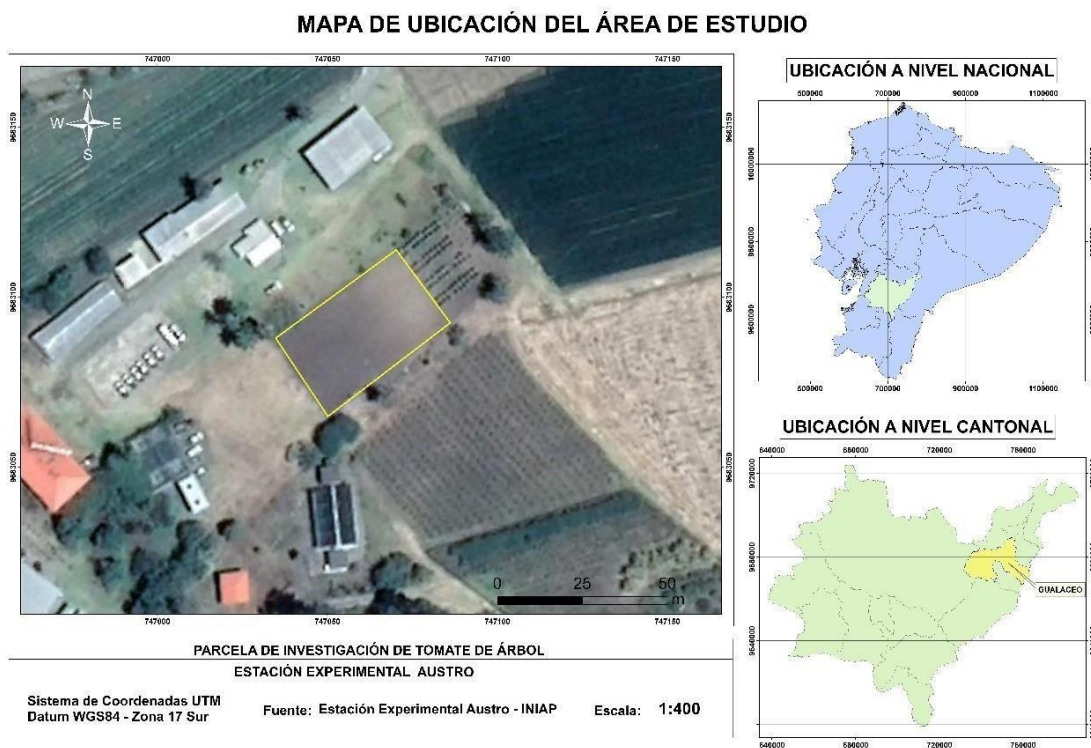
Capítulo 2

2 Metodología

2.1 Zona de estudio

La presente investigación se realizó en la Estación Experimental del Austro (EEA) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubicado en el km 12½ de la vía El Descanso-Gualaceo, sector Bullcay (Figura 1), Coordenadas Latitud 22°51'55" S; Longitud 78°46'24" W; Altitud 2230 ms.n.m, posee una humedad relativa del 75%, precipitación anual de 750 mm y una temperatura promedio de 18° C, encontrándose dentro de la Zona Agroecológica 5, que pertenece a un clima de trópico moderadamente fresco (Valle del río Paute), manteniendo un periodo húmedo entre 1 y 5 meses (INIAP., 2015).

Figura 1: Ubicación de la parcela experimental. EEA, Gualaceo.



Fuente: Estación Experimental del Austro - INIAP

Las características de la parcela de estudio, se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1: Características de la parcela de estudio. EEA, 2023

CARACTERÍSTICAS	DIMENSIONES
ÁREA TOTAL DE LA PARCELA	342 m ²
ÁREA NETA DE LA PARCELA	276.75 m ²
NÚMERO TOTAL DE UNIDADES EXPERIMENTALES (UE) EN LA PARCELA	123
LARGO DE LA UE	1.5
ANCHO DE LA UE	1.5
DISTANCIA ENTRE UE	1.5
ÁREA NETA DE LA UE	2.25

Fuente: Elaboración propia. EEA 2024.

2.1 Material vegetal

Se emplearon 123 materiales genéticos de tomate de árbol (*Solanum betaceum*), procedentes de las localidades de Píllaro, Tumbaco, Bullcay y Tandapi; para su evaluación frente al cultivar comercial Gigante anaranjado (Tabla 2). Mientras que en la Tabla 3, para una mejor comprensión de la procedencia de los recursos genéticos, se presenta el historial de selección y la filial de estos materiales; obtenidos como resultado del cruce entre *S. betaceum* x *S. unilobum*, obtenidos por el Departamento Nacional de Protección Vegetal (DNPV) de la Estación Experimental de Santa Catalina (EESC). En base a lo cual, los recursos genéticos utilizados son considerados como poblaciones.

Tabla 2: Ubicación detallada de las UE en la Parcela de estudio.

FILA	PLANTA											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Tandapi	Tandapi	Tandapi	Tandapi	Tandapi	Tandapi	Tandapi	Tandapi	Tandapi	Tandapi	Tandapi	Tandapi
2	G. A	G. A	G. A	G. A	G. A	G. A	G. A	G. A	G. A	G. A	Tumbaco	Tumbaco
3	Píllaro 1	Píllaro 1	Píllaro 1	Píllaro 1	Píllaro 1	Píllaro 1	Tumbaco	Tumbaco	Tumbaco	Tumbaco	Tumbaco	Tumbaco
4	Píllaro 1	Píllaro 1	Píllaro 1	Píllaro 1	Píllaro 3	Píllaro 3	Píllaro 3	Píllaro 3	Píllaro 3	Píllaro 3	Píllaro 3	Píllaro 3
5	Píllaro 1	Píllaro 4	Píllaro 4	Píllaro 4	Píllaro 4	Píllaro 4	Píllaro 4	Píllaro 4	Píllaro 4	Píllaro 4	Píllaro 3	Píllaro 3
6	Píllaro 5	Píllaro 5	Píllaro 5	Píllaro 5	Píllaro 5	Píllaro 5	Píllaro 5	Píllaro 5	Píllaro 5	Píllaro 5	Píllaro 6	Píllaro 6
7	Bullcay 9	Bullcay 9	Bullcay 9	Bullcay 9	Bullcay 9	Bullcay 9	Píllaro 6	Píllaro 6	Píllaro 6	Píllaro 6	Píllaro 6	Píllaro 6
8	Bullcay 9	Bullcay 9	Bullcay 9	Bullcay 9	Bullcay 9	Bullcay 9	Bullcay 9	Bullcay 9	Bullcay 9	Bullcay 9	Bullcay 9	Bullcay 9
9	Bullcay 7	Bullcay 8	Bullcay 8	Bullcay 8	Bullcay 8	Bullcay 8	Bullcay 8	Bullcay 8	Bullcay 8	Bullcay 8	Bullcay 8	Bullcay 8
10	Bullcay 7	Bullcay 7	Bullcay 7	Bullcay 7	Bullcay 7	Bullcay 7	Bullcay 7	Bullcay 7	Bullcay 7	Bullcay 7	Bullcay 7	Bullcay 7
11	Bullcay 4	Bullcay 4	Bullcay 4	Bullcay 4	Bullcay 4	Bullcay 4	Bullcay 4	Bullcay 4	Bullcay 4	Bullcay 4	Bullcay 4	Bullcay 4
12	Bullcay 1	Bullcay 1	Bullcay 1	Bullcay 1	Bullcay 1	Bullcay 1	Bullcay 1	Bullcay 1	Bullcay 1	Bullcay 1	Bullcay 1	Bullcay 1

Fuente: Elaboración EEA 2022.

Tabla 3: Material vegetal

Identidad parcela	Identidad población	Selección origen	Genealogía	Historial selección
B1	T4F1P8	Gualaceo	<i>S. betaceum</i> / <i>S. unilobum</i> // <i>S. betaceum</i> var. AP	Sb/Su (24)(1) //Sb-(2)(1)
B4	T3F2P9	Gualaceo	<i>S. betaceum</i> / <i>S. unilobum</i> // <i>S. betaceum</i> var. AP	Sb/Su (22//Sb/Su (24)-(2)(1)
B7	T1F1P8	Gualaceo	<i>S. betaceum</i> / <i>S. unilobum</i> // <i>S. betaceum</i> var. AP	Sb/Su-(19)(3)(1)(1)
B8	T1F1P10	Gualaceo	<i>S. betaceum</i> / <i>S. unilobum</i> // <i>S. betaceum</i> var. AP	Sb/Su-(19)(3)(1)(1)
B9	T1F2P7	Gualaceo	<i>S. betaceum</i> / <i>S. unilobum</i> // <i>S. betaceum</i> var. AP	Sb/Su-(19)(3)(1)(1)
GA	Gigante Anaranjado	Píllaro	<i>S. betaceum</i>	-
P1	F3P10	Píllaro	<i>S. betaceum</i> / <i>S. unilobum</i> // <i>S. betaceum</i> var. AP	Sb/Su (1) //Sb (1)(1)(1)
P3	F4P1	Píllaro	<i>S. betaceum</i> / <i>S. unilobum</i>	Sb/Su (19)(1)(1)(1)
P4	F4P3	Píllaro	<i>S. betaceum</i> / <i>S. unilobum</i>	Sb/Su (19)(1)(2)(1)
P5	F4P4	Píllaro	<i>S. betaceum</i> / <i>S. unilobum</i>	Sb/Su (19)(1)(3)(1)
P6	F7P12	Píllaro	<i>S. betaceum</i> / <i>S. unilobum</i>	Sb/Su (19)(1)(4)(1)
TAN 9	Tan 9(1)	Tanda pi	<i>S. betaceum</i> / <i>S. unilobum</i> // <i>S. betaceum</i> var. AP	Sb/Su (24)(1) //Sb (1)-(2)(1)
TUM14	P 14	Tumbaco	<i>S. betaceum</i> / <i>S. unilobum</i> // <i>S. betaceum</i> var. AP	Sb/Su (1) //Sb (1)(2)(1)

Fuente: Elaboración EEA 2022.

2.2 Evaluación morfológica

Para este efecto se utilizaron principalmente, los descriptores desarrollados por Bioersity International (2013), cantidad de frutas, peso de fruta, altura a la ramificación, solidos solubles, pH, acidez titulable, forma del fruto, longitud-diámetro, días a la floración, relación sabor, color y pardeamiento.

Para la escala de clorosis y escoba de bruja, lo recomendado por Fernández (2020), Jaramillo *et al.*, (2012). Mientras que, para medir virus de follaje, oidium y antracnosis se emplearon una escala determinada para el presente caso de estudio (Contribución y comunicación personal Ochoa-Quichimbo (2023)).

En total fueron 20 las variables estudiadas, trece cuantitativas y siete cualitativas, con las que llevó a cabo la caracterización de las 13 poblaciones de *S. betaceum* en Bullcay- Azuay, que se describen a continuación.

2.3 Variables cuantitativas

2.3.1 Días a la floración (días)

Se anota el tiempo (días) desde la siembra hasta la presencia de la primera flor (inflorescencia) en las plantas.

2.3.2 Días a la madurez fisiológica (días)

Período transcurrido a partir de la plantación hasta que el 50% de frutos de la primera fructificación, lleguen a la madurez fisiológica, lo que se determina en base al color principal del fruto de la variedad.

2.3.3 Altura a la ramificación (cm)

Se mide a partir de la base llegando a la ramificación principal en diferentes direcciones, esta altura puede variar dependiendo del genotipo y condiciones a las que estuvo expuesto el cultivo.

2.3.4 Monitoreo *Bactericera cockerelli*.

Se realizó un monitoreo individual de todas las hojas, registrándose el número total de ninfas y adultos en cada unidad experimental.

2.3.5 Rendimiento de la planta (g/planta)

Se recolectó la cantidad de frutos por planta, cuando los frutos presentaron madurez fisiológica, se registró la cantidad de frutos y el peso total obtenido.

2.3.6 Longitud del fruto (mm)

Mediante un calibrador digital se obtuvo la medida en milímetros, desde la base hasta la punta (Figura 2).

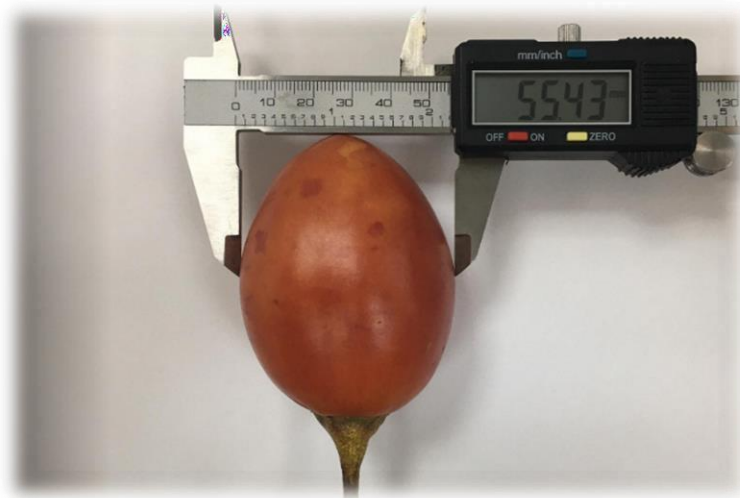
Figura 2: Medida de longitud.



2.3.7 Diámetro del fruto (mm)

Medida del diámetro se tomó en consideración el centro de la fruta, mediante el calibrador digital (Figura 3).

Figura 3: Medida del diámetro.



2.3.8 Peso del fruto (g)

El peso individual es el resultado del cociente entre el peso general de los frutos y cantidad de frutos cosechados, véase ecuación a.

$$a) \text{ Peso del fruto} = \frac{\text{Peso total frutos de la planta}}{\text{Número de frutos de la planta}}$$

2.3.9 Forma del fruto (mm)

Mediante los datos de longitud y diámetro, se realizó una división entre los mismos, el valor resultante define la forma para cada el tomate de árbol, mediante la ecuación b. Con el propósito de disminuir el grado de subjetividad con el cual se evaluaba la forma del fruto, se establecieron rangos mencionados en la Tabla 4 y Figura 4, mismos que fueron sugeridos por comunicación personal (Acosta., 2023).

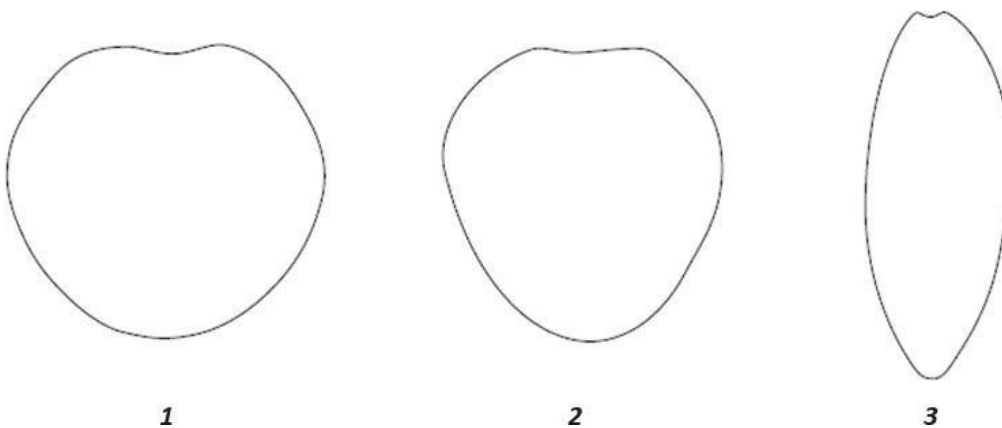
$$b) \text{ Forma del fruto} = \frac{\text{Longitud del fruto}}{\text{Diámetro del fruto}}$$

Tabla 4: Valores para forma del fruto

Forma	Cociente Longitud/Diámetro
1.Redondeado	1 y < 1,29
2.Ovoide	≥ 1,29 y ≤ 1,36
3.Alargado	≥ 1,36

Fuente: Elaboración propia. EEA 2024.

Figura 4: Forma del fruto.



Fuente: Elaboración propia. EEA 2024.

2.3.10 Sólidos solubles (%°brix)

Con el jugo de 7 frutos en la madurez de consumo a temperatura ambiente, se utilizó un refractómetro digital calibrado a 20° C. Para colocar el jugo en el

refractómetro se maneja una pipeta Pasteur, colocando tres gotas que cubran la zona de lectura del equipo (Figura 5).

Figura 5: Medición °brix.



2.3.11 Potencial de hidrógeno (pH)

Se tomó 20 ml de pulpa, posterior se introduce el electrodo en el centro de la muestra, cuando el valor se estabiliza se registra la lectura del equipo (Figura 6).

Figura 6: Medida pH.



2.3.12 Acidez titulable (% ácido cítrico)

Se procedió a pesar 15 g de jugo de tomate, posteriormente se afora a 100 ml con agua destilada, se tomó 20 ml de jugo en un vaso de precipitado, luego se titula el jugo y se agrega 1 gr Hidróxido de Sodio (0,025 N) por litro de agua destilada tipo 1 hasta que el medidor de pH marque 8,2 correspondiente al viraje del indicador fenolftaleína, según la ecuación c (Viera *et al.*, 2016). El proceso se verifica en la figura 7.

$$c) \% \text{ Acidez} = \frac{N * VD * Meq}{M} * 100$$

N = Normalidad del reactivo

VD = Volumen del reactivo descargado

Meq = Miliequivalentes del ácido dominante (0.064)

M = Tamaño de muestra en gramos

Figura 7: Proceso para la acidez titulable.



a) Preparación de Hidróxido de Sodio NaOH.



b) Aforo en agua destilada.



c) Colocación del reactivo NaOH



d) Viraje del indicador fenolftaleína.

2.3.13 Relación sabor

Es un valor adimensional (sin unidades), se determinó dividiendo la concentración de sólidos solubles entre el porcentaje de acidez titulable, tal como lo expresa la ecuación d:

$$d) \text{ Re. Sabor} = \frac{\text{solidos solubles}}{\text{Porcentaje de acidez titulable}}$$

2.4 Variables cualitativas

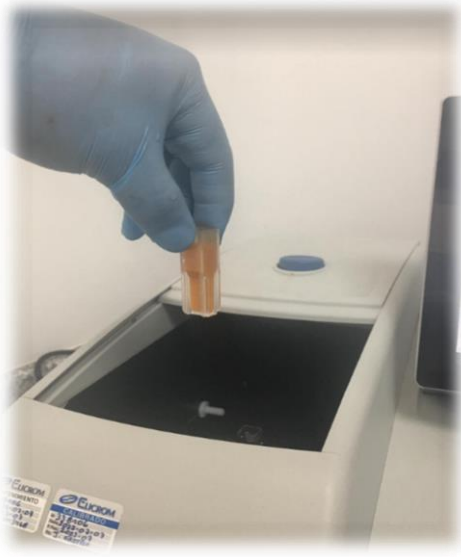
2.4.1 Determinación del color y el pardeamiento de la pulpa

Se calibró el espectrofotómetro (EVOLUTION 201 UV-Visible Spectrophotometer) a una longitud de onda de 640 nm, se realizan varias lecturas con agua destilada tipo 1 y los resultados de esta lectura deben reflejar el valor de cero, posteriormente se extrae la pulpa de la fruta, coloca en una celda del espectrofotómetro y se procede al análisis de la misma, obteniendo valores numéricos para su posterior interpretación (Figura 8).

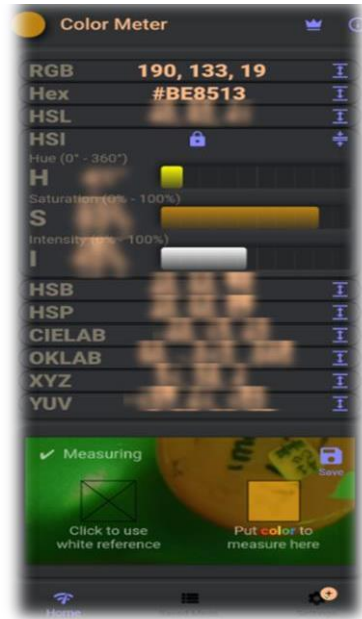
Para determinar el pardeamiento, de cada una de las poblaciones de tomate de árbol, se colocó las muestras de pulpa en dos frascos de vidrio con nueve gramos cada uno y se los dejó reposar a temperatura ambiente. En total se registraron tres lecturas a 0, 24 y 48 horas respectivamente.

Con el software móvil Colour camp donde se estimó el pardeamiento devolviendo el valor en código hexadecimal (HEX, por sus siglas) para lo cual usamos de referencia el tono blanco absoluto (Hex=000000). Finalmente se introducen los valores en la herramienta online de conversión HEX a RGB, para observar la variación en la tonalidad de colores debido al pardeamiento (RGB., 2014).

Figura 8: Color y pardeamiento.



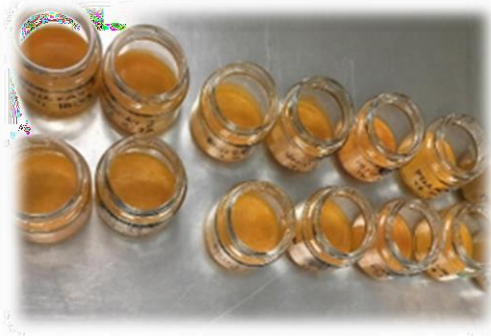
a) Determinación de valores de absorbancia



b) Lectura del pardeamiento con el software móvil Colour camp



c) Material para medición del pardeamiento 24 horas después.



d) Materiales de las poblaciones.

2.4.2 Reacción a clorosis letal, severidad de complejo virótico, virus de frutos y escoba de bruja

Se realizó el monitoreo cada 15 días evaluando severidad de enfermedades, analizando las unidades experimentales por separado, para la cual se empleó una escala de cinco niveles en los parámetros, en base a lo recomendado por Fernández., (2020) & Jaramillo *et al.*, (2012) en estudios anteriores (Tabla 5, 7 y 8).

Mientras que la escala para evaluar severidad del complejo virótico (Tabla 6), corresponde a la contribución técnica del presente caso de estudio, diseñada en base a la realidad presentada en la parcela de estudio, esto bajo la guía del PhD José Ochoa del Departamento Nacional de Protección Vegetal del INIAP.

Tabla 5. Escala para evaluar clorosis letal.

Clorosis letal

Nivel	Grado	Síntoma
0	Ausencia	Ausencia de síntoma
1	Iniciales	Tonalidad morada/clorosis apenas perceptible en los brotes apicales
2	Intermedios	Tonalidad morada/clorosis clara y generalizada de los brotes apicales
3	Severos	Tonalidad morada/clorosis y deformaciones que involucra parte del follaje alrededor del ápice y debilitamiento de la planta
4	Muy severos	Tonalidad morada/clorosis y deformaciones en la mayor parte de las hojas jóvenes alrededor del ápice, debilitamiento y reducción severa del crecimiento

Fuente: Fernández (2020)

Tabla 6: Escala para evaluar severidad del complejo virótico.

Escala de virus (follaje)

Nivel	Grado	Síntoma
0	Ausencia	Ausencia de síntoma
1	Iniciales	Mosaicos, deformaciones y clorosis apenas perceptible en hojas jóvenes
2	Intermedios	Mosaicos, deformaciones y clorosis perceptible mayormente en hojas jóvenes
3	Severos	Mosaicos, deformaciones, clorosis y debilitamiento de la planta
4	Muy severos	Mosaicos, deformaciones, clorosis y atrofiamiento severa de la planta

Fuente: Comunicación personal Ochoa-Quichimbo (2023).

Tabla 7: Escala para evaluar virus en frutos.

Escala virus frutos (picazo)

Nivel	Grado	Síntoma
0	Ausencia	Ausencia de síntoma
1	Iniciales	Mancha de color purpura apenas perceptibles en el fruto
2	Intermedios	Mancha de color purpura perceptibles en parte del fruto
3	Severos	Mancha de color purpura que cubre gran parte del fruto
4	Muy severos	Mancha de color purpura en forma generalizada en todo el fruto

Fuente: (Jaramillo *et al.*, 2012).

Tabla 8: Escala para evaluar escoba de bruja.

Escoba de bruja

Nivel	Grado	Síntoma
0	Ausencia	Ausencia de síntoma
1	Iniciales	Sospecha
2	Intermedios	Brotos delgados
3	Severos	Brotos delgados, frutos pequeños y duros.
4	Muy severos	Brotos excesivos y abundantes, frutos pequeños y duros.

Fuente: Fernández (2020)

2.4.3 Presencia de oidium y antracnosis

Para estos parámetros se tomó en cuenta la presencia en la cuarta parte del follaje (Figura 9), analizado mediante observación del as y envés de las hojas por lo que su interpretación se lo realizó en porcentaje, empleando las escalas establecidas en las Tablas 9 y 10.

Figura 9: Método de evaluación para oidium y antracnosis.

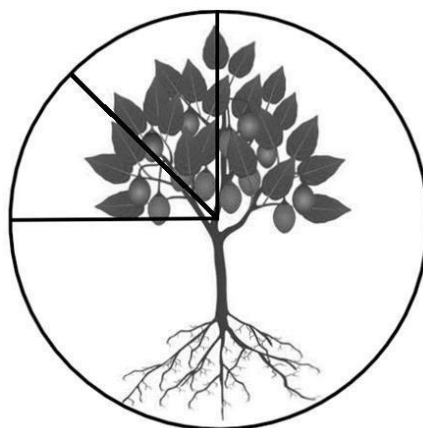


Tabla 9. Escala para evaluar Oídium.

Nivel	Grado	Porcentaje
0	Ausencia	0%
1	Iniciales	≤ 25%
2	Intermedio	≤ 50%
3	Severos	≤ 75%
4	Muy severos	≤ 100%

Fuente: Comunicación personal Ochoa-Quichimbo (2023).

Tabla 10: Escala para evaluar antracnosis.

Nivel	Grado	Porcentaje
0	Ausencia	0%
1	Iniciales	≤ 25%
2	Intermedio	≤ 50%
3	Severos	≤ 75%

Fuente: Comunicación personal Ochoa-Quichimbo (2023).

2.5 Análisis estadístico

Se manejó el programa R Studio versión 4.3.2, para realizar los análisis estadísticos. En cuanto a las variables cuantitativas se ejecutó el análisis de medias incluyendo datos de coeficiente de variación, valores máximos y mínimos, mientras que para las variables cualitativas se ejecutó un análisis de frecuencias. A partir de los datos cualitativos y cuantitativos, se empleó un análisis de componentes principales (ACP), análisis de correspondencias múltiples (ACM) para reducir el número de variables y un análisis de conglomerados.

Para identificar variables cualitativas y cuantitativas significativas, se utilizó pruebas de normalidad con el método de Kolmogorov Smirnov, pruebas no paramétricas, como Kruskal-Wallis, test Dunn, coeficiente de correlación de Spearman (ρ), valor-P.

2.6 Manejo Agronómico del Cultivo

Como se mencionó, anteriormente, los materiales que fueron el objeto de estudio, provienen del cruce entre *S. betaceum* x *S. unilobum*, obtenidos por el Departamento Nacional de Protección Vegetal (DNPV) de la Estación Experimental Santa Catalina

(EESC) como parte de los trabajos de mejora genética; razón por la cual, aún se consideran poblaciones.

Durante la fase productiva del cultivo, se implementaron varias medidas de control y seguimiento para el estudio, el monitoreo de *B. cockerelli*, cosecha, dimensiones del fruto y control sanitario se realizaron cada 15 días, En cuanto a la fertilización, el riego y el control de malezas, se realizaron simultáneamente en todas las poblaciones. Este manejo sincronizado garantizó que todas las poblaciones de *Solanum betaceum* recibieran el mismo trato, lo que permitió comparar de manera justa los resultados obtenidos en las diferentes poblaciones

Este control riguroso y manejo uniforme en todas las poblaciones fueron esenciales para la eficacia y la fiabilidad de los resultados del estudio.

Capítulo 3

3 Resultados y discusión

Durante la investigación se estudiaron 123 individuos distribuidos en 13 poblaciones, provenientes del cruce entre *S. betaceum* x *S. unilobum*, que fueron caracterizados mediante descriptores de Bioversity International (2013) y escalas de incidencia de enfermedades para clorosis, escoba de bruja (Fernández (2020) & Jaramillo *et al.*, (2012)), y virus del follaje comunicación personal Ochoa-Quichimbo (2023), (Tabla 11).

Tabla 11: Variables cuantitativas y cualitativas utilizadas en la caracterización.

Variables	Código	Variables	Código
<u>Cuantitativas</u>		<u>Cualitativas</u>	
Ninfas de <i>Bactericera cockerelli</i>	Bac_ninfas	Color y pardeamiento	-
Adultos de <i>Bactericera cockerelli</i>	Bac_adu	Clorosis	Clor
Peso total	Peso total	Virus del follaje	vir_follaje
Cantidad de frutas	Cant frutas	Virus del fruto	vir_fruto
Peso frutas	Peso frutas	Oidium	Oidium
Altura a la ramificación	Al. Ramificación	Antracnosis	Antrac
Sólidos solubles	% °brix	Escoba de bruja	esc_bruja
Potencial Hidrógeno	pH		
Acidez titulable	% ácido cítrico		
Forma del fruto	-		
Longitud y Diámetro	-		
Días a la floración	-		
Relación sabor	-		

Fuente: Elaboración propia. EEA 2024.

3.1.1 Variables cuantitativas

Ninfas de *Bactericera cockerelli* (Bac_ninfas)

Sobre los valores registrados de ninfas de *B. cockerelli*, en la Tabla 12, se presentaron valores máximos y mínimos para esta variable, 40,09 y 0,27 respectivamente. Tomando en cuenta el coeficiente de variación del 57%, con una media de 13,76 ninfas presentes en cada UE.

Adulto de *Bactericera cockerelli* (Bac_adu)

En la misma Tabla, el valor máximo fue de 6 adultos, con un mínimo de 0 adultos de *B. cockerelli*; y el 84% de coeficiente de variación. Valor medio hallado fue de 1,15 adultos de *B. cockerelli* en las UE.

Peso total de los frutos (Peso total)

El parámetro “peso total” presenta altas diferencias entre los valores máximo y mínimo, con valores de 26468,50 g y 0 g lo que generó un coeficiente de variación del 53% entre las poblaciones, con una media de peso total de los frutos de 9498,11 g para las 13 poblaciones (Tabla 12).

Cantidad de frutas (Canti frutas)

La máxima cantidad de frutas en las poblaciones estudiadas fue de 384 frutos, y una mínima de 0 frutos, con una variación de 63%, y una media de 106,84 frutos por poblaciones, valores expresados en la Tabla 12.

Peso individual de la fruta (Peso fruta)

El valor máximo para el peso del fruto fue de 175,48 g y un valor mínimo de 0 g, con un coeficiente de variación de 29%, obteniendo un valor medio de 93,14 g (Tabla 12).

Altura a la ramificación (Al. Ramificación)

Para esta variable se halló un valor máximo de 159 cm, frente al valor mínimo de 65 cm, un coeficiente de variación del 16% y un valor medio de 114,70 cm (Tabla 12).

Tabla 12: Resultados promedios del análisis de datos para cada variable cuantitativas.

Variablen	Media	Mediana	Desviación estándar	Err.es	C.V	Máximo	Mínimo
Bac_Ninfas	13,76	12,09	7,86	0,71	0,57	40,09	0,27
Bac_Adu	1,15	0,91	0,97	0,09	0,84	6,00	0,00
Peso Total	9498,11	9244,20	5077,79	457,85	0,53	26468,50	0,00
Canti Frutas	106,84	93,00	67,03	6,04	0,63	384,00	0,00
Peso fruta	93,14	96,98	27,45	2,47	0,29	175,48	0,00
Al. Ramificación	114,70	118,00	18,74	1,69	0,16	159,00	65,00

Fuente: Elaboración propia. EEA 2024.

3.1.2 Variables cualitativas

Corresponden principalmente a los parámetros de sanidad evaluadas a través de clorosis letal; virus del follaje y del fruto; escoba de bruja; oídio y antracnosis; expresados a través de los niveles de infestación con los que se presentaron en el cultivo y de los valores de frecuencias (Tabla 13), respecto de los cuales, tenemos:

Para clorosis letal, de las 123 unidades experimentales, 64 (52,03%) se vieron afectadas por el nivel 2 de clorosis letal; mientras que 53 unidades presentaron signos de nivel 2 de virus del follaje esto es el 43,09% de las unidades experimentales. Con valores similares se registró virus de fruto con nivel 1 en 53 unidades experimentales (43,09%) de la parcela. Oidium y antracnosis también se registraron con nivel 1: 121 de las 123 UE (98,37%). Escoba de bruja se presentó con nivel 1 en 73 materiales (59,35%) (Tabla 13). Resultados que concuerdan con Ayala *et al.* (2010), donde se menciona síntomas de virosis en tomate de árbol tales como clorosis, defoliación, amarillamiento de venas secundarias, proliferación de brotes, cambios en la coloración de frutos, endurecimiento de pulpa del fruto, con un grado 3 de severidad (plantas con síntomas virales entre el 25 y el 50% de su follaje).

En cuanto a la sintomatología, que se evidenció en las plantas según los diferentes niveles de infestación de las enfermedades en mención, estos síntomas coinciden con los reportados por Viera *et al.* (2021), "la planta de *S. betaceum* infectada de punta morada, presenta en los ápices una coloración purpura más intensa en las hojas más pequeñas y luego enrollamiento hacia el envés (Ref. Clorosis), en cambio en las hojas apicales más grandes registran amarillamiento intervenal en el haz, destacando al observarlas a trasluz (Ref. Virus de follaje). En cambio, en otros casos existe una proliferación de brotes apicales con hojas excesivas de menor tamaño y los frutos formados de tamaño reducidos y deformes; Además, las plantas son más pequeñas, con coloración más verde, luego se vuelven amarillas y secan, provocando la pudrición de las raíces a medida que la planta se debilita y volviéndose más susceptible al ataque de otros patógenos (Ref. Escoba de bruja). Acosta (2011), en su estudio coincide en que los frutos con virus presentan manchas de color púrpura que serán visibles parcialmente o en la totalidad del fruto".

Tabla 13: Análisis de variables cualitativas.

Variable	Categoría	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa %
Clorosis	0	0	0,00
	1	6	4,88
	2	64	52,03
	3	33	26,83
	4	20	16,26
		123	100
Virus del follaje	0	0	0,00
	1	11	8,94
	2	58	47,15
	3	34	27,64
	4	20	16,26
		123	100
Virus de fruto	0	37	30,08
	1	53	43,09
	2	32	26,02
	3	1	0,81
	4	0	0,00
		123	100
Oidium	0	2	1,63
	1	121	98,37
	2	0	0,00
	3	0	0,00
	4	0	0,00
		123	100
Antracnosis	0	2	1,63
	1	121	98,37
	2	0	0,00
	3	0	0,00
	4	0	0,00
		123	100
Escoba de bruja	0	0	0,00
	1	73	59,35
	2	24	19,51
	3	15	12,20
	4	11	8,94
		123	100

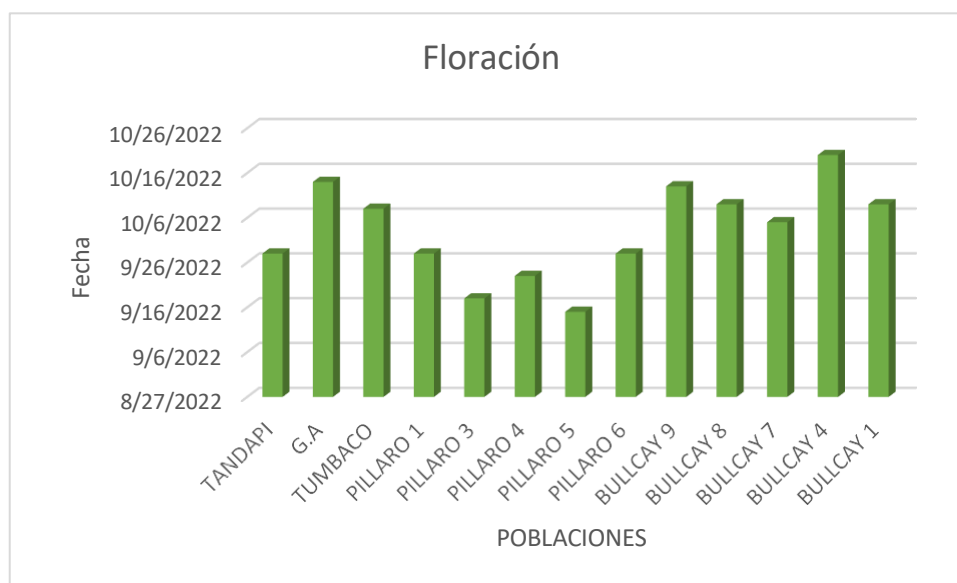
Fuente: Elaboración propia. EEA 2024.

3.2 Análisis de las variables fenológicas y agronómicas, relevantes para determinar la calidad de fruta, en las poblaciones de tomate de árbol, en estudio.

3.2.1 Días a la floración y días a la madurez fisiológica

Para el registro de estas variables, se consideró como punto de partida, la fecha de siembra (enero 17, de 2022), de dónde se obtuvo que: la población P5 fue la más precoz, presentando floración a los 210 días después de la siembra (dds), mientras que la población B4 fue la más tardía, emitiendo flores a los 240 dds. La madurez fisiológica se registró entre los 105 (P5) y 120 (B4) días luego de iniciada la floración (Figura 10). Sin considerar el tiempo transcurrido en el semillero, la primera cosecha se registró aproximadamente un año después del trasplante a campo (enero 26, de 2023). Este resultado contrasta con Montalvo., (2011), quien menciona que la producción del tomate de árbol comienza entre el año y medio o dos años posterior a la siembra; mientras que Kumar *et al.*, (2024), afirman que los frutos tardan de 4 a 5 meses en madurar después de la polinización.

Figura 10: Fecha de floración de las poblaciones.



3.2.2 Diámetro y longitud (cm) del fruto

Se identificaron las poblaciones con los frutos más largos, determinando que las poblaciones B4 y P1 presentan los frutos con longitudes de 8,2; 8 cm, contrario a P6 y P3 que exhiben frutos más pequeños con valores de 6; 5,9 cm, mientras que las

poblaciones con frutos de mayor diámetro son B9 y G.A con 6; 5,8 cm y las poblaciones con valores de menores son P4 y P6 con 4,8 cm presentados en la tabla 14, obteniendo similitudes a los valores que indica Ramírez., (2021), en su estudio obtuvo valores de 7,9 cm de longitud y 6,7 cm de diámetro, mientras Moreno *et al.*, (2020) mencionan que la longitud puede variar entre 5 y 10 de cm, y de 8 a 5 cm de diámetro, dependiendo de su genotipo.

Tabla 14: Dimensiones del fruto.

POBLACIONES	DIÁMETRO	LONGITUD
B4	4,9	8,2
P1	5,6	8,0
TUM	5,6	7,9
B8	5,7	7,8
G. A	5,8	7,6
B1	5,6	7,5
B7	5,4	7,4
B9	6,0	7,4
TAN	5,5	7,3
P5	4,9	6,4
P4	4,8	6,0
P6	4,8	6,0
P3	5,2	5,9

Fuente: Elaboración propia. EEA 2024.

3.2.3 Forma del fruto

Se determinó la forma para cada población de acuerdo al valor de factor forma resultante del cociente entre longitud y diámetro. Respecto a lo cual, las poblaciones P3, P6, B9, y P4 presentan la forma 1 “redondeado”, mientras que G.A, P5, TAN, B1 y B7 presentan la forma 2 “ovoide”, y finalmente las poblaciones B8, TUM, P1 y B4 se definen con forma 3 “alargada” (Tabla 15). Contrastando la investigación de Bioversity International (2013) en el cual la forma del fruto de tomate de árbol se clasifica en cinco categorías: redondeado, ovado alargado, ovoide, elíptico y fusiforme, lo que conlleva un alto grado de subjetividad de quien realiza la evaluación. Por otro lado, Meza y Manzano., (2009) también catalogan la forma de los frutos en ovalado, apiculada, esférico, piriforme y elipsoide.

Tabla 15: Forma del fruto

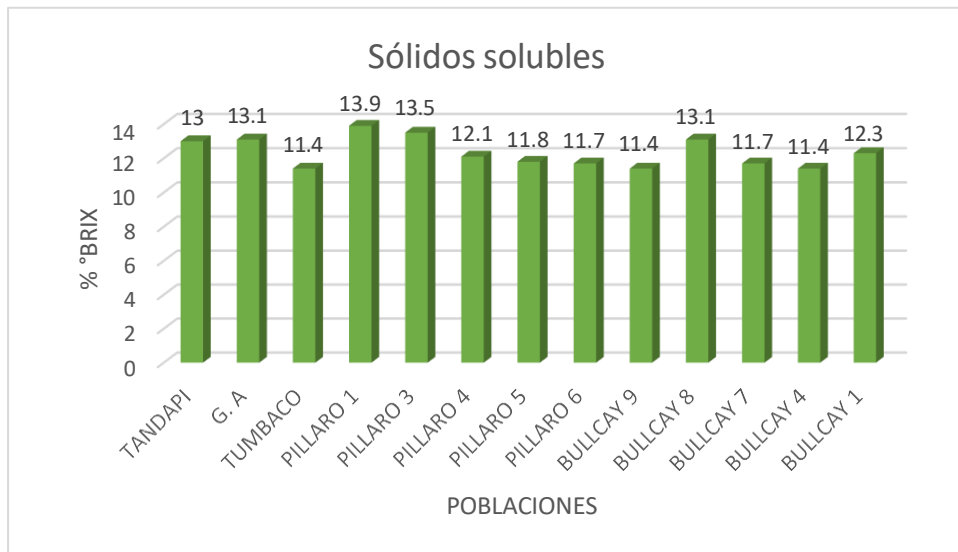
POBLACIONES	FACTOR FORMA	FORMA
P3	1,15	Redondeado
P6	1,23	Redondeado
B9	1,24	Redondeado
P4	1,25	Redondeado
G. A	1,31	Ovoide
P5	1,31	Ovoide
TAN	1,32	Ovoide
B1	1,32	Ovoide
B7	1,36	Ovoide
B8	1,37	Alargado
TUM	1,39	Alargado
P1	1,42	Alargado
B4	1,65	Alargado

Fuente: Elaboración propia. EEA 2024.

3.2.4 Sólidos solubles

Los valores obtenidos del refractómetro mostraron que la población P1 contiene el mayor porcentaje de sólidos solubles con 13,9 %°brix, mientras que para las poblaciones TUM, B9 y B4 la concentración es de 11,4 %°brix, mientras que el G.A muestra 13,1 %°brix (Figura 11). Notando diferencias para el G.A con el estudio de Marcial *et al.*, (2023), en donde se menciona que el contenido de sólidos solubles para el G.A es de 11% °brix y 12% °brix para otras variedades de tomate. En el mismo estudio se menciona además que la concentración de sólidos solubles puede incrementarse a medida que el fruto continúe su proceso de maduración.

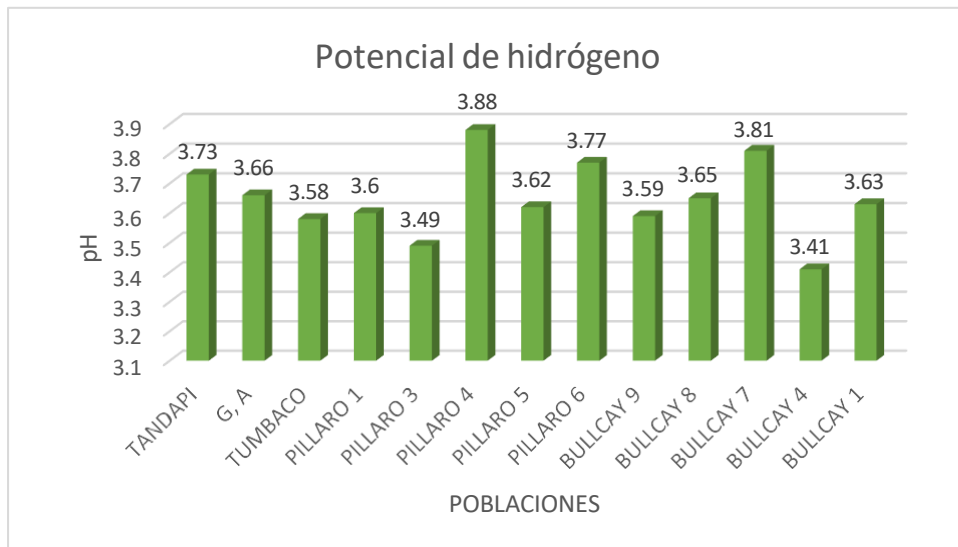
Figura 11: Valores de Sólidos solubles.



3.2.5 Potencial de hidrógeno

Para la variable pH, las poblaciones en estudio mostraron valores entre 3,41 y 3,88, siendo la población B4 referente al mínimo valor y la P4 con el máximo valor (Figura 12). Camacho (2011), en su análisis, reportó un pH entre 3,71 y 3,86 para el tomate de árbol en madurez de consumo, lo que coincide con los valores registrados, principalmente para las poblaciones TAN, P4, P6 y B7. Mientras que Quintero *et al.*, (2023) mencionan que el tomate de árbol muestra un pH entre 3,28 y 3,58, similar a las poblaciones estudiadas, con valores dependientes del grado de madurez o tiempo de cosecha.

Figura 12: Valores de pH.



3.2.6 Acidez titulable

Respecto a los valores de acidez titulable, es necesario mencionar que para cada población se debió registrar la cantidad de reactivo NaOH (0,025 N) utilizado para llegar al punto de viraje; según lo cual la población B4 necesitó el mayor volumen de reactivo con 31,5 ml; siendo esta misma población la que mayor % de acidez presentó con 0,336 (Figura 13-14), contraria a la población B7 que alcanzó el punto de viraje con 22,2 ml y con el menor porcentaje de acidez cítrico 0,23. Valores similares, a los obtenidos en la investigación de García., (2018) donde muestra valores entre 0,21 y 0,42 de ácido cítrico para tomate de árbol; quien, además menciona que mientras el fruto presente un grado de madurez alto va a requerir más volumen de reactivo para alcanzar el punto de viraje.

Figura 13: Reactivo descargado (NaOH) ml.

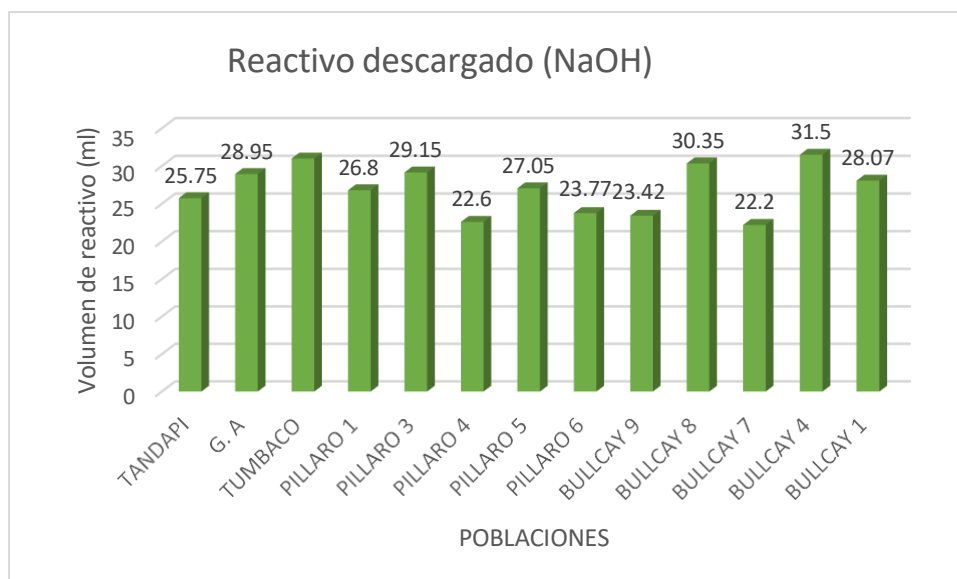


Figura 14: % de ácido cítrico.

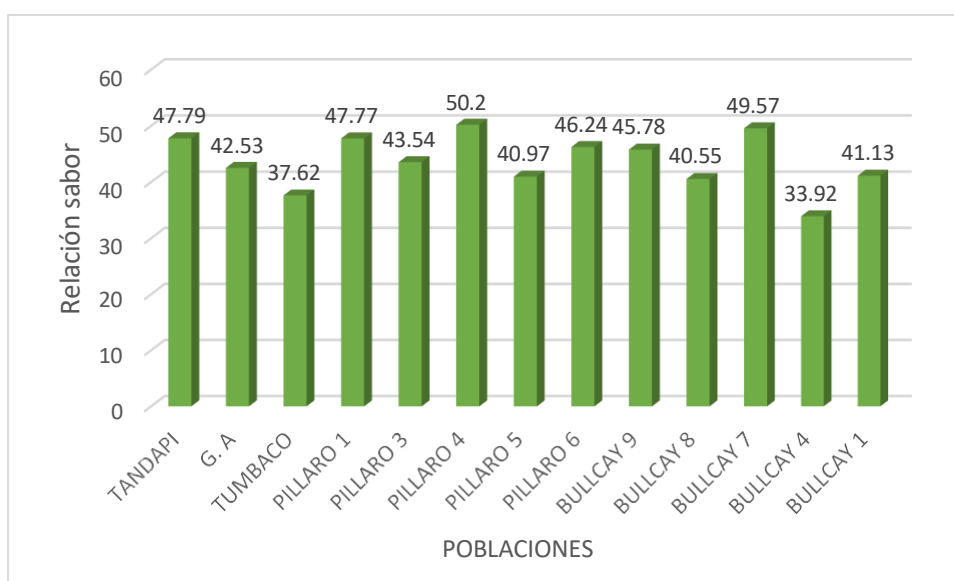


3.2.7 Relación sabor

Se calculó mediante el cociente entre sólidos solubles y % de acidez titulable, con lo cual, se obtuvo una medida para la dulzura relativa de un alimento en comparación con su acidez. Un valor más alto indica un sabor más dulce, mientras que un valor más bajo indica un sabor más ácido, tomando en cuenta la concentración de azúcares durante la maduración y disminución de ácidos (Meza y Manzano., 2009).

En la figura 15 las poblaciones P4, B7 y TAN, presentaron los mayores valores de dulzura siendo estos 50,2, 48,57 y 47,79 respectivamente, mientras que el valor más bajo para esta variable se presentó en la población B4 con 33,92.

Figura 15: Relación sabor.



3.2.8 Color y pardeamiento de la pulpa

En la tabla 16, se presentan los valores de absorbancia para su posterior identificación del color mediante el código HEX y su transformación a la tabla de colores RGB de Bioversity International (2013). Indica que se puede presentar un rango de colores en el tomate de árbol en etapa madura los cuales pueden variar entre blanco, verde, amarillo, naranja, rojo, rojo oscuro, púrpura y negruzco, mientras que para Moreno *et al.*, (2020), la gama de colores para definir al tomate de árbol puede ir desde rojo, naranja y amarillo; además indican que esta gama de colores es subjetiva, para la caracterización del color.

Para la variable pardeamiento la población TUM presentó el mayor valor de absorbancia con 3,12 por lo que la oxidación fue más notable que las otras poblaciones, mientras que la población P5 no presentó variaciones notables en cuanto al nivel de absorbancia el cual fue de 2,55 lo que expresa que dicha población tiene una oxidación más tardía referente a las demás.

Se consideraron tres tiempos de lectura, donde T0 fue el punto de partida, la segunda lectura (T24), se realizó a las 24 horas y finalmente a las 48 horas (T48).

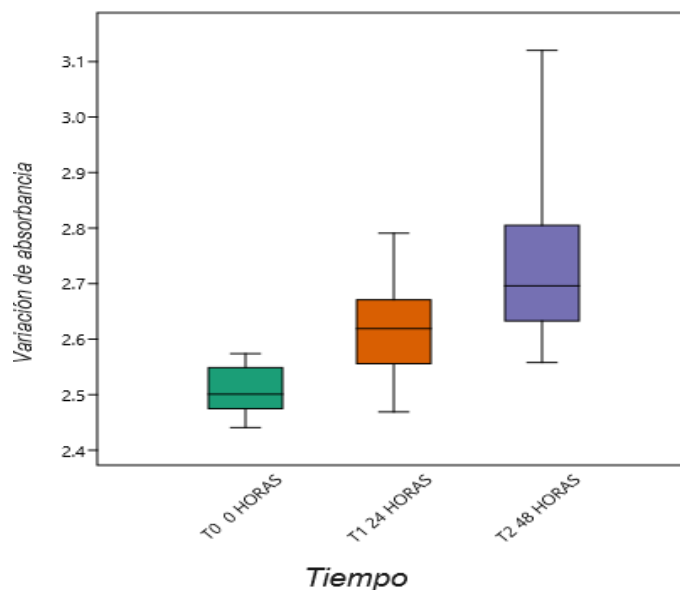
Tabla 16: Valores de absorbancia, códigos HEX y RGB.

POBLACIONES	T0 0 HORAS			T1 24 HORAS			T2 48 HORAS		
	Absorbancia	Cod. Color HEX	Cod. Color RGB	Absorbancia	Cod. Color HEX	Cod. Color RGB	Absorbancia	Cod. Color HEX	Cod. Color RGB
B 1	2,514	FFAA37	(255,170,55)	2,556	CD7D2E	(205,125,46)	2,668	E07B19	(224,123,25)
B 4	2,574	EB9645	(235,150,69)	2,671	E9903A	(233,144,58)	2,754	E57D19	(229,125,25)
B 7	2,489	FAA351	(250,163,81)	2,635	D67E30	(214,126,48)	2,696	DF7514	(223,117,20)
B 8	2,475	FFA42C	(255,164,44)	2,556	E58A3C	(229,138,60)	2,603	EE811D	(238,129,29)
B 9	2,499	FFAA3D	(255,170,61)	2,652	DA8F52	(218,143,82)	2,670	D66C1E	(214,108,30)
G. A	2,549	FFA04D	(255,160,77)	2,691	D57D3F	(213,125,63)	2,85	CE6B27	(206,107,39)
P 1	2,495	FFAB53	(255,171,83)	2,549	E98C36	(233,140,54)	2,633	EA7A19	(234,122,25)
P 3	2,501	F59846	(245,152,70)	2,733	F18D35	(241,141,53)	2,980	E08330	(224,131,48)
P 3 MUCÍLAGO	2,551	A03420	160,52,32	2,613	9D2C17	(157,44,23)	2,664	9B2A15	(155,42,21)
P 4	2,441	F59D4C	(245,157,76)	2,619	B9743D	(185,116,61)	2,805	B7642B	(183,100,43)
P 5	2,447	FFAC51	(255,172,81)	2,469	F89330	(248,147,48)	2,558	EC8323	(236,131,35)
P 6	2,548	FF9838	(255,152,56)	2,620	E8965C	(232,150,92)	2,731	E5742A	(229,116,42)
TAN	2,528	FFA650	(255,166,80)	2,606	C57135	(197,113,53)	2,725	D66920	(214,105,32)
TUM	2,567	EB8737	(235,135,55)	2,791	DC7624	(220,118,36)	3,120	AD5E24	(173,94,36)
TUM MUCÍLAGO	2,449	BE5553	190,85,83	2,575	C1514F	(193,81,79)	2,623	BE4D4B	(190,77,75)

Fuente: Elaboración propia. CIITT 2023.

Con el fin de determinar estadísticamente si existe diferencia entre los tiempos de pardeamiento se realizó el test ANOVA entre grupos. Así el boxplot en la figura 16 muestra la diferencia de absorbancia en las medias y la distribución de los datos marcados en los tres tiempos del estudio. El test muestra que existe una marcada diferencia estadísticamente significativa entre los tres tiempos de evaluación del pardeamiento de la pulpa extraída de las poblaciones ($p < 0.0005$; $F = 19.43$).

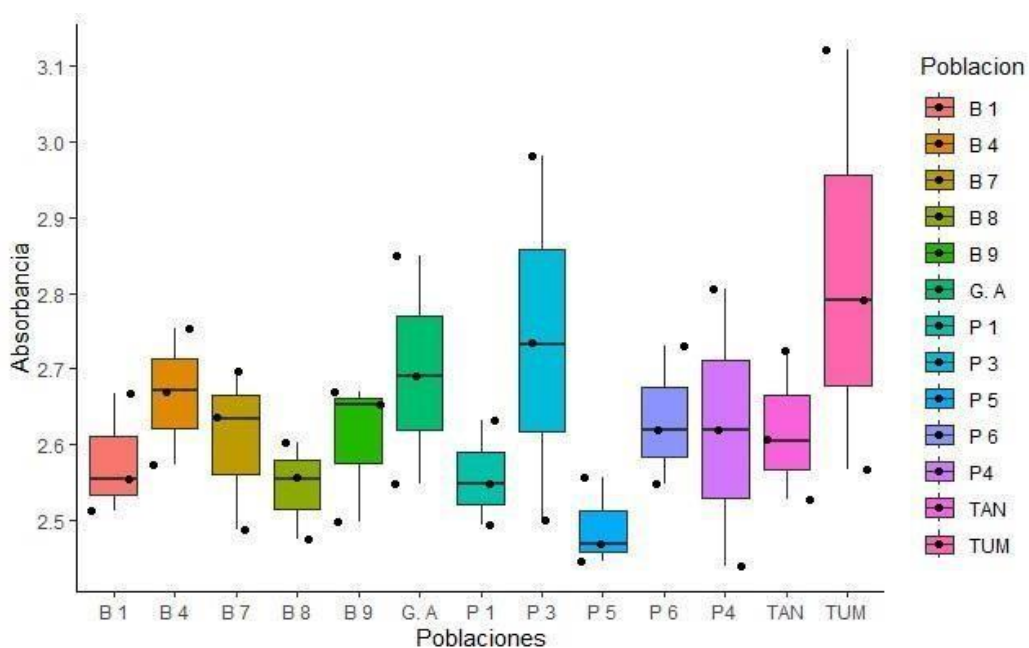
Figura 16: Variación de absorbancia.



Fuente: Elaboración propia. CIITT 2023.

El Boxplot de la figura 17 muestra la diferencia entre las poblaciones. El test ANOVA no presentó una diferencia estadísticamente significativa al comparar las poblaciones ($F= 1.137$; $p=0.35$), adicionalmente se realizó un Test post Hoc de Tukey para evaluar las diferencias Inter grupos donde se evidenció la diferencia entre las poblaciones P5 y TUM.

Figura 17: Absorbancia por poblaciones.



Fuente: Elaboración propia. CIITT 2023.

3.3 Caracterización de las variables, para determinar la reacción de las poblaciones de tomate de árbol (*S. betaceum* x *S. unilobum*) a las enfermedades presentadas durante el estudio.

La prueba de normalidad (Tabla 17) demostró que los datos no presentaron una distribución normal ($p < 0,05$) en las variables de ninfas Bac_Ninfas, Bac_Adu, Peso total, Canti frutas, Peso frutas, Altura de la ramificación.

Tabla 17: Kolmogorov-Smirnov test.

Variable	KOLMOGOROV-SMIRNOV TEST	
	Estadística	Valor p
Bac_ninfas	0.99114	< 2.2e-16
Bac_adu	0.52336	< 2.2e-16
Peso total	0.99187	< 2.2e-16
Cant frutas	0.99187	< 2.2e-16
Peso frutas	0.99187	< 2.2e-16
Al. Ramificación	1	< 2.2e-16

Fuente: Elaboración propia. EEA 2024.

Como paso siguiente se realizó, el test de Kruskal Wallis para corroborar la existencia de diferencias estadísticas en las variables cuantitativas, en función de las diferentes poblaciones en estudio; de donde se obtuvo un valor ($p < 0,05$); qué, para las variables **Bac_Ninfas, Canti frutas, Peso frutas y Altura de la ramificación** significa que si existen diferencias significativas (Tabla 18).

Tabla 18: Pruebas de significancia para variables cuantitativas en función de variables categóricas poblaciones.

VARIABLE	KRUSKALL WALLIS TEST	
	Estadística	Valor p
Bac_ninfas	29.636	0.003167
Bac_adu	20.137	0.06455
Peso total	17.251	0.1404
Cant frutas	35.426	0.0004004
Peso frutas	71.569	1,627E-07
Al. Ramificación	80.236	3,721E-09

Fuente: Elaboración propia. EEA 2024.

Con la prueba de Dunn (Tabla 19), se confirma que existieron diferencias significativas entre pares de poblaciones. Para la variable Bac_ninfas las diferencias se notaron entre las poblaciones B1-P5, mientras que para Cant_frutas las discrepancias se notaron entre B8 - P6, en ese mismo caso se evidenciaron variaciones entre B4 - B9, B1 - P4, B7 - P4, B8 - P4, B9 - P4, GA - P4, B1 - P6, G.A - P6 para Peso_frutas, finalmente se visualizaron variaciones en Alt_ramifi para las poblaciones B8 - P3, B9 - P3, G.A - P3 y B1 - TUM.

Tabla 19: Poblaciones de tomate con diferencias estadísticas.

DUNN TEST				
Bac_ninfas	Comparación	Z	P.unadj	P.adj
	B 1 - P 5	-3,650	2,62E+04	2,04E+02
Cant frutas	B 8 - P 6	-3,519	4,33E+04	3,33E+02
Peso frutas	B 4 - B 9	-3,553	3,80E+02	2,51E+04
	B 1 - P 4	3,488	4,87E+02	3,16E+04
	B 7 - P 4	3,485	4,92E+02	3,10E+04
	B 8 - P 4	4,650	3,31E+00	2,49E+02
	B 9 - P 4	5,235	1,65E-01	1,27E+01
	G.A - P 4	3,486	4,90E+02	3,14E+04
	B 1 - P 6	3,643	2,69E+02	1,86E+04
	G.A - P 6	3,616	2,99E+02	2,00E+04
Al. Ramificación	B 8 - P 3	4,184	2,87E+01	2,12E+03
	B 9 - P 3	3,408	6,54E+02	4,25E+04
	G.A - P 3	4,080	4,50E+01	3,24E+03
	B 1 - TUM	4,123	3,74E+01	2,73E+03

Fuente: Elaboración propia. EEA 2024.

3.3.1 Variable Bac_Ninfas

Los valores obtenidos muestran que la mayor concentración de ninfas está en las poblaciones B9 con un valor máximo de 40,09, mientras que el mínimo de ninfas está presente en la población G. A con 0,27 ninfas (Tabla 20).

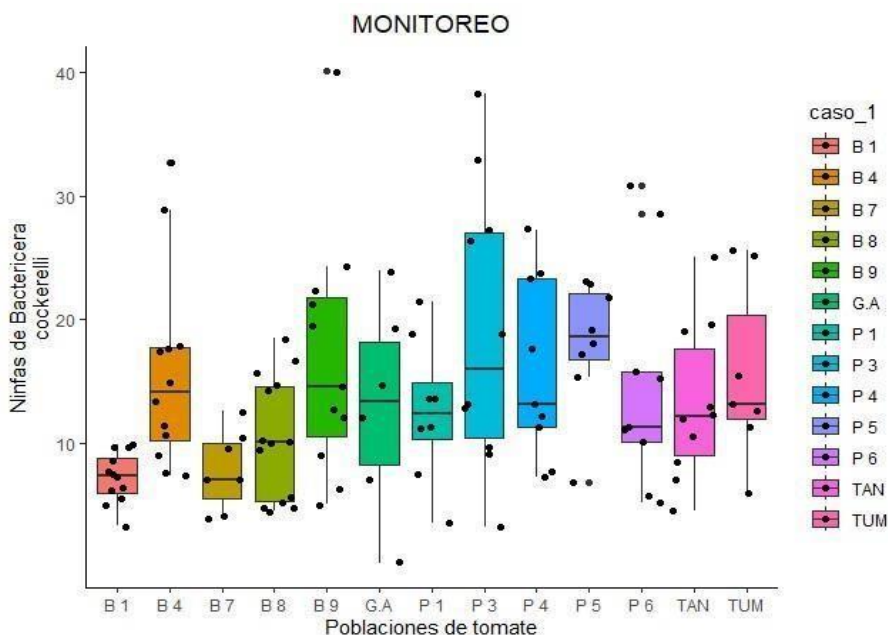
Tabla 20: Resumen promedios variable ninfas.

Variable Bac_ninfas	CASO_1	n	Media	Mediana	Desviación Estándar	ERR.ES	CV %	Máximo	Mínimo
	B1	12	7,20	7,36	2,07	0,60	0,29	9,91	3,27
	B4	12	15,74	14,14	8,02	2,31	0,51	32,73	7,36
	B7	7	7,78	7,00	3,25	1,23	0,42	12,55	3,91
	B8	14	10,28	10,05	4,92	1,32	0,48	18,45	4,45
	B9	11	16,98	14,55	10,05	3,03	0,59	40,09	5,00
	G. A	6	12,85	13,32	8,48	3,46	0,66	23,91	0,27
	P1	8	12,61	12,41	5,75	2,03	0,46	21,45	3,55
	P3	10	19,14	15,95	11,52	3,64	0,60	38,27	3,18
	P4	9	15,95	13,18	7,35	2,45	0,46	27,27	7,27
	P5	8	18,02	18,59	5,32	1,88	0,30	23,00	6,82
	P6	9	14,85	11,27	9,15	3,05	0,62	30,82	5,18
	TAN	10	13,15	12,14	6,35	2,01	0,48	25,09	4,45
	TUM	7	15,61	13,18	7,30	2,76	0,47	25,64	5,91

Fuente: Elaboración propia. EEA 2024.

Con la prueba de Dunn y mediante el diagrama de cajas de bigotes (Figura 18), se muestra expresivamente la diferencia entre las poblaciones B1 y P5, en referencia a presencia de valores medianas de 7,20 y 18,02 para ninfas de *Bactericera* en las mencionadas poblaciones. Además, el diagrama proporcionó una representación visual más clara de la dispersión y la variabilidad dentro de estos grupos, como lo demuestran los valores atípicos del gráfico, lo que indica presencia de un número significativo de ninfas por población lo que demuestra tolerancia a esta variable, al contrario que *S. tuberosum* donde su umbral de daño económico para esta especie es de una ninfa por planta como propone Viera *et al.*, (2021).

Figura 18: Cantidad ninfas.



Fuente: Elaboración propia. EEA 2024.

3.3.2 Variable cant_frutas

Para la variable cant_frutas (Tabla 21) las poblaciones que menor cantidad de frutas presentan son B4 con el valor de 0 a diferencia P5 que presenta un máximo de 384 frutos.

Tabla 21: Resumen promedios variable cant frutas.

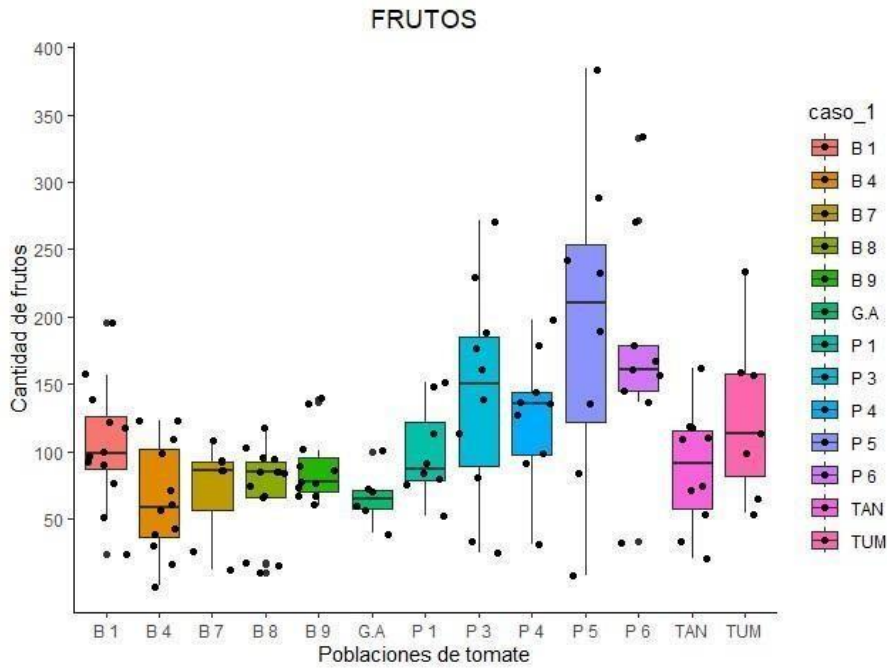
Variable Cant frutas

CASO_1	n	Media	Mediana	Desviación Estándar	ERR.ES	CV %	Máximo	Mínimo
B1	12	105,17	98,50	46,00	13,28	0,44	196,00	24,00
B4	12	64,00	58,50	41,44	11,96	0,65	123,00	0,00
B7	7	71,86	86,00	37,07	14,01	0,52	108,00	12,00
B8	14	71,29	84,50	33,71	9,01	0,47	117,00	10,00
B9	11	88,27	77,00	26,90	8,11	0,30	139,00	60,00
G. A	6	66,33	65,00	20,26	8,27	0,31	100,00	39,00
P1	8	99,13	87,00	35,39	12,51	0,36	151,00	52,00
P3	10	141,70	150,00	80,39	25,42	0,57	271,00	25,00
P4	9	126,56	135,00	49,41	16,47	0,39	198,00	31,00
P5	8	195,25	210,50	118,85	42,02	0,61	384,00	8,00
P6	9	175,78	161,00	84,68	28,23	0,48	333,00	33,00
TAN	10	44,16	115,25	20,00	0,51	0,51	0,00	57,50
TUM	7	125,71	113,00	62,68	23,69	0,50	234,00	54,00

Fuente: Elaboración propia. EEA 2024.

Mediante los resultados obtenidos con la prueba de Dunn (Figura 19), se hacen notables las diferencias entre las poblaciones B8 y P6, respecto de la cantidad de frutas ya que sus valores medianos son 84,50 y 161, respectivamente. Lo que indica que existe una variabilidad considerable de cantidad de frutos entre estas dos poblaciones.

Figura 19: Cantidad de frutas.



Fuente: Elaboración propia. EEA 2024.

3.3.3 Variable peso_frutas

La población TUM presenta el máximo peso de fruta con 175g, mientras que la población B8 muestra el peso mínimo con 21,83g (Tabla 22).

Tabla 22: Resumen promedios variable peso frutas.

Variable Peso frutas

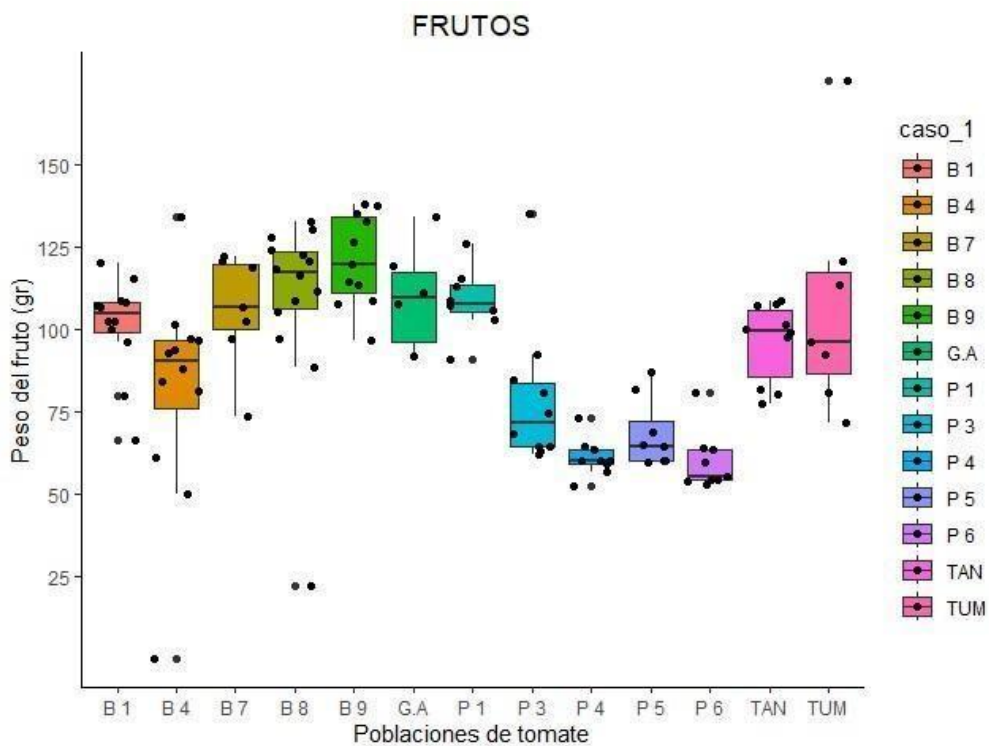
CASO_1	n	Media	Mediana	Desviación Estándar	ERR.ES	CV %	Máximo	Mínimo
B1	12	101,18	104,79	14,91	4,30	0,15	120,23	66,45
B4	12	81,67	90,37	33,08	9,55	0,41	134,07	0,00
B7	7	105,94	106,62	17,14	6,48	0,16	121,96	73,76
B8	14	109,02	117,42	28,10	7,51	0,26	132,90	21,83
B9	11	121,03	119,90	13,94	4,20	0,12	137,86	96,78
G. A	6	109,42	109,58	16,24	6,63	0,15	134,07	91,93
P1	8	108,78	107,93	10,09	3,57	0,09	125,92	91,09
P3	10	78,98	71,39	22,27	7,04	0,28	135,13	61,92
P4	9	61,09	60,24	5,77	1,92	0,09	73,27	52,32
P5	8	68,29	64,48	10,54	3,73	0,15	87,01	59,75
P6	9	59,80	55,40	9,02	3,01	0,15	81,00	52,69
TAN	10	96,08	99,36	11,94	3,78	0,12	108,56	77,35
TUM	7	107,24	95,97	34,61	13,08	0,32	175,48	71,66

Fuente: Elaboración propia. EEA 2024.

En correspondencia con la variable cantidad de frutas, mediante el Boxplot de la Figura 20, se evidencia la diferencia del peso de los frutos en las poblaciones de tomate, obtenidos de la prueba de Dunn. Esta diferencia se registró para las poblaciones B1, B7, B8, B9, P4, P6, y G.A; con valores de media entre P4= 60,24g; P6=55,40g; B1=104,79g; B7=106,62g; B8=117,42g; B9=119,90g y G. A=109,58g. Comparando las poblaciones B4 y B9, se puede inferir que hay una variabilidad en el peso de los frutos.

En las poblaciones B1 (104,79 g) y P4 (60,24 g), se observó una diferencia significativa en los valores de peso del fruto. Coincidiendo con los valores obtenidos en la investigación de Calvo., (2009), que menciona que el peso de los frutos puede variar dependiendo de la variedad, con pesos promedios entre 78 y 156 g; mientras que, para Acosta., (2011), la población G. A obtuvo un valor de 120 g de peso.

Figura 20: Peso frutas.



Fuente: Elaboración propia. EEA 2024.

3.3.4 Variable alt_ramificación

Para la variable altura a la ramificación, la población P5 tiene 68 cm, como valor mínimo, frente a la población B1 que representa el valor máximo entre las poblaciones con 159 cm (Tabla 23).

Tabla 23: Resumen promedios variable alt ramificación.

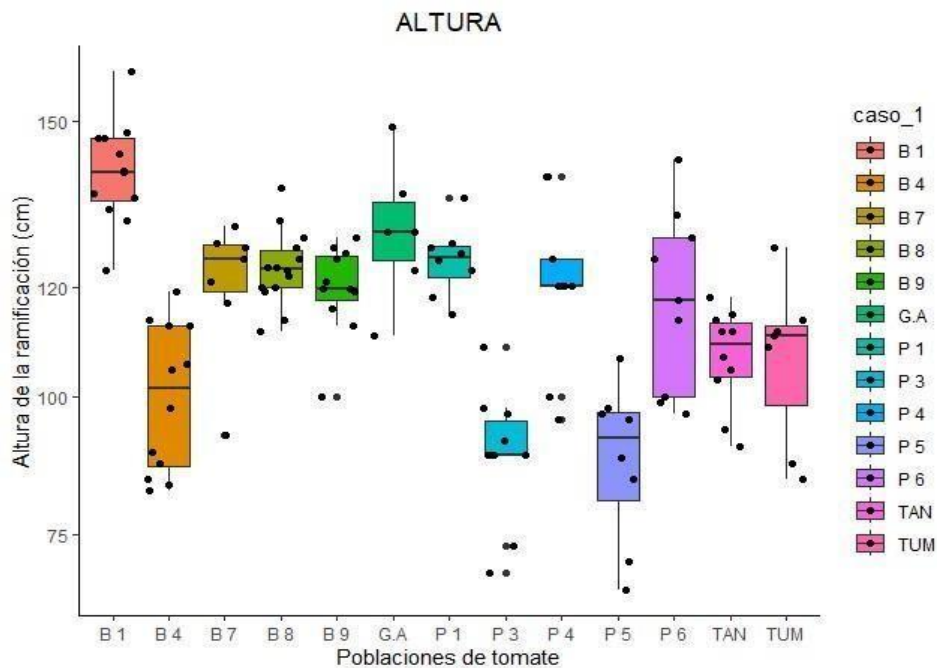
Variable Al.
Ramificación

CASO_1	n	Media	Mediana	Desviación Estándar	ERR.ES	CV %	Máximo	Mínimo
B1	12	140,73	140,86	9,28	2,68	0,07	159,00	123,00
B4	12	99,83	101,50	13,39	3,87	0,13	119,00	83,00
B7	7	120,29	125,00	12,89	4,87	0,11	131,00	93,00
B8	14	123,42	123,21	6,78	1,81	0,05	138,00	112,00
B9	11	119,56	119,56	8,10	2,44	0,07	129,00	100,00
G. A	6	130,00	130,00	12,81	5,23	0,10	149,00	111,00
P1	8	124,71	125,36	6,41	2,27	0,05	136,00	115,00
P3	10	89,50	89,50	11,78	3,73	0,13	109,00	68,00
P4	9	120,20	120,20	15,00	5,00	0,12	140,00	96,00
P5	8	88,38	92,50	14,48	5,12	0,16	107,00	65,00
P6	9	117,50	117,50	16,43	5,48	0,14	143,00	97,00
TAN	10	107,11	109,56	9,00	2,85	0,08	118,00	91,00
TUM	7	106,57	111,00	14,93	5,64	0,14	127,00	85,00

Fuente: Elaboración propia. EEA 2024.

La Figura 21, representa la altura de la ramificación en diferentes poblaciones de tomate de árbol con valores medianos de B8= 123,21 cm, P3= 89,50 cm, B9= 119,56 cm, G. A= 130 cm, B1= 140,86 cm y TUM=111 cm. Notando una variabilidad evidente entre las poblaciones, B8 y P3. La población B1 tiene la mayor altura de ramificación (140,86 cm), mientras que P3 presenta el valor mediano bajo (89,50 cm), es decir sus plantas son de menor altura. Estos resultados, difieren con el estudio de Avila., (2009), donde se menciona que al anaranjado gigante inicia la ramificación a la altura de 140 cm, mientras que Bueno *et al.*, (2018), afirman que la ramificación en las variedades de tomate de árbol se da entre 1,5 y 2 m de altura dependiendo de la variedad.

Figura 21: Altura poblaciones.

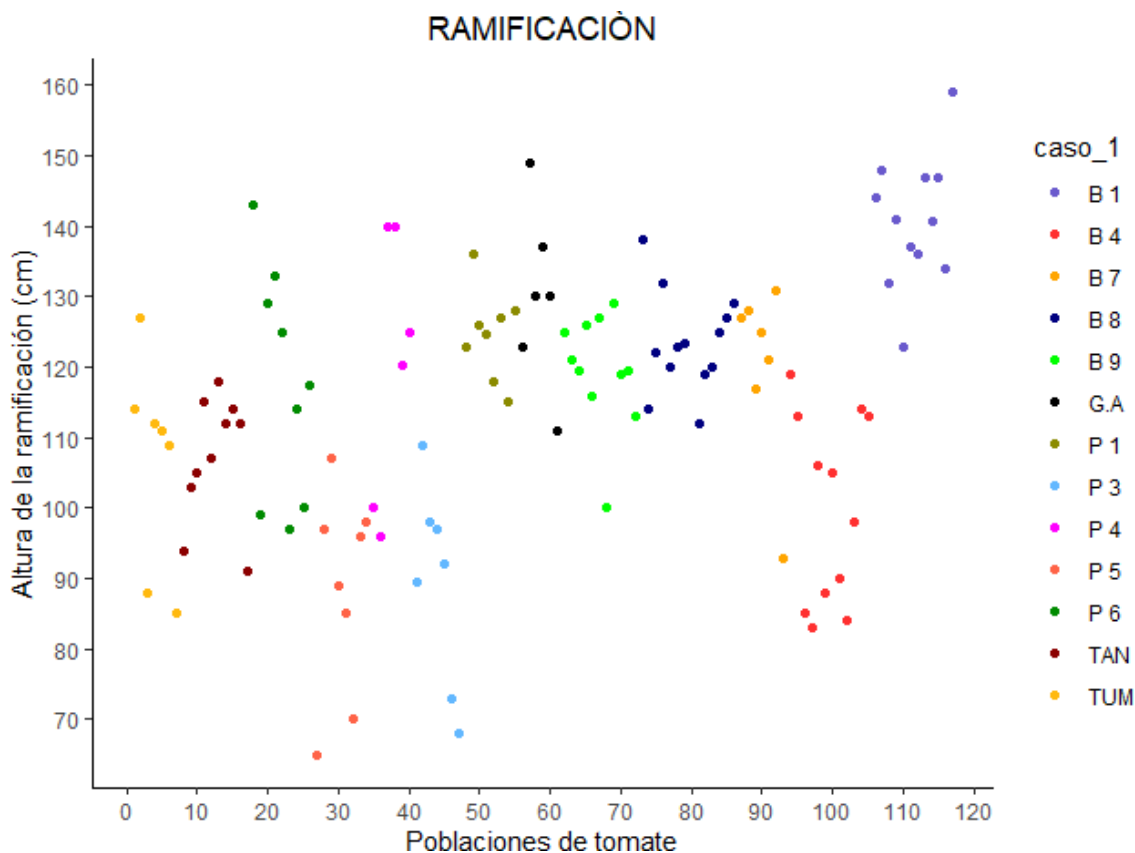


Fuente: Elaboración propia. EEA 2024.

Con la finalidad de amplificar el comportamiento de las plantas dentro de cada población, los puntos de la Figura 22 representan la altura de cada unidad experimental dentro de su grupo. Observándose, que la población B4 está claramente agrupada en la parte inferior del gráfico, indicando que esta población es la de menos altura (entre 70 y 110 cm); al contrario de la población B1 que están dispersos hacia la parte superior, lo que indica que estas plantas tienen una mayor altura promedio en comparación con las otras poblaciones.

Se observa, además, diferencias significativas en la altura de las plantas dentro de cada grupo. Esto puede indicar que la presencia de factores ambientales o genéticos podrían estar afectando la altura de las plantas dentro de cada población.

Figura 22: Distribución alturas.



Fuente: Elaboración propia. EEA 2024.

3.3.5 Análisis de componentes principales

Los componentes se ordenan según la variación original que describen y transforman un conjunto de variables correlacionadas en un grupo de variables linealmente no correlacionadas, llamados componentes principales.

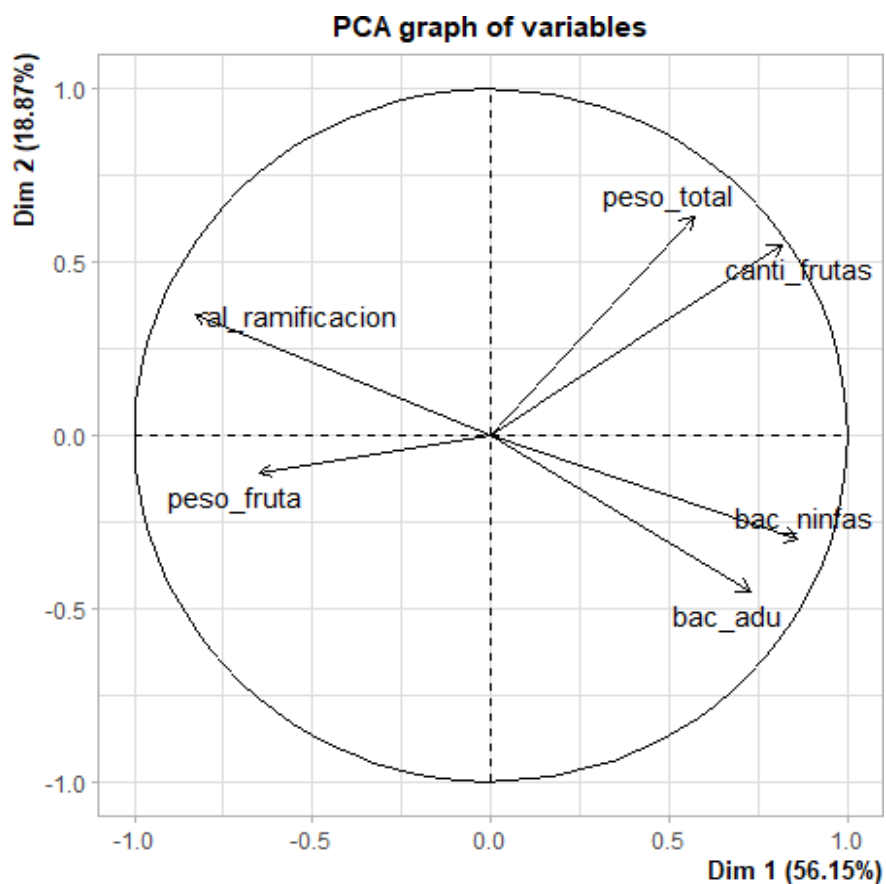
La Tabla 24 muestra que Bac_adultos se correlaciona con Bac_ninfas, interpretándose que a medida que aumenta el número de Bac_adultos el valor de Bac_ninfas también se incrementa; no obstante, presentan una correlación negativa a la variable Al. Ramificación, esto significa que a medida que el valor de las variables Bac_adultos y ninfas, se incrementaba; el valor de alt_ramificación disminuía y viceversa. Las variables con puntos más grandes tienen una mayor contribución a las dimensiones del PCA. Las Figuras 23, 24 del Análisis de Componentes Principales (PCA), muestran por su parte, la interpretación de las variables en la dimensión 1 (Dim1) y en la dimensión 2 (Dim2), que se representa con el 56,2% y el 18,9%, respectivamente.

Tabla 24: Análisis de Componentes Principales.

	Valor propio	Porcentaje de varianza	Porcentaje acumulado de varianza
Bac_ninfas	3,37	56,15	56,15
Bac_adu	1,13	18,87	75,03
Peso total	0,95	15,91	90,94
Cant frutas	0,30	4,94	95,88
Peso frutas	0,24	3,95	99,83
Al. Ramificación	0,01	0,17	100,00

Fuente: Elaboración propia. EEA 2024.

Figura 23: Análisis de componentes principales.

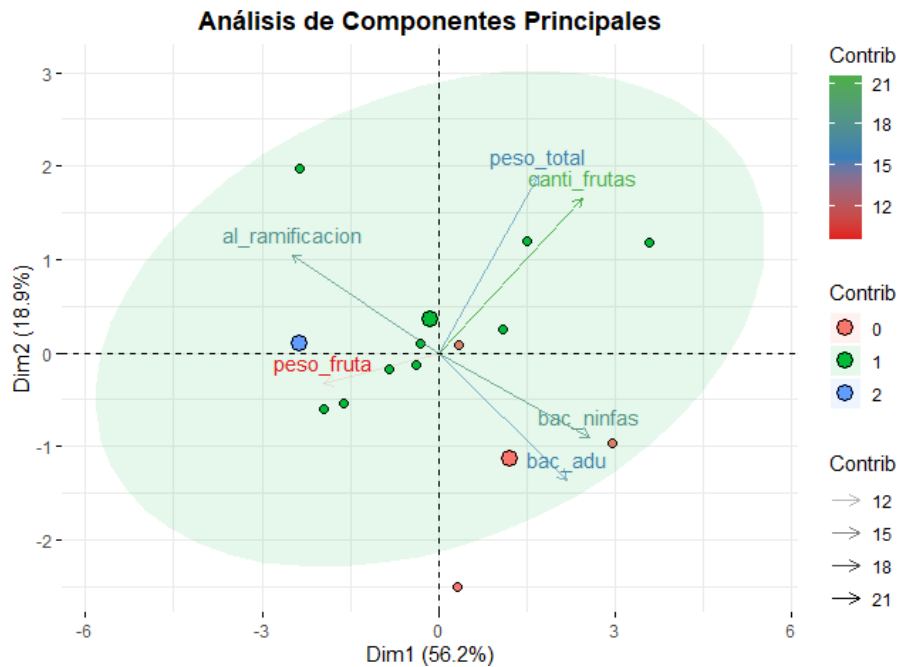


Fuente:

Elaboración propia. EEA 2024.

De la Figura 24, todas las variables contribuyen a la variabilidad de los datos en un margen de alrededor del 75,1%. Cantidad de frutas, es la variable que más contribuye a esta expresión.

Figura 24: La contribución de todas las variables refleja un 75,1% de la variabilidad de los datos, siendo cant_frutas la variable que más contribuye a la varianza

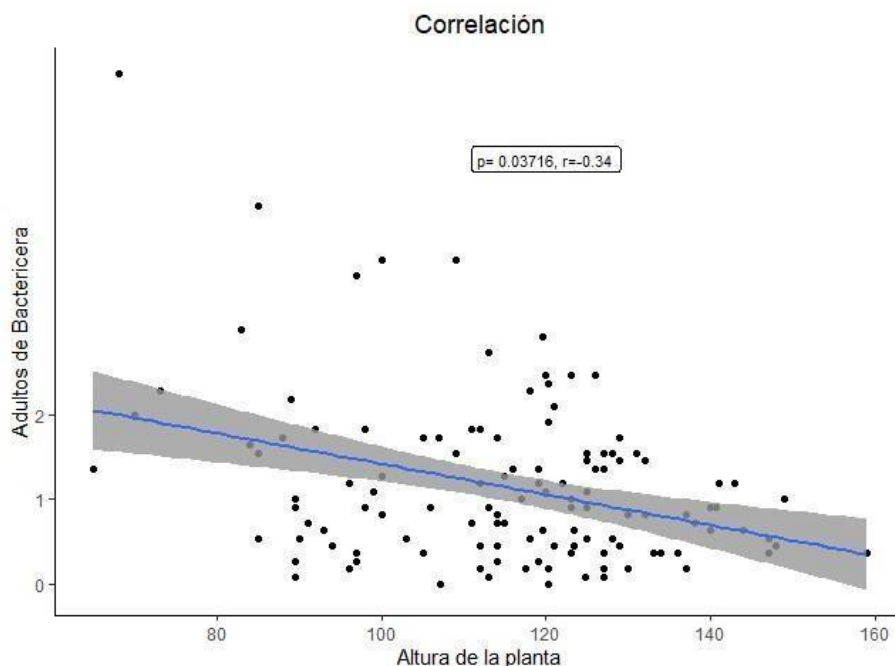


Fuente: Elaboración propia. EEA 2024.

3.3.6 Correlaciones entre Bac_adu y Al. Ramificación

El valor de $p=0.03716$ de la Figura 25, permitió determinar una significancia estadística importante entre Bac_adu y Al. Ramificación, esto sugiere que si se dio una correlación entre estas variables. De este mismo análisis, el valor $r = -0.34$ mide en cambio, la fuerza y la dirección de la relación lineal entre estas dos variables. Un valor de r negativo como el resultante de la Figura 25, indica una correlación negativa, es decir, que a medida que una variable aumenta, la otra disminuye. El eje "Y" representa la cantidad de Bac_adu, y el eje "X" muestra la Al. Ramificación. Si bien, los puntos negros corresponden a datos individuales, su dispersión muestra la relación entre las dos variables. La línea azul representa la tendencia lineal negativa entre las dos variables, indicando que a medida que aumenta la cantidad de Bac_adu disminuye la Al. Ramificación.

Figura 25: Correlaciones adultos bactericera y altura.



Fuente: Elaboración propia. EEA 2024.

3.4 Identificar materiales promisorios de tomate de árbol, con potencial del mercado nacional y para programas de mejoramiento genético

La selección de los materiales promisorios, se realizó en función de la respuesta expresada por cada una de las plantas, frente al ataque individual y colectivo de los patógenos que se reportaron durante el tiempo de estudio: antracnosis, oídium, virus del fruto, virus del follaje, clorosis y escoba de bruja. Para medir esta respuesta se utilizó la variable rendimiento por planta.

De acuerdo con Moreno *et al.*, (2020), quienes, en su estudio sobre la cadena de valor del tomate de árbol en Ecuador, demostraron que el rendimiento de este cultivo es un factor determinante para la economía de los productores de la región interandina, y además es el factor a través del cual el agricultor selecciona los ecotipos a cultivarse.

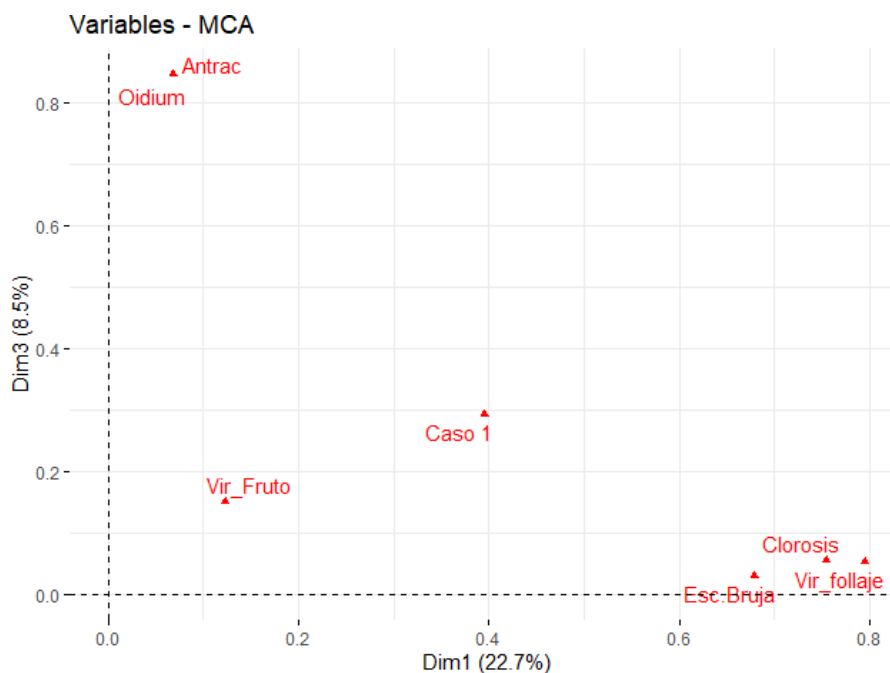
Mientras que para los programas de mejoramiento las características de selección pueden ser varias y obedecer a diferentes necesidades de mejora genética. No obstante, siempre que estos procesos se realicen en respuesta a las necesidades de los agricultores, el rendimiento por planta es un factor determinante.

3.4.1 Análisis de correspondencias múltiples

Para conocer cuál fue el comportamiento de estas variables, se utilizó el ACM, (Figura 26), que permitió mostrar la interacción de las variables seleccionadas, según el cual, las variables se agruparon en la dimensión 1 (Dim1) que es la de mayor importancia con el 22,7 y en la dimensión 3 (Dim3), en alrededor del 8,5% de la varianza total de los datos.

De donde, es importante, rescatar la asociación formada por las variables clorosis, vir_follaje y esc_bruja; confirmando lo evidenciado a nivel de campo, sobre que, la evolución de estas enfermedades se presentó de manera asociada y según el nivel de infestación que alcanzaron, fueron letales para el cultivo. Por el contrario, antracnosis y oídio se mostraron independientes, no hubo correspondencia entre ellas, como tampoco con la variable vir_fruto, que se ubicó independiente de las otras variables.

Figura 26: Análisis de correspondencia múltiple, en 6 variables categóricas.



Fuente: Elaboración propia. EEA 2024.

3.4.2 Relación en el tiempo de rendimiento y enfermedades

En la Tabla 25, se presenta una pequeña síntesis del rendimiento, obtenido de cada una de las poblaciones, de acuerdo a las condiciones fitosanitarias que se presentaron durante el estudio.

Tabla 25: Niveles de rendimiento de las poblaciones en estudio. EEA 2023

Poblaciones	Enfermedades	Rendimiento
B1	Resistencia a enfermedades con tramos constantes y variación al final.	Rendimiento alto, con un ligero descenso en septiembre.
B4	Susceptibilidad a enfermedades, con un pico en julio	Bajo rendimiento constante.
B7	Baja resistencia, variando al final.	Bajo rendimiento, con un ligero aumento en octubre
B8	Resistencia a enfermedades en algunos tramos, variando al final del estudio.	Rendimiento medio, aumentando en agosto.
B9	Alta resistencia a enfermedades, aumento de ninfas en junio.	Rendimiento alto, con un ligero aumento en julio.
G. A	Susceptible a enfermedades, aumentando en junio, julio y agosto	Rendimiento medio.
P1	Susceptible a enfermedades	Rendimiento inicial alto, va disminuyendo en los meses siguientes.
P3	Muy susceptible a enfermedades, durante el estudio.	Rendimiento medio.
P4	Muy susceptible a enfermedades, durante el estudio.	Rendimiento alto inicial, recortando su producción desde agosto.
P5	Susceptible a enfermedades, con variaciones en las mismas.	Rendimiento medio alto.
P6	Resistencia en los primeros meses, luego es susceptible.	Rendimiento alto, ligero aumento en agosto
TAN	Resistencia a enfermedades con tramos constantes y variación al final.	Rendimiento medio alto, ligero aumento en mayo y julio.
TUM	Resistencia a enfermedades con tramos constantes.	Rendimiento alto al inicio, minimizando su producción en septiembre.

Fuente: Elaboración propia. EEA 2024.

Estos resultados se visibilizan con mayor claridad en la Figura 27, donde se observa el rendimiento de cada población en relación a la presencia del complejo patógeno formado por clorosis, escoba de bruja, virus del follaje y la presencia de ninfas de *B. cockerelli*; medido en cinco niveles de tolerancia donde cero fue ausencia y cuatro, muy severo.

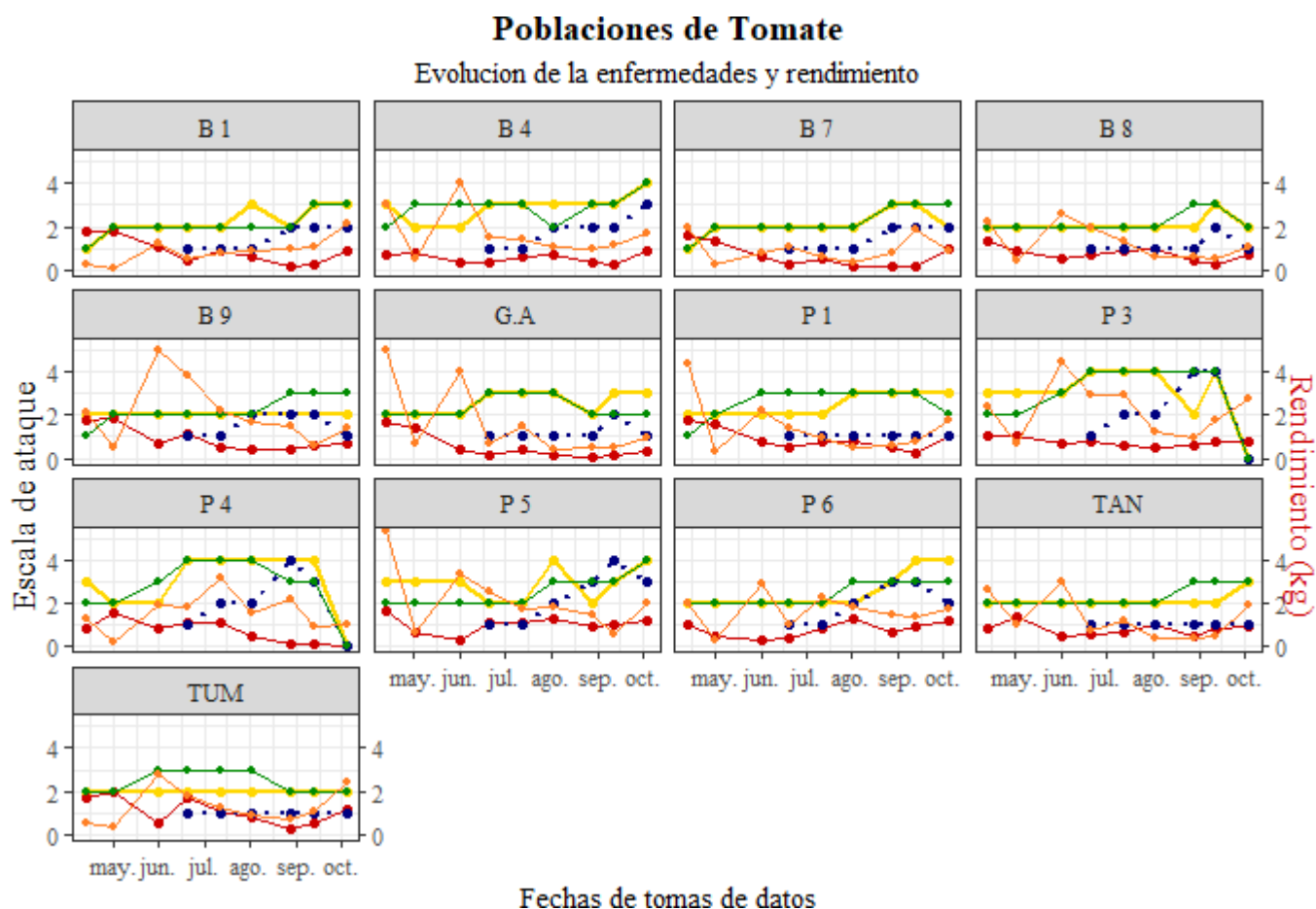
Respecto a los niveles de infestación reportados: si bien el nivel dos, fue el más frecuente en todo el cultivo para todas las enfermedades, no obstante, las plantas fueron capaces de mantener su producción. No así cuando los niveles de ataque, individual o en asocio, de estas enfermedades llegaron a los niveles tres y cuatro, la caída de la producción fue inmediata, para todas las poblaciones (Figura 27).

Según esto, las poblaciones B1, B9, P1, P3, P5, P6, TAN y TUM presentaron rendimientos promedios sobre los 1000 gramos bajo las condiciones naturales de infestación registrada en campo. Mientras que, las poblaciones B4, B7, B8, G.A y P4 resultaron susceptibles a estas enfermedades, lo que se reveló en su bajo rendimiento.

Es importante observar el ataque simultáneo de clorosis y virus del follaje, en todas las poblaciones. Cuando una de estas o las dos, se incrementan, también se incrementa la presencia de escoba de bruja, lo que disminuye el rendimiento.

Mientras que, en las poblaciones B4, B8, B9, GA, P1, P3, P4, P5, P6 y P7, se evidencia una relación directa entre el incremento de Bac. Ninfas y la disminución del rendimiento.

Figura 27: Variación de enfermedades respecto a producción. * --- Rendimiento, --- Clorosis, --- Esc. Bruja, --- Vir. Follaje, --- Bac. Ninfas.



Fuente: Elaboración propia. EEA 2024.

3.4.3 Materiales promisorios de tomate de árbol, con potencial de mercado y/o para programas de mejora genética

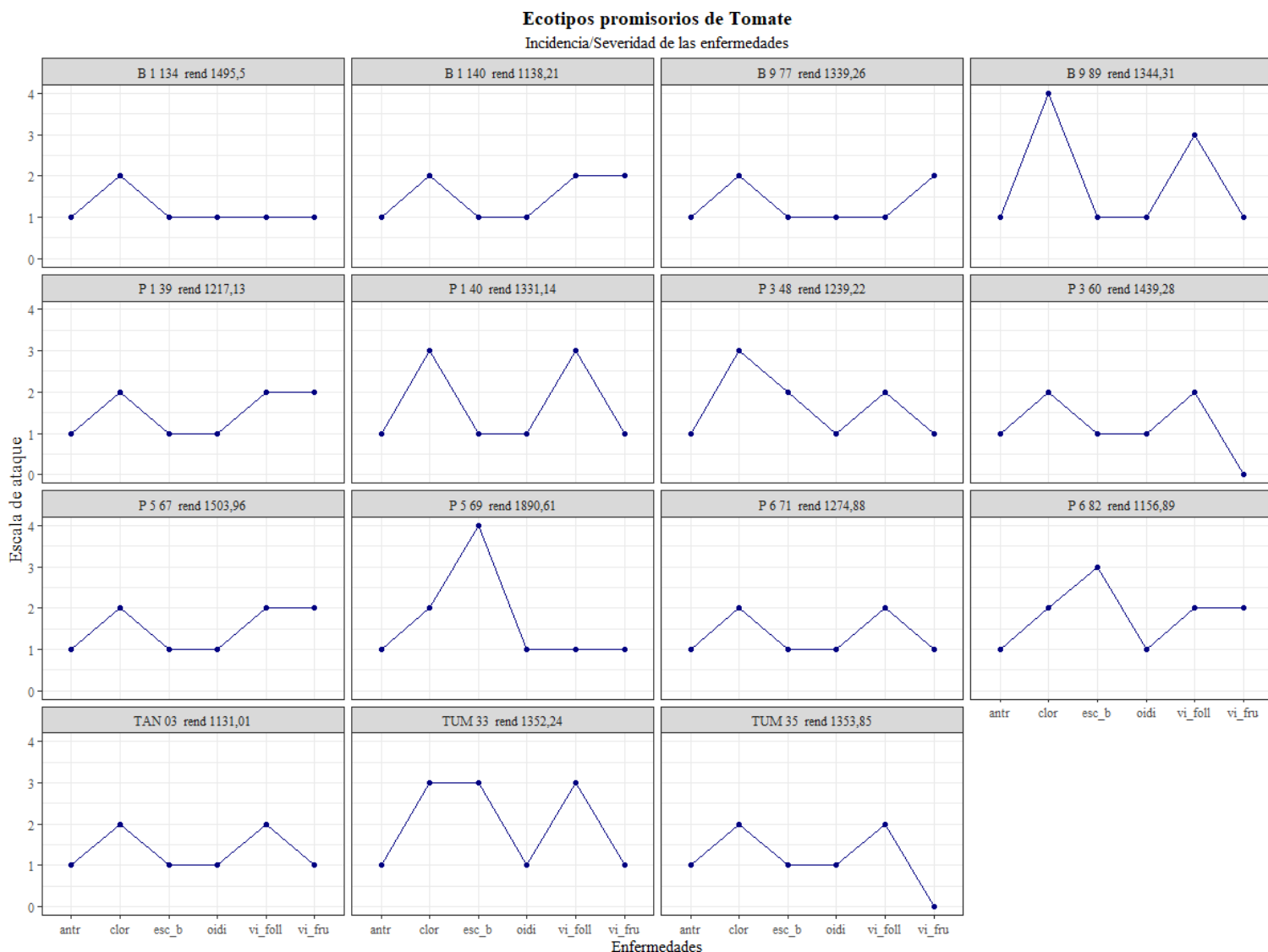
Para la selección de los materiales promisorios, a partir del análisis general por poblaciones, se consideró individualmente el rendimiento de cada unidad experimental dentro de cada población; que bajo las condiciones de infección natural a las cuales fueron sometidas durante el estudio; hubieran mantenido un rendimiento superior a los 1000 gramos, durante toda la fase productiva.

Estos materiales fueron identificados de manera alfa numérica, de acuerdo a la población a la cual pertenecían y según su número de ubicación dentro de la parcela de estudio. Por ejemplo, el primer material promisorio de la Figura 28, identificado fue la UE número 134 de la población Bullcay 1 (**B1 134**) con un rendimiento de 1495,5

gramos. De esta manera, fueron 15 los materiales identificados como promisorios, dentro de los cuales sobresale el material **P5 69**, con un rendimiento promedio de 1890,61 g.

En la Figura 28, se observa, en resumen, el comportamiento productivo de cada uno de los 15 materiales seleccionados frente a la presencia de antracnosis, oídium, clorosis, escoba de bruja, virus del follaje y virus del fruto, que de acuerdo a la frecuencia mantenida se presentaron en los niveles 0-1-2-3-4.

Figura 28: Escala de enfermedades y peso promedio en cada material promisorio.



Fuente: Elaboración propia. EEA 2024.

A continuación, la descripción representativa de un material de cada población, para conocer sus características más sobresalientes y su comportamiento frente a las enfermedades registradas:

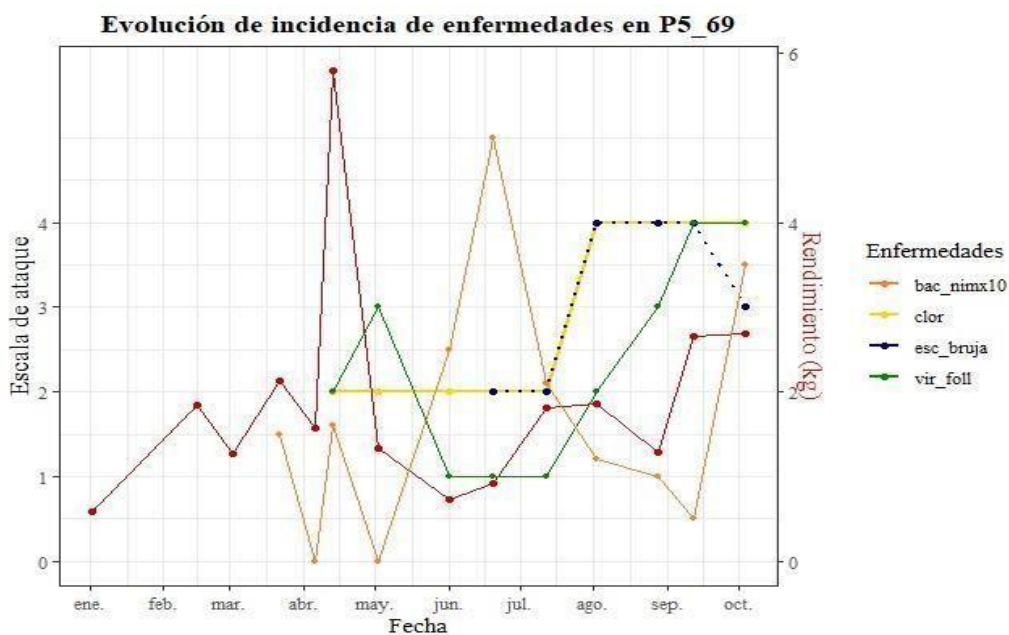
1. Material genético promisorio P5-69



Con una altura a la ramificación del tallo, de 98 cm, inició su periodo de producción a los 376 días después del trasplante; presenta frutos de color (255,172,81) RGB, con forma ovoide, 11,8 °brix; pH 3,62; acidez titulable de 0,288 y 40,97 de relación sabor. Rendimiento total de 26.468,5 g y peso promedio del fruto de 68,93 g.

De Enero-Mayo: El rendimiento presenta variación, con un evidente despunte entre abril y mayo. La presencia de ninfas se da a mitad de abril, con un nivel de enfermedades de 2 para virus de follaje y 3 para clorosis, sin afectar la producción. **Mayo-Junio:** Las enfermedades presentan el nivel 2, pero el rendimiento decrece entre estos meses. **Junio-Agosto:** El rendimiento presenta un ligero aumento, a mediados de junio despuntan ninfas de *Bactericera*. Clorosis, virus de follaje y escoba de bruja en nivel 2. **Agosto-Octubre:** La producción decrece en gran medida, disminuyen ninfas y las enfermedades alcanzan el nivel 3 de daño. Véase figura 29.

Figura 29: Material promisorio población Píllaro 5, Unidad Experimental 69. En la simbología bac_ninx10, los valores del grafico se multiplican por 10 para obtener el valor real.



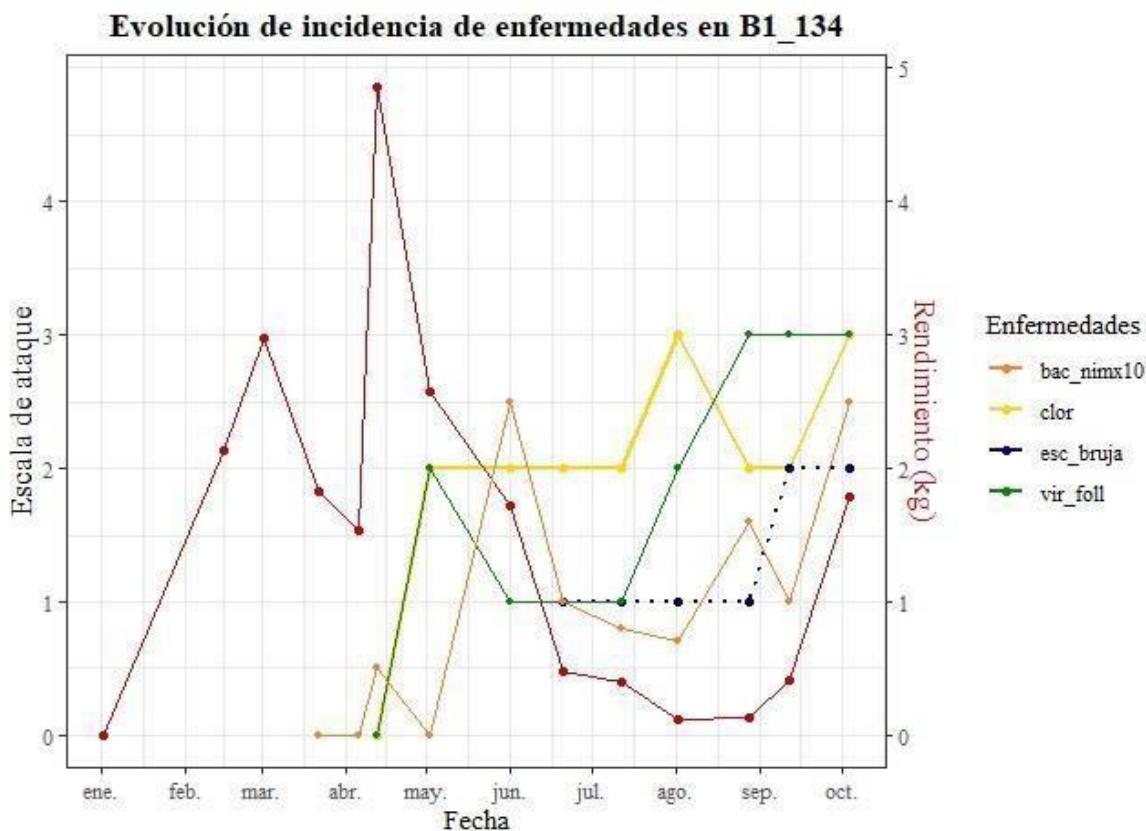
2. Material genético promisorio B1-134



Con una altura a la ramificación del tallo, de 148 cm, inició su periodo de producción a los 395 días después del trasplante; presenta frutos de color (255,170,55) RGB; presenta frutos con forma ovoide, 12,3 °brix; pH 3,63; acidez titulable de 0,299 y 41,13 de relación sabor. Rendimiento total de 20.951 g y peso promedio del fruto de 106,89 g.

Enero-Abril: El rendimiento va en aumento hasta marzo, con un decrecimiento en abril, y aparición de ninfas de *B. cockerelli*. **Abril-Mayo:** En el intermedio de estos meses se da el pico de producción, con un nivel 2 de clorosis y virus de follaje nivel 1, aumento considerable de ninfas. **Mayo-Octubre:** Durante este periodo se registra ascenso se enfermedades a nivel 3 por lo que reduce el rendimiento a menos de 1000 g, mismo que se incrementa en octubre, por el efecto de los controles fitosanitarios. Representado en la figura 30.

Figura 30: Material promisorio población B1, planta 134.



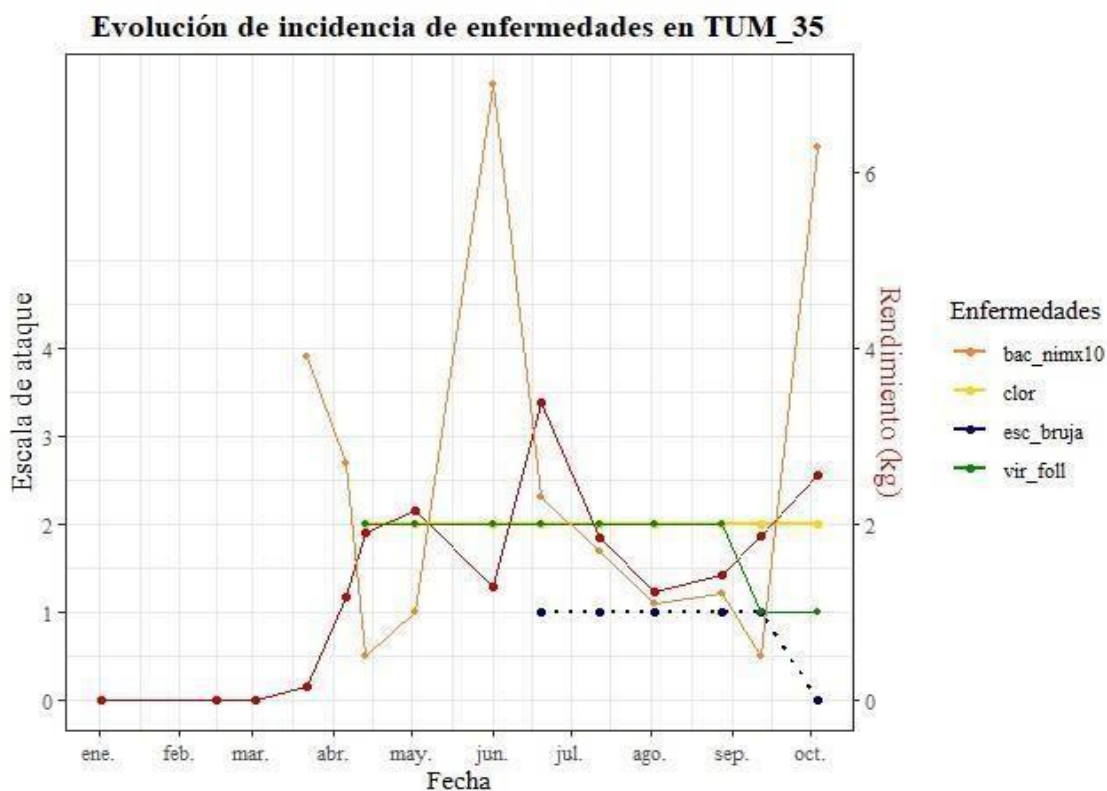
4. Material genético promisorio TUM-35



Con una altura a la ramificación del tallo, de 109 cm, inició su periodo de producción a los 432 días después del trasplante; presenta frutos de color (235,135,55) RGB; presenta frutos con forma alargada, 11,4 °brix; pH 3,58; acidez titulable de 0,303 y 37,62 de relación sabor. Rendimiento total de 18953,9 g y peso promedio del fruto de 120,73 g.

Marzo–Abril: Registra una producción tardía, en abril, junto con la presencia de ninfas de *B. cockerelli*. **Abril-Junio:** La producción va en aumento hasta mayo y decrece en junio. La presencia de las enfermedades clorosis y virus de follaje aparecen juntas a mediados de abril, en el nivel 2, se registra un pico en la presencia de ninfas a mediados de junio. **Julio-Agosto:** la producción presenta su pico en julio, con porcentaje decreciente de ninfas; mientras que las enfermedades se mantienen en el nivel 2. **Septiembre-Octubre:** A medida que las enfermedades se mantienen en el nivel 2, la producción se incrementa. Aparece escoba de bruja en nivel 1 y se incrementa el número de ninfas. Véase figura 32.

Figura 32: Material promisorio población TUM, planta 35.



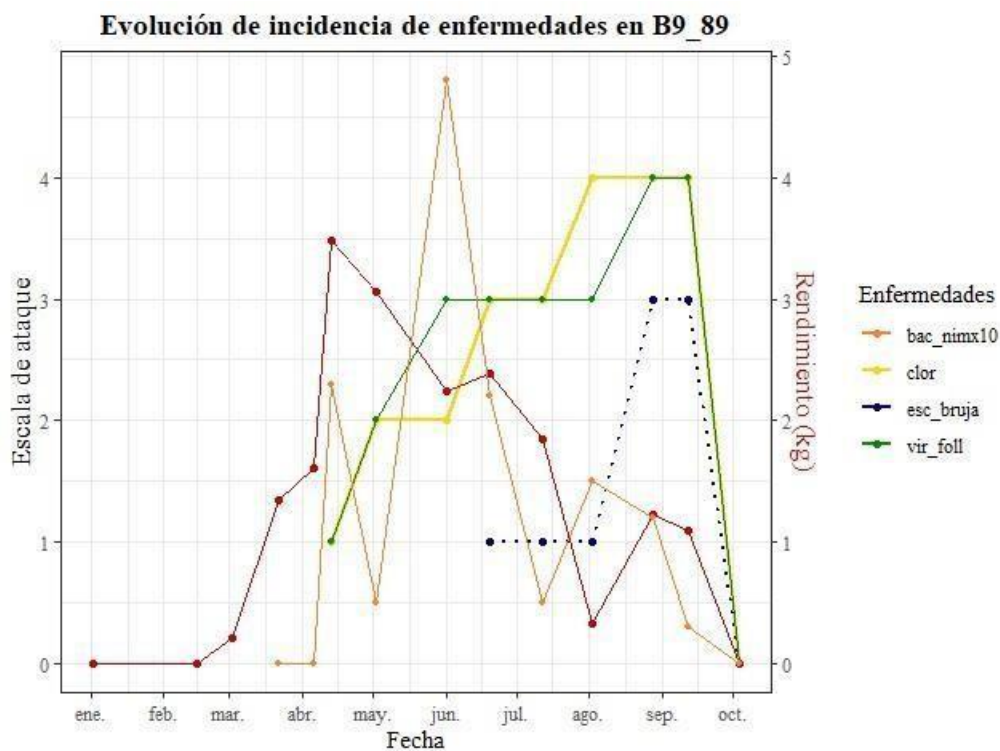
5. Material genético promisorio B9-89



Con una altura a la ramificación del tallo, de 113 cm, inició su periodo de producción a los 410 días después del trasplante; presenta frutos de color (255,170,61) RGB; presenta frutos con forma redondeados, 11,4 °brix; pH 3,59; acidez titulable de 0,249 y 45,78 de relación sabor. Rendimiento total de 18820,4 g y peso promedio del fruto de 135,40 g.

Marzo–Abril: A finales de abril, se registra el mayor pico de rendimiento, superado solo por el número de ninfas de *B. cockerelli*. **Abril–Junio:** mientras las enfermedades clorosis y virus de follaje van en ascenso hacia el nivel 3, la producción desciende. Con presencia de ninfas de *B. cockerelli*. **Julio–Agosto:** Las ninfas llegan a un pico en junio, mientras que rendimiento decrece a medida que el nivel 3 de enfermedades está presente. **Agosto–Octubre:** La producción decrece en gran medida, con la presencia de las enfermedades descritas llegando al nivel 4 y con un descenso de ninfas de *B. cockerelli*. Véase figura 33.

Figura 33: Material promisorio población B9, planta 89.



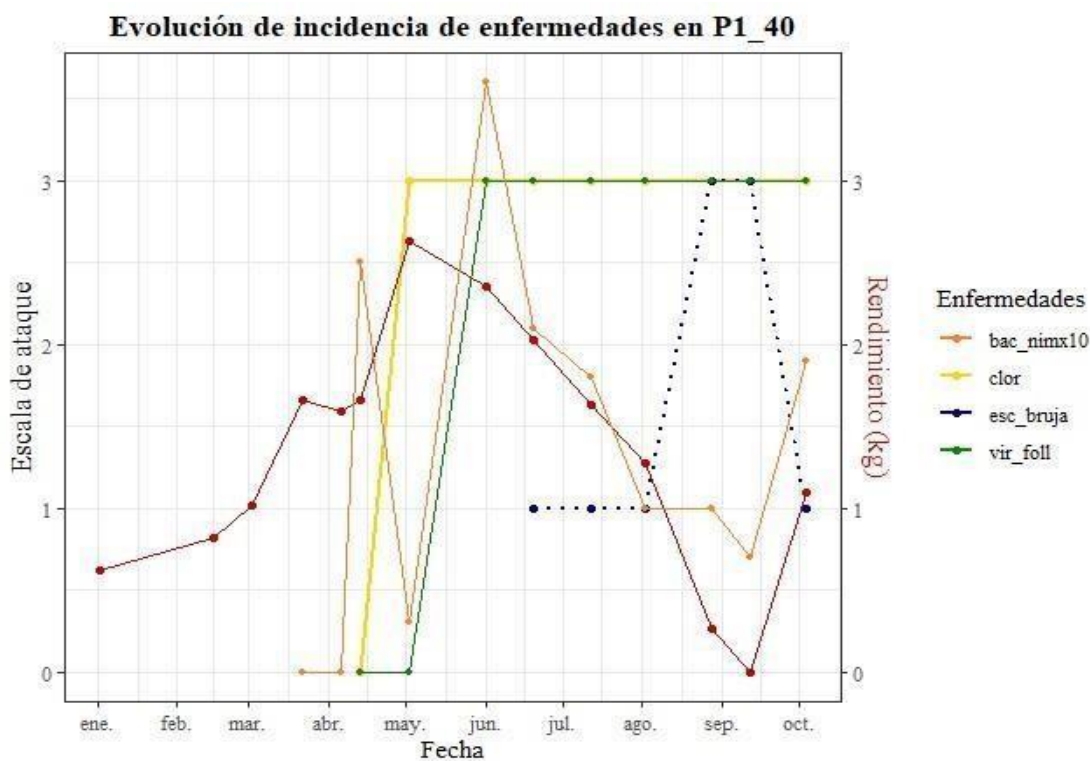
6. Material genético promisorio P1-40



Con una altura a la ramificación del tallo, de 128 cm, inició su periodo de producción a los 376 días después del trasplante; presenta frutos de color (255,171,83) RGB; presenta frutos con forma alargados, 13,9 °brix; pH 3,6; acidez titulable de 0,285 y 47,77 de relación sabor. Rendimiento total de 18636 g y peso promedio del fruto de 125,92 g.

Enero–Abril: Su rendimiento es creciente, con presencia de ninfas al final de este periodo. **Abril-Junio:** La producción alcanza su mayor pico en mayo, frente a un rápido ascenso de las enfermedades clorosis y virus de follaje superando el nivel 2. La presencia de ninfas desciende. **Julio-Octubre:** Es evidente que mientras clorosis y virus del follaje alcanzan niveles críticos de tres, el rendimiento disminuye drásticamente, si a esto se suma la presencia de escoba de bruja en nivel tres, el rendimiento llega a cero (septiembre). La presencia de ninfas se mantiene en disminución (Figura 34).

Figura 34: Material promisorio población P1, planta 40.



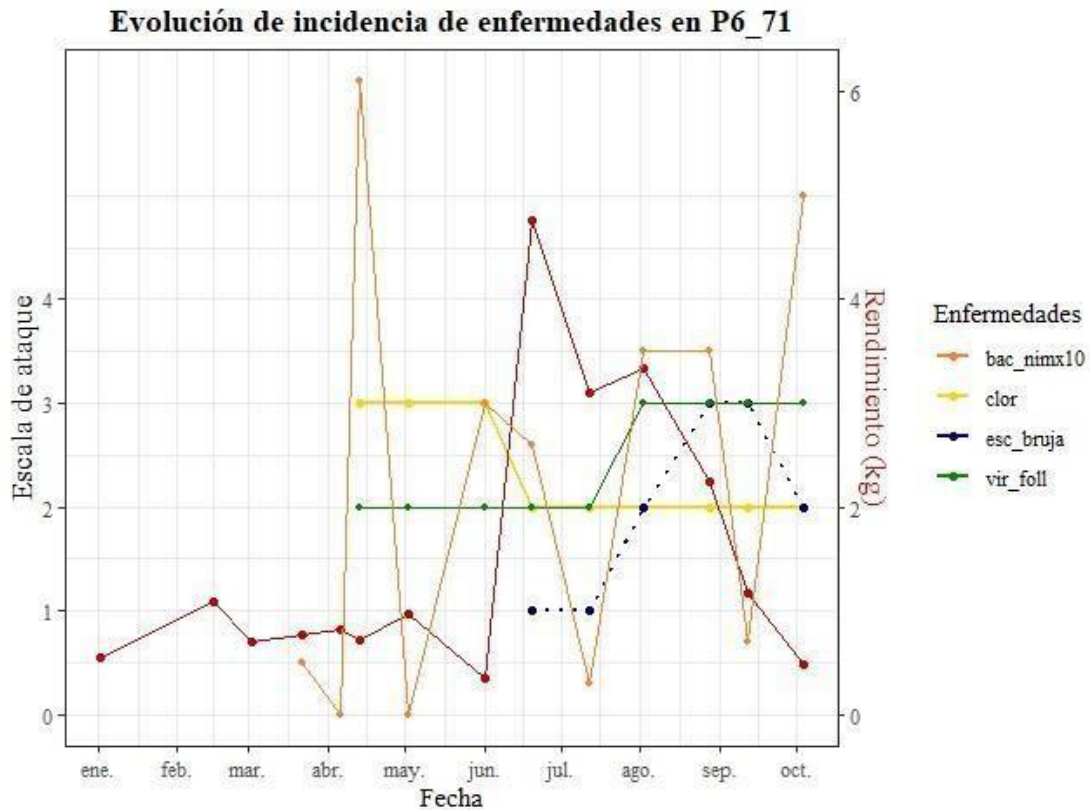
7. Material genético promisorio P6-71



Con una altura a la ramificación del tallo, de 99 cm, inició su periodo de producción a los 376 días después del trasplante; presenta frutos de color (255,152,56) RGB; presenta frutos con forma alargados, 11,7 °brix; pH 3,77; acidez titulable de 0,253 y 46,24 de relación sabor. Rendimiento total de 17848,3 g y peso promedio del fruto de 53,60 g.

Enero–Mayo: Aunque bajo, el rendimiento se mantiene constante. A finales de abril se produce el mayor despunte de presencia de ninfas de *B. cockerelli*, aparecen también virus de follaje y clorosis, en nivel dos y tres, respectivamente. **Junio–Agosto:** En respuesta a los controles fitosanitarios de clorosis y virus del follaje, despunta la producción en julio. **Septiembre–Octubre:** La producción sigue en descenso versus el incremento a nivel 3 de virus del follaje, escoba de bruja, número de ninfas. Véase figura 35.

Figura 35: Material promisorio población P6, planta 71.



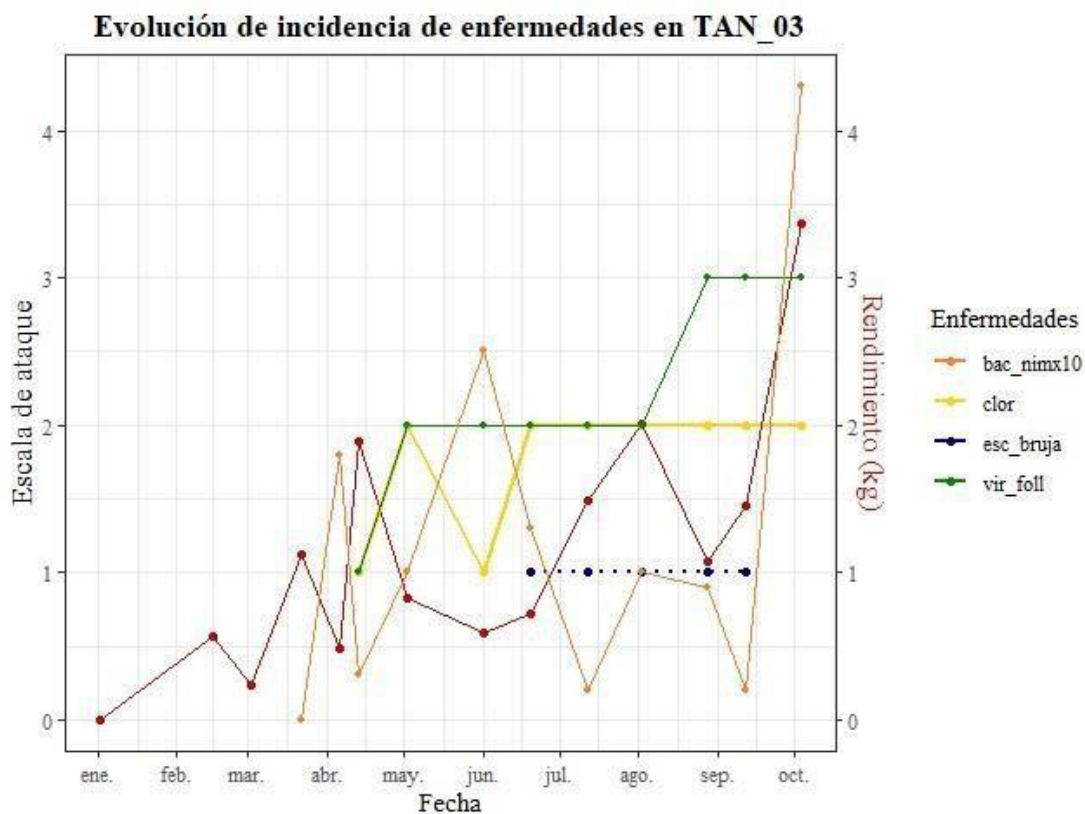
8. Material genético promisorio TAN-03



Con una altura a la ramificación del tallo, de 105 cm, inició su periodo de producción a los 395 días después del trasplante; presenta frutos de color (255,166,80) RGB; presenta frutos con forma alargados, 13 °brix; pH 3,73; acidez titulable de 0,272 y 47,79 de relación sabor. Rendimiento total de 15834,2 g y peso promedio del fruto de 97,74 g.

Enero–Abril: El rendimiento inicial es aceptable, aparece la presencia de ninfas de *B. cockerelli*. **Mayo-Julio:** Seguido a la presencia de ninfas de *B. cockerelli*, es evidente la aparición de clorosis, virus del follaje y finalmente llega escoba de bruja; este complejo provoca disminución de la producción. **Agosto–Octubre:** Se realizan los controles y se recupera la producción para agosto. No obstante, virus del follaje asciende a nivel tres, clorosis se mantiene, al igual que escoba de bruja, y la producción desciende para septiembre. Véase figura 36.

Figura 36: Material promisorio población TAN, planta 03.



4 Anexos

Tabla 26: Rendimiento (gramos) por fechas y total de materiales promisorios.

FECHA	P5-69	P5-67	B1-134	P3-60	TUM-35	TUM-33	B9-89	B9-77	P1-40	P6-71	P3-48	P1-39	P6-82	B1-140	TAN-03
26-ene	582,9	555,1	0	1482,6	0	0	0	0	623,1	820	0	335,7	518,8	0	0
15-feb	1848,6	1093,9	2135,6	2855,4	0	409,4	0	169,7	815,5	1143,2	0	798	1068,8	127,3	570,6
2-mar	1273,8	700,7	2971,5	939,3	0	1127	213	1117,1	1018,4	1539	0	1223	2222,7	140,6	233
22-mar	2124,2	769,2	1826,1	2875,9	158,6	1127,1	1337,8	2657,4	1656,9	947,8	538,7	2592,4	2548,5	1714,1	1119,7
6-abr	1576,4	812,1	1529	1397,7	1165,7	721,9	1608,7	1996,7	1588,8	688,8	491,3	1374,7	289,3	551,9	484,8
13-abr	5789,5	711,3	4855,9	1671	1892,8	3854,9	3477,7	2104,6	1657,1	1154,5	230,4	2127	1810,2	1611,4	1884,4
2-may	1330,2	971,1	2573,1	122	2149,9	3370,7	3055,6	2121,6	2630,5	477,2	3221,6	2086,3	697,9	2724,4	825,4
1-jun	723,3	346	1721,2	199,6	1286,7	1075,2	2236,5	928,3	2354,1	109	2908,1	239,2	804,6	1920,3	588,2
20-jun	919	4767,4	478,5	257,2	3391,8	2058,4	2393,5	4631	2024,4	63	2625,8	0	512,5	890	722,4
12-jul	1817,4	3102,8	401,1	0	1845,2	3288,8	1850,7	1732,8	1628,7	955,2	1910	1569,4	412	3594,4	1487,2
2-ago	1859,8	3331,3	121	487,8	1235,4	576,1	329,3	223,9	1273,4	3769,3	1218,5	1650,8	1705,4	998,1	2012,5
28-ago	1284,3	2247,2	132,3	1079,5	1416,6	293,1	1227,9	262,2	263	2255,7	1907	607,2	1036,2	118,2	1077,4
12-sep	2650,4	1166,1	413,2	2517,9	1860,5	209,5	1089,7	0	0	2035,9	1628,1	498,2	1317,5	441,6	1457,2
4-oct	2688,7	481,3	1792,5	4264	2550,7	819,3	0	804,3	1102,1	1889,7	669,6	1937,9	1252	1102,7	3371,4
Rendimiento Total	26468,5	21055,5	20951	20149,9	18953,9	18931,4	18820,4	18749,6	18636	17848,3	17349,1	17039,8	16196,4	15935	15834,2
Peso del fruto	68,93	87,01	106,89	74,35	120,73	80,90	135,40	137,86	125,92	53,60	92,28	112,85	59,77	115,47	97,74

Fuente: Elaboración propia. EEA 2024.

5 Conclusiones

De las variables fenológicas y agronómicas analizadas: altura a la ramificación, color, forma, peso y sabor del fruto, fueron las variables que más contribuyeron a la calidad de la fruta; misma que fue medida en base a las características más importantes para la aceptación de mercado: contenido de sólidos solubles (°brix), acidez titulable, relación sabor, color y pardeamiento (oxidación del fruto). Esto permitió distinguir dentro de las poblaciones de estudio, plantas con potencial de mercado de acuerdo a su calidad de fruta, entre la cuales tenemos las poblaciones de Bullcay, Píllaro, Tandapi y Tumbaco. Tomando en cuenta lo expresado se menciona que población P5 mostró la floración más precoz a los 210 días después del transplante, mientras que las poblaciones B4 y B9 produjeron los frutos de mayor longitud 8,2 cm y diámetro 6 cm. En términos de contenido de azúcar (%°brix), la población P1 presentó la mayor concentración con 13.9. Por otro lado, la población P4 mostró el pH de (3,88), por lo que indica que sus frutos son los menos ácidos entre las poblaciones. Además, la población B4 presentó el mayor porcentaje de ácido cítrico (0,336%). En cuanto a la dulzura relativa, la población P4 presentó un valor de 50,2 en la relación sabor. Aunque no se observaron diferencias marcadas en el color entre las poblaciones con valores de absorbancia entre 2,44 y 2,57, en tanto la población TUM presentó una mayor absorbancia (3,12), indicando un alto grado de oxidación.

Respecto a la verificación en campo, para las enfermedades reportadas en el presente estudio, las escalas utilizadas para realizar el monitoreo de presencia y evolución, fueron eficientes ya que, gracias a los diferentes niveles de ataque que presentaron estos patógenos (0-1-2-3-4), sobre las unidades experimentales, fue posible establecer que la respuesta y comportamiento de cada una de las poblaciones, fue notoriamente diferente. Asegurando un manejo agronómico similar en toda la parcela durante el periodo del estudio, para medir esta diferencia se utilizó la variable rendimiento por planta. Bajo estas condiciones las poblaciones con mayor capacidad de tolerancia fueron: la 69 y 67 por su alto rendimiento, mientras que 77 y 134 como las más tolerantes a enfermedades

De manera previa, se puede atribuir a que la diferente respuesta y capacidad de recuperación que experimentaron las poblaciones en estudio, proviene de las diferencias de su acervo genético.

Es oportuno señalar, que las escalas de medición de clorosis y escoba de bruja sirvieron de guía para la elaboración de la escala de medición para virus del follaje. Escala, que, durante la presente investigación, fue utilizada por primera vez, para identificar los síntomas en las hojas jóvenes y diferenciar tolerancia a virus del follaje, en el cultivo de tomate de árbol, con resultados válidos para el objeto del estudio.

Finalmente, para la selección de los materiales promisorios, se consideró individualmente el rendimiento de cada unidad experimental dentro de cada población; que bajo las condiciones de infección natural a las cuales fueron sometidas; mantuvieron un rendimiento superior a los 1000 gramos por cosecha, demostrando a nivel de campo una importante capacidad de tolerancia de la planta al ataque de estos patógenos, involucrando a ocho de las doce poblaciones estudiadas, que a su vez provienen de diferentes localidades (Píllaro, Tandapi, Bullcay y Tumbaco). De estos materiales, los materiales de Bullcay, fueron ligeramente superiores a los provenientes de Píllaro, en tamaño y sabor del fruto. No obstante, para programas de mejora, es importante recomendar la mayor variabilidad fenotípica posible, misma que está capturada en los 15 materiales que fueron seleccionados.

6 Recomendaciones

Explorar el componente genético con el fin de comprobar la resistencia de los materiales a clorosis letal, virus del follaje y escoba de bruja, principalmente.

Ejecutar metodologías para el control de *Candidatus Liberibacter* explorando el control biológico, especialmente de parasitoides de *Bactericera cockerelli*.

7 Bibliografía

- Acosta, P. (2011). Caracterización morfológica y molecular de tomate de árbol, *Solanum betaceum* Cav. (Solanaceae). (Tesis Doctoral.), Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Biología Vegetal.
- Avila, J. (2009). Caracterización de cuatro genotipos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) cultivados en Ecuador y estudio del efecto del estrés hídrico y luminoso sobre las propiedades físico-químicas en la postcosecha y estimación de la actividad antioxidante de los compuestos fenólicos del genotipo anaranjado gigante. (Tesis de Grado), Escuela Politécnica Nacional.
- Ayala, M., González, P., Gutiérrez, P., Cotes, J., y Marín, M. (2010). Caracterización serológica y molecular de Potyvirus asociados a la virosis del tomate de árbol en Antioquia (Colombia). *Universidad Nacional de Colombia*, 15, 145-164.
- Biodiversity International. (2013). Descriptors for Tree tomato and wild relatives. CGIAR, 58.
- Bohs, L. (1994). *Cyphomandra* (Solanaceae). *Flora Neotropica*, 63, 1-175.
- Bohs, L. (1995). Transfer of *Cyphomandra* (Solanaceae) and Its Species to *Solanum*. *Taxon*, 44. doi:10.2307/1223500
- Bohs, L. (2004). A Chloroplast DNA Phylogeny of *Solanum* Section *Lasiocarpa*. *Systematic Botany*, 29(1), 177-187.
- Bohs, L., y Olmstead, R. G. (1997). Phylogenetic relationships in *Solanum* (Solanaceae) based on ndhF sequences. *Systematic Botany*, 5-17.
- Bohs, L., y Olmstead, R. G. (2001). A reassessment of *Normania* and *Triguera* (Solanaceae). *Plant Systematics and Evolution*, 228(1), 33-48. doi:10.1007/s006060170035
- Bohs, L. (1994). *Cyphomandra* (Solanaceae). *Flora Neotropica*, 63, 1-175.

- Bohs, L. (1995). Transfer of *Cyphomandra* (Solanaceae) and Its Species to *Solanum*. *Taxon*, 44. doi:10.2307/1223500
- Bohs, L. (2004). A Chloroplast DNA Phylogeny of *Solanum* Section *Lasiocarpa*. *Systematic Botany*, 29(1), 177-187.
- Bohs, L., y Olmstead, R. G. (1997). Phylogenetic relationships in *Solanum* (Solanaceae) based on *ndhF* sequences. *Systematic Botany*, 5-17.
- Bohs, L., y Olmstead, R. G. (2001). A reassessment of *Normania* and *Triguera* (Solanaceae). *Plant Systematics and Evolution*, 228(1), 33-48. doi:10.1007/s006060170035
- Buono, S., Aguirre, C., y Abdo, G. (2018). TOMATE ÁRBOL, *Solanum betaceum*. PROCISUR.
- Calvo, I. (2009). Cultivo de tomate de árbol (*Cyphomandra betaceae*), Manejo integrado de cultivos/frutales de altura. INTA costa Rica, Proyecto Microcuenca Plantón-Pacayas. San José, Costa Rica. Boletín técnico N°8, 2-3.
- Camacho, V. (2011). Influencia del porta-injerto en la calidad del fruto de tomate de árbol y su incidencia comercial. (Tesis de Maestría), Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Maestría en Producción más Limpia.
- Cámara_de_Comercio_de_Bogotá. (2015). Manual de Tomate de árbol. Biblioteca Digital CCB, 1, 50.
- Casquete, G. (2020). Proyecto de exportación de pulpa de tomate de árbol por la Empresa Procesadora Agroindustrial "Mis Frutales" de la parroquia San Luis, provincia de Chimborazo hacia la ciudad de Nueva York, Estados Unidos en el periodo 2018. (Tesis de Grado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Castro, J. (2014). Fenología y crecimiento del tomate de árbol (*Solanum Betaceum* Cav.), cultivado con coberturas plásticas en el suelo. (Tesis de Maestría), Universidad de Nariño.

- Castro, P., Bravo, C., Cabrera, A., Quillay, N., Ramón, M., Belesaca, I., y Diaz L. (2019). Caracterización morfológica y molecular del agente causal de la antracnosis en tomate de árbol en Azuay y Loja. *Bosques Latitud Cero*, 9(1), 1-15.
- Chung, H.-J., Jung, J. D., Park, H.-W., Kim, J.-H., Cha, H. W., Min, S. R., Jeong, W. -J. y Liu, J. R. (2006). The complete chloroplast genome sequences of *Solanum tuberosum* and comparative analysis with *Solanaceae* species identified the presence of a 241-bp deletion in cultivated potato chloroplast DNA sequence. *Plant Cell Reports*, 25(12), 1369-1379. doi:10.1007/s00299-006-0196-4
- Coyago, E., Guachamin, A., Méndez, G., Moya, M., Martínez, A., y Viera, W. (2023). Functional and Antioxidant Evaluation of Two Ecotypes of Control and Grafted Tree Tomato (*Solanum betaceum*) at Different Altitudes. *foods*, 12(18), 3494. doi: <https://doi.org/10.3390/foods12183494>
- Cubero, J. I. (2013). *Introducción a la mejora genética vegetal*: Ediciones Mundi-Prensa.
- Delgado, E., y Vásquez, S. (2010). Control biológico de la Antracnosis causada por *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz. y Sacc.) en Tomate de Árbol (*Solanum betaceum* Cav.) mediante hongos endófitos antagonistas. *LA GRANJA*, 11 doi: <https://doi.org/10.17163/lgr.n11.2010.05>
- Engels, J., y Visser, L. (2007). *Guía para el manejo eficaz de un banco de germoplasma*.
- Espinoza, D., Viera, W., Debut, A., Vásquez, W., y Ayala, L. (2017). Virus diagnosis in tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.) by RT-PCR and transmission electron microscopy in Pichincha and Tungurahua Provinces of Ecuador. *Agronomía Colombiana*, 1, 35-43. doi:<https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v35n1.60960>
- fagro. (2019). Fases fenológicas de los cultivos agrícolas. <https://blogdefagro.com/2019/08/19/etapas-fenologicas-de-los-cultivos/>

- FAO. (2015). Guía de buenas prácticas agrícolas para tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.). Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca., Resolución técnica N°- 0038.
- Feicán, C., Encalada, C., y Becerril, A. (2018). Descripción agronómica del cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.). *Agro Productividad*, 9 8.
- Fernández, E. (2020). Estudio y manejo de escoba de brujas y clorosis letal en líneas de tomate de árbol en Tumbaco-Pichincha. (Tesis de Grado), Universidad Central del Ecuador Facultad de Ciencias Agrícolas Quito.
- Fonseca, J., Castañeda, A., Escarraga, J., y Cubillos, D. (2019). Caracterización de enfermedades fitopatógenas en el cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) en la finca el reposo en el municipio Facatativá, Cundinamarca. *Ciencias Agropecuarias*, 5, 24-31 doi: <https://doi.org/10.36436/24223484.24223192>
- García, M. (2018). Manual de manejo cosecha y poscosecha del tomate de árbol. Repositorio Institucional Agrosavia, 98.
- González Andrés, F., y Pita Villamil, J. M. (2001). Conservación y caracterización de recursos fitogenéticos. Valladolid: Valladolid I.N.E.A.
- González, L., Osorio, M., y Suarez, F. (2014). Caracterización morfoagronómica de variedades de papas nativas y de uso local colectadas en el estado Mérida, Venezuela. *Agronomía Tropical*, 64, 237-252.
- Hernández, V. A. (2013). Caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. (Tesis de Maestría.), Universidad Autónoma de Nayarit, Unidad Académica de Agricultura.
- HEX to RGB Converter. (2024). Webfx.com. <https://www.webfx.com/web-design/hex-to-rgb/>
- Hidalgo, R. (2003). Variabilidad genética y caracterización de especies vegetales. *Boletín técnico* (8), 2-26.
- INIAP. (2015). INIAP Direcciones. <https://tecnologia.iniap.gob.ec/e-e-del-austro/>

- Jaramillo, M., Álvarez, J., y Marín, M. (2012). Characteristics of the viruses related to virosis of tamarillo (*Solanum betaceum*) in Colombia. *Revista Lasallista de Investigación*, 9(1), 115-127.
- Khoury., C., Laliberté, B., y Guarino, L. (2010). Trends in Ex Situ conservation of plant genetic resources: A review of global crop and regional conservation strategies. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 57, 625-639. doi:10.1007/s10722-010-9534-z
- Knapp, S. (2007). Lectotypification of Cavanilles' names in *Solanum* (Solanaceae). *Anales del Jardín botánico de Madrid*, 64. doi:10.3989/ajbm. 2007.v64.i2.175
- Kumar, S., Shree, B., Sharma, S., Sharma, A., y Priyanka. (2024). Tree tomato: Underutilized vegetable for sustainable nutritional and economic security. *Scientia Horticulturae*, 327, 112867. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.112867>
- Llomitoa, A., Comboza, W., Chanaguano, B., y Gavilanez, N. (2019). Evaluación agronómica del tomate de árbol (*Solanum betaceum*), con dos fertilizantes químicos en diferentes dosis en el cantón Pangua. *nexo agropecuario*, 7, 19-23.
- Llundo, M. (2022). Diagnóstico del manejo de la producción del tomate de árbol (*Solanum betaceum*) en cantón Pelileo. (Tesis de Grado), Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencias Agropecuarias,
- MAG. (2019). En Chantaco, Loja, desarrollan cultivo de tomate de árbol. Ministerio de Agricultura y Ganadería. <https://www.agricultura.gob.ec/en-chantaco-loja-desarrollan-cultivo-de-tomate-de-arbol/>
- MAG. (2021). Boletín situacional cultivo de tomate de árbol. Ministerio de Agricultura y Ganadería. <https://fliphtml5.com/es/ijia/plzo/basic>
- Maita, S. (2011). Manejo del "ojo de pollo" o antracnosis (*Colletotrichum acutatum* Simmonds) en el cultivo del tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav). *Edúnica*, 1, 52.

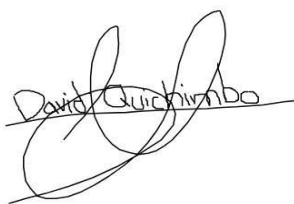
- Manoko, M. L. K., van den Berg, R. G., Feron, R. M. C., van der Weerden, G. M., y Mariani, C. (2008). Genetic diversity of the African hexaploid species *Solanum scabrum* Mill. and *Solanum nigrum* L. (Solanaceae). *Genetic Resources and Crop Evolution*, 55(3), 409-418. doi:10.1007/s10722-007-9248-z
- Marcial, L., Martínez, A., León, J., Suárez, A., y Viera, W. (2023). DESARROLLO DEL FRUTO EN CULTIVARES DE TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum* Cav.). *Revista Perfiles*, 1, 30-39.
- Martins, T., y Barkman, T. (2005). Reconstruction of Solanaceae Phylogeny Using the Nuclear Gene SAMT. *Systematic Botany - SYST BOT*, 30, 435-447. doi:10.1600/0363644054223675
- Meza, N., y Manzano, J. (2009). Características del fruto de tomate de árbol (*Cyphomandra betaceae* [Cav.] Sendtn) basadas en la coloración del arilo, en la Zona Andina Venezolana. *UDO Agrícola*, 9, 289-294.
- Mohammadi, S. A., y Prasanna, B. M. (2003). Analysis of Genetic Diversity in Crop Plants—Salient Statistical Tools and Considerations. *Crop Science Society of America*, 43(4), 1235-1248. doi: <https://doi.org/10.2135/cropsci2003.1235>
- Montalvo, G. (2011). Evaluación de tres Formulaciones Químicas a base de N, P, K para la Floración y Fructificación del Tomate de Árbol, variedad Amarilla Gigante (*Solanum betaceum* Cav). (Tesis de Grado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Moreno, C., Molina, J., Ortiz, J., Peñafiel, C., y Moreno, R. (2020). The value chain of tree tomato (*Solanum betaceum*) network in Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*, 31, 13-29. doi:<http://dx.doi.org/10.15517/am.v31i1.36887>
- Olmstead, R. G., y Palmer, J. D. (1992). A Chloroplast DNA Phylogeny of the Solanaceae: Subfamilial Relationships and Character Evolution. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 79(2), 346-360. doi:10.2307/2399773

- Olmstead, R. G., y Palmer, J. D. (1997). Implications for the Phylogeny, Classification, and Biogeography of *Solanum* from cpDNA Restriction Site Variation. *Systematic Botany*, 22(1), 19-29. doi:10.2307/2419675
- Peñafiel, N., Arahana, V., y Torres, M. (2009). Evaluación de la variabilidad genética del tomate de árbol. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 1(1). doi:https://doi.org/10.18272/aci.v1i1.13
- Peralta, I. E., y Spooner, D. M. (2000). Classification of wild tomatoes: a review. *Museo Botánico, Kurtziana*.
- Quintero, M., Álvarez, E., Ceballos, N., Duno, D., y Taborda, G. (2023). Volatilomic profile of the tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.) pulp during ripening and senescence using HS-SPME with GC-MS. *LWT*, 186, 115213. doi:https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115213
- Ramírez, F. (2021). Tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.) grafted with a wild *Solanum* species. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 68(6), 2265-2271. doi:https://doi.org/10.1007/s10722-021-01194-5
- Ramírez, F., y Kallarackal, J. (2019). Tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.) reproductive physiology: A review. *Scientia Horticulturae*, 248, 206-215. doi:https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.01.019
- Revelo, J., Mora, E., Gallegos, P., y Garcés, S. (2008). Enfermedades, nematodos e insectos plaga del tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.): Una guía para su identificación en el campo. Repositorio Digital INIAP, Boletín Técnico no. 115.
- Spooner, D., M., Peralta, I., E., y Knapp, S. (2005). New Species of Wild Tomatoes (*Solanum* Section *Lycopersicon*: Solanaceae) from Northern Peru. *Systematic Botany*, 30(2), 424-434. doi:10.1600/0363644054223657
- Spooner, D. M., Anderson, G. J., y Jansen, R. K. (1993). Chloroplast DNA evidence for the interrelationships of tomatoes, potatoes, and pepinos (*Solanaceae*). *American Journal of Botany*, 80(6), 676-688.

- Uresti, J. (2017). Fertilización orgánica de tres variedades de trigo (*triticum aestivum* L.), en dos fechas de siembra (Tesis de Maestría), Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía.
- Vasco, C., Avila, J., y Ruales, J. (2009). Physical and chemical characteristics of golden-yellow and purple-red varieties of tamarillo fruit (*Solanum betaceum* Cav.). *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(sup7), 278-288. doi:<https://doi.org/10.1080/09637480903099618>
- Viera, W., Sotomayor, A., Tamba, M., Vásquez, W., Martínez, A., Viteri, P., y Ron, L. (2016). Estimación de parámetros de calidad del fruto para segregantes interespecíficos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) en respuesta de resistencia a la Antracnosis (*Colletotrichum acutatum* JH Simmonds). *Acta Agronómica*, 65, 304-311 doi: <http://dx.doi.org/310.15446/acag.v15465n15443.49771>.
- Viera, W., Viteri, P., Martínez, A., Castillo, C., y Peñaherrera, D. (2021). Guía para el conocimiento de la punta morada en tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) y alternativas para un manejo integrado. Repositorio Digital INIAP, 24 Boletín Divulgativo No 449.
- Villares, M., Sánchez, J., Viera, W., Soria, N., Sotomayor, A., Yanez, D., y Martínez, E. (2018). Caracterización morfológica de frutos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) de una población segregante. *Revista de Investigación TALENTOS*, 5, 9-19.

John David Quichimbo Llivicura portador de la cédula de ciudadanía N° **0106716905**. En calidad de autor de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“EVALUACIÓN AGRONÓMICA Y DE CALIDAD DE LAS DIFERENTES VARIEDADES DE TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum. Cav.*)”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **3 de junio de 2024**



John David Quichimbo Llivicura
C.I. **0106716905**