

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO  
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS  
Y RECURSOS NATURALES  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA Y COMPONENTES DE  
RENDIMIENTO DE DOCE GENOTIPOS DE TOMATE  
(*Lycopersicon esculentum* Mill.) EN EL CENTRO NACIONAL DE  
PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE HORTALIZAS, COCHABAMBA**

Por:

**Sajida Gomez Quispe**

**EL ALTO – BOLIVIA**

**Septiembre, 2021**

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO  
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS  
Y RECURSOS NATURALES  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA Y COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE DOCE  
GENOTIPOS DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.) EN EL CENTRO  
NACIONAL DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE HORTALIZAS, COCHABAMBA**

*Tesis de Grado presentado como requisito  
para optar el Título de Ingeniero en  
Ingeniería Agrónomica*

**Sajida Gomez Quispe**

**Asesores:**

Ing. Jesús Fernando Dávila Rodríguez .....

Ing. Gonzalo Quispe Choque .....

**Tribunal Revisor:**

M.Sc. Lic. Ing. Victor Paye Huaranca .....

M.Sc. Lic. Ing. Ciro Raul Quiape Callocosi .....

Ing. Wily Mollisaca Aruquipa .....

**Aprobada**

Ing. Daniel Condori Guarachi .....



**DEDICATORIA:**

*A Dios por darme el privilegio de existir y por guiarme en cada paso de mi vida, por darme sabiduría y conocimiento para seguir adelante.*

*A mi querido padre Tiburcio Gomez Mamani, quien con esfuerzo y sacrificio me dio todo su apoyo incondicional, por estar ahí siempre en los buenos y malos momentos de mi vida.*

*A mi hermana Raisa Gomez Quispe por sus palabras de aliento y consejos para seguir adelante.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por el don de la vida, por darme fuerza, paciencia y voluntad para seguir adelante y superar todos los obstáculos y momentos difíciles que se fueron presentando en mi camino, por darme conocimiento, entendimiento y sabiduría para culminar este trabajo de investigación. Llevo presente el versículo de Filipenses 4:13 “Todo lo puedo en Cristo que me fortalece”.

A la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto (UPEA), por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de formarme profesionalmente, para escalar un peldaño más en el campo del conocimiento y al plantel docente por la enseñanza impartida durante mi formación académica.

Al Programa Nacional de Hortalizas del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), que me permitió realizar el trabajo de tesis.

A mis asesores de tesis: Ing. Jesús Fernando Dávila Rodríguez e Ing. Gonzalo Quispe Choque, que me dieron su colaboración, asesoría, apoyo y por sus experiencias, conocimientos, tiempo y dedicación que contribuyeron de gran manera en la realización del presente trabajo de investigación.

Al tribunal revisor conformado por: M.Sc. Lic.Ing. Victor Paye Huaranca, M.Sc. Lic.Ing. Ciro Raul Quiape Callocosi, Ing. Wily Mollisaca Aruquipa, por su importante colaboración, dando oportunas correcciones y observaciones, para enriquecer este trabajo.

A mis compañeros y amigas que me acompañaron y brindaron su valiosa amistad durante estos maravillosos años de estudio.

## CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS.....	v
ÍNDICE DE CUADROS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xii
ABREVIATURAS .....	xiii
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT .....	xv

## ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes .....	2
1.2. Planteamiento del problema .....	2
1.3. Justificación.....	2
1.4. Objetivos .....	3
1.4.1. Objetivo general .....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Generalidades del tomate.....	4
2.1.1. Origen.....	4
2.1.2. Clasificación taxonómica .....	4
2.1.3. Descripción botánica .....	4
2.1.4. Fases fenológicas del tomate .....	6
2.1.5. Principales enfermedades del cultivo de tomate .....	7
2.1.6. Principales plagas del cultivo de tomate .....	8
2.2. Producción de tomate en Bolivia .....	9

2.2.1. Uso y consumo de tomate .....	9
2.3. Programas de mejoramiento de tomate en Bolivia.....	10
2.4. Componentes de rendimiento.....	11
2.5. Análisis Estadístico de datos de evaluación agronómica .....	11
2.5.1. Análisis Estadístico univariado .....	11
2.5.1.1. Estadística descriptiva .....	11
2.6. Análisis estadístico bivariado.....	12
2.6.1. Análisis de varianza.....	12
2.6.2. Coeficiente de correlación .....	12
2.7. Análisis estadístico multivariado .....	13
2.7.1. Análisis de componentes principales (ACP) .....	13
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	15
3.1. Localización.....	15
3.1.1. Ubicación Geográfica .....	15
3.2. Materiales.....	16
3.2.1. Material genético experimental .....	16
3.2.2. Material de campo y laboratorio.....	16
3.2.3. Material de gabinete .....	16
3.3. Metodología.....	17
3.3.1. Procedimiento experimental .....	17
3.3.2. Labores culturales post trasplante .....	20
3.3.3. Fase de la investigación .....	21
3.3.3.1. Variables de respuesta .....	22
3.4. Diseño experimental.....	24
3.4.1. Croquis del área experimental .....	25
3.4.2. Análisis estadístico .....	25

3.4.2.1. Análisis estadístico univariado .....	26
3.4.2.2. Análisis estadístico bivariado .....	26
3.4.2.3. Análisis multivariado .....	26
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	28
4.1. Comportamiento climático .....	28
4.2. Análisis estadístico .....	28
4.2.1. Análisis descriptivo .....	28
4.2.2. Análisis de varianza.....	29
4.2.2.1. Altura de la planta (cm).....	30
4.2.2.2. Número de días a la floración (NDF).....	31
4.2.2.3. Días a la madurez (DM).....	31
4.2.2.4. Días a la cosecha (DC).....	32
4.2.2.5. Número de flores por inflorescencia (NFI) .....	32
4.2.2.6. Número de racimos por planta (NRP) .....	34
4.2.2.7. Número de frutos por racimo (NFR).....	35
4.2.2.8. Número de frutos por planta (NFP).....	37
4.2.2.9. Peso del fruto (PF).....	38
4.2.2.10. Longitud del fruto (LF) .....	40
4.2.2.11. Diámetro del fruto (DF) .....	40
4.2.2.12. Rendimiento (Kg/planta) .....	41
4.3. Análisis de correlación.....	41
4.4. Análisis de componentes principales .....	43
5. CONCLUSIONES.....	48
6. RECOMENDACIONES.....	50
7. BIBLIOGRAFÍA .....	51
8. ANEXOS .....	57

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción del material genético de doce genotipos de tomate que fueron objeto de estudio.....	16
Cuadro 2. Estadística descriptiva de variables agronómicas cuantitativas, evaluadas en doce genotipos de tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) En el Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas, Cochabamba.....	29
Cuadro 3. Análisis de varianza para la variable altura de planta de doce genotipos de tomate, evaluada durante la campaña agrícola 2018-2019.....	30
Cuadro 4. Análisis de varianza para la variable número de días a la floración de doce genotipos de tomate, evaluada durante la campaña agrícola 2018-2019....	31
Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable días a la madurez de doce genotipos de tomate, evaluada durante la campaña agrícola 2018-2019.....	32
Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable días a la cosecha de doce genotipos de tomate, evaluada durante la campaña agrícola 2018-2019.....	32
Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable número de flores por inflorescencia de doce genotipos de tomate, evaluada durante la campaña agrícola 2018-2019.....	33
Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable número de racimos por planta de doce genotipos de tomate, evaluada durante la campaña agrícola 2018-2019....	34
Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable número de frutos por racimo de doce genotipos de tomate, evaluada durante la campaña agrícola 2018-2019....	36
Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable número de frutos por planta de doce genotipos de tomate, evaluada durante la campaña agrícola 2018-2019....	37
Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable peso del fruto de doce genotipos de tomate, evaluada durante la campaña agrícola 2018-2019.....	38
Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable longitud del fruto de doce genotipos de tomate, evaluada durante la campaña agrícola 2018-2019.....	40
Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable diámetro del fruto de doce genotipos de tomate, evaluada durante la campaña agrícola 2018-2019.....	41

Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable rendimiento de doce genotipos de .tomate, evaluada durante la campaña agrícola 2018-2019.....	41
Cuadro 15. Análisis de correlación para las variables cuantitativas de doce genotipos de tomate, evaluadas en el Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas, Cochabamba.....	42
Cuadro 16. Valores propios y correlación asociada a los dos primeros componentes principales de doce genotipos de tomate, evaluados en el centro nacional de producción de semilla de hortalizas, Cochabamba durante la campaña agrícola 2018-2019.....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas fenológicas del cultivo de tomate (Cámara de comercio de Bogotá, 2015). .....	7
Figura 2. Ubicación del Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas (CNPSH). .....	15
Figura 3. Fotografía del proceso de preparación del sustrato: a) Cernido de la tierra vegetal, b) Encendido parcial de la cascarilla de arroz, c) Mezcla de los componentes de sustrato d) Desinfección del sustrato en calderas a gas.....	17
Figura 4. Fotografías de la siembra de semilla de tomate: a) Llenado de las bandejas con sustrato, b) Marcacion de hoyos y siembra de semilla en bandejas e identificacion con marbetes por genotipo .....	17
Figura 5. Fotografías: a) Llenado de macetas , b) Macetas llenadas con sustrato .....	17
Figura 6. Fotografías: a) Plantula de tomate con su cepellon I, b)Trasplante de plantines de toamte a macetas .....	17
Figura 7. Fotografías fertilizacion base: a) Aplicación de nitro fosca en las plantas de tomate y I, b) tutorado de las plantas de tomate. ....	17
Figura 8. Fotografías de la evaluacion de las variables: a) Número de flores por inflorescencial, b) Número de frutos por racimo, c) Número de frutos por planta, d) Longitud del fruto, e) Diametro del fruto y f) Rendimiento kg pl <sup>-1</sup> .....	17
Figura 9. Croquis del experimento.....	28
Figura 10. Temperatuara registrada durante la evaluacion de los doce genotipos de tomate en la campaña agrícola 2018-2019.....	17
Figura 11. Prueba de Duncan 5% para la variable altura de planta de doce genotipos de tomate, evaluadas en el Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas, durante la campaña agrícola 2018-2019.....	30
Figura 12. Prueba de Duncan 5% para la variable número de flores por inflorescencia de doce genotipos de tomate, evaluadas en el Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas, durante la campaña agrícola 2018-2019.....	33

Figura 13. Prueba de Duncan 5% para la variable número de racimos por planta de doce genotipos de tomate, evaluadas en el Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas, durante la campaña agrícola 2018-2019. ....	35
Figura 14. Prueba de Duncan 5% para la variable número de frutos por racimo de doce genotipos de tomate, evaluadas en el Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas, durante la campaña agrícola 2018-2019. ....	36
Figura 15. Prueba de Duncan 5% para la variable número de frutos por planta de doce genotipos de tomate, evaluadas en el Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas, durante la campaña agrícola 2018-2019. ....	37
Figura 16. Prueba de Duncan 5% para la variable peso del fruto de doce genotipos de tomate, evaluadas en el Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas, Cochabamba durante la campaña agrícola 2018-2019. ....	39
Figura 17. Gráfico de sedimentación de los componentes principales, a la varianza en el estudio de los doce genotipos de tomate, evaluados durante la campaña agrícola 2018-2019, en el Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas, Cochabamba. ....	44
Figura 18. Análisis de componentes principales: BIPLLOT de interacción de variables y genotipos de tomate evaluadas en el Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas, Cochabamba en la campaña agrícola 2018-2019. ....	46

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Plántulas de doce genotipos de tomate con 3-5 hojas verdaderas en almaciguera.....	58
Anexo 2. Descripción del Plan de fertirriego por cinco días a la semana aplicados en la evaluación de los genotipos de tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill).....	58
Anexo 3. Aplicación de productos fitosanitarios en doce genotipos de tomate, evaluada durante la campaña agrícola 2018-2019.....	59
Anexo 4. Control de la mosca blanca ( <i>Trialeurodes vaporarorium</i> ), mediante trampas amarillas adhesivas .....	60
Anexo 5. Fotografía de campo experimental .....	60

**ABREVIATURAS**

° C	Grados Centígrados
CNPSH	Centro Nacional de Producción de Hortalizas
Cm	Centímetro
G	Gramos
INIAF	Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal
Kg	Kilogramos
l	Litros
m	Metros
ml	Mililitros
MDRyT	Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras
Msnm	Metros sobre el nivel del mar
PDM	Plan de Desarrollo Municipal
PNH	Programa Nacional de Hortalizas
t/ha	Toneladas por hectárea

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el comportamiento agronómico y componentes de rendimiento de doce genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas, Cochabamba. Los doce genotipos de tomate fueron facilitados por el Programa Nacional de Hortalizas del INIAF, el cual estuvo conformado por cinco parentales propios y siete  $F_1$ , se manejó como testigo la variedad Rio grande (HT-01). El estudio se desarrolló en la campaña agrícola 2018-2019, bajo un diseño estadístico completamente al azar (DCA) con tres repeticiones. Los análisis estadísticos se realizaron en base a: estadística descriptiva, análisis de varianza, análisis de coeficientes de correlación y análisis de componentes principales. Se evaluaron 12 variables cuantitativas, obteniéndose los siguientes resultados: Mediante el análisis de varianza se identificaron a las variables de productividad; número de flores por inflorescencia, número de racimos por planta, número de frutos por racimo y número de frutos por planta. Los genotipos que registraron mayor valor en las variables mencionadas son: HT-34, HT-01, HT-11, HT-22 y HT-33 con 31, 29, 27 y 25 frutos por planta, mientras que los genotipos HT-09, HT-06, HT-29 y HT-31, registraron los promedios más bajos con 24 y 21 frutos por planta respectivamente. El método de componentes principales permitió reducir la dimensión existente de cada variable, principalmente se identificó dos primeros componentes que contribuyeron más de 62.4% de varianza total, así el primer componente principal permitió identificar aquellas variables que contribuyeron al rendimiento, los genotipos vinculados a estas características fueron HT-22, HT-11, HT-33 y HT-34, los cuales presentan mayor desarrollo en los componentes de productividad. El segundo componente identificó aquellos genotipos que tienden a desarrollar mayor diámetro de fruto, longitud de fruto y peso de fruto, pero con un bajo número de frutos por planta y consecuentemente presentaron bajos rendimientos.

## ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the agronomic behavior and yield components of twelve tomato genotypes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) at the National Center for Vegetable Seed Production, Cochabamba. The twelve tomato genotypes were provided by the INIAF's National Vegetable Program, which was made up of five of its own parents and seven F1, it was handled as a Rio Grande control (HT-01). The study was carried out in the 2018-2019 agricultural season, under a completely randomized statistical design (DCA) with three replications. Statistical analyzes were performed based on: descriptive statistics, analysis of variance, correlation coefficient analysis, and principal component analysis. Twelve quantitative variables were evaluated, obtaining the following results: Through the analysis of variance, the productivity variables were identified; number of flowers per inflorescence, number of clusters per plant, number of fruits per cluster and number of fruits per plant. The genotypes that registered the highest value in the mentioned variables are: HT-34, HT-01, HT-11, HT-22 and HT-33 with 31, 29, 27 and 25 fruits per plant, while the HT-09 genotypes, HT-06, HT-29 and HT-31, recorded the lowest averages with 24 and 21 fruits per plant, respectively. The principal components method allowed to reduce the existing dimension of each variable, mainly the first two components that contributed more than 62.4% of total variance were identified, thus the first main component allowed to identify those variables that contributed to performance, the genotypes linked to these characteristics They were HT-22, HT-11, HT-33 and HT-34, which present greater development in the productivity components. The second component identified those genotypes that tend to develop a greater fruit diameter, fruit length and fruit weight, but with a low number of fruits per plant and consequently presented low yields.

## 1. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), es una de las hortalizas más difundidas en todo el mundo, debido a su amplia adaptación, uso como materia prima para la agroindustria, valor nutritivo y alto contenido de vitamina C (Baron *et al.*, 2012). Actualmente es una de las hortalizas más cultivadas y consumidas a nivel mundial abarcando una superficie cultivada de 5.023.809 ha, con una producción de 177.042.359 toneladas y un rendimiento de 9.537.81 t/ ha (FAOSTAT, 2019).

En Bolivia este cultivo ocupa uno de los primeros lugares en consumo y comercialización entre las hortalizas, siendo cultivada desde los 2500 hasta los 2700 msnm, los rendimientos oscilan de 12 a 13 t/ha, su producción se encuentra entre 61.534 tn año<sup>-1</sup>. Los departamentos con mayor superficie de producción son Cochabamba y Santa Cruz, seguidos por Tarija, Chuquisaca y La Paz, donde se diversifican variedades de hábito de crecimiento determinado, híbridas y de polinización libre, las mismas que son constantemente desplazadas por otros con mejores características (OAP, 2017).

El tomate, como todos los cultivos, es afectado por diferentes factores que limita la producción y por ende la demanda y exigencias del consumidor crece en el mercado por lo cual es preciso la mejora de este cultivo, es necesario medir los caracteres cuantitativos, para el mejoramiento de los genotipos, porque estos permiten establecer que caracteres están más ligados con la producción del fruto. La mejora en el rendimiento del cultivo implica la utilización de ciertas estrategias, entre las que se destaca el estudio de los componentes de rendimiento, es decir, aquellas características morfológicas y reproductivas cuya interacción permita el rendimiento final (Aboott *et al.*, 2009).

En el mejoramiento del tomate se estudian características de productividad, estas son identificadas por la capacidad de producción del cultivo influenciadas por las características morfológicas, según el ambiente estudiado (Mac Cormick y Paccapelo, 2003). El estudio del mejoramiento, muestra diversos aspectos de manejo y evoluciones en la investigación, que tienen influencia directa e indirecta en varios caracteres agronómicos. Por lo tanto, es importante tener mayor conocimiento del comportamiento de los mismos caracteres, de aquellos que tienen que ver con el rendimiento y que permita al mejorador, realizar una

mejor selección de cultivos según el ambiente y ajustar las tecnologías de manejo (Astegiano *et al.*, 2003).

### **1.1. Antecedentes**

Para mejorar los rendimientos y la tolerancia a factores adversos en el cultivo de tomate en Bolivia se han venido realizando investigaciones como los de Meruvia (1991), quien seleccionó genotipos de mayor rendimiento y resistentes al calor obteniendo rendimientos de 126 y 117 t/ha. Posteriormente Condori (2009), realizó investigaciones con el uso de híbridos donde obtuvo rendimientos de 31.7 t/ha, por otra parte, Chuca (2015), quien seleccionó genotipos de mejor comportamiento agronómico bajo las condiciones medioambientales del trópico de Cochabamba durante el ciclo de producción otoño - invierno, Las variedades que reportaron un mejor rendimiento y calidad en fruto fueron HT12, HT13 y HT14. Las dos primeras variedades presentaron un rendimiento de 26.54 y 24.18 t/ha., pero con una desventaja de producir frutos genéticamente de menor tamaño.

### **1.2. Planteamiento del problema**

En Bolivia se cultiva alrededor de 5.752 ha de tomate, con un rendimiento de 13 t/ha. Los mayores porcentajes lo aportan los valles mesotérmicos de Santa Cruz (Saipina, San Isidro, Valle Grande y Los Negros) y valles de Cochabamba (Omereque y el Valle Alto). A pesar de ello los rendimientos son bajos debido a diversos factores, entre ellos plagas y enfermedades, manejo agronómico, precios del mercado y la introducción de variedades híbridas, debido a la naturaleza única de estos cultivares los productores se ven obligados a adquirir la semilla cada año, de esta manera incrementan sus costos de producción que a la larga crea una incertidumbre económica poniendo en riesgos la seguridad alimentaria del país. Estos factores constituyen las principales limitaciones para la producción de tomate en Bolivia, reduciendo significativamente los niveles de producción, con riesgo cada vez más frecuente de pérdidas completas. En razón aquello las investigaciones en este rubro, deben ser dirigidas a seleccionar genotipos que se adapten a regiones como los valles templados y las áreas tropicales, que sin duda requieren cultivares de alta calidad.

### **1.3. Justificación**

Teniendo en cuenta las tendencias actuales y al contar en Bolivia con pocos cultivares con resistencia a factores adversos bióticos, se impone la necesidad de identificar nuevos cultivares que puedan ser aprovechados por el programa de mejoramiento genético del

cultivo de tomate, en el posterior desarrollo de líneas y cultivares comerciales que muestren mayor resistencia. Ante el contexto, el Proyecto de Hortalizas del INIAF viene trabajando en el desarrollo y estabilidad de variedades híbridas obtenidas por el cruzamiento de Parentales, en busca de responder a la casi nula existencia de variedades nacionales en el país, desarrollando el presente trabajo con el objetivo de analizar el comportamiento agronómico de cinco parentales y siete genotipos en generación filial F<sub>1</sub> de tomate.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

- Evaluar el comportamiento agronómico y componentes de rendimiento de doce genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas, Cochabamba.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Evaluar el comportamiento agronómico de doce genotipos de tomate
- Analizar los componentes de rendimiento de doce genotipos de tomate.
- Identificar genotipos de alto potencial en rendimiento.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Generalidades del tomate

#### 2.1.1. Origen

Gallardo (2008), indica que el género *Lycopersicon* es originario de Sudamérica de la región andina, que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile, pero que fue en México donde se domesticó. Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos, el cual paso a conformar parte de la dieta alimentaria de esa población.

Según Gonzales *et al.*, (2007), el centro de origen del tomate se localiza en Centro América y Sudamérica, (Perú, Ecuador, Chile, Colombia y Bolivia) concretamente en la región andina, donde se encuentran todas las especies silvestres y son nativas de esas regiones. En Bolivia principalmente en la región de los yungas se encuentran una diversidad de la especie silvestre *Solanum lycopersicum* var, ceraciforme. El germoplasma de esta especie se constituye en una fuente importante de genes que pueden ser utilizados en el mejoramiento genético del tomate cultivado.

#### 2.1.2. Clasificación taxonómica

Según Rojas (2001), indica que la clasificación del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia de las solanáceas, el tomate se clasifica en:

**Clase:** *Dicotyledonea*

**Orden:** *Solanales*

**Familia:** *Solanaceae*

**Género:** *Lycopersicon*

**Especie:** *Lycopersicon esculentum* Mill.

#### 2.1.3. Descripción botánica

Según MDRyT (2014) y Jaramillo *et al.*, (2007), la planta de tomate presenta las siguientes características morfológicas:

- **Planta**

La planta de tomate es perenne de porte arbustivo se cultiva como anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semi erecta o erecta. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas).

- **Sistema radicular**

Presenta una raíz principal pivotante, alcanza los 60 cm de profundidad. Los tomates sembrados en forma directa presentan un sistema radicular pivotante, profundo y poco ramificado, mientras que los sembrados en trasplante poseen raíces más superficiales y más ramificados.

- **Tallo principal**

El tallo principal tiene 2 a 4 cm de diámetro y está cubierto de pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis; donde se van desarrollando hojas, tallos secundarios e inflorescencias.

- **Hojas**

Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo, son compuestas e imparipinnadas, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares.

- **Flor**

La flor del tomate es hermafrodita, consta de cinco sépalos y seis pétalos de color amarillo dispuestos de forma cíclica; tiene un pistilo con cinco estambres, unidos en sus anteras y formando un tubo que encierra el pistilo, donde dicha conformación favorece la autopolinización. El pistilo está compuesto de un ovario y de un estilo largo, simple y levemente engrosado. Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimoso.

- **Fruto**

Es una baya bi o plurilocular, está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas.

- **Semilla**

Es pequeña, pueden ser de forma globular, ovalada, achatada, plana arriñonada y está constituido por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal. El embrión lo forma una yema apical, dos cotiledones, el hipocótilo y la radícula. La testa o cubierta seminal es de un tejido duro e impermeable.

#### **2.1.4. Fases fenológicas del tomate**

La fenología del cultivo de tomate corresponde a las etapas que comprenden su ciclo de vida. Cada una de estas etapas presenta diferencias en cuanto a las necesidades de nutrientes, agua, luz y manejo, dependiendo en la que la planta se encuentre. En el cultivo de tomate se diferencian dos fases: una vegetativa y otra reproductiva (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

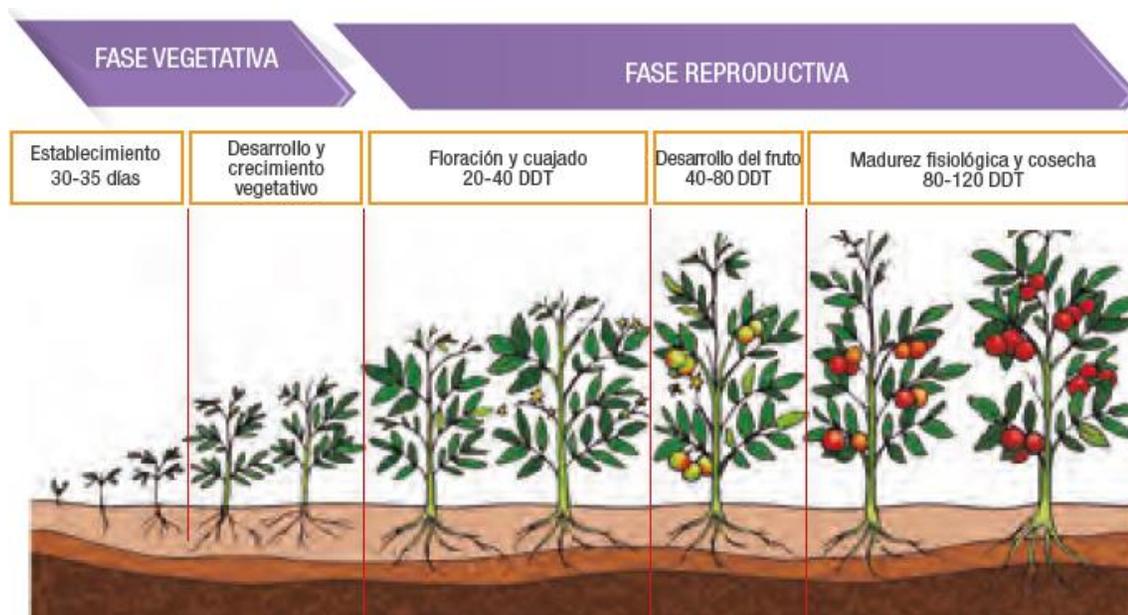
##### **Fase vegetativa**

Se inicia desde la siembra en semillero, seguida de la germinación, la emergencia y el trasplante a campo, el cual se realiza con un promedio de tres a cuatro hojas verdaderas entre 30 a 35 días después de la siembra y a partir del trasplante hasta el inicio o aparición del primer racimo floral (Jaramillo *et al.*, 2007).

##### **Fase reproductiva**

La fase reproductiva se inicia desde la formación del botón floral, que ocurre entre los 30 y los 35 días después del trasplante, el llenado del fruto, que dura aproximadamente 60 días para el primer racimo y la maduración o cosecha. En esta fase se consideran tres etapas:

- **Floración y cuaje:** Inicia entre 20 – 40 días después del trasplante, dependiendo de la variedad, las condiciones medio ambientales y el manejo del cultivo.
- **Desarrollo del fruto:** Los frutos extraen los nutrientes necesarios para desarrollarse y crecer, acumulando en este periodo la mayor cantidad de materia seca a un ritmo relativamente estable.
- **Madurez fisiológica y cosecha:** La madurez del fruto ocurre entre 80 a 120 días después del trasplante. La cosecha es permanente; sin embargo, puede ser limitada por factores climáticos o fisiológicos, (Figura 1).



**Figura 1. Etapas fenológicas del cultivo de tomate (Cámara de comercio de Bogotá, 2015).**

### 2.1.5. Principales enfermedades del cultivo de tomate

Rojas (2008), señala que el tomate es afectado por un sin número de enfermedades de origen fungoso en las diferentes fases de desarrollo y también por enfermedades causadas por bacterias el cual disminuyen la productividad y rentabilidad de este cultivo, entre las enfermedades de mayor importancia económica que causan problemas en la producción de tomate en Bolivia están:

#### **Mal de los almácigos o *Damping off*,**

Es causado por patógenos de *Rhizoctonia solani*, *Pythium ssp*, *Fusarium spp*, *Sclerotinia spp* y *Phytophthora spp*. Se presenta en la etapa de almácigo, atacan a las semillas durante la germinación y posemergencia, causan lesiones necróticas de coloración parda oscura de aspecto acuoso o seca en el cuello a nivel del suelo.

#### **Bacteriosis o mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris*)**

Se manifiesta lesiones circulares en los bordes de las mismas y posteriormente se necrosan, causando la destrucción de las hojas de la planta afectada. En los frutos las manchas son superficiales, cuando la mancha avanza presenta un aspecto quemado.

**Peca bacteriana (*Pseudomonas syringae*),**

Causa pérdidas en el rendimiento y la calidad de frutos. En las hojas se manifiesta por manchas acuosas, en ataques avanzados las hojas amarillean y caen. En los frutos se observa manchas circulares de color castaño oscuro.

Otras de las principales enfermedades son el tizón temprano (*Alternaria solani*) y el tizón tardío *Phytophthora infestans*, el desarrollo de estas enfermedades se debe principalmente a las condiciones de temperaturas de (10-25°C), al exceso de humedad (lluvias y neblinas), las cuales promueven una rápida multiplicación de los hongos que atacan al cultivo, penetrando a través de las hojas (INIAF, 2016).

**2.1.6. Principales plagas del cultivo de tomate**

Durante todo el desarrollo del cultivo muchos son los insectos plaga que perjudican el normal desarrollo de las plantas, ocasionando grandes pérdidas económicas al productor. Entre las plagas más importantes que causan mayores problemas en la producción de tomate son:

**La polilla (*Tuta absoluta*)**

Es una de las principales plagas que causa más daño en la planta y como efecto se tiene considerables reducciones en la producción, el daño es ocasionado por las larvas que minan las hojas, barrenan tallos, ramas y frutos, provocando la caída de botones flores y frutos (INIAF, 2016).

**La mosca blanca (*Trialeurodes vaporarorium*)**

Es una plaga que ataca tanto en invernadero como en campo. Los adultos depositan sus huevos en el envés de las hojas de ellos salen las larvas, dañan las hojas, se decoloran, se secan y se caen. El daño es producido por las larvas y los adultos, succionan contenidos de savia, provocando amarillamiento, en caso de densidades elevadas de poblaciones de mosca blanca puede producir el desecamiento de las hojas o la marchitez de la planta (INIAF, 2016).

**Los trips (*Frankliniella*)**

Las ninfas y los adultos son los estados que ocasionan daños al cultivo, se caracterizan por depositar los huevos en el tejido vegetal, producen manchas irregulares en el envés de las hojas y la deformación del tejido afectado, como en hojas tiernas y algunos elementos

florales, el daño indirecto es el que causa mayor pérdida al transmitir el virus de la peste negra (CIAT, 2013)

### **Minador de la hoja (*Lyriomiza sativae*)**

El adulto es una mosca de aproximadamente 2mm, de color negro brillante, pone sus huevos (blancos alargados) individualmente en la parte superior de las hojas, concentrado a lo largo de la nervadura. La larva es un pequeño gusano blanco, luego se vuelve pupa y entra al estado adulto, perfora las hojas haciendo galerías o minas y su ciclo biológico es de 15 a 21 días (Infoagro, 2004)

## **2.2. Producción de tomate en Bolivia**

En Bolivia el tomate se cultiva en varias zonas y épocas entre los 2500 a 2.700 msnm. Según la campaña agrícola 2015-2016, la superficie cultivada llegó alrededor de 5.752 ha, con una producción de 61.534 tn año<sup>-1</sup>, con un rendimiento de 13 t/ha, teniendo un consumo per cápita de 8.53 kg/año. Los mayores porcentajes lo aportan los valles mesotérmicos de Santa Cruz (Saipina, San Isidro, Valle Grande y los Negros) y valles de Cochabamba (Omereque y el Valle Alto).

Las zonas productoras de tomate en Cochabamba, se encuentran la Zona Andina en el municipio de Colomi (producción de 571 t, rendimiento de 10 t/ha), la Zona Valle Central el municipio de Sacaba (producción 420 t, rendimiento de 12,0 t/ha) en el Valle Alto San Benito (producción de 360 t, rendimiento de 10 t/ha) y por último en la Zona del Trópico en el municipio de Shinahota con una producción de 80 t, y un rendimiento de 8 t/ha (MDRyT, 2017).

### **2.2.1. Uso y consumo del tomate**

Jano (2006), señala que el tomate se utiliza de diferente forma, tanto en la industria como para el consumo fresco e incluso como producto medicinal. Los frutos pueden consumirse frescos, en puré, extractos, kechup, vinagre, jugos, mermeladas y deshidratadas.

El tomate es usado como ingrediente principal en ensaladas, jugos, pastas, bebidas y otros concentrados, ya que es rico en vitaminas E, A y C por sus sales de hierro, potasio, sodio y magnesio, y además es una de las principales fuentes de licopeno, el cual posee efectos antioxidante y antiinflamatorios.

### 2.3. Programas de mejoramiento de tomate en Bolivia

El Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) a partir del 2013, despliega actividades de investigación a través del Proyecto Nacional de Hortalizas, con el objetivo de desarrollar tecnologías de producción en los cultivos de cebolla, ajo y tomate que permitan mejorar los índices de productividad y contribuyan a alcanzar las metas sectoriales establecidas por el gobierno nacional, orientadas a mejorar las condiciones de los pequeños y medianos productores en particular y contribuir a alcanzar la seguridad alimentaria y el bienestar de la población boliviana en general. Bajo ese enfoque el Proyecto Nacional de Hortaliza (PN-HORTALIZAS), estableció ensayos a nivel nacional de variedades de alto valor productivo en cuatro líneas avanzadas de tomate desde la campaña agrícola 2013-2015.

- **Híbridos:** El centro nacional de producción de semillas de hortalizas (CNPSH) inició un trabajo de colecta de accesiones de tomate a nivel nacional, su sistematización y posterior caracterización morfológica. De este material seleccionó parentales (aún con variabilidad genética), los cuales fueron cruzados entre sí para obtener 116 F1.
- **Variedades Introducidas:** Al iniciar el PN-Hortalizas se evaluaron 80 variedades de tomate introducido como muestras, casi todos de polinización abierta. A finales de 2013, seis variedades híbridas de la empresa East-West Seed International fueron introducidas por el PN-Hortalizas para ser evaluadas en nuestro medio.
- **Parentales y Líneas Puras:** Como se mencionó anteriormente, el CNPSH colectó germoplasma de diferentes regiones del país, seleccionó material con potencial productivo y realizó cruzamiento para obtener 116 F1 (híbridos propios). Los parentales empleados para obtener estos F1 fueron transferidos al PN-Hortalizas para trabajar en su mejoramiento y caracterización morfológica, además de identificar sus aptitudes y cualidades productivas bajo condiciones ambientales de las diferentes eco regiones donde se cultiva tomate en Bolivia. También se introdujo desde el Centro Internacional de Investigación de Hortalizas (AVRDC-For sus siglas en inglés) con sede en Taiwán, 15 líneas puras de tomate con tolerancia homocigótica a diferentes enfermedades y adaptación a condiciones de clima seco, húmedo, templado o caliente.
- **Nuevos F1:** Para la gestión 2014 se identificó cuatro parentales para realizar cruzamiento con cuatro Líneas Puras de Taiwán para transferir los genes de Tolerancia a factores bióticos y adaptabilidad ambiental de las líneas puras. Para ello fueron

sembradas y plantadas parentales machos (donador de polen) y hembra (receptor de polen) (INIAF, 2016).

## **2.4. Componentes de rendimiento**

Espíndola (1980), citado por Meruvia (1991), menciona que los componentes de rendimiento están definidos como los diversos caracteres de la planta que tienen una influencia directa o indirecta sobre la expresión del rendimiento y que son de control poligénico. Por lo cual el rendimiento es una de las variables más complejas debido a genes múltiples y la información sobre el control genético de rendimiento y sus componentes es útil para un programa de mejoramiento.

Por su parte Wereing y Patrick (1975), indican que para analizar el rendimiento de una planta es necesario el estudio de sus componentes. En el caso del tomate, los componentes del rendimiento son, el número de frutos por planta y el peso de fruto. El número de frutos por planta está determinado por el número de flores que son fecundadas y alcanzan a desarrollarse en fruto. El peso del fruto, está determinado por la relación entre la potencia de la fuente y el periodo de crecimiento del fruto.

## **2.5. Análisis Estadístico de datos de evaluación agronómica**

### **2.5.1. Análisis Estadístico univariado**

El análisis estadístico univariante incluye un conjunto de técnicas que permiten estimar y describir el comportamiento de los diferentes genotipos en relación con cada carácter. Los más comunes son el promedio, la media aritmética, el rango de variación, la desviación estándar (DE) y el coeficiente de variación (CV), que se utilizan en el análisis de datos cuantitativos. Estos se deben realizar antes de cualquier análisis multivariado, ya que proporcionan una idea general de la variabilidad del germoplasma y permiten inmediatamente detectar datos no esperados y errores de medición en el ingreso de datos, entre otros (Franco e Hidalgo, 2003).

#### **2.5.1.1. Estadística descriptiva**

Según Ochoa (2008), la estadística descriptiva es el conjunto de métodos que implican la recolección y caracterización de un conjunto de datos a fin de describir de forma apropiada las diversas características de estas, solo es descriptivo cuando se analiza y describe los datos.

Los parámetros de medida se pueden sintetizar en: estadísticos de tendencia central (media, mediana y moda), que indican hacia donde tienden que agruparse los datos (en el caso en que lo hagan), medidas de dispersión (rango, varianza, desviación estándar y coeficiente de variación), que nos indican si las diferentes modalidades que presenta la variable están muy agrupadas alrededor de cierto valor central, o si por el contrario las variaciones que presentan las modalidades con respecto al valor central son grandes, estadísticos de posición (percentil, cuartil y decil) para caracterizar cierto porcentaje de observaciones en la población (o muestra) y medidas de distribución (sesgo y curtosis), que nos ayuda a determinar si los datos se distribuyen de forma simétrica a un lado y a otro de un valor central (Málaga, 2008).

## **2.6. Análisis estadístico bivariado**

Este análisis representa un conjunto de técnicas que estudia la relación (de asociación o de dependencia) entre dos variables, las técnicas más importantes son; análisis de varianza, análisis de covarianza, correlación lineal y regresión simple (Ochoa, 2008).

### **2.6.1. Análisis de varianza**

El análisis de varianza es el procedimiento por el cual se puede decidir si más de dos poblaciones tienen media igual. Dando la posibilidad de desdoblar la varianza de un conjunto de observaciones en componentes, donde uno de ellos es la variación de la muestra y otra es la variación existente en las observaciones dentro de cada muestra (Caballero, 1975).

Santesmases (1997), indica que esta técnica estadística fue desarrollada para determinar la existencia de diferencias significativas entre los valores medios de una variable dependiente, esto permite analizar diferencias entre más de dos medidas.

### **2.6.2. Coeficiente de correlación**

El coeficiente de correlación, es un análisis que muestra la correlación existente entre dos variables o el grado de relación entre variables. El valor que toma la correlación esta entre -1 y +1. Los valores próximos a 1 indican la fuerza de asociación lineal positiva entre dos variables (es decir que a medida que aumenta el valor de una variable, aumentan los de la otra); valores próximos a -1 indican fuerte asociación lineal negativa y los valores próximos a cero indican que no existe asociación lineal (Morales, 2011).

Valencia (2010), indica que la correlación es de gran importancia para la selección indirecta de genotipos deseables, permite al fitomejorador estimar el grado y la naturaleza de las asociaciones entre dos o más características de interés agronómico.

## **2.7. Análisis estadístico multivariado**

Se refiere a un conjunto de métodos estadísticos que analizan simultáneamente medidas de dos o más variables de cada individuo, el cual consiste en permitir la descripción de los individuos tomando en cuenta simultáneamente varias características, sin dejar de considerar la relación existente entre ellas (Franco e Hidalgo, 2003).

Según Cayuela (2010), para que un análisis sea multivariado, todas las variables deben ser aleatorias y deben de estar interrelacionadas; de tal manera que los diferentes efectos no puedan ser interpretados significativamente de manera independiente, entre las técnicas de análisis multivariado tenemos al análisis de componentes principales.

### **2.7.1. Análisis de componentes principales (ACP)**

Este análisis es una técnica estadística multivariada utilizada en situaciones experimentales en el cual se dispone de varias variables de respuesta y se requiere buscar las diferencias entre varios grupos, mediante los gráficos bidimensionales informativos conocidos como Biplot, se puede analizar y resumir los aspectos principales de un conjunto de datos multivariados, el mismo permite ver la interacción de las variables correlacionadas entre sí con los diferentes genotipos y el ambiente.

El gráfico se construye mediante el trazado de los dos primeros componentes principales (CP1 y CP2, también llamados efectos primarios y secundarios), el primer componente (CP1) es el que se encuentra altamente correlacionado con el efecto principal de genotipo y representa la proporción del rendimiento que se debe sólo a las características del genotipo, el segundo componente (CP2) representa la parte del rendimiento debida a la interacción genotipo-ambiente, el conocimiento de la magnitud de la interacción entre el genotipo y el ambiente puede permitir estimar la estabilidad de los genotipos (Ibáñez *et al.*, 2006, Yan 2001 y Yan *et al.*, 2000).

Franco e Hidalgo (2003), manifiestan que el análisis de componentes principales es un método que se basa en la transformación de un conjunto de variables cuantitativas originales en otro conjunto de variables independientes no correlacionadas, llamadas componentes principales. La contribución de las variables a cada componente principal se

expresa en valores o vectores propios; donde el valor propio representa la varianza asociada con el componente principal y decrece a medida que se generan dichos componentes; en cambio, el vector propio contiene los coeficientes de las combinaciones lineales de la  $p$  variables originales.

El mismo autor, indica que, desde el punto de vista de caracterización de germoplasma, el análisis de componentes principales es una herramienta útil para analizar los datos que se generan y nos permite conocer la relación existente entre las variables cuantitativas más discriminatorias, para limitar el número de mediciones en caracterizaciones posteriores.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización

##### 3.1.1. Ubicación Geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó durante la campaña agrícola 2018-2019 en predios del Centro Nacional de Producción de Semillas de Hortalizas (C.N.P.S.H.), perteneciente al Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF). El CNPSH está ubicado en la localidad de Villa Montenegro, municipio de Sipe Sipe, provincia Quillacollo, en el km 23 de la carretera que une a Cochabamba con Oruro. Geográficamente se sitúa a  $17^{\circ} 22'$  de Latitud sur y  $66^{\circ} 19'$  de Longitud Oeste a una altura de 2505 msnm. (Figura 2)

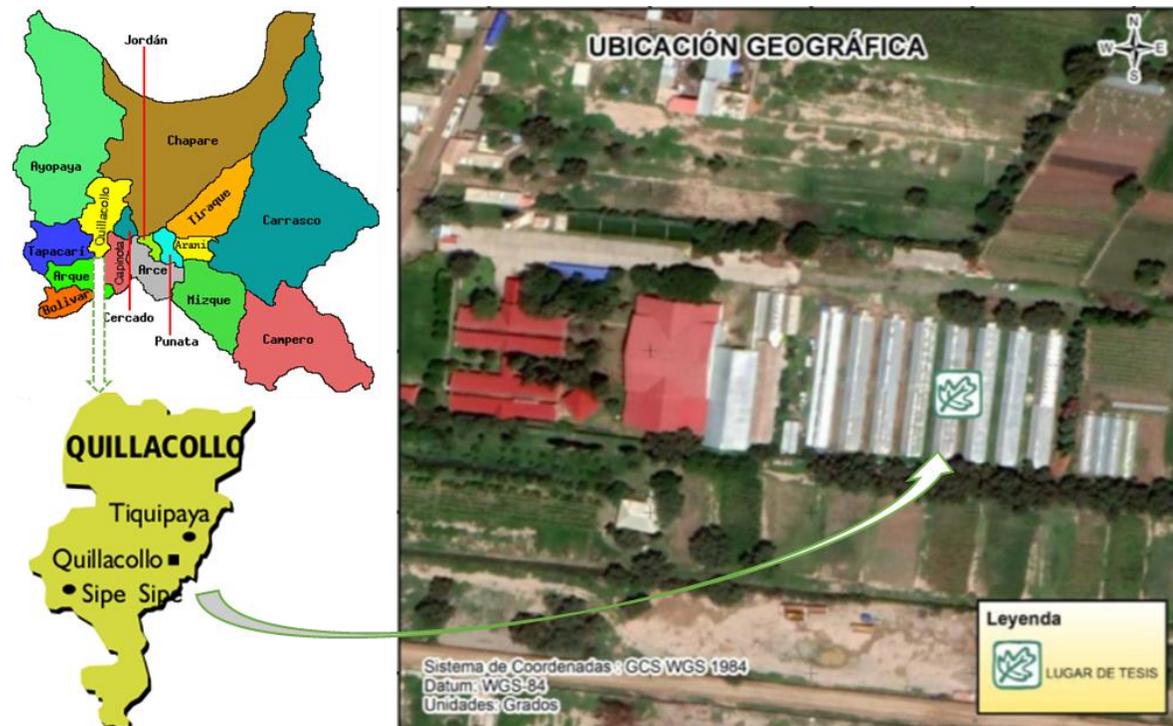


Figura 2. Ubicación del Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas (CNPSH).

### 3.2. Materiales

#### 3.2.1. Material genético experimental

El material genético en estudio estuvo constituido por cinco parentales y siete genotipos generación filial F<sub>1</sub> de tomate, haciendo un total de doce genotipos (Cuadro 2). La semilla y el código de referencia a los genotipos fue establecido por el Proyecto Nacional de Hortalizas del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF).

**Cuadro 1. Descripción del material genético de doce genotipos de tomate que fueron objeto de estudio.**

ID	GENOTIPO	ENTRADA	CARACTERISTICAS
1	Rio Grande	HT-01	Parental
2	HORT-018	HT-06	Parental
3	HORT-166	HT-08	Parental
4	RMA-210	HT-09	Parental
5	VIC/A	HT-11	Parental
6	VIC/A*HORT-018	HT-31	F <sub>1</sub>
7	HORT-166*VIC/A	HT-22	F <sub>1</sub>
8	RG*HORT-166	HT-27	F <sub>1</sub>
9	RG*RMA-210	HT-29	F <sub>1</sub>
10	VIC/A*RMA-210	HT-32	F <sub>1</sub>
11	NKO*HORT-018	HT-34	F <sub>1</sub>
12	VIC/A*NKO	HT-33	F <sub>1</sub>

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por el Programa Nacional de Hortalizas.

#### 3.2.2. Material de campo

Para el presente estudio de investigación, los materiales utilizados en las actividades de campo fueron: bandejas para almacigo, azadón, pala, cinta métrica, alambre galvanizado, cintas de riego por goteo, bolsas plásticas de polietileno (macetas), hilos para tutorado, tijera de podar, mochila fumigadora (20 l), cajas de tomate, etiquetas de identificación y libro de campo.

#### 3.2.3. Material de laboratorio

Los materiales de laboratorio fueron: jabón líquido (para manos), balanza analítica, vernier (calibrador) y cámara fotográfica.

### 3.2.4. Material de gabinete

Para el procesamiento y análisis de datos se utilizó una computadora y los paquetes estadísticos SAS versión 9.2, SPSS versión 23 y S-PLUS 2000 y Excel 2013, además de todo el material de escritorio necesario para plasmar los resultados en un documento final.

### 3.3. Metodología

#### 3.3.1. Procedimiento experimental

##### a) Preparación del sustrato

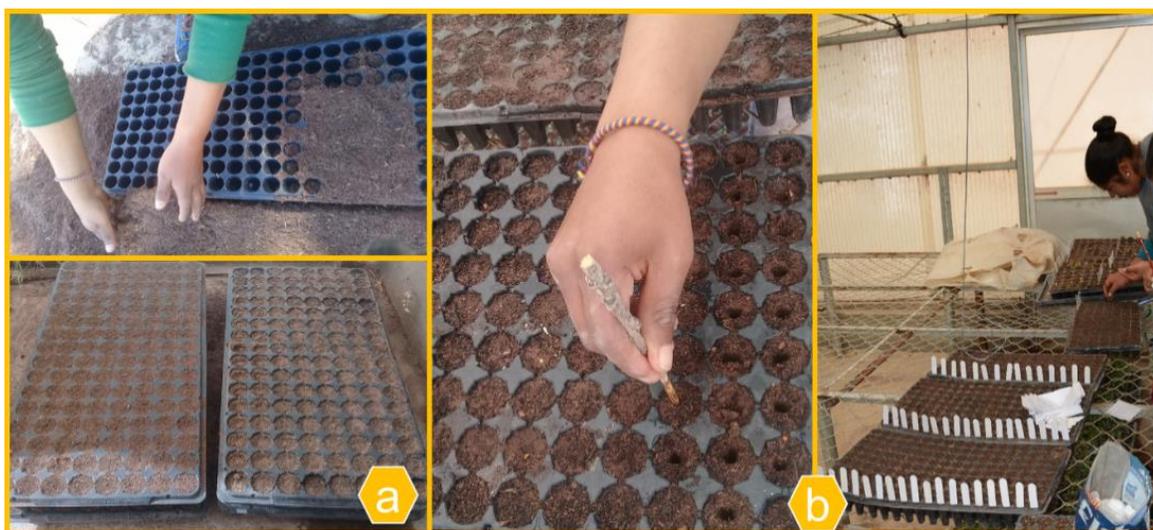
El sustrato se preparó en base a cascarilla de arroz quemado, arena fina y tierra vegetal cernida, posteriormente fueron mezclados homogéneamente los componentes en una relación 1:1:1 respectivamente. El sustrato fue sometido a una desinfección mediante una caldera a gas donde hierve el agua y el vapor de esta se traslada a través de una manguera de alta presión hasta el contenedor donde se encuentra el sustrato, a una temperatura de 105°C por un tiempo de una hora con el propósito de eliminar patógenos y malezas indeseables (Figura 3).



**Figura 3. Fotografía del proceso de preparación del sustrato: a) Cernido de la tierra vegetal, b) Encendido parcial de la cascarilla de arroz, c) Mezcla de los componentes de sustrato d) Desinfección del sustrato en calderas a gas.**

### b) Siembra de semilla

La siembra se realizó en bandejas plásticas de 128 alveolos previamente desinfectados en una solución de hipoclorito de sodio al 5%; las cuales fueron llenadas con sustrato ya desinfectado y humedecido a capacidad de campo, luego se marcaron hoyos a una profundidad de 0.5 milímetros, donde se depositó dos semillas de cada genotipo en cada alveolo por cada genotipo, luego se procedió al tapado de las semillas con el mismo sustrato con ayuda de una malla de 2 a 3 mm de diámetro, se retiró el excedente de sustrato de la superficie de la bandeja con el fin de mantener la uniformidad de volumen que cubre la semilla. Posteriormente se realizó el riego correspondiente con sistema de micro aspersion (Figura 4).



**Figura 4. Fotografías de la siembra de semilla de tomate: a) Llenado de las bandejas con sustrato, b) Marcación de hoyos y siembra de semilla en bandejas e identificación con marbetes por genotipo.**

### c) Llenado de las macetas con sustrato

Se llenaron 264 macetas con sustrato desinfectado, dicha maniobra consistió en echar cinco a seis manos de sustrato se compacto sobre una base de madera para tener una base ideal, el resto de la bolsa se llenó poco a poco, hasta formar un cilindro perfecto. Posteriormente se procedió a trasladar las macetas al ambiente protegido previamente lavado y desinfectado con hipoclorito de sodio al 5%, para luego realizar el trasplante de los plantines (Figura 5).



**Figura 5. Fotografías a) Llenado de macetas, b) Macetas llenadas con sustrato**

#### **d) Trasplante**

Se realizó a los 35 días después de la siembra de la semilla, cuando tenían entre 3 a 4 hojas verdaderas a una altura de 12 a 15 cm. Previo al trasplante se humedecieron las macetas a capacidad de campo, con la ayuda de un palito se hizo la apertura de los hoyos en medio de cada maceta, procurando que tengan una profundidad de 10 cm, donde se trasladaron una planta por maceta. El trasplante consistió en colocar cada planta con su respectivo cepellón (pan de tierra) a cada maceta, se cubrió con el mismo sustrato hasta el nivel del cuello de la raíz, se realizó en horas de la tarde (4:00 a 5:00 p.m.) para reducir el estrés; a cada maceta se le etiquetó con el número de código de cada tratamiento (Figura 6).



**Figura 6. Fotografías a) plántula de tomate con su cepellón, b) trasplante de plántulas de tomates a macetas.**

### 3.3.2. Labores culturales post trasplante

- a) **Riego.** Se efectuó mediante el sistema de riego por goteo a tempranas horas de la mañana y por la tarde, con una duración de 30 minutos por día, el tiempo de riego estuvo sujeto al desarrollo de la planta.
- b) **Fertilización base.** Se realizó dos fertilizaciones después de 15 días de trasplante: la primera aplicación fue (1g/maceta) de urea y la segunda fertilización (1g/maceta) de nitro fosca, para luego seguir un plan de fertirriego.
- c) **Tutorado.** Se realizó a dos semanas después del trasplante, bajo el sistema holandés que consiste en un entramado de alambre que pasa paralelamente a la línea de plantación al cual van sujetas las plantas con hilo de plástico. Esta práctica fue imprescindible para mantener la planta erguida y evitar que las hojas, frutos toquen el suelo y así disminuir el desarrollo, proliferación de plagas y enfermedades (Figura 7).



**Figura 7. Fotografías Fertilización base; a) Aplicación de nitro fosca en las plantas de tomate y b) Tutorado de las plantas de tomate.**

#### d) Fertirriego

Se realizó en función al recomendado por el Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas (CNPSH, 2016) que fue de 150-300-300-80-50-50 de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre en función a la cantidad requerida por la planta. La aplicación se

realizó cada día con diferentes soluciones nutritivas todas las tardes desde el comienzo del crecimiento vegetativo hasta la aparición de los primeros frutos.

#### **e) Poda de formación y deshojado**

La poda se realizó cuando los brotes tenían entre 5 a 10 cm para la formación de la planta dejando el tallo principal y dos brazos vigorosos se realizó de forma manual utilizando una tijera de podar previamente desinfectada. Conjuntamente se procedió al deshojado de las hojas basales que se encontraban cercanas al suelo, favoreciendo la circulación del aire.

#### **f) Manejo fitosanitario**

El control de plagas y enfermedades se realizó de manera química, con aplicaciones preventivas de productos fitosanitarios fitosanitarios, de acuerdo a la incidencia de plagas y enfermedades que se presentaron a lo largo del desarrollo del cultivo.

se realizaron asociaciones de fungicidas e insecticidas compatibles y de algunos fertilizantes foliares como: Calcibor, Bas foliar, Fertilom combi y fosfol, que ayudarían a la planta, utilizando una mochila de aspersion a motor de 20 l. Las aplicaciones se continuaron con una frecuencia de cada 2 semanas, también se controló con trampas amarillas adhesivas para el caso de la mosca blanca.

#### **g) Cosecha**

se cosecharon cuando los frutos de tomate presentaron un 60 % de madurez fisiológica, en estado de rojo pintón. El trabajo fue realizado en forma manual, consistió en cosechar de cada tratamiento tres plantas por unidad experimental y de cada repetición, se colectaron en bolsas de red y fueron trasladadas en canastillos de plástico.

### **3.3.3. Fase de la investigación**

Se evaluaron variables asociadas a componentes de rendimiento de frutos del segundo racimo, se efectuó el muestreo al azar de 3 plantas de tomate por unidad experimental que fueron identificadas con marbete. Para estimar el peso promedio de los frutos en cada material se sumó el peso de cada una de las cosechas realizadas y se dividió entre el número de frutos totales. Se registraron 12 variables cuantitativas descritas en la guía de descriptores para tomate elaborada por el International Plant Genetic Resources Institute

(IPGRI,1996) y por guía de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV, 2011), estas se describen a continuación:

### 3.3.3.1. Variables de respuesta

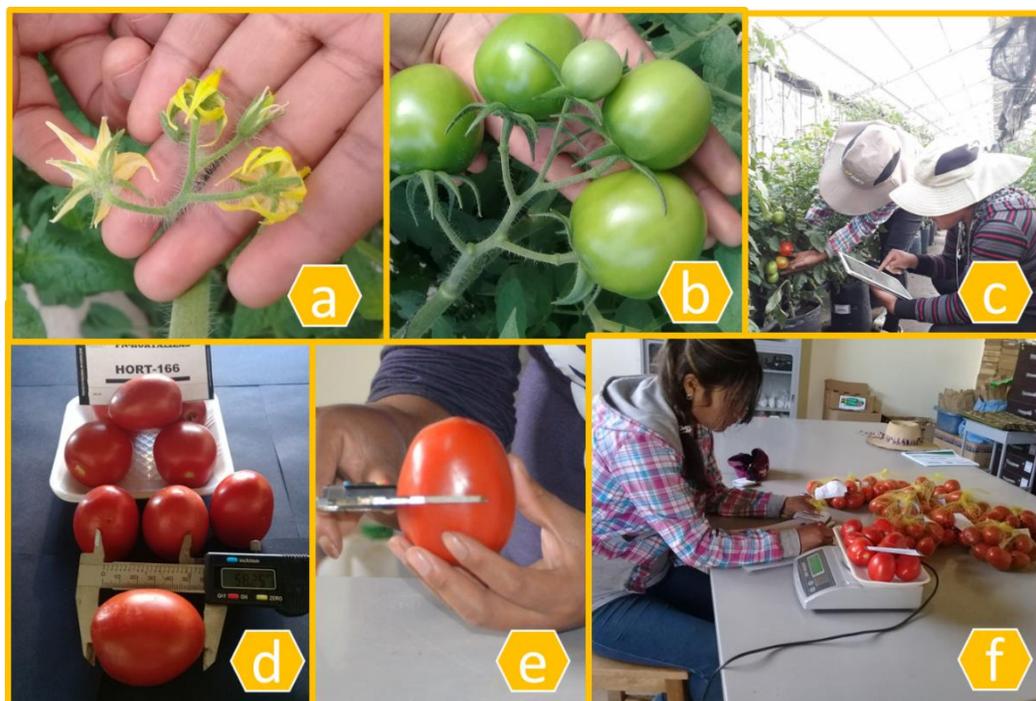
#### a) Características fenológicas

- **Días a la floración (NDF).** Para esta variable se registró los días transcurridos desde el trasplante hasta la fecha en la cual el 50% de las plantas de cada repetición al menos contaba con una flor abierta en forma de estrella. Esta variable se evaluó observando la época de floración de la tercera flor del segundo racimo, este dato se expresó en número de días.
- **Días a la madurez (DM).** Se registró los días transcurridos desde el trasplante hasta que el primer fruto del segundo racimo este completamente maduro, el mismo fue expresado en número de días.
- **Días a la cosecha (DC).** Se registró el número de días transcurridos desde el trasplante hasta la fecha en la cual el 50 % de las plantas tenían frutos maduros

#### b) Componentes de Rendimiento

- **Altura de planta (AP).** Para registrar esta variable se utilizó un flexómetro, la medición se realizó antes de la primera cosecha, registrando la altura desde el cuello de la planta hasta el ápice superior del tallo principal, cuyo dato se expresó en centímetros (cm).
- **Número de flores por inflorescencia (NFI).** Para esta variable se sumaron todas las flores formadas en el segundo racimo del tallo principal de cada planta, se registró de tres plantas por unidad experimental y por repetición.
- **Número de flores por inflorescencia (NFI).** Para esta variable se sumaron todas las flores formadas en el segundo racimo del tallo principal de cada planta, se registró de tres plantas por unidad experimental y por repetición.
- **Número de racimos por planta (NRP).** Para esta variable se contabilizo el número de racimo del tallo principal.
- **Número de frutos por racimo (NFR).** Se contabilizo todos los frutos del segundo racimo del tallo principal, de cada planta producida.
- **Número de frutos por planta (NFP).** Se registró la cantidad total de frutos cosechados de las plantas muestreadas al azar, en las unidades experimentales, se excluyeron los frutos secundarios que fueron muy pequeños.

- **Peso del fruto (g) (PF).** Se realizó con la ayuda de una balanza analítica, se pesó el tercer fruto cosechado del segundo racimo de las plantas que fueron muestreadas al azar.
- **Longitud de fruto (mm) (LF).** Se realizó mediciones del tercer fruto cosechado del segundo racimo para realizar las mediciones de la longitud del fruto se recurrió a un calibrador vernier, para lo cual se tomó en cuenta desde la inserción del pedicelo hasta el ápice del fruto, este dato fue expresado en milímetros
- **Diámetro del fruto (mm)(DF).** Se registró midiendo con un vernier en la parte más ancha del fruto maduro, el cual se expresó en milímetros. Este carácter se evaluó en el tercer fruto del segundo racimo
- **Rendimiento (RDTO).** Para esta variable, se pesó en una balanza de precisión el total de frutos por planta expresado en kilogramos por planta kg/planta (Figura 8).



**Figura 8. Fotografías de la evaluación de las variables; a) Número de flores por inflorescencia; b) Número de frutos por racimo; c) Número de frutos por planta; d) Longitud del fruto; e) Diámetro del fruto y f) Rendimiento kg/planta.**

### 3.4. Diseño experimental

El presente trabajo de investigación se realizó en condiciones de ambiente protegido, bajo un diseño estadístico completamente al azar (DCA), con doce tratamientos (genotipos experimentales) y tres repeticiones. Se trasplanto una planta por maceta donde cada unidad experimental estuvo conformada por 6 plantas, haciendo un total de 216 plantas, más 50 como efecto borde. Las macetas se colocaron en 2 hileras, separados a una distancia de 20 cm entre macetas, entre hileras de 40 cm. Para el análisis de resultados se aplicó el siguiente modelo lineal aditivo (Ochoa, 2009):

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta

$\mu$  = Media poblacional

$\alpha_i$  = Efecto de i-ésimo tratamiento (genotipos)

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental

### 3.4.1. Croquis del área experimental

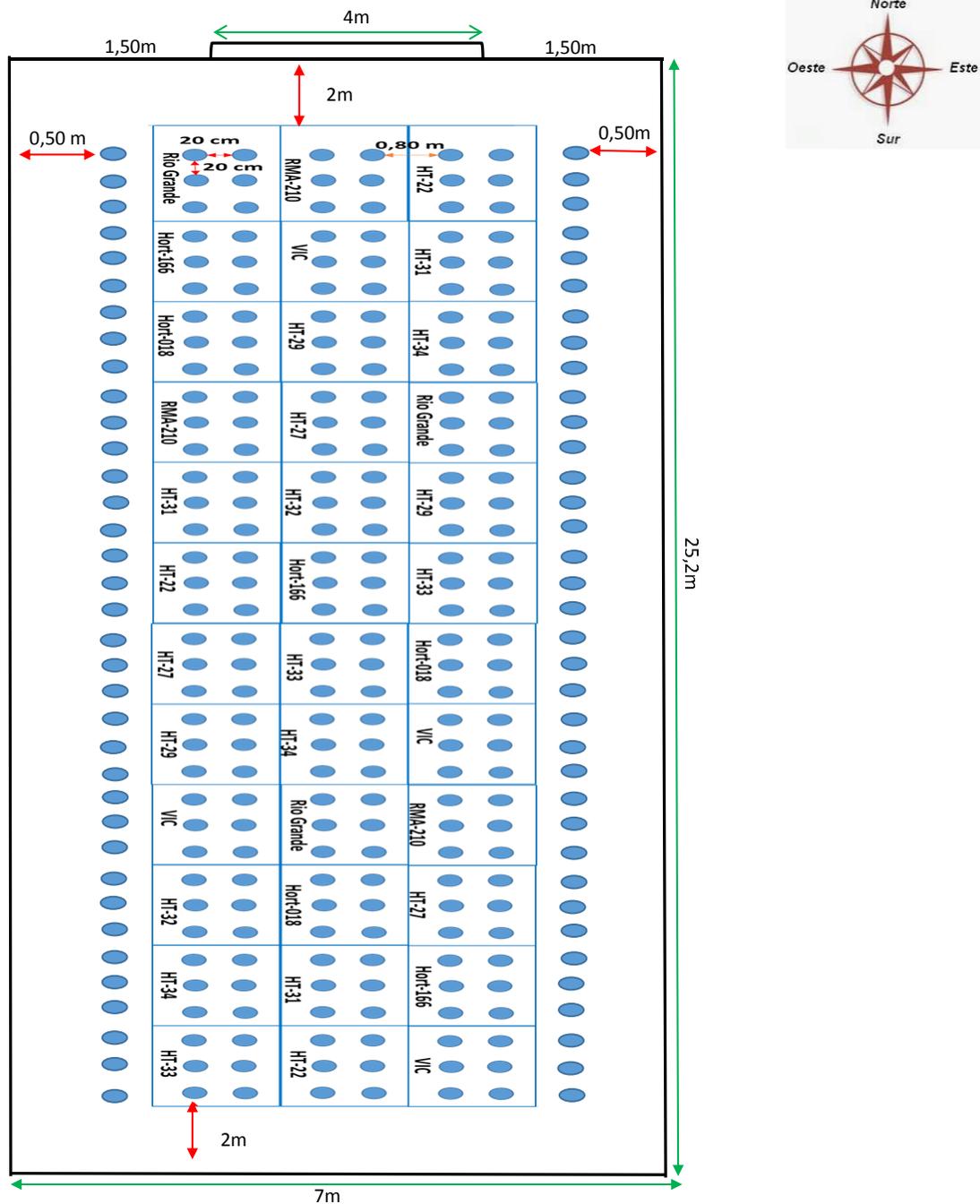


Figura 9. Croquis del experimento

### 3.4.2. Análisis estadístico

Para el registro de datos, se elaboró un libro de campo de acuerdo a las variables cuantitativas, se obtuvieron bajo un cronograma en base a sus fases fenológicas mientras

se desarrollaba el cultivo. Los datos registrados del ensayo fueron sistematizados en una base de datos diseñada en una hoja de cálculo de Excel, para realizar los diferentes análisis como el análisis descriptivo, análisis de varianza y análisis de componentes principales.

#### **3.4.2.1. Análisis estadístico univariado**

- **Análisis estadístico descriptivo**

El análisis descriptivo es una técnica para realizar un análisis elemental de las observaciones experimentales, donde se describió el comportamiento de los doce genotipos de tomate, con relación a cada carácter cuantitativo, considerando el análisis de tendencia central (media aritmética), dispersión (desviación estándar, mínima y máxima) y medidas de forma o distribución (sesgo y curtosis). Este análisis fue procesado con el programa estadístico IBM SPSS versión 22.

#### **3.4.2.2. Análisis estadístico bivariado**

- **Análisis de varianza (ANVA)**

El análisis de varianza (ANVA), se utilizó con el objetivo de identificar si existe o no diferencias entre los doce genotipos de tomate y el testigo Rio grande, en las variables estudiadas. Las diferencias significativas se realizaron con la prueba de promedios Duncan con nivel de probabilidad de 0.01 y 0.05. Para ello se utilizó el programa estadístico SAS (Statistical Analysis Systems) versión 9.2

- **Coefficiente de correlación (r)**

Se realizó para determinar el grado de asociación entre variables. El parámetro para la cuantificación fue coeficiente de correlación de Pearson (r), cuyo valor oscila entre  $-1$  y  $+1$ , por lo que la relación puede ser positiva o negativa. Este análisis se realizó con el programa estadístico IBM SPSS versión 22.

#### **3.4.2.3. Análisis multivariado**

- **Análisis de componentes principales**

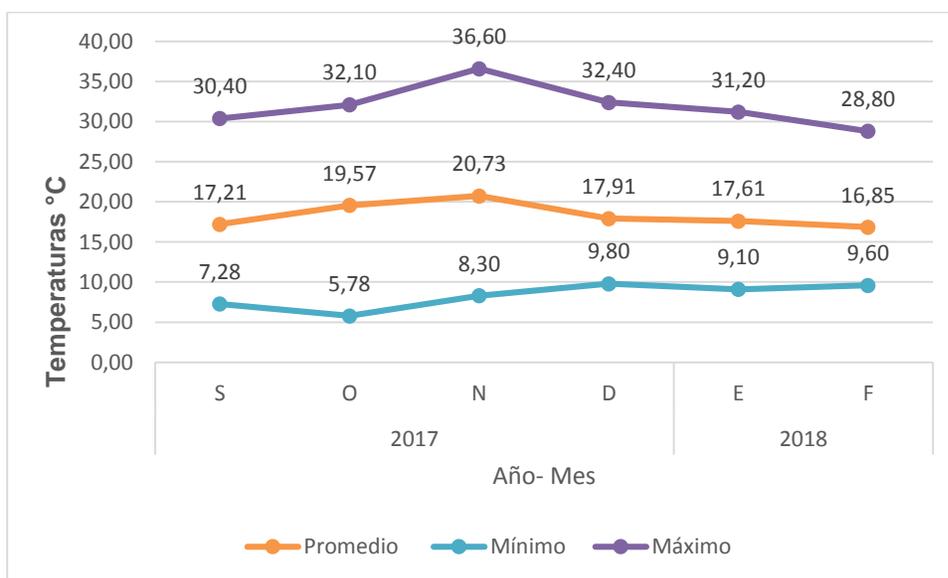
El análisis de componentes principales a través de sus gráficos bidimensionales Biplot, permitió ver la interacción de los dos primeros componentes principales, en el que se observa el comportamiento de los genotipos en relación a las variables correlacionadas entre sí, a la vez permitió identificar genotipos prominentes con características sobresalientes. Este análisis se realizó con el paquete estadístico S-PLUS versión 2000.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Comportamiento climático

En la Figura 10, se muestra el comportamiento climático registrada durante el periodo del cultivo desde septiembre de 2018 hasta febrero de 2019. Donde la temperatura máxima fue en el mes de noviembre con 36.60 °C, en cambio las bajas extremas se produjeron en los meses de octubre y septiembre con 7.28 y 5.78. °C. Además, una temperatura media de 20.73 °C.

Según Gabriel *et al.*, (2014), la temperatura óptima para el desarrollo del tomate varía entre 21 y 24°C, aunque se puede producir entre los 18 y 25 °C. Temperaturas sobre los 30 °C afectan la fructificación.



**Figura 10. Temperatura registrada durante la evaluación de los doce genotipos de tomate en la campaña agrícola 2018-2019.**

### 4.2. Análisis estadístico

#### 4.2.1. Análisis descriptivo

En el Cuadro 2, se muestra el comportamiento de los doce genotipos de tomate, estos resultados muestran las variaciones obtenidas a través de los parámetros estadísticos de tendencia central, dispersión y distribución en función a doce variables. Entre las características agronómicas, se distinguen las variables altura de planta (AP) con 0.8 cm

como promedio y con valores extremos de 0.6 como mínimo y 1.7 cm como máximo, días a la maduración (DM), se obtuvo un promedio de 102 días, con un mínimo de 99 y un máximo de 105 días

**Cuadro 2. Estadística descriptiva de características fenológicas y componentes de rendimiento, evaluadas en doce genotipos de tomate, durante la campaña agrícola 2018 -2019.**

Variables	Media	D.E	Rango	Mínimo	Máximo
<b>Características fenológicas</b>					
NDF	33	1.7	5.0	31	36
DM	102	1.8	6.8	98	105
DC	106	1.9	6.7	104	111
<b>Componentes de rendimiento</b>					
AP	0.8	0.3	1.1	0.6	1.7
NFI	5.8	0.5	1.6	5.1	6.7
NRP	4.8	1.2	4.2	4.0	8.2
NFR	5.2	0.5	1.8	4.7	6.4
NFP	25.8	2.6	10.2	20.9	31.1
PF	77.9	12.5	44.6	63.4	108.0
DF	46.9	2.1	6.3	43.4	49.7
LF	56.0	2.5	8.6	50.9	59.5
RDTO	1.54	0.1	0.4	1.3	1.7

AP = Altura de planta (cm); NDF = Número de días a la floración; DM = Días a la maduración; DC = Días a la cosecha; NFI = Número de flores por inflorescencia; NRP = Número de racimos por planta; NFR = Número de frutos por racimo; NFP = Número de frutos por planta; PF = Peso del fruto (g); DF = Diámetro del fruto (mm); LF = Longitud del fruto (mm); y RDTO = Rendimiento (kg/planta).

Se destacan también las variables relacionadas con componentes de rendimiento como: Número de frutos por planta (NFP) con un promedio de 26 frutos por planta, peso del fruto (PF) que oscilan entre 63 y 108 g de peso, el diámetro del fruto (DF) con un promedio de 46.9 mm con una máxima de 49.7 mm y una mínima de 43.4, en cuanto al promedio para la longitud del fruto (LG) fue de 56 mm con una desviación estándar de 2.5, presentando un máximo de 59.5 mm y un mínimo de 50.9 mm. El rendimiento del fruto (RDTO) registro un promedio de 1.5 kg/planta, siendo una de las variables que tuvo poca variación de 0.1 con una máxima de 1.7 y una mínima de 1.3 kg/planta.

#### 4.2.2. Análisis de varianza

Los resultados del análisis de varianza corresponden al estudio realizado en doce genotipos de tomate en función de 12 variables cuantitativas: altura de planta, número de días a la floración, días a la maduración, días a la cosecha, número de flores por inflorescencia,

número de racimos por planta, número de frutos por racimo, número de frutos por planta, peso del fruto, diámetro del fruto, longitud del fruto y rendimiento.

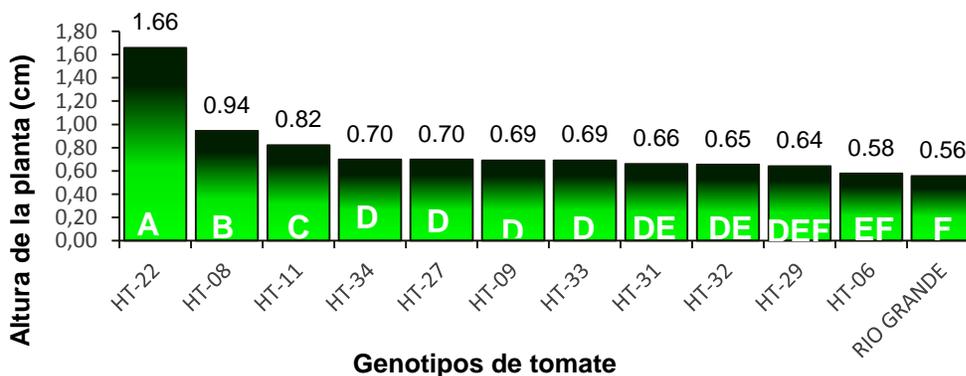
#### 4.2.2.1. Altura de la planta (cm)

El análisis de varianza del Cuadro 3, para la variable altura de planta, se observa que existe diferencia estadística altamente significativa ( $Pr > F = 0.0001$ ), lo cual indica que los doce genotipos de tomate tuvieron un comportamiento diferente respecto a la altura de planta. Así mismo se tiene un coeficiente de variación igual a 6.57, este valor muestra que los datos son confiables ( $< 30\%$ ).

**Cuadro 3. Análisis de varianza para la variable altura de planta de doce genotipos de tomate, evaluada durante la campaña agrícola 2018-2019.**

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Genotipo	11	2.903	0.264	102.380	<.0001**
Error	24	0.062	0.003		
C.V. (%)		6.57			
Promedio		0.8			

(\*\*) =Altamente significativo con una probabilidad de  $P \leq 0.01$ ; FV = fuentes de variación; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados medios; CM = cuadrados medios; C.V. = coeficiente de variación.



**Figura 11. Prueba de Duncan 5% para la variable altura de planta de doce genotipos de tomate, evaluadas en el Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas, durante la campaña agrícola 2018-2019.**

Las diferencias mostradas por los genotipos pueden atribuirse a las características genéticas, a pesar que en los promedios de altura entre genotipos no difieren ampliamente. Al respecto Villarreal (1982), indica que las características de crecimiento están controladas

genéticamente, así las variedades de crecimiento están controladas por un gen simple recesivo.

Alcázar, (1997), mencionado por Condori (2009), determinaron en diferentes experiencias, alturas de plantas que van desde 0.67 m hasta 2.16 m de altura. En los registros del ensayo, se consideran alturas que van desde 0.56 a 1.66 m, por otra parte, un trabajo de tesis realizado en el centro experimental de Cota Cota, referente a la altura de planta obtuvo resultados de 153.3 m, para la variedad TM 959 y 132.72 m, para la variedad TM 962 (Castro, 2007).

#### 4.2.2.2. Número de días a la floración (NDF)

Según los datos del análisis de varianza para la variable días a la floración al 50% que se presenta en el Cuadro 4, observamos que no existen diferencias estadísticas significativas entre los doce genotipos de tomate ( $Pr > F = 0.573$ ). Así mismo se tuvo un coeficiente de variación igual a 9.29 % por lo que este valor muestra que los datos son confiables (<30 %). Las diferencias no significativas de los genotipos probablemente se deban al material genético de cada especie en respuesta a los diferentes factores ambientales como la temperatura, luz, riego, fertilización.

**Cuadro 4. Análisis de varianza para la variable número de días a la floración de doce genotipos de tomate, evaluada durante la campaña agrícola 2018-2019.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
<b>Genotipo</b>	11	91.639	8.331	0.880	0.573 NS
<b>Error</b>	24	228.000	9.500		
<b>C.V. (%)</b>		9.29			
<b>Promedio</b>		33			

NS = no significativo; FV = fuentes de variación; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados medios; CM = cuadrados medios; C.V. = coeficiente de variación.

#### 4.2.2.3. Días a la madurez (DM)

El cuadro 5 de análisis de varianza, muestra que el coeficiente de variación fue 1.96 %, así mostrando un grado de confiabilidad aceptable. Pero se puede apreciar que no existen diferencias significativas para la variable días a la madurez entre los doce genotipos de tomate.

**Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable días a la madurez de doce genotipos de tomate, evaluada durante la campaña agrícola 2018-2019.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
<b>Genotipo</b>	11	97.000	8.818	2.200	0.051 NS
<b>Error</b>	24	96.000	4.000		
<b>C.V. (%)</b>		1.96			
<b>Promedio</b>		102			

NS = no significativo; FV = fuentes de variación; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados medios; CM = cuadrados medios; C.V. = coeficiente de variación.

#### 4.2.2.4. Días a la cosecha (DC)

El Cuadro 6 de análisis de varianza, muestra que el coeficiente de variación es de 2.80 %, valor que es inferior al 30 %, por lo que los datos son confiables y está dentro del rango de aceptación. Así mismo para la variable días a la cosecha, no se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los doce genotipos de tomate.

**Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable días a la cosecha de doce genotipos de tomate, evaluada durante la campaña agrícola 2018-2019.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
<b>Genotipo</b>	11	124.31	11.30	1.27	0.3003NS
<b>Error</b>	24	214	8.92		
<b>C.V. (%)</b>		2.80			
<b>Promedio</b>		106			

NS = no significativo; FV = fuentes de variación; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados medios; CM = cuadrados medios; C.V. = coeficiente de variación.

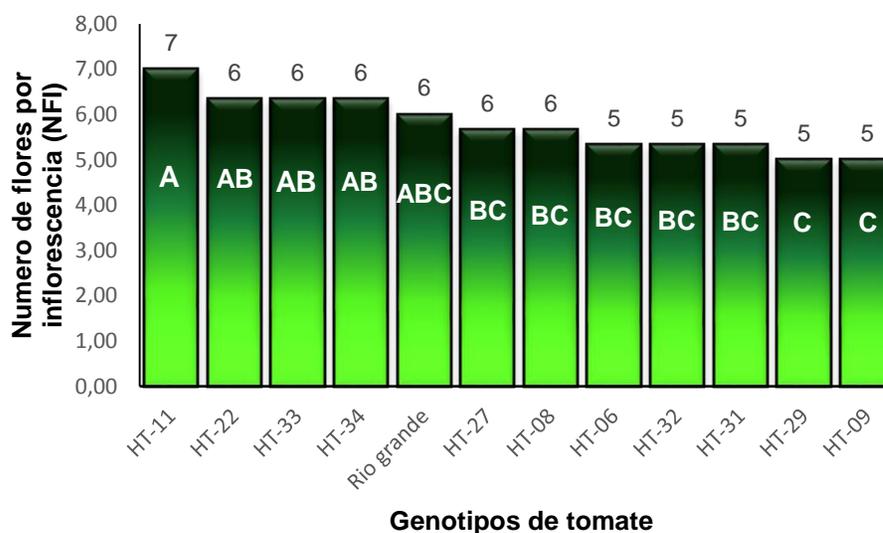
#### 4.2.2.5. Número de flores por inflorescencia (NFI)

De acuerdo al análisis de varianza para la variable número de flores por inflorescencia como se muestra en el Cuadro 7, existen diferencias altamente significativas para los genotipos de tomate en estudio. También se muestra un coeficiente de variación de 9.57 % lo cual nos señala que los datos obtenidos se encuentran dentro de los parámetros de confiabilidad.

**Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable número de flores por inflorescencia de doce genotipos de tomate, evaluada durante la campaña agrícola 2018-2019.**

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Genotipo	11	12.889	1.172	3.830	0.003**
Error	24	7.333	0.306		
C.V. (%)		9.57			
Promedio		5.8			

(\*\*) =Altamente significativo con una probabilidad de  $P \leq 0.01$ ; FV = fuentes de variación; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados medios; CM = cuadrados medios; C.V. = coeficiente de variación.



**Figura 12. Prueba de Duncan 5% para la variable número de flores por inflorescencia de doce genotipos de tomate, evaluadas en el Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas, durante la campaña agrícola 2018-2019.**

La Figura 12, ilustra la prueba de Duncan al 5% de significancia, determinando tres grupos estadísticamente diferentes para la variable número de flores por inflorescencia, se puede apreciar que el genotipo HT-11 es superior con 7 flores por inflorescencia de los genotipos HT-09, HT-29, HT-31, HT-32 y HT-06, con 5 flores; pero no presenta diferencias significativas entre los genotipos HT-22, HT-33 y HT-34, con 6 flores por inflorescencia.

Estos resultados que se obtuvieron posiblemente sean a que la floración ocurrió en los meses de octubre a noviembre, en el cual se presentaron fluctuaciones de 32 a 36° C, que superaron el rango permitido, por lo cual se produjo aborto floral.

Al respecto Went (1957), señala que altas temperaturas provocan un mayor crecimiento del estilo provocando una exposición del estigma fuera del tubo polínico causando una polinización anormal por deficiente cantidad de polen que llega al estigma provocando fallas en cuaje y aumentando el porcentaje de aborto floral.

Por otra Gonzales (2006), indica que en la planta de tomate con frecuencia suele presentarse el fenómeno de la abscisión o caída de flores, que es debido a temperaturas muy bajas o muy altas, también a fenómenos fisiológicos o aspectos morfológicos.

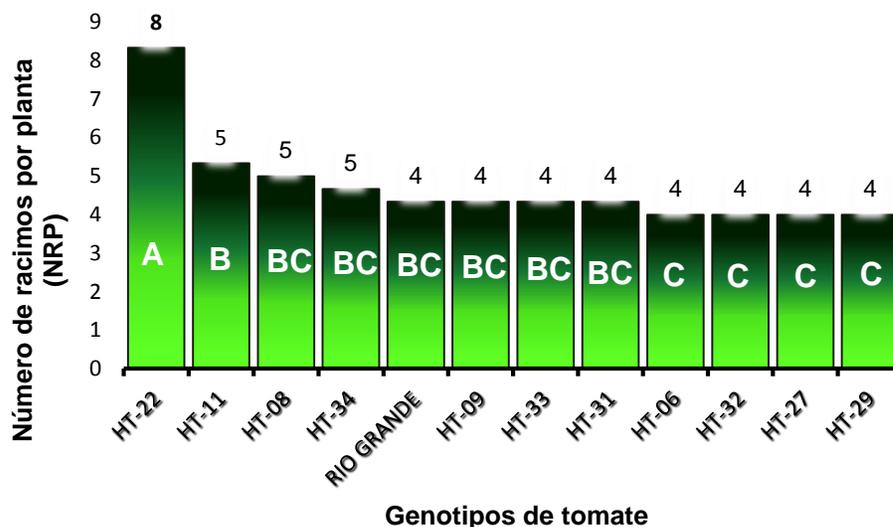
#### 4.2.2.6. Número de racimos por planta (NRP)

El análisis de varianza del Cuadro 8, muestra que para la variable número de racimos por planta existen diferencias altamente significativas entre los doce genotipos de tomates  $P > F = 0.0001$ ; de la misma manera, el coeficiente de variabilidad fue 14.12 %, evidenciando que los datos están dentro de los rangos estadísticos aceptables.

**Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable número de racimos por planta de doce genotipos de tomate, evaluada durante la campaña agrícola 2018-2019.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
<b>Genotipo</b>	11	48.556	4.414	9.930	<,0001
<b>Error</b>	24	10.667	0.444		
<b>C.V. (%)</b>		14.12			
<b>Promedio</b>		4.8			

(\*\*) =Altamente significativo con una probabilidad de  $P \leq 0.01$ ; FV = fuentes de variación; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados medios; CM = cuadrados medios; C.V. = coeficiente de variación.



**Figura 13. Prueba de Duncan 5% para la variable número de racimos por planta de doce genotipos de tomate, evaluadas en el Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas, durante la campaña agrícola 2018-2019.**

Según la prueba de Duncan al 5% de significancia Figura 13, identifiqué tres grupos estadísticamente diferentes, el primer grupo se encuentra HT-22 con 8 racimos por planta, mientras que los genotipos HT-29, HT-27, HT-32 y HT-06 registraron 4 racimos por planta siendo los más bajos. La mayor cantidad de racimos del genotipo HT-22 se puede atribuir a su heredabilidad, que se expresa en un buen número de racimos, por otro lado, la asimilación de los nutrientes en la etapa vegetativa influyó en este genotipo.

Gonzales (2006), indica que el número de inflorescencia es un factor determinado por las características genéticas, así los de crecimiento determinado poseen la inflorescencia junto a cada hoja o cada dos hojas, las variedades indeterminadas tienen inflorescencia más espaciada.

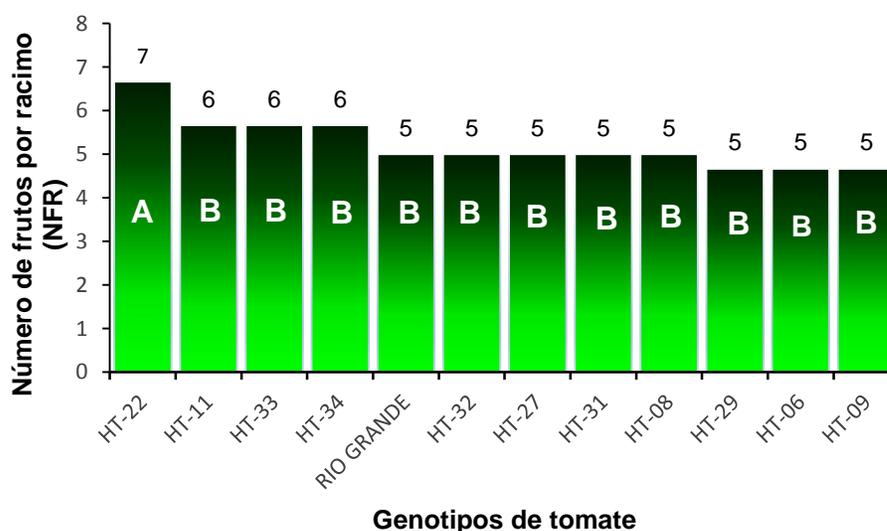
#### **4.2.2.7. Número de frutos por racimo (NFR)**

En el análisis de varianza del Cuadro 9, se observa que existe diferencias significativas entre los genotipos para la variable número de frutos por racimo. El coeficiente de variación fue de 10.09 %, lo cual indica que el ensayo se condujo dentro de los parámetros estadísticos de aceptación.

**Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable número de frutos por racimo de doce genotipos de tomate, evaluada durante la campaña agrícola 2018-2019.**

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Genotipo	11	11.556	1.051	3.780	0.003**
Error	24	6.667	0.278		
C.V. (%)		10.09			
Promedio		5.2			

(\*\*) =Altamente significativo con una probabilidad de  $P \leq 0.01$ ; FV = fuentes de variación; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados medios; CM = cuadrados medios; C.V. = coeficiente de variación.



**Figura 14. Prueba de Duncan 5% para la variable número de frutos por racimo de doce genotipos de tomate, evaluadas en el Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas, durante la campaña agrícola 2018-2019.**

La Figura 14, muestra la prueba de Duncan al 5% de significancia, para el número de frutos por racimo de los doce genotipos de tomate. En el cual se determinó la formación de dos grupos diferenciados estadísticamente, donde el genotipo HT-22 con 7 frutos por racimo, registra superioridad en relación a los genotipos rio grande, HT-32, HT-27, HT-31, HT-08, HT-29, HT-06, HT-09, los cuales registraron 5 frutos por racimo.

El número de frutos por racimo tiene una directa relación con el número de inflorescencias. El número de flores por racimo, está determinado por las características genéticas, en cada racimo es posible que se formen hasta 50 flores por racimo, dependiendo de cada variedad (Rodríguez, 1989).

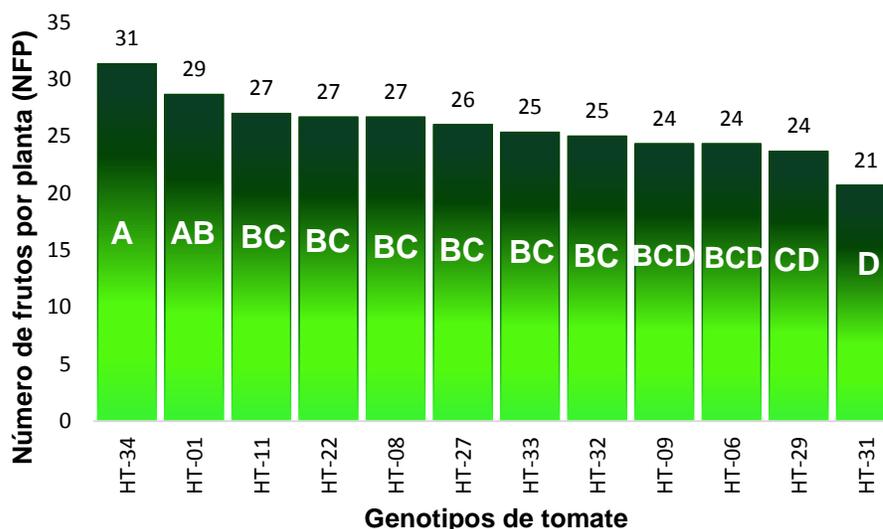
#### 4.2.2.8. Número de frutos por planta (NFP)

El Cuadro 10, el análisis de varianza, muestra que el coeficiente de variación es de 8.95 %, valor que es inferior al 30 %, por lo que los datos son confiables y está dentro del rango de aceptación. Así mismo para la variable número de frutos por planta de los doce genotipos de tomate se encuentran diferencias altamente significativas ( $Pr > F = 0.002$ ).

**Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable número de frutos por planta de doce genotipos de tomate, evaluada durante la campaña agrícola 2018-2019.**

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Genotipo	11	233.639	21.240	3.980	0.002**
Error	24	128.000	5.333		
C.V. (%)		8.95			
Promedio		26			

(\*\*) =Altamente significativo con una probabilidad de  $P \leq 0.01$ ; FV = fuentes de variación; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados medios; CM = cuadrados medios; C.V. = coeficiente de variación.



**Figura 15. Prueba de Duncan 5% para la variable número de frutos por planta de doce genotipos de tomate, evaluadas en el Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas, durante la campaña agrícola 2018-2019.**

De acuerdo a la prueba de Duncan Figura 15, muestra que existen diferencias significativas para la variable número de frutos por planta de los doce genotipos de tomate, se puede

apreciar que se tiene cuatro grupos, de los cuales los genotipos que se destacaron con mayor promedio fueron los genotipos HT-34, HT-01 y HT-11 con promedios de 31, 29 y 27 frutos por planta respectivamente, siendo superiores a los registrados por los otros genotipos, por otra parte los genotipos HT-32, HT-09, HT-29 y HT-31 no reportaron significancia comparadas entre estas, siendo sus promedios de frutos por planta más bajos con 25, 24 y 21 frutos por planta.

El promedio general fue de 26 frutos/planta, al respecto Chuca (2015), al evaluar el comportamiento agronómico de diez variedades introducidas de tomate en el municipio de Chimoré, obtuvo 34 frutos/planta, este valor fue superado a los resultados obtenidos en la presente investigación.

Ponce (1995), indica que el número de frutos por planta se asocia a las partes morfológicas de éstas; así, el número depende en gran medida del tipo de inflorescencias que posean los cultivares, ya sean simples o compuestas.

Según Antonio y Solís (1999), el número de frutos afecta el tamaño, el cual se ve también influenciado cuando hay temperaturas altas mayores de 30 °C puede ocurrir una mala o nula fecundación y, por lo tanto, los que tienen una mala fecundación no tienen una gran cantidad de semillas, en consecuencia, se obtienen frutos pequeños y mal formados.

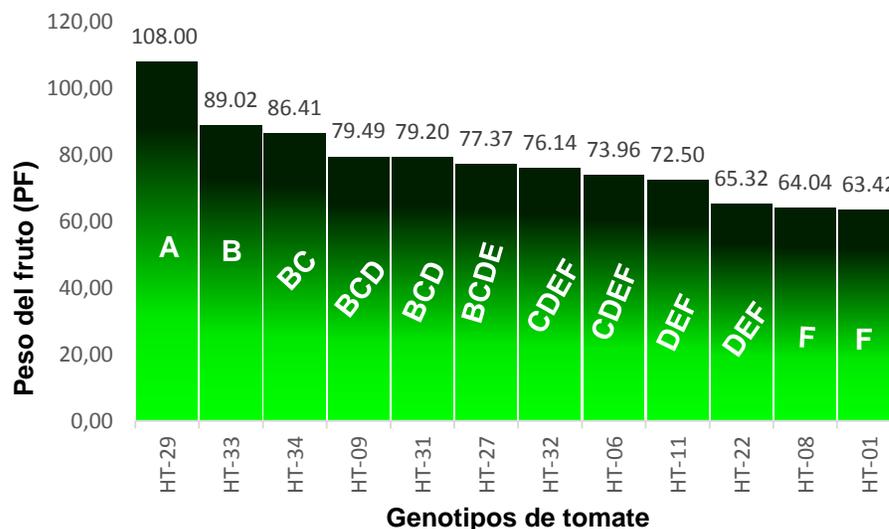
#### 4.2.2.9. Peso del fruto (PF)

Los datos del análisis de varianza para la variable peso de fruto en el Cuadro 11, muestran diferencias altamente significativas a un nivel de significancia 0.01 en los doce genotipos de tomate. Por otro lado, se muestra un coeficiente de variación de 8.71 %, que significa que está en un rango de aceptación.

**Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable peso del fruto de doce genotipos de tomate, evaluada durante la campaña agrícola 2018-2019.**

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
<b>Genotipo</b>	11	5143.799	467.618	10.160	<,0001**
<b>Error</b>	24	1104.169	46.007		
<b>C.V. (%)</b>		8.71			
<b>Promedio (g)</b>		78			

(\*\*) =Altamente significativo con una probabilidad de  $P \leq 0.01$ ; FV = fuentes de variación; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados medios; CM = cuadrados medios; C.V. = coeficiente de variación.



**Figura 4. Prueba de Duncan 5% para la variable peso del fruto de doce genotipos de tomate, evaluadas en el Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas, Cochabamba durante la campaña agrícola 2018-2019.**

A través de la prueba de Duncan al 5% de significancia, se identificaron 5 grupos diferentes para esta variable. En la Figura 16, el genotipo HT-29 con 108 g de peso, presentó el mayor promedio, seguido por los genotipos HT-33 y HT-34 con 89.02 y 86.41 g, en otro extremo los genotipos HT-22, HT-08 y HT-01, fueron los que tuvieron los promedios más bajos con 65.32, 64.04 y 63.42 g de peso.

La variación promedio del peso de frutos de los genotipos de tomate HT-29 y HT-01 fue significativa, siendo mejor el genotipo HT-29, logrando un peso máximo de 108 y 63.42 g respecto al genotipo HT-01. Probablemente se deba a la asimilación de los nutrientes en la etapa de fructificación el cual influyó principalmente en estos genotipos.

El peso promedio de fruto de tomate es una característica cuantitativa, están controladas por factores ambientales, estos factores ambientales influyen, lo cual hace que los resultados obtenidos presenten diferencias significativas entre los genotipos que corresponde a los pesos de fruto cosechados en los diferentes genotipos.

En estudios realizados por Gallardo (2008), obtuvo un peso máximo promedio de 81.10 g de peso de fruto, en este trabajo como se podrá apreciar se obtuvo un promedio de 78 g de peso de fruto. Por lo cual se encuentra dentro los rangos.

El peso y tamaño del fruto es muy importante en la clasificación de los frutos de tomate para la comercialización, porque representa la calidad y productividad de las variedades para posteriormente ser implantadas por el productor.

Corazón (2008), menciona que el tamaño de la planta está relacionado con un buen tamaño de frutos, parámetro que está influenciado por los factores genéticos, medio ambientales y nutritivos, también indica que el tamaño de los frutos tiene relación con la cantidad de polen caído sobre el estigma.

#### 4.2.2.10. Longitud del fruto (LF)

El análisis de varianza, para la variable longitud del fruto Cuadro 12, de los doce genotipos de tomate, se puede apreciar que no se reportaron diferencias significativas; el coeficiente de variación es  $< 30\%$  con un valor de  $7.98\%$  presentándose dentro de los rangos confiables, con media general de  $56\text{ mm}$  de longitud del fruto.

La no significancia puede ser atribuida a las características propias del cultivo en respuesta a diferentes factores ambientales. Al respecto Blanco (2007), menciona que cada especie tiene su propia descripción característica de acuerdo a su genotipo y al medio ambiente donde se encuentre.

**Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable longitud del fruto de doce genotipos de tomate, evaluada durante la campaña agrícola 2018-2019.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
<b>Genotipo</b>	11	210.362	19.124	0.960	0.509 NS
<b>Error</b>	24	480.060	20.002		
<b>C.V. (%)</b>		7.98			
<b>Promedio</b>		56			

N.S = no significativo; FV = fuentes de variación; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados medios; CM = cuadrados medios; C.V. = coeficiente de variación.

#### 4.2.2.11. Diámetro del fruto (DF)

De acuerdo al análisis de varianza para la variable diámetro de fruto Cuadro 13, se observa que no existe diferencias significativas entre los doce genotipos de tomate; el coeficiente de variación para esta variable es  $< 30\%$ , con un valor de  $6.67\%$  presentándose dentro los rangos confiables, con media general de  $46.9\text{ mm}$  de diámetro de fruto.

**Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable diámetro del fruto de doce genotipos de tomate, evaluada durante la campaña agrícola 2018-2019.**

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
<b>Genotipo</b>	11	150.326	13.666	1.390	0.239 NS
<b>Error</b>	24	235.505	9.813		
<b>C.V. (%)</b>		6.67			
<b>Promedio</b>		46.9			

N.S = no significativo; FV = fuentes de variación; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados medios; CM = cuadrados medios; C.V. = coeficiente de variación.

#### 4.2.2.12. Rendimiento (Kg/planta)

De acuerdo al análisis de varianza para el rendimiento peso de frutos por planta que se observa en el Cuadro 14, se encontró resultados no significativos entre los doce genotipos de tomate (Pr = 0.353), el coeficiente de variación es de 12.26 % esto es < 30 %, estando dentro del rango permisible de confiabilidad de los datos de la investigación, durante el desarrollo del cultivo.

La no significancia puede ser atribuida a las características propias del cultivo en respuesta a diferentes factores ambientales. Al respecto Van Haeff (1992), cada especie tiene su propia descripción característica de producción, de acuerdo a su genotipo y al medio ambiente donde se encuentren.

**Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable rendimiento de doce genotipos de tomate, evaluada durante la campaña agrícola 2018-2019.**

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
<b>Genotipo</b>	11	0.460	0.042	1.180	0.353 NS
<b>Error</b>	24	0.853	0.036		
<b>C.V. (%)</b>		12.26			
<b>Promedio</b>		1.54			

N.S = no significativo; FV = fuentes de variación; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados medios; CM = cuadrados medios; C.V. = coeficiente de variación.

#### 4.3. Análisis de correlación

La matriz de correlación entre cada par de caracteres cuantitativos se presenta en el Cuadro 15, donde se observa que seis coeficientes fueron altamente significativos ( $P \leq 0.01$ ) y cinco coeficientes denotados como significativos ( $P \leq 0.05$ ).

Entre las variables, con correlación positiva más alta correspondió a la altura de planta y número de racimos por planta ( $r=0.80$ ). Estas variables, en su orden están correlacionadas con número de frutos por racimo ( $r=0.42$ ), por lo cual, a mayor altura de planta, tienden a mayor desarrollo de estas variables. De la misma forma el número de flores por inflorescencia y número de frutos por racimo ( $r = 0.68$ ), a su vez estas variables están correlacionadas con número de frutos por planta ( $r = 0.31$ ), nos indica que a mayor número de flores por inflorescencia mayor será el número de frutos por planta.

**Cuadro 15. Análisis de correlación para las variables cuantitativas de doce genotipos de tomate, evaluadas en el Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas, Cochabamba.**

Variables	AP	NDF	NFI	NRP	NFR	DM	DC	NFP	PF	DF	LF	RDTO
AP	1											
NDF	-0.11	1										
NFI	0.22*	-0.12	1									
NRP	<b>0.80**</b>	-0.11	0.22*	1								
NFR	<b>0.42*</b>	.000	<b>0.68**</b>	<b>0.33*</b>	1							
DM	-0.12	0.12	-0.21*	-0.22*	-0.24*	1						
DC	.001	0.16	-0.11	-0.06	-0.14	<b>0.86**</b>	1					
NFP	0.14	-0.10	<b>0.31*</b>	0.17	0.15	-0.14	-0.06	1				
PF	<b>-0.27*</b>	-0.04	-0.05	-0.22*	-0.13	0.01	-0.14	-0.08	1			
DF	-0.18	-0.13	0.04	-0.21*	-0.01	0.04	-0.05	-0.03	<b>0.60**</b>	1		
LF	-0.21*	-0.22*	-0.08	-0.14	-0.18	0.02	0-08	0.02	<b>0.37*</b>	<b>0.48**</b>	1	
RDTO	-0.06	-0.10	0.11	-0.01	-0.11	.002	-.001	<b>0.62**</b>	0.03	-0.01	0.10	1

AP = Altura de planta (cm); NDF = Número de días a la floración; DM = Días a la maduración; DC = Días a la cosecha; NFI = Número de flores por inflorescencia; NRP = Número de racimos por planta; NFR = Número de frutos por racimo; NFP = Número de frutos por planta; PF = Peso del fruto (g); DF = Diámetro del fruto (mm); LF = Longitud del fruto (mm); y RDTO = Rendimiento (kg/planta); \* correlación significativa al 0.05; \*\* correlación altamente significativa al 0.01.

Entre las variables fenológicas se puede observar que días a la madurez presenta una correlación altamente significativa con días a la cosecha ( $r = 0.86$ ), el cual nos indica de una característica tardía para llegar a cosechar el fruto.

Por otra parte, la correlación positiva presenta la variable peso de fruto y diámetro de fruto ( $r = 0.60$ ). Estas variables, en su orden están correlacionadas con la longitud del fruto ( $r = 0.37$  y  $0.48$ ); por consiguiente, estos valores nos indican que existe una correlación positiva entre variables lo cual significa que un aumento en el diámetro y la longitud del fruto mayor será el peso del fruto.

Otra correlación de importancia fue para las variables número de frutos por planta el cual se asocian positivamente con rendimiento ( $r=0.62$ ), dando a inducir que cuando mayor sea el número de frutos por planta, incrementara el rendimiento.

Así mismo, se identificaron correlaciones negativas entre las variables donde la altura de planta tuvo una relación negativa con el peso del fruto ( $r= - 0.27$ ), indicando una relación inversa significativa entre estas variables, es decir a mayor altura de planta disminuye el peso del fruto.

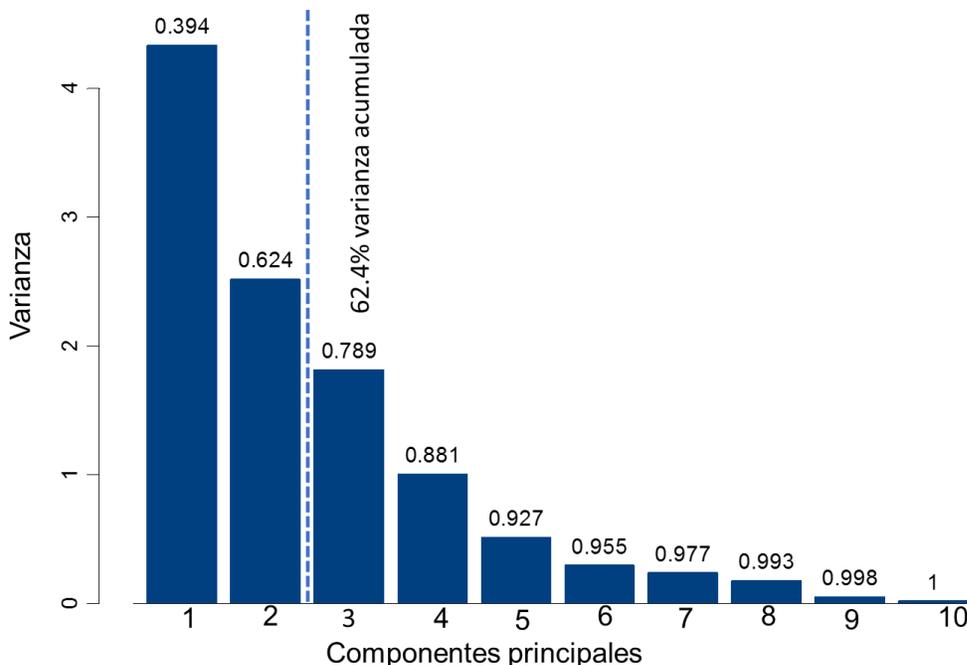
Torres (2014), en la caracterización morfológica identificó una alta correlación positiva entre número de flores con número de frutos ( $r=0.97$ ), así mismo peso unitario con diámetro del fruto ( $r=0.78$ ), es decir a mayor peso unitario se tendrá mayor diámetro de fruto. Por otra parte, demostró una correlación negativa ( $r=-0,57$ ) que indica que a mayor altura de planta se tendrá menor número de racimos, en el ensayo titulado Productividad de 63 híbridos de tomate (*Solanum lycopersicon* Miller) Introducidos en la Estación Experimental de Cota Cota.

Según Triola (2009), indica que la correlación positiva explica la fuerza y la dirección lineal que se establece entre cada par de variables.

#### **4.4. Análisis de componentes principales**

En este estudio se realizó el análisis de componentes principales, los cuales son interpretados en función a sus valores y vectores propios, cuya reducción del número de dimensiones originales, facilita explicar en forma más clara la relación existente entre individuos y variables, el cual está conformado por los dos primeros componentes (CP1 y CP2), que explican la varianza total acumulada.

Al respecto según Sánchez (1995) y Gonzales *et al.* (2010), sugieren que valores superiores al 50 % para los dos primeros componentes principales permiten interpretar confiablemente las correlaciones aproximadas que se presentan en el biplot. Por lo tanto, en la Figura 17, se puede indicar que los dos primeros componentes explican el 62.4 % de la varianza total acumulada, lo que permite observar en forma gráfica el decrecimiento de los primeros componentes en relación con los demás.



**Figura 5. Gráfico de sedimentación de los componentes principales, a la varianza en el estudio de los doce genotipos de tomate, evaluados durante la campaña agrícola 2018 - 2019, en el Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas, Cochabamba.**

En el Cuadro 16, se presenta el primer componente que contribuyó con el 39.4 % de varianza y según los coeficientes, se puede observar aquellas variables que más aportaron de forma positiva, los cuales tienden a formar mayor número de flores por inflorescencia, número de racimos por planta, número de frutos por racimo, número de frutos por planta y la altura de planta, a ello se suman las variables diámetro del fruto, longitud del fruto, peso del fruto (g) y días a la madurez que contribuyeron de forma negativa.

El segundo componente principal aportó con el 23 % de la varianza, donde las variables sobresalientes fueron: Número de días a la floración, días a la maduración y días a la cosecha estas contribuyeron de forma negativa, la variable diámetro del fruto y peso del fruto (g) aportaron de forma positiva.

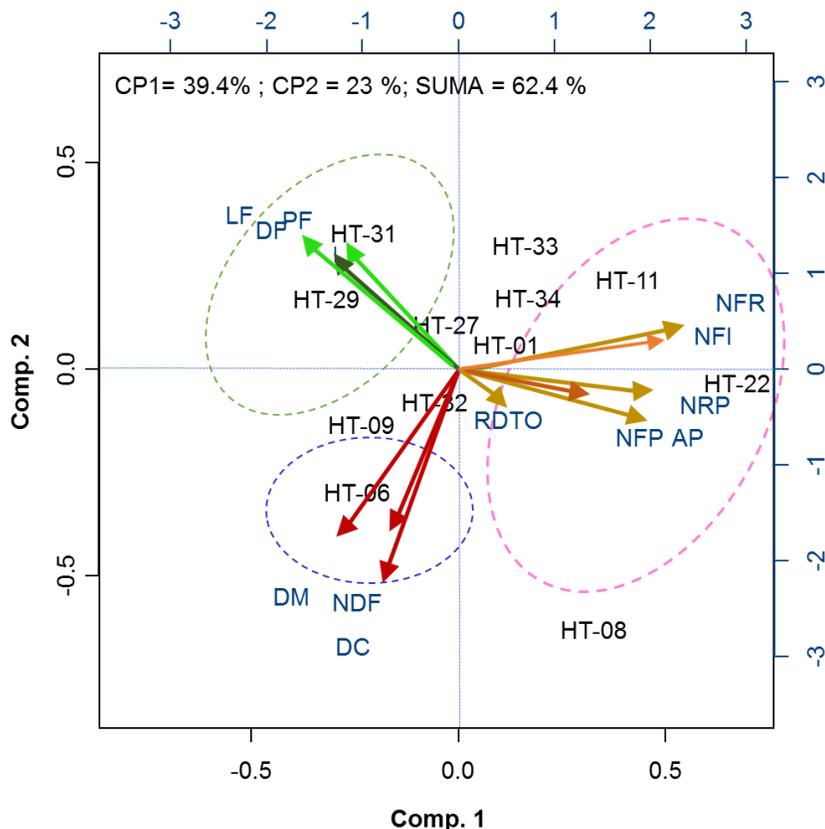
**Cuadro 16. Valores propios y correlación asociada a los dos primeros componentes principales de doce genotipos de tomate, evaluados en el Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas, Cochabamba durante la campaña agrícola 2018- 2019.**

<b>Componentes principales</b>	<b>C.P.1</b>	<b>C.P.2</b>
Valor propio	2.083	1.588
Varianza total explicada (%)	0.394	0.229
varianza acumulada (%)	0.394	0.624
<b>Variables</b>		
Altura de planta (cm)	<b>0.359</b>	-0.126
Número de días a la floración	-0.134	<b>-0.423</b>
Número de flores por inflorescencia	<b>0.389</b>	0.000
Número de racimos por planta	<b>0.385</b>	0.000
número de frutos por racimo	<b>0.440</b>	0.117
Días a la maduración	<b>-0.240</b>	<b>-0.443</b>
Días a la cosecha	-0.147	<b>-0.541</b>
Número de frutos por planta	<b>0.262</b>	0.000
Peso del fruto (g)	<b>-0.232</b>	<b>0.303</b>
Diámetro del fruto (mm)	<b>-0.263</b>	<b>0.299</b>
Longitud del fruto (mm)	<b>-0.282</b>	<b>0.309</b>
Rendimiento (kg/planta)	0.103	0.000

La Figura 18, muestra la representación gráfica Biplot para dos componentes principales, generados a partir de una matriz de base de datos, en donde se puede observar las proyecciones de las variables, La lectura se efectuó considerando la dirección, el ángulo que forman entre sí y la magnitud del vector.

De acuerdo a la Figura 18, se observa que las variables más vinculadas en forma positiva con el primer componente principal son el número de flores por inflorescencia, número de racimos por planta, el número de frutos por racimo, número de frutos por planta, rendimiento y la altura de planta (AP); y en forma negativa están aquellas variables fenológicas días a la madurez, número de días a la floración y días a la cosecha. Las variables más vinculadas al segundo componente en sentido positivo son el diámetro del fruto, longitud del fruto y el peso del fruto.

La proyección opuesta de las variables fenológicas sobre el primer componente en relación con las variables de productividad significa que los genotipos de tomate desarrollan un menor valor de este índice en la medida que tardan en florecer y madurar la cosecha será aún más tardía y por ende se tendrá una baja productividad; o también a medida que son más precoces desarrollan una mayor productividad.



**Figura 6. Análisis de componentes principales: BIPLLOT de interacción de variables y genotipos de tomate evaluadas en el Centro Nacional de Producción de Semilla de Hortalizas, Cochabamba en la campaña agrícola 2018-2019.**

Respectos al ángulo que forman entre si los vectores se puede observar el grado de asociación que forman entre las variables originales a través de la separación de los ángulos, se aprecia cierta tendencia entre las variables, es decir existe correlación entre caracteres que permiten diferenciar variables a nivel de grupos, las mismas se indican en la (Figura 18), en la cual se evidencia la correlación entre las variables número de flores por inflorescencia (NFI), número de frutos por racimo (NFR), número de racimos por planta (NRP), número de frutos por planta (NFP), altura de planta (AP) y el rendimiento por planta. Los genotipos de tomate vinculados a estas características son HT-22, HT-11, HT-33 y HT-34, los cuales presentan mayor desarrollo en los componentes de productividad, pero de menor diámetro y longitud de fruto. Sin embargo, se puede apreciar que las variables número de días a la floración, días a la maduración y días a la cosecha se encuentran correlacionadas, pero de manera inversa, lo cual indica que los genotipos que tienen mayor

número de flores por inflorescencia y número de frutos por planta son aquellos genotipos más precoces. Los genotipos vinculados a esta característica son HT-06, HT-09 y HT- 32. Podemos observar una tercera asociación entre las variables diámetro del fruto, longitud del fruto y peso del fruto el cual nos indica que mayor longitud y diámetro del fruto menor será la productividad. Los genotipos vinculados a esta característica son HT-29, HT-31 y HT-27.

De la misma forma la distancia de cada vector desde el punto de origen nos proporciona información del grado de importancia de cada variable, por lo tanto, las variables número de flores por inflorescencia, número de frutos por racimo y altura de planta son las más informativas y discriminantes, están seguidas por la longitud del fruto, diámetro del fruto, el peso del fruto, el número de días a la floración, días a la madurez y días a la cosecha.

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo con los datos expuestos en el presente trabajo, se evidenció una variabilidad entre los doce genotipos de tomate; esta variación puede ser influenciada por los factores medioambientales, edáficos y factores genéticos. Según los objetivos planteados y los resultados alcanzados se llegaron a las siguientes conclusiones:

Con el análisis descriptivo univariado, se describió el comportamiento agronómico de los genotipos de tomate con relación a las 12 variables cuantitativas, determinando mayor variabilidad existente entre los caracteres: peso del fruto, longitud del fruto, número de frutos por planta, días a la maduración, días a la cosecha. La variación del peso de fruto osciló entre 108 g en genotipos de mayor peso y 63.4 g en genotipos de menor tamaño. Los genotipos con mayor tamaño alcanzaron 59.5 mm mientras que los de menor tamaño 50.9 mm. Así también los genotipos más precoces alcanzaron 98 días a la cosecha mientras que las más tardías se cosecharon en 105 días en un rango de variación de 6.8 días. En cuanto al número de frutos por planta demostró un rango de variación de 10 frutos por planta.

Con el análisis de varianza y prueba de promedios de Duncan, se muestran que existe diferencias estadísticas significativas entre los doce genotipos de tomate para los caracteres: altura de planta, número de flores por inflorescencia, número de racimos por planta, Número de frutos por racimo y Número de frutos por planta y peso del fruto. Los genotipos que presentaron mayor altura fueron HT-22 con 1.66 cm, HT-08 y HT-11 con 0.94 y 0.82 cm. por otro lado el genotipo con menor altura fue rio grande con 0.56 cm. Para la variable número de frutos por planta, los genotipos con mayor fruto fueron HT-34, rio grande y HT-11 con 31,29 y 27 frutos por planta. El genotipo con menor fruto por planta fue HT-31 con 21 frutos. En cuanto al peso del fruto los genotipos sobresalientes fueron HT-29, HT-33 y HT-34 con 108, 89.02 y 86.41g.

A partir de la matriz de correlación de "Pearson", se determinó el grado de correlación entre las variables cuantitativas. El número de flores por inflorescencia, número de racimos por planta, y altura de planta estuvieron más correlacionados con el número de frutos por racimo; indicando que mientras mayor sea las variables mencionadas, se tendrá un mejor rendimiento. También se observó en el análisis de biplot a los genotipos HT-22, HT-11, HT-33, HT-01 y HT-34 que aportaron en el rendimiento.

Con el análisis de componentes principales (ACP) para datos cuantitativos, se estableció que el primer componente principal identificó a aquellos genotipos de menor longitud y diámetro, siendo estas las plantas más altas, con mayor número de flores por inflorescencia, mayor número de racimos y mayor número de frutos por racimo, los genotipos de tomate vinculados a estas características son HT-22, HT-11, HT-33 y HT-34, los cuales presentan mayor desarrollo en los componentes de productividad. El segundo componente identificó aquellos genotipos de mayor diámetro, longitud y espesor (más pesados), haciendo que el peso del tomate sea mayor, los genotipos vinculados a estas características son HT-31 y HT-29.

Así mismo la distancia de cada vector desde el punto de origen nos proporciona información del grado de importancia de cada variable, por lo tanto, las variables número de flores por inflorescencia, número de frutos por racimo y altura de planta son las más informativas y discriminantes, están seguidas por la longitud del fruto, diámetro del fruto, el número de días a la floración, días a la madurez y días a la cosecha.

## 6. RECOMENDACIONES

En base a los objetivos, resultados y conclusiones del presente trabajo, se pueden formular las siguientes recomendaciones:

Siendo el mejoramiento genético de plantas un tema muy amplio, para incrementar el rendimiento en genotipos de tomate, se recomienda seleccionar al genotipo HT-22 por las siguientes características: altura de planta, número de flores por inflorescencia, número de racimos por planta y número de frutos por racimo; para el genotipo HT-34 por número de flores por inflorescencia, número de frutos por planta y peso del fruto; para el genotipo HT-11 por número de flores por inflorescencia, número de racimos por planta, número de frutos por racimo y número de frutos por planta.

De acuerdo a los resultados del análisis de correlación y de biplot, según las características asociadas a la productividad; número de flores por inflorescencia, número de racimos por planta, y altura de planta estuvieron más correlacionados con el número de frutos por racimo; indicando que mientras mayor sea las variables mencionadas, se tendrá un mejor rendimiento. Por lo tanto, es recomendable la utilización de los siguientes genotipos: HT-22, HT-11, HT-33, HT-01 y HT-34 ya que estos genotipos aportan al rendimiento.

Se recomienda dar continuidad y seguimiento con la exploración de los genotipos seleccionados, en las posteriores campañas agrícolas, con el propósito de obtener una guía confiable en la adopción o liberación como una nueva variedad para las siguientes generaciones, a fin de consolidar los resultados obtenidos.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, L. y S. Pistorale. 2009. Evaluación de los componentes del rendimiento en semilla mediante coeficientes de sendero en poblaciones de agropiro alargado. Agriscientia. Place Published, (en línea): pp. 55-56. Consultado 03 de octubre de 2017. Disponible en [www.scielo.org.ar/agrisc/v26n2/art03.pdf](http://www.scielo.org.ar/agrisc/v26n2/art03.pdf)
- Alcázar, V. 1997. Evaluación Agronomica de trece variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.); Tesis de Grado Fac. agronomía – U.M.S.A. La Paz- Bolivia.
- Antonio, A. Solis, V. 1999. Evaluación del rendimiento, calidad, precocidad y vida de anaquel de 21 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero, México. pp. 85.
- Astegiano, E., M. Hermann, G. Leurino, y J. Menegon. 2003. Comportamiento de componentes de productividad y rendimiento de cultivares. Rev. FAVE - Ciencias Agrícola 2.
- Baron, C; Maradei, F;Bares, C. 2012. Componentes de calidad en el tomate. Consultado 13-08-2017. Disponible en <http://www.alimentacion.enfasis.com/articulos/65722-componentes-calidad-el-tomate>
- Blanco, M. 2007. Aplicación de abono liquido en el cultivo ecológico del tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller), variedad cherry en condiciones de campo; Tesis Fac. Agronomía. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés 102 p.
- Caballero, W. 1975. Introducción a la estadística. 3ra ed. IICA. Puerto rico.284 p.
- Castro, R. 2007. Rendimiento de tomates híbridos (*Lycopersicum sculentum*) bajo sistema hidropónico en sustrato en el centro experimental de Cota Cota; Tesis Fac. Agronomía. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés 75 p.
- Cámara de comercio de Bogotá. 2015. Manual de Tomate. Bogotá.
- Cayuela, L. 2010. Análisis Multivariante (En línea). España. Consultado 20 agosto. 2018. Disponible en <http://158.49.96.73:8080/documenta/bitstream/00000001/27/1/6-Analisis%20multivariante.pdf>

- CIAT (Centro de Investigación Agrícola y Tropical) 2013. Manual del cultivo de tomate para pequeños productores de los valles. Gobierno Departamental Prefectura de Santa Cruz-Bolivia.
- Condori, H. 2009. Evaluación agronómica de diez híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller) en la localidad de Mizque; Tesis Fac. Agronomía. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés 110 p.
- Corazón, F. 2008. Efecto de dos métodos de trasplante en la producción de dos variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller) en la provincia sud yungas del departamento de La Paz; Tesis Fac. Agronomía. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés 81 p.
- Cruz, C. D. y A. J. Regazzi. 1997. Modelos biométricos aplicados de mejoramiento genético. 2ª ed. Ediciones Universidad Federal de Vicosa. Vicosa, MG, Brasil. 390 p.
- FAOSTAT. 2019. FAO STAT data of Agriculture Organization of the United Nations. Agricultural production 2014. Rome. Consultado 27 de junio de 2017.
- LA FAO. 1989. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Los fertilizantes y su empleo. 3ª ed. Roma. Italia. 31-32 p.
- Franco; Hidalgo, R. 2003. Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Filogenéticos. Cali, CO. IPGRI (Instituto internacional de recursos Filogenéticos). 89 p.
- Gallardo, J. 2008. Evaluación de dos densidades de plantación y número de ejes en la producción de tomate (*Lycopersicum esculentum* Miller); en la provincia Sud Yungas. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz-Bolivia 71 p.
- González, A.; Pérez, P. de J.; Sahagún, J.; Franco, O.; Morales, E.J.; Rubí, M.; Gutiérrez, F. y Balbuena, A. 2010. Aplicación y comparación de métodos univariados para evaluar la estabilidad en maíces del Valle Toluca-Atlacomulco, México. Agron. Costarricense. 34

- González, A. 2006. Aplicación de abono orgánico líquido en el cultivo de tomate (*Lycopersicum sculentum* L.). bajo ambiente protegido en la localidad de choquenaira; Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz-Bolivia. 99 p.
- Huerres, C. 1991. Horticultura. Ediciones Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana, Cuba. 105 p.
- Ibáñez, M; Cavanagh, M; Bonamico, N; y Di Renzo, M. 2006. Análisis gráfico mediante biplot del comportamiento de híbridos de maíz. INTA, Argentina. RIA. 83-93 p.
- INFOAGRO, (Informacion Tecnica Agricola) 2004. Cultivo de tomate. 03 de agosto de 2017. Disponible en: [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com).
- INIAF, (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal) 2016. Plan de implementación y avances del proyecto nacional de hortalizas. La Paz, Bolivia. 46 p.
- INIAF, (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal) 2016. Protocolo de Producción de semilla para el cultivo de Tomate. Cochabamba, Bolivia. 24 p.
- IPGRI. 1996. Descriptores para el tomate (*Lycopersicon spp.*). International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). 49 p.
- Jaramillo, J., Rodríguez. P., Guzmán, M., Zapata, M., & Rengifo, T. 2007. Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. Medellín, Colombia: CTP Print Ltda.
- Jaramillo, J. y Arias, M. 1997. ICA Hortalizas, Manual de Asistencia Técnica No 28.
- Juscafresca, B. 1987. Tomates, Pimientos y Berenjena. Barcelona, España. AEDOS. 7-71 p.
- Layme, V. 2005. Aplicacion de abono diluido de gallinaza en el cultivo de tomate (*Lycopersicum sculentum*), bajo ambientes protegidos en Achocalla; Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 93 p.

- Chuca, I. 2015. Evaluación del comportamiento agronómico de diez variedades introducidas de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) en el municipio de Chimoré del trópico de Cochabamba ciclo otoño-invierno; Tesis Facultad de Agronomía. Cochabamba-Bolivia. P.68
- Mac Cormick, T. y H. Paccapelo. 2003. Caracteres de selección indirecta para el rendimiento de tomate en líneas experimentales. J. Basic and Applied Genetics 15. Santa Rosa, Argentina.
- Málaga, U. 2008. Bioestadística: Métodos y aplicaciones. Medidas descriptivas. p. 39-68.
- MDRyT (Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras). 2017. Manual técnico de producción de tomate con enfoque de buenas prácticas agrícolas. La Paz-Bolivia. p.14.
- Meruvia, P. 1991. Coeficientes de sendero en la producción de líneas de tomate resistentes al calor; Universidad Mayor de San Simón. Facultad de Agronomía. Cochabamba-Bolivia. Universidad Mayor de San Simón 140 p.
- Morales, V. 2011. Correlación y regresión, simple y múltiple. Universidad Pontificia Comillas. Facultad de Ciencias Humanas y Sociales (en línea). Madrid, España. 24 p. Consultado 5 mar. 2014. Disponible en <http://www.upcomillas.es/personal/peter/inv./AnálisisMultivariado>
- Rodríguez, R. 1989. Cultivo Moderno del Tomate Reimpresión. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid – España. Pp18-19.
- Rojas, F. 2001. Catálogo de Plantas. Texto de Taxonomía Vegetal; Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz- Bolivia. 18 p.
- Rojas, H. 2008. Manejo sostenible del cultivo de tomate. Guía de recomendaciones técnicas. 3ra ed. La Paz, Bolivia.
- OAP. 2017. Observatorio Agroambiental Productivo. Bolivia. Disponible en <http://200.87.150.244.8080/birt/repot/index.jsp/>
- Ochoa, R. 2008. Bioestadística. La Paz, Bolivia. 245 p.
- Ochoa, R. 2009. Diseños experimentales. La Paz-Bolivia. 388 p.

- Torrez, V. 2014. Productividad de 63 híbridos de tomate (*Solanum lycopersicon* Miller) introducidos en la Estación Experimental de Cota Cota; Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz-Bolivia. 199 p.
- Triola, MF. 2009. Estadística. Trad. LE Pineda. Ed. R Fuente. 10ma ed. México. PEARSON-Educación. 904
- Valencia, H. 2008. Biogeografía de la Provincia Tiraque. Cochabamba-Bolivia. 230 p.
- UPOV. 2011. directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad: Tomate (*Lycopersicum esculentum* L.). Unión Internacional Para La Protección De Las Obtenciones Vegetales (UPOV). 72 p.
- Usnayo, 2016. Efecto de la aplicación del ácido giberelico sobre el rendimiento del cultivo de tomate en la producción otoño- invierno en ambiente protegido; Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía. La Paz-Bolivia. 63 p.
- Valencia, R. 2010. Respuesta diferencial de variedades de soya a la asociación simbiótica con cepas de *Bradyrhizobium japonicum*, en oxisoles de la Orinoquia Colombiana. Tesis Ph.D.-Universidad Nacional De Colombia.
- Van Haeff, N. 1992. manual para la producción agropecuaria tomates. Editoriales trillas. México D.F. 45-48 p.
- Villarreal, R. 1982. Tomates tradicionales. San José, Costa Rica. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). P184-186.
- Villca, L. 2013. Riego deficitario en el cultivo de tomate (*Lycoperssicum esculentum* Mill), en el municipio de Luribay; Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz- Bolivia. 97 p.
- Yan, W. 2001. GGE biplot a Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. Agron. J. p. 1111-1118.
- Yan, W; Hunt, L; Sheng, Q. y Szlavnics, Z. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. Crop Science. 597-605 p.
- PDM. 2006. Plan De Desarrollo Municipal – Sipe Sipe. H. Alcaldía Municipal de Sipe Sipe. 92 p.

Sánchez, F. C.F. 2011. Evaluación participativa de cuatro líneas y tres variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.), resistentes a sequía, en dos épocas de siembra y en invernadero, en la Espech, Riobamba, provincia de Chimborazo. Tesis Ing. Agr. Riobamba, Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Sobrino, E. 1989. Hortalizas de Flor y de Fruto. 1ra Edición. Ed. Adeos Barcelona – España. p.65-72

Wering, P; Patrick, J.1975. Source-sink relations and partition of assimilates; photosynthesis and productivity in different environments.481-4. p.

## **8. ANEXOS**

### Anexo 1. Plántulas de doce genotipos de tomate con 3-5 hojas verdaderas en almaciguera



### Anexo 2. Descripción del Plan de fertirriego por cinco días a la semana aplicados en la evaluación de los genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill).

Nutrientes	N	P	K	Ca	Mg	S
Requerimiento	150	300	300	80	50	50
<b>Fertirriego</b>						
Elemento	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total/semana
Ácido fosfórico (gr)	250	44	250	44	250	838
Nitrato de calcio (gr)	384		384		384	1152
Sulfato de magnesio(gr)		391		391		782
Nitrato de potasio(gr)		333		333		666
Urea(gr)					326	326

**Anexo 3. Aplicación de productos fitosanitarios en doce genotipos de tomate, evaluada durante la campaña agrícola 2018-2019.**

<b>Nombre comercial</b>	<b>Ingrediente activo</b>	<b>Dosis 20 l de agua</b>	<b>Tipo</b>	<b>Plaga o enfermedad</b>
Spartaco	Cartap	40 cc	Insecticida	Polilla del tomate
Sulfure	azufre elemental (S)	20 cc	Fungicida	Oídio y ácaros
Cypermethrin	Cipermetrina	10 cc	Insecticida	Moscas, mosquitos, cucarachas, piojos, arañas, hormigas.
Bellis	Estrobilurina y carboxamida	12 g	Fungicida	Oídio y tizón temprano
Impacto		7 g	Insecticida	
Bellis	Metiram y Pyraclostrobin	12 g	Fungicida	Tizón temprano
Lorbans plus	Clorpirifos y cipermetrina	35 cc	Insecticida	Polilla, pulgones
Bellis	Estrobilurina y carboxamida	12 g	Fungicida	Tizón temprano
Fastac	Alfacipermetrina	12 cc	Insecticida	Pulgones, mosca blanca
Cabrio top	Metiram y Pyraclostrobin	70 g	Fungicida	Tizón temprano
Engeo	Thiamethoxam y lambdacihalotrina	15 cc	Insecticida	Polillas, pulgones
Cobrethane	Mancozeb	70 g	Fungicida	Tizón temprano
Sulfure	Clorfenapir	10 cc	Insecticida	Polilla del tomate
Bellis	Estrobilurina y carboxamida	12 g	Fungicida	Tizón temprano
Gomax		10 cc	Adherente	

**Anexo 4. Control de la mosca blanca (*Trialeurodes vaporarorium*), mediante trampas amarillas adhesivas**



**Anexo 5. Fotografía de campo experimental**

