

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**POSGRADO**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN AGRONOMÍA CON  
MENCIÓN EN NUTRICIÓN VEGETAL**

**MODALIDAD DE TITULACIÓN MEDIANTE INFORME DE  
INVESTIGACIÓN**

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado académico de  
Magíster en Agronomía con mención en nutrición vegetal

Tema: EVALUACIÓN DE GRADOS BRUX COMO  
HERRAMIENTA PARA DETERMINAR EL PUNTO ÓPTIMO DE  
COSECHA CON DOS APLICACIONES DE K EN TOMATE  
(*Solanum lycopersicum* M.), EN SAN ANTONIO DE PICHINCHA,  
QUITO, ECUADOR

Autor: Ing. José Miguel Silva Barrera

Director: Ing. Agr. José L. Pantoja, Ph.D.

Ambato – Ecuador

2021

**A LA UNIDAD ACADÉMICA DE TITULACIÓN DE LA FACULTAD DE  
CONTABILIDAD Y AUDITORÍA**

El Tribunal receptor del Trabajo de Investigación, presidido por el Ingeniero Marco Oswaldo Perez Salinas Ph.D., e integrado por los señores Ingeniero Segundo Euclides Curay Quispe Ph.D. e Ingeniero José Hernán Zurita Vásquez Mg., designados por la Unidad Académica de Titulación de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Investigación con el tema: **EVALUACIÓN DE GRADOS BRIX COMO HERRAMIENTA PARA DETERMINAR EL PUNTO ÓPTIMO DE COSECHA CON DOS APLICACIONES DE K EN TOMATE (*Solanum lycopersicum* M.), EN SAN ANTONIO DE PICHINCHA, QUITO, ECUADOR**, elaborado y presentado por el señor Ingeniero. José Miguel Silva Barrera, para optar por el Grado Académico de Magíster en Agronomía con Mención en Nutrición Vegetal; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Investigación; el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.



Firmado electrónicamente por:  
**MARCO OSWALDO  
PEREZ SALINAS**

Ing. Marco Oswaldo Pérez Salinas, Ph.D.  
**Presidente del Tribunal**



Firmado electrónicamente por:  
**SEGUNDO  
EUCLIDES CURAY  
QUISPE**

Ing. Segundo Euclides Curay Quispe, Ph.D.  
**Miembro del Tribunal**



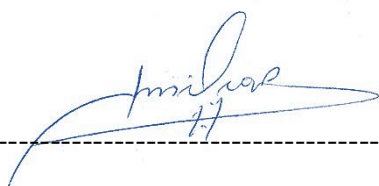
Firmado electrónicamente por:  
**JOSE HERNAN  
ZURITA  
VASQUEZ**

Ing. José Hernán Zurita Vásquez, Mg.  
**Miembro del Tribunal**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

**AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Investigación, presentado con el tema: “EVALUACIÓN DE GRADOS BRIX COMO HERRAMIENTA PARA DETERMINAR EL PUNTO ÓPTIMO DE COSECHA CON DOS APLICACIONES DE K EN TOMATE (*Solanum lycopersicum* M.), EN SAN ANTONIO DE PICHINCHA, QUITO, ECUADOR”, le corresponde exclusivamente a: José Miguel Silva Barrera, Autor bajo la Dirección del Ing. Agr. José L. Pantoja, Ph.D., Director del Trabajo de Investigación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.



Ing. José Miguel Silva Barrera  
c.c.: 1721786885  
**AUTOR**



Ing. Agr. José L. Pantoja, Ph.D.  
c.c. 1002587564  
**DIRECTOR**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

### **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Investigación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ing. José Miguel Silva Barrera  
c.c.: 1721786885

**ÍNDICE GENERAL**

ÍNDICE GENERAL .....	VI
ÍNDICE DE TABLAS .....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE ANEXOS .....	X
ABREVIACIONES .....	XI
AGRADECIMIENTOS .....	XII
DEDICATORIA.....	XIII
RESUMEN EJECUTIVO .....	XIV
EXECUTIVE SUMMARY .....	XVI
CAPÍTULO I.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3. OBJETIVOS .....	3
1.3.1. General.....	3
1.3.2. Específicos .....	4
CAPÍTULO II.....	5
2.1. EL TOMATE .....	6
2.1.1. Generalidades y características .....	6
2.1.2. Fertilización y nutrición.....	8
2.2. FERTILIZACIÓN POTÁSICA DEL TOMATE .....	10
2.3. GRADOS BRIX COMO DETERMINANTE DEL PUNTO ÓPTIMO DE COSECHA .....	13
2.4. PRECIO DEL TOMATE EN EL MERCADO LOCAL .....	15
CAPÍTULO III .....	17
3.1. DESCRIPCION DEL SITIO DE INVESTIGACIÓN .....	17
3.1.1. Ubicación política .....	17
3.1.2. Ubicación geográfica.....	17
3.1.3. Ubicación ecológica .....	17
3.2. MATERIALES .....	17
3.2.1 Material experimental.....	17
3.2.2 Material complementario.....	18



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

3.3.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	18
3.4.	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .....	18
3.4.1	Manejo y/o preparación del sitio experimental.....	18
3.4.2.	Análisis inicial de sustrato .....	19
3.4.3.	Análisis del agua de riego.....	20
3.4.4.	Análisis final del sustrato.....	21
3.4.5.	Recolección de datos climáticos .....	21
3.4.6.	Preparación y manejo de las plántulas.....	22
3.4.7.	Manejo del cultivo.....	22
3.4.8.	Cosecha.....	23
3.5.	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	24
3.5.1.	Diseño experimental, factores y tratamientos .....	24
3.5.2.	Descripción de la unidad experimental (UE).....	24
3.5.3.	Variables evaluadas .....	24
3.5.4	Análisis estadístico .....	25
3.6.	ANÁLISIS ECONÓMICO .....	26
CAPÍTULO IV .....		27
4.1.	CLIMA .....	27
4.2.	ANÁLISIS FINAL DEL SUSTRATO .....	28
4.3.	PESO PROMEDIO DE FRUTO .....	29
4.4.	DIÁMETROS ECUATORIAL Y POLAR DEL FRUTO .....	31
4.5.	GRADOS BRUX DEL FRUTO .....	33
4.6.	ACIDEZ DEL FRUTO .....	35
4.7.	PRODUCCIÓN DE FRUTO.....	37
4.8.	PESO DEL FRUTO VS. DIÁMETRO ECUATORIAL Y POLAR.....	39
4.9.	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	40
CAPITULO V .....		41
5.1.	CONCLUSIONES .....	41
5.2.	RECOMENDACIONES.....	42
BIBLIOGRAFÍA .....		43
ANEXOS .....		49



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis inicial del sustrato previo al establecimiento de la investigación San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador. 2018 .....	19
Tabla 2. Análisis de agua previo al establecimiento de la investigación. San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador. 2018.....	20
Tabla 3. Resultados del análisis final del sustrato después del establecimiento de la evaluación para el cultivo de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> M.) var. Sheila. San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador. 2018.....	21
Tabla 4. Cantidades nutrientes utilizados durante la ejecución de la investigación en el cultivo de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> M.) var. Sheila. San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador. 2018.....	22
Tabla 5. Esquema de análisis de varianza.....	26
Tabla 6. Peso de fruto (g) de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> M.) var. Sheila, por cosecha y promedio. San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador. 2021....	30
Tabla 7. Diámetro ecuatorial de fruto (cm) de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> M.) var. Sheila, por cosecha y promedio. San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador. 2021.....	32
Tabla 8. Diámetro polar de fruto (cm) de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> M.) var. Sheila, por cosecha y promedio. San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador. 2021.....	33
Tabla 9. Grados brix de fruto (°B) de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> M.) var. Sheila, por cosecha y promedio. San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador. 2021.....	35
Tabla 10. Acidez de fruto (pH) de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> M.) var. Sheila, por cosecha y promedio. San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador. 2021....	36
Tabla 11. Producción de fruto (kg) de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> M.) var. Sheila, promedio de cuatro plantas por cosecha y total de cuatro plantas. San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador. 2021.....	38
Tabla 12. Rentabilidad de la aplicación de K foliar con diferentes etapas de cosecha de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> M.) var. Sheila. San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador. 2021.....	40



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Fig. 1. Precios promedio (en US\$) al agricultor de tomate a nivel nacional en el año 2019. Fuente: SIPA, 2019.....	16
Fig. 2 Estados de cosecha de los frutos.....	23
Fig. 3. Temperatura media mensual (izquierda) y humedad relativa (derecha) durante la ejecución de la investigación. San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador. 2018.....	28
Fig. 4. Correlaciones entre: A) diámetro ecuatorial y peso del fruto cosechado; y B) diámetro polar y peso del fruto cosechado de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> M.) var. Sheila. San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador. 2021.....	39





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1. Cronograma de actividades.....	49
Anexo 2. Esquema del diseño experimental.....	50
Anexo 3. Presupuesto de la investigación.....	51
Anexo 4. Correlación entre los promedios de las variables peso de fruto, diámetro ecuatorial, diámetro polar, grados brix y acidez (pH); y entre el total de producción de tomate. San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador. 2021.....	53
Anexo 5. Resumen de los datos obtenidos en campo.....	54



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

**ABREVIACIONES**

KF	K foliar
EC	Estados de cosecha
MS	Materia seca
POC	Punto óptimo de cosecha
PPC	Pérdidas postcosecha
SST	Sólidos solubles totales
UE	Unidad experimental



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

### **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo se finalizó gracias a la ayuda de mi tutor José Luis, que fue una gran guía para el desarrollo y escritura, además de ser un excelente profesional con mucha ética para realizar bien las cosas. También mi agradecimiento a todas las personas que participaron en el trabajo de campo y en la recolección de datos. A los docentes y administrativos del programa de la maestría en Agronomía con Mención en Nutrición Vegetal que brindaron su ayuda y guía en el desarrollo de esta investigación.

Miguel Silva



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

### **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a Dios, quien siempre ha estado conmigo en cada paso. A mi esposa, mi compañera quien siempre ha estado a mi lado y me ha brindado siempre su apoyo incondicional. A mi hija, mi motor para seguir adelante. A mis padres, quienes me han enseñado y guiado para ser la persona quien soy. A mi hermana, quien siempre me brindó su ayuda en todo este proceso.

Miguel Silva



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**MAESTÍA EN AGRONOMÍA CON MENCIÓN EN NUTRICIÓN VEGETAL**

**TEMA:** EVALUACIÓN DE GRADOS BRIX COMO HERRAMIENTA PARA  
DETERMINAR EL PUNTO ÓPTIMO DE COSECHA CON DOS  
APLICACIONES DE K EN TOMATE (*Solanum lycopersicum* M.), EN SAN  
ANTONIO DE PICHINCHA, QUITO, ECUADOR

**AUTOR:** Ing. José Miguel Silva Barrera

**DIRECTOR:** Ing. Agr. José L. Pantoja, Ph.D.

**FECHA:** 08 de marzo de 2021

**RESUMEN EJECUTIVO**

Un problema del tomate riñón (*Solanum lycopersicum* M.) son las pérdidas postcosecha (PPC) debido a que el fruto llega al mercado en un estado de cosecha (EC) muy maduro. La determinación del punto óptimo de cosecha (POC) con base en grados Brix ( $^{\circ}\text{B}$ , una medida indirecta del contenido de sólidos solubles totales – SST) ayuda a reducir esas pérdidas, pero no se ha evaluado en Ecuador. Además, es posible incrementar la productividad mediante la aplicación de K foliar (KF). El objetivo fue determinar el POC de tomate con el uso de  $^{\circ}\text{B}$  como estimador de SST en cuatro EC, e identificar si el KF tiene un efecto en la madurez y peso del fruto. Se tomaron cuatro EC, y dos niveles de KF (0 y 12 kg K ha<sup>-1</sup>) aplicados seis veces. Se utilizó un arreglo de parcelas divididas con cuatro repeticiones en un diseño de bloques completos al azar (cuatro plantas por parcela neta). Se evaluó el peso del fruto, diámetros ecuatorial y polar,  $^{\circ}\text{B}$ , acidez del fruto y producción total. Los  $^{\circ}\text{B}$  no tuvieron una relación con la productividad porque los valores más altos de  $^{\circ}\text{B}$  se obtuvieron en estado rojo sin KF ( $p = 0.03$ ); sin embargo, esto no es útil para el agricultor porque es un EC muy maduro en el que se incrementan las PPC. Sin embargo, la aplicación de KF aumentó en 6% el peso del fruto y en 11% la producción total ( $p < 0.10$ ). Se presume que el K intervino en la activación de enzimas que mejoran la fotosíntesis, aumenta la traslocación de



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

azúcares y regula la eficiencia metabólica del agua en la planta. Además, se determinó que el POC es en el EC rojo claro, porque en ese estado el fruto presentó los mejores pesos y tamaños. En términos económicos, la aplicación de KF y cosechar los frutos en EC rojo claro genera al agricultor un beneficio de US\$ 1.35 por cada US\$ 1.00 invertido. Por ello, aplicar KF y cosechar en el EC rojo claro puede ser una alternativa para maximizar la productividad y reducir las PPC del tomate.

**Palabras clave:** Estados de cosecha, Pérdidas postcosecha, Potasio foliar, Productividad.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**MAESTÍA EN AGRONOMÍA CON MENCIÓN EN NUTRICIÓN VEGETAL**

**THEME:** EVALUATION OF BRIX MEASUREMENT AS A TOOL FOR  
DETERMINING THE OPTIMAL HARVEST POINT WITH TWO  
APPLICATIONS OF K IN TOMATO (*Solanum lycopersicum* M.), AT SAN  
ANTONIO DE PICHINCHA, QUITO, ECUADOR

**AUTHOR:** Ing. José Miguel Silva Barrera

**DIRECTED BY:** Ing. Agr. José L. Pantoja, Ph.D.

**DATE:** March 8<sup>th</sup> 2021

**EXECUTIVE SUMMARY**

One problem in tomato (*Solanum lycopersicum* M.) production is the postharvest losses (PPC) due to the extremely high maturity stage (EC) at which the tomato reaches local markets. Determining an optimal harvest stage (POC) based on Brix measurements ( $^{\circ}\text{B}$ , an indirect measure of the total dissolved solids (SST) content) helps to decrease tomato losses, but it has not been evaluated in Ecuador yet. Furthermore, it is possible to increase tomato productivity through K foliar sprays (KF). The purpose was to determine a tomato POC with the use of  $^{\circ}\text{B}$  measurements as an estimate of the SST in four EC and identify whether the KF have any effects over the ripening process and total weight. Four EC were selected and two levels of KF (0 and 12 kg K ha<sup>-1</sup>) were applied to them six times. A divided parcel (four plants per plot) with four replicates in a randomized complete block (RCB) arrangement design was used. It was evaluated the average tomato weight, equatorial and polar diameters, Brix degrees, acidity, and total yield. The  $^{\circ}\text{B}$  and the productivity of tomato did not have a relation because the highest  $^{\circ}\text{B}$  was obtained at red maturity stage ( $p = 0.03$ ). Nevertheless, this is not useful to tomato growers because the EC is very high, and it increases the PPC. However, the application of KF increased in 6% the average tomato weight, and it also increased in 11% the total yield ( $p < 0.10$ ). It could be



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

presumed that K enhanced the activation of several enzymes which promoted photosynthesis, increased sugar flow, and regulated water efficiency on the plant. Additionally, it was determined that the tomato POC was at light red EC because at that stage were obtained the highest results of tomato weight and diameter. In economic terms, the application of KF in addition to harvest the tomatoes at light red EC provided a profitability to tomato growers of US\$ 1.35 for each US\$ 1.00 invested. Thus, the application of KF and harvest the tomatoes at light red EC could be an alternative to maximize the total yield of the crop and minimize the PPC of tomato.

**Key words:** Tomato, Postharvest losses, Foliar potassium, Maturity stages, Yield.





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. INTRODUCCIÓN

El tomate riñón (*Solanum lycopersicum* M.) es la segunda hortaliza más consumida a nivel global por su sabor, facilidad en su preparación, y sus variadas formas de consumo (Bhowmik *et al.*, 2012). En términos nutricionales, aporta a la dieta humana con nutrientes, vitaminas y es una fuente de antioxidantes (Bhowmik *et al.*, 2012; Nicola *et al.*, 2009). De acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2019), en Ecuador se siembran 1600 ha año<sup>-1</sup> que producen 32000 Mg año<sup>-1</sup>, y la productividad promedio es de 20 Mg ha<sup>-1</sup>. El costo de producción aproximado es de US\$ 30000 ha<sup>-1</sup>, y el precio promedio al agricultor es US\$ 0.43 kg<sup>-1</sup> (MAG, 2019).

El ingreso a partir de la productividad media y el precio promedio al agricultor es de US\$ 8600 ha<sup>-1</sup>, mismo que al restar el costo promedio de producción de US\$ 30000 ha<sup>-1</sup> genera pérdidas de US\$ 21400 ha<sup>-1</sup> en al agricultor. Para que el agricultor obtenga réditos económicos, es necesario aumentar la productividad a al menos 70 Mg ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, los principales factores que limitan aumentar la productividad son: la fertilización, pérdidas postcosecha (PPC), problemas fitosanitarios y el riego (Desalegne, 2002; Asgedom *et al.*, 2011). El manejo nutricional, y en especial la fertilización potásica, permite incrementar la productividad a 100 Mg ha<sup>-1</sup>, con la aplicación de 150 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> (Xiukang y Yingying, 2016).

El K juega un rol importante en la productividad del tomate (Liu *et al.*, 2011). Es un elemento esencial para las plantas y en especial en la formación y traslocación de azúcares, debido a que activa la síntesis de clorofila, colabora en la formación del ATP y moviliza los fotosintatos dentro de la planta (Mengel *et al.*, 2001a). La aplicación de K foliar (KF), en complemento al fertirriego, puede aumentar la productividad hasta

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

un 25% y mejorar el contenido de sólidos del fruto hasta un 33%, en relación con los cultivares sin aplicación de KF (Afzal *et al.*, 2015).

Además, el K tiene un papel fundamental en el proceso de maduración, por su intervención en el cambio en el color y traslocación de fotosintatos (Criado *et al.*, 2006). El K activa las rutas metabólicas que conllevan al cambio de color, producido por la degradación de la clorofila y la síntesis de licopeno (Su *et al.*, 2015). Bajas concentraciones de K en la planta no producen cambios estructurales en la clorofila ni en el licopeno (Taber *et al.*, 2008; Trudel y Ozbun, 1970). La función del K en la síntesis de licopeno no está muy clara, pero se presume que actúa como catalizador en las reacciones de carotenogénesis (Taber *et al.*, 2008). Por otro lado, el K moviliza azúcares y sólidos solubles totales (SST) en la planta, lo que promueve el llenado de frutos y mejora su calidad (Mengel *et al.*, 2001a).

Determinar un punto óptimo de cosecha (POC) relacionado al estado de cosecha (EC) del fruto podría mitigar las PPC al aumentar la calidad del fruto (Renquist y Raid, 1998; Afzal *et al.*, 2015), misma que se la determina por el color, contenido de SST, firmeza y pH del fruto, que varían según el EC (Islam *et al.*, 2018).

Dentro de los determinantes de la calidad, destacan los SST, mismos que dependen de la cantidad de ácidos, azúcares, minerales, pigmentos, proteínas y vitaminas del fruto, que en conjunto determinan sus propiedades organolépticas, y de forma común se los representa con los grados brix ( $^{\circ}\text{B}$ ) (Magwaza y Opara, 2015). Los  $^{\circ}\text{B}$  miden el porcentaje de azúcares contenidos en el fruto, los cuales son alrededor del 85% de los SST (Magwaza y Opara, 2015). Por lo cual, los  $^{\circ}\text{B}$  se han generalizado y aceptado como medida de los SST, además representan un parámetro confiable de la calidad y del EC del fruto (Kleinhenz y Bumgarner, 2013a).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

Los °B dan una medida objetiva, de fácil interpretación y económica del POC, pero además, da un aproximado del estado de la fertilidad y riego del cultivo (Kleinhenz y Bumgarner, 2013a). Esto debido a que, el porcentaje de °B se incrementa con mayor dosis de fertilizante, y se reduce en condiciones contrarias; mayor disponibilidad de agua durante el desarrollo del fruto reducen los °B, y se incrementan con menor disponibilidad de agua (Kleinhenz y Bumgarner, 2013c).

Determinar un POC basado en los °B, podría disminuir las PPC, y además permitiría obtener un dato rápido del estado nutricional del cultivo. Lo que tendría un efecto positivo en la productividad del tomate. Esto también contribuiría a fortalecer la economía de los productores de tomate, y podría contribuir a obtener producciones sostenibles de tomate en el Ecuador.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Esta investigación se realiza para determinar el POC en el cultivo de tomate y con ello aumentar la producción y mejorar la calidad del fruto. El POC determinado a través de los °B permiten dar una medida objetiva, de fácil interpretación y económica – costo bajo del aparato de medición de °B – de la calidad del fruto, además nos permite determinar el estado del cultivo en cuanto a fertilidad y riego. Esta investigación permitirá reducir las PPC, mediante los °B como una herramienta para determinar el POC enfocado a la calidad del futo.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. General**

Determinar el punto óptimo de cosecha de tomate con el uso de °Brix como estimador del contenido de sólidos solubles totales en cuatro estados de cosecha, e identificar si el K aplicado vía foliar tiene un efecto en la madurez y peso del fruto.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

**1.3.2. Específicos**

- ✓ Evaluar el efecto de la aplicación de KF en la productividad.
- ✓ Evaluar el efecto de la aplicación de KF en el contenido de SST
- ✓ Determinar la relación entre el EC del fruto y los °B.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

**CAPÍTULO II**

**ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

Existen varias investigaciones que avalan los beneficios de la fertilización potásica en el cultivo de tomate, Wang *et al.* (2009), menciona que concentraciones entre 1.4 a 3 mmol K L<sup>-1</sup> en la solución nutritiva mejora el sabor del fruto, al aumentar la concentración de azúcares solubles, sólidos solubles y compuestos volátiles que determinan el sabor del tomate; por otra parte, Almeselmani *et al.* (2009), encontró que una concentración de 300 mg K L<sup>-1</sup> en la solución nutritiva, aumenta la producción y también hubo una mejoría significativa en el contenido de proteínas, ácido ascórbico, licopeno, sólidos solubles totales y azúcares solubles en el fruto de tomate. Además, Aguilar *et al.* (2013), encontró que una concentración de 15 mM K en la solución nutritiva disminuyen las pérdidas de peso y agua después de ser cosechados los frutos de tomate. Por lo cual, la aplicación de K en el cultivo de tomate permite incrementar la productividad del cultivo y la calidad del fruto, con lo cual se reducen las pérdidas en poscosecha.

El K además de ser un macronutriente importante en la solución del suelo, también existen beneficios al aplicarlo vía foliar. Abdealhameed y Abdelhady (2018) encontraron que la aplicación foliar de K mejora la productividad del tomate y aumenta la absorción de nutrientes del suelo, por otro lado, Afzal *et al.* (2015), publica que una concentración de K al 0.6% en aspersion foliar incrementó la calidad de los frutos del tomate, al igual que la productividad. Además, Peyvast *et al.* (2009), encontró que una concentración de 1.36 mmol K L<sup>-1</sup> aplicado vía foliar incrementó la calidad del fruto. Por lo cual, el K aplicado vía foliar incrementa la calidad de los frutos y permite incrementar la productividad del tomate al incrementar la absorción de nutrientes a través de las raíces.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

En el cultivo de tomate no existe una forma objetiva, de fácil interpretación y económica de uso masivo para determinar el POC, y con ello ayudar a reducir las PPC. Una solución a ese inconveniente son los °B, y además dan un aproximado del estado del cultivo, en cuanto a fertilidad y riego (Kleinhenz y Bumgarner, 2013a). Los °B miden el contenido de azúcares en el fruto, los cuales componen entre el 75 – 85% de los SST (Magwaza y Opara, 2015). Debido a que los °B constituyen la mayor parte de los SST, se han generalizado y aceptado como medida de los SST (Dongare *et al*, 2014). Durante el proceso de maduración, aumenta la cantidad de SST en el fruto (Duma *et al*, 2015), por lo cual los SST constituyen una medida del grado de madurez y calidad del fruto (Kleinhenz y Bumgarner, 2013a), y con lo cual es posible determinar el POC a través de la medición de los °B y con ello reducir las PPC.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. EL TOMATE

#### 2.1.1. Generalidades y características

El tomate es una planta herbácea, anual, originaria de Centro y Sur América, llevada a Europa en el s. XVI. En la actualidad es cultivada en todos los continentes del planeta, y es la hortaliza más cultivada y consumida a nivel mundial (Allende, 2017). Se adapta a una gran variedad de climas, con temperaturas que oscilan entre los 12 a 30 °C, entre los 0 a 2500 msnm y a la mayoría de los suelos (López, 2017).

En el 2013 se cultivaron  $4.7 \times 10^6$  ha a nivel mundial y se produjeron  $164 \times 10^6$  Mg, con una productividad media de  $35 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Los países con altas productividades llegan a  $100 \text{ Mg ha}^{-1}$ , pero con un alto grado de tecnificación y con condiciones controladas tipo invernadero (Allende, 2017). En Ecuador se siembran 1600 ha con una producción de  $32000 \times 10^4$  Mg y una productividad media de  $20 \text{ Mg ha}^{-1}$  (SIPA, 2020).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

La baja productividad en Ecuador se debe a: la deficiente fertilización, PPC, problemas fitosanitarios y falta o mal manejo del riego (Desalegne, 2002; Asgedom *et al.*, 2011). Las tecnologías que se aplican en el cultivo de tomate en Ecuador son deficientes, la irrigación y la fertilización se las realiza de una forma muy precaria, con sistemas de riego mal diseñados, fertilizaciones improvisadas y sin análisis previos de ningún tipo.

Es posible aumentar la productividad al mejorar el potencial genético que, debido a la alta diversidad genética del tomate, en el mercado hay múltiples variedades con diferentes características visuales y potenciales de productividad alrededor de 100 Mg ha<sup>-1</sup> (Allende, 2017). Para alcanzar la productividad potencial es necesario tener todas las condiciones agroclimáticas controladas, las condiciones edáficas adecuadas y un plan de fertirrigación elaborado con base a un análisis previo y con fuentes solubles.

Según Allende (2017), el tomate es una planta poco exigente en cuanto a condiciones edáficas, se adapta a casi todos los tipos de suelos con buen drenaje y pH entre 6.0 a 6.5. Pero se puede adaptar a pH ácidos y alcalinos con ajustes en las fórmulas de fertilización. La temperatura adecuada para el desarrollo del tomate es entre 18 a 30 °C, tolerando hasta los 10 °C por la noche y los 35 °C en el día, lo que le hace fácil de adaptar a una gran variedad de climas. La humedad debe oscilar entre 60 a 80% y debe tener al menos 6 h d<sup>-1</sup> de luz para florecer.

Existen dos tipos de tomates, determinados e indeterminados, de los cuales el último es el más apetecido en el mercado, por su capacidad de producción en 8 a 10 racimos. El ciclo de cultivo es en promedio de 6 meses, divididos en cuatro etapas: establecimiento, crecimiento vegetativo, floración y maduración del fruto. Las dos primeras etapas se llevan a cabo en 2 a 3 meses, que dependen de la temperatura promedio del ambiente y las últimas dos entre 4 a 3 meses (López, 2017).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

El fruto del tomate en promedio pesa 250 g, y se agrupa en racimos de 6 a 8 frutos – es recomendable dejar un máximo de seis frutos por cada racimo para obtener uniformidad en el peso–. En general, una planta de tomate produce de 8 a 10 racimos, siempre y cuando el manejo de cultivo –nutricional, cultural, hídrico y climático– haya sido el más adecuado (Noreña *et al.*, 2012).

Para alcanzar la productividad máxima y un buen peso de fruto, es necesario incorporar al manejo nutricional del cultivo un plan de fertilización que contenga todos los nutrientes (Macro y micronutrientes), en las cantidades adecuadas. Existen varios estudios que determinan dichas cantidades por medio de la extracción de nutrientes. Martínez *et al.* (2017), encontró los coeficientes de extracción de nutrientes en  $\text{kg Mg}^{-1}$  para el cultivo de tomate, los cuales fueron: 3.0, 1.0, 5.0, 2.5 y 1.0 para N, P, K, Ca, Mg, respectivamente, los cuales indican la cantidad en kg de cada macronutriente por cada Mg de producción de fruto, y deben ser multiplicados por la cantidad de Mg a obtener para determinar la cantidad de cada elemento a ser aplicado. Por otro lado, Ozores (2016), determinó que es necesario incorporar  $224 \text{ kg N ha}^{-1}$  y  $205 \text{ kg K ha}^{-1}$ , para obtener una productividad de  $70 \text{ Mg ha}^{-1}$  y según (Herath *et al.*, 2010) son necesarios 220, 160, 250, 50 y  $1 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, P, K, S y B, respectivamente, para obtener  $60 \text{ Mg ha}^{-1}$ .

### **2.1.2. Fertilización y nutrición**

El tomate, como todas las plantas, necesita de ciertos nutrientes esenciales para completar sus ciclos fenológicos y realizar todos procesos fisiológicos. Un nutriente es considerado como esencial, cuando cumple con los siguientes tres requisitos (Mengel *et al.*, 2001a):

- ✓ La deficiencia del elemento imposibilitaría a la planta completar su ciclo de vida.
- ✓ La deficiencia es específica para el nutriente.
- ✓ El elemento es constituyente de alguna estructura, o es un metabolito esencial para completar una reacción enzimática.





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

Los nutrientes esenciales que necesitan las plantas son inorgánicos, o minerales, y se han identificado 17 elementos químicos que una planta necesita para completar sus ciclos fenológicos y llevar a cabo todos sus procesos fisiológicos (Martínez *et al.*, 2017). Los elementos más requeridos para formar el 90% de la biomasa de la planta son: C, H y O. Mismos que son tomados por las plantas de la atmósfera y del agua (Martínez *et al.*, 2017).

Los restantes 14 nutrientes se subdividen en macro y micronutrientes. Los macronutrientes son aquellos que la planta los necesita en mayor cantidad, son: N, P, K, Ca, Mg y S. Los micronutrientes son tomados por las plantas en menor cantidad y son: Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl y, en ciertos cultivos como el arroz (*Oriza sativa* L.) y leguminosas, el Ni (Eskew *et al.*, 1983; Martínez *et al.*, 2017).

Para determinar la cantidad adecuada de nutrientes que deben ser aplicados hay que tomar en cuenta los aportes del suelo y del agua de riego. Para lo cual, es necesario realizar un análisis de suelo y agua previo al establecimiento del cultivo y con ello determinar la cantidad de elementos que son aportados por estas fuentes. Una vez determinado los aportes del suelo y del agua, deben ser restados del requerimiento total de nutrientes del tomate, con lo cual se obtiene la cantidad de elementos que deben ser aplicados a lo largo de todo el ciclo del cultivo para satisfacer las necesidades nutricionales del tomate y no desgastar el suelo.

Los planes de fertilización del tomate se aplican con base en los requerimientos diarios del cultivo, debido a que son fertirrigados con fertilizantes hidrosolubles. De forma general se utilizan los siguientes fertilizantes:  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ , quelatos de Fe, Mn, Zn, Cu,  $\text{H}_3\text{BO}_3$  y  $(\text{NH}_4)_6\text{M}_7\text{O}_{24}$  (Kafkafi y Tarchitzky, 2012).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

Los requerimientos nutricionales del tomate determinados con base en la extracción de nutrientes para una productividad aproximada de 50 Mg ha<sup>-1</sup> son: 200, 160, 250 y 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, P, K y S, respectivamente (Herath *et al.*, 2010).

En la mayoría de los cultivos de tomate, tienen sistemas de riego presurizado, que permiten la aplicación de fertilizantes junto con el agua de riego (fertirrigación). Esto facilita a que los nutrientes sean aplicados todos los días, pero deben estar ajustados a la demanda diaria del tomate. Según Voogt y Sonneveld (1997), se debe suministrar 9.6, 1.1, 1.2, 6.1, 2.2 y 0.9 mmol L<sup>-1</sup> de N, P, S, K, Ca y Mg, respectivamente, para cubrir la demanda diaria de nutrientes absorbidos por las raíces.

Además, es necesario tomar en cuenta el pH y la CE tanto del suelo como de la solución nutritiva en gotero. Para el tomate el pH debe ser estar entre 4.5 y 6, el óptimo es de 5.5. La CE debe estar en 2.6 dS cm<sup>-1</sup> en la solución en el gotero. Mantener el pH y la CE en el rango y los nutrientes en las cantidades mencionadas, asegura que los nutrientes no se precipiten, adhieran a los coloides del suelo, ni formen sales insolubles, además, permite que los nutrientes se encuentren disponibles en la solución del suelo y disponibles para ser absorbidos por las raíces de las plantas.

## **2.2. FERTILIZACIÓN POTÁSICA DEL TOMATE**

El K es esencial para las plantas debido a que es el catión más importante en los tejidos vegetales, y es el más concentrado dentro de las células por su importancia en activación de procesos bioquímicos y fisiológicos (Mengel *et al.*, 2001a). Es un elemento muy móvil dentro de la planta y realiza múltiples funciones, entre las cuales actúa como regulador osmótico en las células, regula la concentración de iones orgánicos e inorgánicos, con lo que mantiene el pH interno de las células, entre 7 y 8 – óptimo para la mayoría de las reacciones enzimáticas – (Hawkesford *et al.*, 2012).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

Una de las funciones del K en la planta es en la fotosíntesis y el transporte de fotosintatos, dos procesos muy necesarios para la formación y transporte de azúcares a los frutos, y aumentar la productividad (Mengel *et al.*, 2001a). El K colabora dentro de la fotosíntesis en conjunto con la regulación osmótica y estomática, al aumentar la asimilación y fijación de CO<sub>2</sub> en el cloroplasto (Hawkesford *et al.*, 2012). Además, el K ayuda a mantener un pH alto dentro del cloroplasto para la actividad óptima de la RuBP carboxilasa (Hawkesford *et al.*, 2012).

El aumento en la actividad fotosintética permite mayor síntesis de azúcares y fotosintatos en las hojas. El K promueve un mayor flujo de fotosintatos y material de reserva por el floema, desde las hojas hacia los frutos debido a que el K aumenta el pH en las células de los tubos cribosos y permite el flujo de fotosintatos (Mengel *et al.*, 2001a). Los fotosintatos trasladados al fruto mejoran las características organolépticas y el peso de los frutos, con lo cual es posible incrementar la productividad.

El tomate es un cultivo que requiere cantidades altas de K, de 250 a 500 kg ha<sup>-1</sup> para una productividad aproximada de 80 a 150 Mg ha<sup>-1</sup> (Besford y Maw, 1974; Herath *et al.*, 2010). La aplicación del K puede ser vía edáfica o en fertirriego. El K edáfico se aplica de forma fraccionada, la mitad de la dosis al trasplante y la segunda mitad de la dosis a los 40 d después del trasplante (Ahmad *et al.*, 2015), aunque es posible fraccionar aún más, pero el costo de mano de obra es mayor.

La forma más eficiente de aplicación de fertilizantes es vía fertirrigación, debido a que el fertilizante llega disuelto y directo a las raíces de la planta a través del sistema de riego. La aplicación de K por fertirriego se puede realizar todos los días, pero se debe ajustar a la tasa de absorción de las raíces de la planta. La dosis adecuada para fertirriego de K varía entre 180 a 390 mg K L<sup>-1</sup> de agua, que dependen del estado fenológico del cultivo, en etapas de desarrollo vegetativo se utiliza el valor más bajo, y en etapas productivas el valor más alto (Taber *et al.*, 2008).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

Existe otra vía de aplicación de nutrientes, incluido al K, que es la fertilización foliar. La nutrición foliar es posible debido a que las hojas pueden absorber una pequeña cantidad de nutrientes disueltos. Los nutrientes absorbidos por las hojas son incorporados a la planta en velocidades más altas que cuando son absorbidos por las raíces (Kannan, 1986). Es importante mencionar que, la fertilización foliar no sustituye a la fertilización a través de las raíces, sino constituye un complemento y en una forma rápida y eficiente de cubrir deficiencias nutricionales, siempre y cuando se apliquen fuentes y dosis adecuadas para no causar fitotoxicidades (Fageria *et al.*, 2017).

El KF, al igual que el resto de los nutrientes, entran a la hoja a través de los ectodesmos. Los ectodesmos son prolongaciones del protoplasma de las células de la epidermis, que permiten la absorción de nutrientes en las hojas, mediante unos canales que facilitan el paso por la cutícula (Kannan, 1986). Los ectodesmos se encuentran agrupados en las células basales de los tricomas, en las células alrededor de las nervaduras, y en las células guardas de los estomas (Franke, 1967).

Una vez que el K y los otros nutrientes ingresan al interior de las células de la epidermis por los ectodesmos, los nutrientes se incorporan al protoplasma de las células de la epidermis. De ahí ingresan al apoplasto de las hojas, para después ser absorbidos al simplasto de las hojas y finalmente son transportados hacia los haces vasculares, donde son transportados hacia toda la planta –probablemente por el floema– siguiendo la vía de los fotosintatos. La vía apoplasto es un transporte pasivo, a través de los espacios entre las paredes celulares. La vía simplasto es mucho más rápida que vía apoplasto, pero con consumo de energía, debido a que la difusión de los nutrientes se lo realiza entre célula y célula, utilizando los plasmodesmos (Kannan, 1986).

El KF ingresa a la planta entre 3 a 4 h, y entre 1 a 3 d es distribuido a toda la planta. El KF ingresa a la planta entre 3 a 4 h después de la aplicación foliar, y se demora entre 1 a 3 d en ser distribuido en toda la planta. La aplicación de KF debe realizarse entre las 15 a 16 h debido a que la temperatura ambiental es menor, y los estomas se

encuentran en su mayoría abiertos, además, la planta no debe estar en estrés hídrico ni con ataque de enfermedades (Fageria *et al.*, 2009; Kannan, 1986). La dosis a aplicar vía foliar de K es, de manera general, 180 a 250 mg K L<sup>-1</sup> de agua, aplicados una vez por semana durante cinco semanas, desde la aparición del primer racimo foliar (Azeem y Ahmad, 2011; Afzal *et al.*, 2015).

### **2.3. GRADOS BRIX COMO DETERMINANTE DEL PUNTO ÓPTIMO DE COSECHA**

Los °B miden el porcentaje de azúcares contenidos en el fruto, los cuales componen entre el 75 – 85% de los SST, en la mayoría de los frutos (Magwaza y Opara, 2015). Los SST lo componen ácidos, azúcares, fenoles, minerales, pigmentos, proteínas y vitaminas disueltas en el fruto (Magwaza y Opara, 2015). Debido a que los °B constituyen la mayor parte de los SST, los °B se han generalizado y aceptado como medida de los SST (Dongare *et al.*, 2014).

Durante el proceso de maduración, aumentan y se modifican los SST en el fruto (Duma *et al.*, 2015), esto conlleva a que la concentración y los tipos de azúcares solubles, diferentes ácidos y proteínas aumenten y cambien (Duma *et al.*, 2015; Magwaza y Opara, 2015), mismos que le dan al fruto sus características organolépticas propias al momento de la madurez fisiológica y madurez comestible.

El proceso de maduración del fruto implica cambios dentro de las estructuras de sus células, en especial el cambio en el color y traslocación de fotosintatos (Criado *et al.*, 2006). El aumento en la concentración de CO<sub>2</sub> y etileno en el fruto son las señales que indican el inicio de la maduración, con lo que el fruto comienza a suavizarse, los almidones son degradados a mono y disacáridos, y se sintetizan componentes químicos que le otorgan al fruto las características organolépticas propias (Bathgate *et al.*, 1985).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

El cambio de color de verde a rojo se produce por la degradación de la clorofila y la acumulación de grandes cantidades de carotenos, en especial de licopeno (Bathgate *et al.*, 1985; Su *et al.*, 2015). La degradación de la clorofila empieza por el cambio de cloroplastos a cromoplastos, proceso en el cual los tilacoides son desintegradas, al igual que la clorofila y da paso a la génesis de estructuras de almacenamiento de carotenos (Bian *et al.*, 2011). La biosíntesis de licopeno empieza con el pirofosfato de geranil, que forma al fitoeno, luego al fitoflueno y finalmente al licopeno, éstas reacciones necesitan altas concentraciones de K en la célula (>120mM), debido a que el K interviene como cofactor en las reacciones (Taber *et al.*, 2008; Trudel y Ozbun, 1970). Evidencia de esto lo presenta Serio *et al.* (2007), en donde el contenido de licopeno es directamente proporcional al contenido de K.

En el caso del tomate es posible cosecharlo en diferentes EC. Se lo puede cosechar desde estado verde, en donde la cantidad de licopeno sintetizada aun es baja, además el contenido de agua es mayor que en estados rojos, y el contenido de °B es menor que en estado más maduros (Duma *et al.*, 2015). Al igual que es posible cosecharlo en estado totalmente rojo, donde la materia seca (MS) y los °B son mayores, que en comparación con el mismo tomate en estado verde.

Para tomar la decisión del EC del fruto de tomate y por su facilidad práctica y económica, los agricultores se basan en el color, pero es una valoración subjetiva y en algunos casos se necesita una mejor determinación de los EC. El fruto cosechado basado en su color no siempre alcanza el grado de dulzor, acidez, y valor nutricional, que un fruto de tomate debe tener para ser cosechado. Por eso se debe contar con una medida más objetiva y precisa de determinar el POC del tomate, que además sea de fácil acceso y rápida para los agricultores.

Los °B dan una medida objetiva, de fácil interpretación y económica del POC. Debido a que con los °B es posible determinar de forma instantánea los SST. Los SST están correlacionados con el contenido de MS, y con el grado de madurez (Duma *et al.*,

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

2015). Además, para el caso del tomate existen rangos de °B en los cuales es considerado como adecuado para su consumo, el rango fluctúa entre 4.3 a 5.0 (Kleinhenz y Bumgarner, 2013a). Por otro lado, los refractómetros de Brix son económicos, fáciles de conseguir y la lectura se la realiza in situ.

Adicional, los °B dan un aproximado del estado del cultivo, en cuanto a fertilidad y riego (Kleinhenz y Bumgarner, 2013a). Esto debido a que, el porcentaje de °B incrementa con mayor dosis de fertilizantes, y se reduce en condiciones contrarias. Mayor disponibilidad de agua durante el desarrollo del fruto reducen los °B, e incrementan con menor disponibilidad de agua (Kleinhenz y Bumgarner, 2013c).

#### **2.4. PRECIO DEL TOMATE EN EL MERCADO LOCAL**

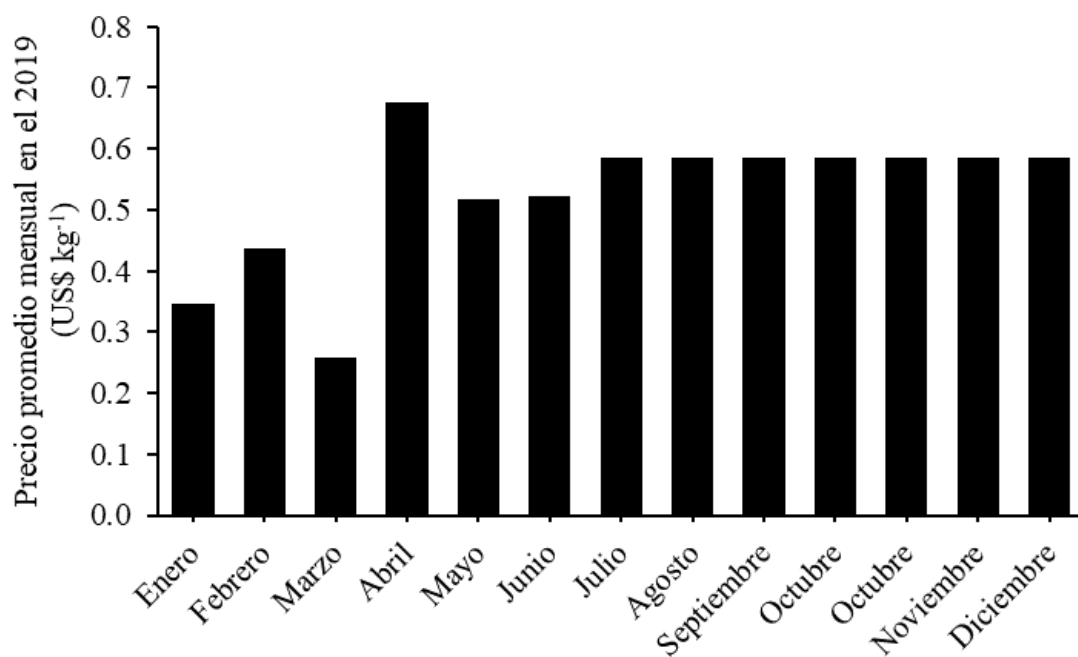
En Ecuador no existe una política para fijar precios mínimos de comercialización del tomate, ni existe un canal de comercialización formal al alcance de los productores, por lo cual el precio se fija en los lugares de comercialización informales en función de la oferta y la demanda y a partir del tamaño de los frutos. El precio de compra en finca también se determina por el volumen de producción. Por lo general, el precio en mercados mayoristas de cabeceras cantonales grandes es mayor que en mercados locales, pero pocos productores acceden a mercados mayoristas (MAG, 2019).

El promedio del precio del tomate es muy variable, desde el 2013 al 2020 se registra un precio mínimo de US\$ 0.26 kg<sup>-1</sup> y un máximo de US\$ 0.86 kg<sup>-1</sup> al productor (SIPA, 2020), y en el 2019 el precio varió entre US\$ 0.26 y 0.70 kg<sup>-1</sup> (Fig. 1). Esto genera incertidumbre en el productor al no tener un precio estable o al menos un precio mínimo de venta que logre cubrir los costos de producción, mismo que se encuentra alrededor de los US\$ 0.40 kg<sup>-1</sup> (SIPA, 2019). Lo que provoca que el productor no genere riqueza de su trabajo, al contrario, con cada cosecha pierde su capital.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

Una forma de contrarrestar las pérdidas debido a los precios irregulares es aumentar la producción, pero sin aumentar de manera considerable los costos de producción. Es posible aumentar la producción al cosechar el fruto en el POC, debido a que al fruto se lo cosecha en el estado que tenga el mayor peso posible con todas sus características organolépticas propias (Renquist y Raid, 1998).



**Fig. 1.** Precios promedio mensual al agricultor de tomate a nivel nacional en el año 2019. Fuente: SIPA, 2019.





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

### **CAPÍTULO III**

## **MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1.1. Ubicación política**

Provincia: Pichincha  
Cantón: Quito  
Parroquia: San Antonio de Pichincha  
Sector: Rumicucho

#### **3.1.2. Ubicación geográfica**

Latitud: 0°0'47.4"N  
Longitud: 78°26'41.1"O

#### **3.1.3. Ubicación ecológica**

Altitud: 2600 msnm.  
T° media: 14 °C.  
Precipitación: 500 mm (INAMHI, 2014).  
Región: Sierra-Norte del Ecuador  
Zona ecológica: Estepa espinosa montano bajo (Mendoza, 2011).

### **3.2. MATERIALES**

#### **3.2.1 Material experimental**

- ✓ Plántulas de tomate var. Sheila
- ✓ Muriato de K (50% K)

### 3.2.2 Material complementario

- ✓  $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$  (46% N).
- ✓  $(\text{NH}_4)\text{NO}_3$  (34% N).
- ✓  $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$  (12% N, 27% P).
- ✓  $\text{KNO}_3$  (13.7% N, 38.3% K).
- ✓  $\text{MgSO}_4$  (10% Mg, 13% S).
- ✓ Quelatos de: Fe EDTA (9% Fe), Mn EDTA (9% Mn), Zn EDTA (9% Zn) y Cu EDTA (9% Cu)
- ✓  $\text{H}_3\text{BO}_3$  (52%  $\text{B}_2\text{O}_3$ )
- ✓  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$  (56% Mo, 7% N)
- ✓ Sulfato de cobre pentahidratado (Mastercrop)  $1.25 \text{ L ha}^{-1}$ .
- ✓ Cloruro de benzalconio (Klorukron)  $5 \text{ L ha}^{-1}$ .
- ✓ Clorotalonil (Daconil 72 F)  $1.75 \text{ L ha}^{-1}$ .
- ✓ Metalaxil + Mancozeb (Ridomil Gold 68 WG)  $2.50 \text{ kg ha}^{-1}$ .
- ✓ Abamectina (Vertimec 8.4 SC)  $0.25 \text{ L ha}^{-1}$ .
- ✓ Alfa-cipermetrina (Dominex)  $0.25 \text{ L ha}^{-1}$ .
- ✓ Clorpirifos (Lorsban)  $2 \text{ L ha}^{-1}$ .
- ✓ Piriproxyfen (Admiral)  $0.5 \text{ L ha}^{-1}$ .
- ✓ Fijador y corrector de pH (Agrofix)  $0.025 \text{ L ha}^{-1}$ .

### 3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación fue un trabajo de campo, de tipo descriptiva cuantitativa.

### 3.4. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

El detalle del cronograma de actividades se presenta en el Anexo 1.

#### 3.4.1 Manejo y/o preparación del sitio experimental

Previo a la instalación de esta investigación se preparó el terreno. Para ello se colocó de una capa de cascajo sobre el suelo. Sobre la capa de cascajo se colocaron las fundas

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

plásticas con una capacidad de 7 L con sustrato (fibra de coco), en donde se trasplantaron las plántulas de tomate.

### 3.4.2. Análisis inicial de sustrato

Para conocer las condiciones físicas y químicas del sustrato que se utilizó en la investigación y determinar de mejor forma la fórmula de fertilización el material se envió a analizar (Tabla 1). Previo al análisis la muestra fue tomada al azar de la funda de sustrato. Posterior se envió al laboratorio donde el sustrato fue homogenizado y se eliminó cualquier partícula superior a 2 cm para prevenir saturación incompleta. Luego fue pesada en fresco para ser secada en horno por 24 h a 105° C, y determinar el contenido de humedad (Dijk, 1980; Fonteno y Harden, 2003). Luego se analizó el pH, CE, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>, K, M, Ca, SO<sub>4</sub>, Na, Cl<sup>-1</sup>, Fe, Mn, Cu, Zn y B. La metodología holandesa se utilizó para la extracción de nutrientes (Sonneveld *et al.*, 1974). La relación utilizada para la extracción fue de 1:1.5, sustrato:agua.

**Tabla 1.** Análisis inicial del sustrato previo al establecimiento de la investigación. San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador. 2018.

Elemento	Unidad	Resultados	Rango óptimo <sup>†</sup>
pH	--	5.5	5.8
Conductividad (CE)	mS cm <sup>-1</sup>	3.05	1.4
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg kg <sup>-1</sup>	33.1	370.0
Amonio (NH <sub>4</sub> )	mg kg <sup>-1</sup>	70.1	< 7.2
Fosfato (PO <sub>4</sub> )	mg kg <sup>-1</sup>	526.0	78.0
Potasio (K)	mg kg <sup>-1</sup>	810.0	126.0
Magnesio (Mg)	mg kg <sup>-1</sup>	43.3	38.0
Calcio (Ca)	mg kg <sup>-1</sup>	73.8	115.0
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	mg kg <sup>-1</sup>	808.0	163.0
Sodio (Na)	mg kg <sup>-1</sup>	31.0	< 69.0
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	mg kg <sup>-1</sup>	63.9	< 106.0
Hierro (Fe)	mg kg <sup>-1</sup>	1.2	0.70
Manganeso (Mn)	mg kg <sup>-1</sup>	0.537	0.05
Cobre (Cu)	mg kg <sup>-1</sup>	0.134	0.06
Zinc (Zn)	mg kg <sup>-1</sup>	0.960	0.09
Boro (B)	mg kg <sup>-1</sup>	0.446	0.11

<sup>†</sup> Fuente: Sonneveld y Voogt (2009).

### 3.4.3. Análisis del agua de riego

El análisis del agua de riego permite realizar un mejor balance nutricional del cultivo en sistemas con fertirriego (Tabla 2). Para el análisis del agua de riego utilizada en esta investigación se tomó una muestra en un frasco de vidrio de un tanque de 200 L de capacidad que fue llenado con agua potable. La muestra pasó por un filtro fino (Whatman No. 5 o similar) para aclarar el agua y remover partículas sólidas. Luego se analizó pH, CE, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>, K, SO<sub>4</sub>, Mg, Ca, Na, Cl<sup>-</sup>, Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Si, Al y HCO<sub>3</sub> (Klute, 1986).<sup>1</sup>

**Tabla 2.** Análisis de agua previo al establecimiento de la investigación. San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador. 2018.

Elemento	Unidad	Resultados	Rango óptimo <sup>†</sup>
pH	--	7.7	5.4 – 8.8
Conductividad (CE)	mS cm <sup>-1</sup>	0.15	< 1.0 (ideal: <0.5)
Dureza Total	--	--	--
Clasificación	--	Agua muy blanda	--
Grado dureza °d	°d	2.4	--
Dureza en mmol L <sup>-1</sup>	mmol L <sup>-1</sup>	0.42	--
Dureza equivalente CaCO <sub>3</sub> en mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	42	< 275
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg L <sup>-1</sup>	6.6	< 30
Fosfato (PO <sub>4</sub> )	mg L <sup>-1</sup>	5.3	< 15
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	mg L <sup>-1</sup>	28.7	< 72
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	mg L <sup>-1</sup>	15.3	< 106 (ideal: < 53)
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> )	mg L <sup>-1</sup>	39.1	< 183
Σ Aniones	meq L <sup>-1</sup>	1.95	--
Amonio (NH <sub>4</sub> )	mg L <sup>-1</sup>	0.1	< 4.5
Potasio (K)	mg L <sup>-1</sup>	6.2	< 20
Magnesio (Mg)	mg L <sup>-1</sup>	3.0	< 30
Calcio (Ca)	mg L <sup>-1</sup>	11.9	< 60
Sodio (Na)	mg L <sup>-1</sup>	23.1	< 70 (ideal: < 35)
Σ Cationes	meq L <sup>-1</sup>	2.00	--
Hierro (Fe)	mg L <sup>-1</sup>	0.159	< 1.5
Manganeso (Mn)	mg L <sup>-1</sup>	0.026	< 0.5
Cobre (Cu)	mg L <sup>-1</sup>	0.001	< 0.1
Zinc (Zn)	mg L <sup>-1</sup>	0.036	< 0.3
Boro (B)	mg L <sup>-1</sup>	0.180	< 0.3

<sup>†</sup> Fuente: Reed (1996).

<sup>1</sup> Todos estos análisis se realizaron con base en las normas establecidas en el laboratorio AGRARPROJEKT: EPA 9045, EPA 7000, EPA 7010, SM2510, SM2320, SM3500, SM4500, ISO 7890, DIN-38450.

#### 3.4.4. Análisis final del sustrato

Una vez finalizado la fase de campo se realizó un análisis del sustrato (Tabla 3). La muestra fue tomada de una tina común que contenía el sustrato de las fundas de todas las plantas que conformaron el sitio experimental. La metodología seguida para la preparación de la muestra y para la determinación de los contenidos nutricionales fueron los mismos que se utilizaron para la muestra inicial del sustrato. Se analizó pH, CE, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>, K, M, Ca, SO<sub>4</sub>, Na, Cl<sup>-1</sup>, Fe, Mn, Cu, Zn y B. Para los parámetros se siguió la metodología descrita por Sonneveld *et al.* (1974).

**Tabla 3.** Resultados del análisis final del sustrato después del establecimiento de la evaluación para el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* M.) var. Sheila. San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador. 2018.

Elemento	Unidad	Postsiembra	Rango óptimo <sup>†</sup>
pH	--	5.5	5.8
Conductividad (CE)	mS.cm <sup>-1</sup>	0.96	1.4
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg kg <sup>-1</sup>	79.1	370.0
Amonio (NH <sub>4</sub> )	mg kg <sup>-1</sup>	1.2	< 7.2
Fosfato (PO <sub>4</sub> )	mg kg <sup>-1</sup>	31.2	78.0
Potasio (K)	mg kg <sup>-1</sup>	126.0	126.0
Magnesio (Mg)	mg kg <sup>-1</sup>	19.4	38.0
Calcio (Ca)	mg kg <sup>-1</sup>	41.0	115.0
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	mg kg <sup>-1</sup>	57.5	163.0
Sodio (Na)	mg kg <sup>-1</sup>	25.0	< 69.0
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	mg kg <sup>-1</sup>	186.0	< 106.0
Hierro (Fe)	mg kg <sup>-1</sup>	0.472	0.70
Manganeso (Mn)	mg kg <sup>-1</sup>	0.099	0.05
Cobre (Cu)	mg kg <sup>-1</sup>	0.059	0.06
Zinc (Zn)	mg kg <sup>-1</sup>	0.077	0.09
Boro (B)	mg kg <sup>-1</sup>	0.353	0.11

<sup>†</sup> Fuente: Sonneveld y Voogt (2009).

#### 3.4.5. Recolección de datos climáticos

Se recolectaron datos de temperatura (T°) y humedad relativa, pero no se tomó en cuenta la precipitación porque la investigación se realizó bajo cubierta plástica en la que el requerimiento hídrico del cultivo se cubrió con fertirriego. La recolección de la T° y la humedad relativa durante la duración del ensayo (150 d) se realizó con un

termómetro de máximas y mínimas y con un higrómetro, ubicados en el interior del invernadero y los datos se registraron de forma diaria.

### 3.4.6. Preparación y manejo de las plántulas

Las plántulas se transplantaron en fundas de 25 cm de alto y 20 cm de diámetro. Dispuestas a doble fila con un gotero de 2 L h<sup>-1</sup> en cada funda, separadas a una distancia de 0.30 m entre plantas, 0.20 m entre filas y 0.50 m entre camas. Las plántulas se desinfectaron con sulfato de cobre pentahidratado y cloruro de benzalconio previo al trasplante.

### 3.4.7. Manejo del cultivo

**Fertilización edáfica:** Se calculó con base al requerimiento nutricional del cultivo. La aplicación se realizó por completo mediante fertirriego. Para ello se utilizó: NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, KNO<sub>3</sub> y MgSO<sub>4</sub>, los micronutrientes se aplicaron como quelatos EDTA (Fe, Mn, Zn y Cu), H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> y (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub> (Tabla 4).

**Tabla 4.** Cantidades nutrientes utilizados durante la ejecución de la investigación en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* M.) var. Sheila. San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador. 2018.

Elemento	Unidad	Prefloración	Postfloración
N-NO <sub>3</sub>	mg L <sup>-1</sup>	130	180
N-NH <sub>4</sub>	mg L <sup>-1</sup>	10	30
P	mg L <sup>-1</sup>	20	40
K	mg L <sup>-1</sup>	180	300
Ca	mg L <sup>-1</sup>	80	180
Mg	mg L <sup>-1</sup>	30	50
S	mg L <sup>-1</sup>	30	40
Fe	mg L <sup>-1</sup>	0.30	0.80
Mn	mg L <sup>-1</sup>	0.20	0.50
Cu	mg L <sup>-1</sup>	0.05	0.10
Zn	mg L <sup>-1</sup>	0.10	0.30
B	mg L <sup>-1</sup>	0.30	0.70
Mo	mg L <sup>-1</sup>	0.01	0.05

**Riego:** Se realizó un riego de 7 min cada hora desde las siete hasta las 15 h todos los días durante la ejecución de la investigación.

**Tutorado:** Esta actividad se la realizó cada 15 d.

**Poda de ramificaciones laterales:** Se realizaron en total diez podas, a los 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135 y 150 d.

**Aplicaciones fitosanitarias:** Esta actividad se la realizó en función del ataque de los diferentes agentes patógenos que se presentaron en el cultivo, con el uso de diferentes ingredientes activos para evitar el desarrollo de resistencias por parte de los patógenos.

### 3.4.8. Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual a partir de los 90 d. Los frutos se cosecharon al alcanzar el punto de madurez comercial (rosado), y en las plantas para la toma de datos en el EC establecido para cada unidad experimental (UE) de esta investigación. De acuerdo con USDA (2005), los EC para la toma de datos fueron (Fig. 2):

- ✓ Verde: Existen colores amarillo, rosado y rojo, en el 10% pero no más del 30% de la superficie del tomate.
- ✓ Rosado: Entre el 30 y el 60% de la superficie presenta una coloración rosada o roja.
- ✓ Rojo claro: Entre el 60 y 90% de la superficie presenta una tonalidad rosada o roja.
- ✓ Rojo: Más del 90% de la superficie es de color rojo.



**Fig. 2.** Estados de cosecha de los frutos. Editado a partir de USDA (2005).

### 3.5. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

#### 3.5.1. Diseño experimental, factores y tratamientos

Se implementó un diseño de parcelas divididas en un arreglo de bloques completos al azar (BCA) con cuatro repeticiones (Anexo 2). Se utilizaron dos factores que fueron: aplicación de KF y los EC del fruto. Los tratamientos incluyeron dos niveles de KF (0 y 12 kg ha<sup>-1</sup>) como parcela principal, y cuatro EC (verde, rosado, rojo claro y rojo) como subparcela. El KF se aplicó desde 8 d antes de la cosecha del primer racimo, y con una frecuencia de cada dos semanas; en total se realizaron seis aplicaciones.

#### 3.5.2. Descripción del área de investigación (AI) y la unidad experimental (UE)

✓ Número total de UE:	32
✓ Número de plantas en las UE:	256
✓ Número de plantas en bordes:	40
✓ Número de plantas del AI:	296
✓ Número de plantas de la UE:	8
✓ Bordes dentro de la UE:	4 plantas en borde superior y 2 en el inferior
✓ Número de plantas para toma de datos:	4
✓ Largo y ancho de la UE:	1.0 x 0.9 m
✓ Distancia entre plantas:	0.30 m
✓ Área de cada UE:	0.90 m <sup>2</sup>
✓ Área de las 32 parcelas:	29.0 m <sup>2</sup>
✓ Área de caminos:	21.0 m <sup>2</sup>
✓ Área total del AI:	50.0 m <sup>2</sup>

#### 3.5.3. Variables evaluadas

**Peso de fruto:** Se pesaron 20 frutos por EC de cada UE provenientes de las cuatro plantas de cada parcela neta. Las mediciones se realizaron con una balanza electrónica con una calibración de 0.05 g y el resultado se expresó en g fruto<sup>-1</sup>.



**Diámetro ecuatorial y polar:** Se midió en los frutos cosechados para la variable peso de fruto. Para eso se tomó el diámetro de forma horizontal (ecuatorial) y vertical (polar) de cada fruto con un calibrador o pie de rey análogo. El resultado se expresó en cm.

**°Brix:** Se realizó en los frutos cosechados para las mediciones de las variables anteriores. Para lo cual se cortó el fruto en cuatro secciones (un corte longitudinal y un corte transversal), se seleccionó una sección y se eliminaron los restos del pedúnculo (Kleinhenz y Bumgarner, 2015b). A la sección se la maceró con una licuadora eléctrica. Luego se filtró el macerado para la lectura de °B. La medición se realizó con la ayuda de un refractómetro de Brix (Atago 3810 PAL-1, Japón) y el resultado se expresó en °Bx. Las mediciones se las realizaron al momento de la cosecha.

**Acidez (pH):** Se midió en el macerado del fruto utilizado para los °B, con la ayuda de un potenciómetro (Apera PC60, USA). Las mediciones se las realizaron al momento de la cosecha y el resultado se expresó en grados de pH.

**Productividad:** Se pesó el total cosechado de las cuatro plantas seleccionadas para la toma de datos de cada UE, y el resultado se expresó en kg.

#### 3.5.4 Análisis estadístico

Se realizó un ANOVA para cada una de las variables evaluadas (Tabla 5). Los ANOVA se ejecutaron con el procedimiento PROC MIXED del programa estadístico SAS<sup>9.3</sup> (SAS Institute, 2009), donde el EC y KF se consideraron como factores fijos, y los bloques fueron aleatorios. Las diferencias entre los tratamientos se determinaron con la opción DIFF de PROC MIXED, y se consideraron significativas cuando  $p \leq 0.10$ , según el procedimiento “*Fisher Protected Least Significant Difference (FLSD)*”. Además, para determinar posibles relaciones entre las variables evaluadas, se evaluaron los coeficientes de correlación de Pearson con el procedimiento PROC CORR de SAS<sup>9.3</sup> donde los coeficientes de correlación de Pearson  $\geq |0.70|$  y con  $p \leq 0.10$  se consideraron significativos (Hinsinger y Jailard, 1993).

**Tabla 5.** Esquema de análisis de varianza.

Fuentes de variación	Grados de libertad
Tratamientos	7
Estados de cosecha (EC) del fruto	3
K foliar (KF)	1
EC x KF	3
Bloques	3
Error	22
Total	32

### 3.6. ANÁLISIS ECONÓMICO

En cada tratamiento se calculó la relación beneficio costo<sup>-1</sup> para determinar su rentabilidad. El precio referencial para la comercialización del fruto cosechado en esta investigación fue de US\$ 0.43 kg<sup>-1</sup>, que corresponde al precio promedio al productor del 2019 (SIPA, 2019). El costo de implantación promedio de un cultivo de tomate es de US\$ 30000 ha<sup>-1</sup>, dentro de los cuales ya se toma en cuenta la depreciación del costo del invernadero en estructura metálica a 10 años y a cinco años el plástico y el sistema de riego; por otro lado, la fibra de coco se la deprecia a cuatro ciclos de tomate. El beneficio se obtuvo a partir del precio de venta promedio al productor en el 2019, y el costo que resultó de la inversión realizada durante la investigación (Anexo 3).



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

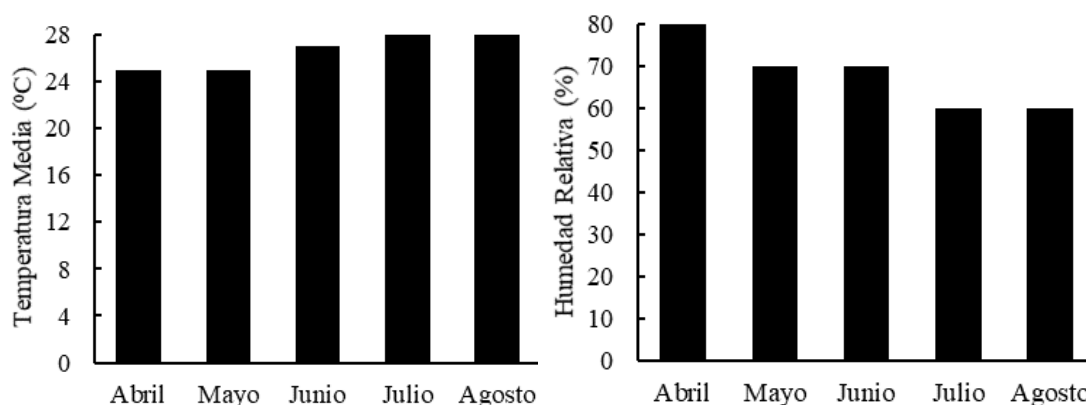
#### 4.1. CLIMA

Según Allende (2017), el cultivo de tomate necesita temperaturas entre 18 y 24 °C para su normal y adecuado desarrollo, también menciona que temperaturas por debajo de los 12 °C la planta detiene su crecimiento y afecta el desarrollo de los frutos, y, por otro lado, temperaturas sobre los 35 °C son perjudiciales para la fructificación, además que podría elevar la evapotranspiración, con lo cual podría provocar un estrés hídrico en la planta. Además, menciona que la humedad relativa adecuada para el desarrollo normal del cultivo de tomate es entre 60 y 80%.

La temperatura media durante toda la fase de campo de la investigación fue entre 24 a 28 °C, por lo cual estuvo dentro de las temperaturas adecuadas para el tomate (Fig. 3). Por otro lado, la humedad relativa se mantuvo entre 60 y 80% de forma constante con la ayuda de un sistema de micro aspersión, ubicado en el techo de la cubierta plástica, y con la apertura y cierre de cortinas.

Es importante mencionar que, en los meses de julio y agosto, a pesar de que la temperatura media estuvo en el rango adecuado para el tomate, la temperatura mínima y máxima osciló entre 8 y 40 °C, respectivamente (Datos no mostrados). Lo cual pudo afectar el desarrollo normal de los frutos y de la planta en general. Van der Ploeg y Heuvelink (2005), encontraron que las plantas de tomate sometidas a temperaturas bajo lo óptimo desarrollaron racimos con menos frutos, por otro lado, cuando la temperatura excedía el rango normal los frutos tendían a madurar antes, lo cual afecta de forma negativa en el peso del fruto (Adams *et al.*, 2001). Por otro lado, Barrero *et al.* (2016) menciona que las plantas cuando soportan bajas temperaturas reducen la disponibilidad de agua, lo cual reduce la tasa fotosintética de la planta y por

consiguiente tiene menor cantidad de energía disponible para sus procesos fisiológicos, incluido, la formación y desarrollo del fruto.



**Fig. 3.** Temperatura media mensual (izquierda) y humedad relativa (derecha) durante la investigación. San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador. 2018.

#### 4.2. ANÁLISIS FINAL DEL SUSTRATO

Para evaluar la fertilidad del sustrato post siembra, se realizó un análisis y se lo comparó con el análisis inicial (Tablas 1 y 3). La comparación muestra un decremento general en la concentración de la mayoría de los nutrientes y parámetros. La disminución en los nutrientes en el sustrato post siembra se puede deber a un posible lavado por el constante flujo de agua. Además, durante todo el ciclo de cultivo no se evidenció deficiencias nutricionales en las plantas, por lo que el decremento de las concentraciones no se pudo deber a una falta de fertilización, también se debe tomar en consideración que la fertilización fue suministrada 5 d por semana, con las concentraciones indicadas (Tabla 4) y 2 d solo con agua.

Silber y Bar-Tal (2008) mencionan que los cultivos desarrollados en sustratos, de forma general, requieren mayor cantidad de agua en sistemas abiertos, además, los cultivos en sustratos tienen un mayor flujo de nutrientes y agua hacia las raíces de las plantas, debido al constante suministro de agua. Blok *et al.* (2017), mencionan que el flujo de agua en sustratos es mayor que en el suelo, debido a que los sustratos tienen mayor cantidad de poros y permiten mayores frecuencias de riegos. El flujo

constante de agua con nutrientes, que es mucho más alto que en cultivos en suelos, podría explicar la disminución de los nutrientes en el sustrato después del ciclo de cultivo de esta investigación.

### 4.3. PESO PROMEDIO DE FRUTO

Con respecto al peso promedio del fruto se observa que las plantas tratadas con KF mostraron, en promedio de las cinco cosechas, un incremento del 5.6% en el peso de los frutos (Tabla 6); sin embargo, no existieron diferencias ( $p > 0.10$ ) entre los estadíos individuales, pero si en el promedio final ( $p = 0.08$ ). Entre los EC existieron diferencias ( $p < 0.10$ ) en las cosechas primera, segunda, cuarta, quinta y en el promedio, donde los frutos con KF y cosechados en los estados rojo claro y rojo mostraron hasta un 10% de incremento en el peso.

Afzal *et al.* (2015), encontró que la aplicación de KF tiene un efecto positivo en el peso del fruto del tomate. Esto se pudo deber a que el K transporta y regula el agua dentro de la planta, así como la traslocación de fotosintatos hacia los frutos (Mengel *et al.*, 2001a), por lo que aplicaciones exógenas de K podrían aumentar la cantidad de agua y fotosintatos en el fruto, lo cual incrementa el peso en el fruto. Además, mientras mayor es el EC, mayor es la traslocación (Duma *et al.*, 2015), con lo cual los frutos al alcanzar EC mayores acumulan mayor cantidad de sólidos (Wang *et al.*, 1996).

Por otro lado, el B en estado deficiente incrementa la salida de K de las células debido a que existe una mayor permeabilidad de la membrana celular (Mengel *et al.*, 2001b), con lo cual incrementa el K en el floema; por consiguiente, incrementa la traslocación de agua y azúcares (Hawkesford *et al.*, 2012). Durante toda la investigación se suministró un equivalente a 2.0 kg B ha<sup>-1</sup> para todos los tratamientos, lo cual es inferior a la cantidad recomendada de 2.5 kg B ha<sup>-1</sup> para el cultivo de tomate (Darsun *et al.*, 2010). Huang y Snapp (2008) y Mosfata *et al.* (1999), encontraron que al aplicar K

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

adicional cuando el B estaba en concentraciones deficientes, mostró efectos positivos en el peso de los frutos.

Por lo anterior, el aumento del peso del fruto se puede atribuir a que el K adicional contribuyó a que mayor cantidad de agua y fotosintatos sean trasladados hacia los frutos, condición que se incrementa con su maduración. Además, una leve deficiencia de B acompañada con la aplicación foliar de K podría aumentar la tasa de traslocación de agua y azúcares al fruto, que conlleva al aumento de peso en el fruto. Por otro lado, pudo afectar la variación entre temperaturas máximas y mínimas en los meses de julio y agosto, a que las plantas que no recibieron KCl foliar expresen un menor peso en los frutos por un probable estrés hídrico.

**Tabla 6.** Peso de fruto (g) de tomate (*Solanum lycopersicum* M.) var. Sheila, por cosecha y promedio. San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador. 2021.

Estado de cosecha	Número de cosecha					
	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta	Promedio
	<u>Con K foliar</u>					
Verde	128 bc <sup>†</sup>	116 ab	123	109 abc	83 d	112 c
Rosado	143 abc	96 c	115	110 abc	109 abc	115 bc
Rojo claro	171 a	132 a	118	102 bc	117 ab	128 ab
Rojo	164 a	133 a	110	121 ab	119 a	129 a
PPROMEDIO	151	119	116	110	107	121 A <sup>†</sup>
	<u>Sin K foliar</u>					
Verde	118 c	104 bc	110	95 c	104 abc	107 c
Rosado	122 bc	116 ab	109	109 abc	103 bc	112 c
Rojo claro	153 ab	113 bc	128	95 c	101 c	118 abc
Rojo	147 abc	114 b	104	123 a	100 c	118 abc
PPROMEDIO	135	112	113	105	102	113 B
Fuentes de variación	----- $p > F^{\ddagger}$ -----					
K foliar (KF)	0.12	0.18	0.56	0.35	0.29	0.08
Estado de cosecha (EC)	0.04	0.06	0.32	0.04	0.06	0.04
KF x EC	0.98	0.05	0.59	0.76	0.02	0.84

<sup>†</sup> Valores con letra minúscula diferente en la misma columna, indican diferencias por efecto del estado de cosecha; mientras que, valores con letra mayúscula diferente en la misma columna indica diferencias por efecto del K foliar.

<sup>‡</sup> Todos los valores de  $p \geq 0.10$  indican que no hay diferencia causada por el factor de evaluación.

#### 4.4. DIÁMETROS ECUATORIAL Y POLAR DEL FRUTO

Respecto al diámetro ecuatorial y polar del fruto se observa un incremento de hasta el 5% para el tratamiento con KF; sin embargo, solo existen diferencias ( $p < 0.10$ ) en los promedios generales de ambos diámetros. Además, se observa que los frutos con mayores diámetros, tanto en aquellos con y sin KF, se presentan en los estados rojo claro y rojo, donde se observan diferencias ( $p < 0.10$ ) en la cuarta cosecha para el diámetro ecuatorial, y en la quinta cosecha y en el promedio para el diámetro polar (Tablas 7 y 8).

Gill *et al.* (2012), Rather *et al.* (2015) y Hagos *et al.* (2018), encontraron que al aplicar K vía foliar existe un efecto positivo en el tamaño del fruto. Esto puede deberse a que el K interviene en la elongación y crecimiento de los tejidos e interviene en la síntesis de proteínas necesarias para el crecimiento celular (Hager *et al.*, 1971; Rose y Bennett, 1999; Mengel *et al.*, 2001a). También un fruto al alcanzar EC mayores acumula mayor cantidad de agua y solutos (Wang *et al.*, 1996), por lo cual un fruto más rojo, cuando no ha existido deficiencia de K, tiende a ser más grande (Duma *et al.*, 2015).

Por otro lado, la deficiencia de B provoca que las paredes celulares no se expandan con normalidad y sus propiedades mecánicas queden alteradas (Broadley *et al.*, 2012). Además, Darsun *et al.* (2010), manifiesta que la concentración de B en la planta está relacionada con la concentración de P, K, Fe, Mn, Zn y Cu, todos necesarios para el normal desarrollo y crecimiento de los frutos. Por lo cual una deficiencia de B podría reducir la disponibilidad de los elementos mencionados y, por consiguiente, afectar al tamaño de los frutos. Además, a pesar de que la temperatura media estuvo entre 24 a 28 °C, la temperatura mínima en el mes de junio fue de 10 °C y la máxima de 40 °C, lo cual pudo provocar que exista un estrés por frío en la planta; bajo esas condiciones, la planta transpira menos y esto resulta en menor flujo de masa, lo que afecta la absorción de nutrientes como el B (Salehi *et al.*, 2012).



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

En esta investigación el B fue deficiente en un 20%, lo cual pudo afectar de forma negativa el tamaño del fruto, a excepción de las plantas que recibieron KF. Esto pudo deberse a que la adición de KF incrementa la tasa de transpiración y equilibrar el balance hídrico en la planta, y por consiguiente incrementar la absorción y distribución del agua en la planta (Mengel *et al.*, 2001a), y junto con el agua, incrementa la absorción de nutrientes que ingresan por flujo de masas, entre los cuales se encuentra el B (Barber, 1962), con lo cual no fue afectado el desarrollo normal del fruto.

**Tabla 7.** Diámetro ecuatorial de fruto (cm) de tomate (*Solanum lycopersicum* M.) var. Sheila, por cosecha y promedio. San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador. 2021.

Estado de cosecha	Número de cosecha					
	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta	Promedio
	<u>Con K foliar</u>					
Verde	6.18	5.84	5.94	5.79 abc <sup>†</sup>	5.25	5.80
Rosado	6.33	5.44	5.82	5.60 bcd	5.75	5.79
Rojo claro	6.77	6.06	5.77	5.53 cd	5.78	5.98
Rojo	6.59	6.17	5.71	5.97 a	5.88	6.06
PPROMEDIO	6.47	5.87	5.81	5.72	5.66	5.91 A <sup>†</sup>
	<u>Sin K foliar</u>					
Verde	5.95	5.57	5.85	5.45 cd	5.59	5.68
Rosado	5.89	5.74	5.71	5.69 abcd	5.60	5.72
Rojo claro	6.55	5.66	6.00	5.38 d	5.49	5.81
Rojo	6.30	6.69	5.65	5.93 ab	5.52	5.81
PPROMEDIO	6.17	5.66	5.80	5.61	5.55	5.76 B
Fuentes de variación	----- $p > F^{\ddagger}$ -----					
K foliar (KF)	0.15	0.11	0.95	0.30	0.24	0.07
Estado de cosecha (EC)	0.14	0.24	0.45	0.02	0.17	0.21
KF x EC	0.98	0.14	0.67	0.52	0.06	0.86

<sup>†</sup> Valores con letra minúscula diferente en la misma columna, indican diferencias por efecto del estado de cosecha; mientras que, valores con letra mayúscula diferente en la misma columna indica diferencias por efecto del K foliar.

<sup>‡</sup> Todos los valores de  $p \geq 0.10$  indican que no hay diferencia causada por el factor de evaluación.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

**Tabla 8.** Diámetro polar de fruto (cm) de tomate (*Solanum lycopersicum* M.) var. Sheila, por cosecha y promedio. San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador. 2021.

Estado de cosecha	Número de cosecha					
	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta	Promedio
	<u>Con K foliar</u>					
Verde	5.09	4.94	5.04	4.84	4.49 b <sup>†</sup>	4.88 b
Rosado	5.22	4.58	5.00	5.02	4.96 a	4.95 b
Rojo claro	5.36	5.22	5.15	4.92	5.17 a	5.17 a
Rojo	5.57	5.16	4.97	5.10	5.11 a	5.18 a
PPROMEDIO	5.31 A <sup>†</sup>	4.98	5.04	4.97	4.93	5.04 A
	<u>Sin K foliar</u>					
Verde	4.97	4.87	4.88	4.83	4.91 a	4.89 b
Rosado	4.87	4.98	4.94	4.98	4.92 a	4.94 b
Rojo claro	5.28	4.81	5.05	4.84	4.95 a	4.99 b
Rojo	5.17	4.85	4.78	5.13	4.93 a	4.97 b
PPROMEDIO	5.07 B	4.88	4.91	4.95	4.93	4.95 B
Fuentes de variación	----- $p > F^{\ddagger}$ -----					
K foliar (KF)	0.07	0.21	0.15	0.8	0.94	0.07
Estado de cosecha (EC)	0.12	0.14	0.36	0.11	0.03	0.03
KF x EC	0.72	< 0.01	0.95	0.97	0.05	0.31

<sup>†</sup> Valores con letra minúscula diferente en la misma columna, indican diferencias por efecto del estado de cosecha; mientras que, valores con letra mayúscula diferente en la misma columna indica diferencias por efecto del K foliar.

<sup>‡</sup> Todos los valores de  $p \geq 0.10$  indican que no hay diferencia causada por el factor de evaluación.

#### 4.5. GRADOS BRIX DEL FRUTO

Con respecto a los °B medidos en el fruto, se observó que las plantas que no recibieron KF tuvieron hasta un 5% más °B, pero solo en la tercera cosecha fue significativo ( $p = 0.04$ ). Los frutos cosechados en estado rojo obtuvieron las mayores mediciones de °B, pero solo en la tercera y el promedio existieron diferencias ( $p < 0.10$ ) (Tabla 9).

Jifon y Lester (2011) y Watanabe *et al.* (2015) publicaron que la aplicación de KCl como KF tuvo un efecto negativo en la acumulación de azúcares en los órganos de reserva, probablemente debido a la reducción de la sucrosa por parte de amilasas activadas por el  $Cl^{-1}$  (Kafkafi *et al.*, 2001). Por otra parte, Mengel *et al.* (2001c) menciona que la aplicación de KCl en viñedos redujo tanto el peso como el número de racimos, probablemente por el incremento de salinidad que ocasiona el KCl en suelos

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

utilizados para viñedos. En esta investigación se utilizó KCl para las aplicaciones foliares, lo que explicaría la reducción de los °B en los frutos con la aplicación de KF.

Por otro lado, el  $\text{Cl}^{-1}$  actúa como un contraión del K –cuando en las células guardas no existe suficiente almidón para sintetizar malato– para la regulación de la apertura de las células guardas de los estomas y aumentar el turgor celular (Mengel *et al.*, 2001c). Debido al probable estrés hídrico causado por las altas temperaturas en los meses de Jul. y Ago., pudo decrecer la tasa fotosintética de las plantas y reducir la cantidad de almidón sintetizado en los cloroplastos por la falta de azúcares provenientes de la fotosíntesis (Pfister y Zeeman, 2016). Por lo que, la aplicación de KCl vía foliar pudo incrementar la tasa de transpiración de las plantas, debido a que el  $\text{Cl}^{-}$  intervino en mantener abiertos los estomas por mayor tiempo por sustitución del malato en las células guardas (Broadley *et al.*, 2012). Esto pudo incrementar la absorción de agua por las raíces e incrementar la traslocación de agua y K al fruto. Una mayor cantidad de agua en el fruto pudo provocar una mayor dilución de los azúcares, lo que pudo disminuir la medida de °B en las plantas tratadas con KCl.

La aplicación foliar de KCl como fuente de K en cultivos en los cuales se necesite acumulación de azúcares en el fruto no es recomendable, debido a que el KCl tiene efectos negativos en la acumulación de azúcares, reflejado en una menor medida de °B. Esto se pudo deber probablemente por que el  $\text{Cl}^{-}$  activa amilasas que degradan la sucrosa, por otro lado, el  $\text{Cl}^{-}$  influye en un ingreso de agua a la planta debido al incremento en la apertura estomática y consecuente aumento en la transpiración. Amjad *et al.* (2014) y Afzal *et al.* (2015), mencionan que la aplicación de K foliar incrementa la acumulación de azúcares en el fruto, en lo cuales se utilizaron otras fuentes de K, tales como  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  o  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . Al cambiar las fuentes de K sería posible utilizar los °B como determinante del contenido de azúcares y SST (Wang *et al.*, 1996; Viera *et al.*, 2018), y utilizarlo como herramienta de cosecha para los agricultores.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

**Tabla 9.** Grados brix (°B) de fruto de tomate (*Solanum lycopersicum* M.) var. Sheila, por cosecha y promedio. San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador. 2021.

Estado de cosecha	Número de cosecha					
	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta	Promedio
	<u>Con K foliar</u>					
Verde	3.85	3.95	3.78 c <sup>†</sup>	3.56	3.54	3.73 b
Rosado	3.43	3.78	3.69 c	3.86	4.02	3.76 b
Rojo claro	3.79	4.00	3.99 bc	3.55	4.14	3.89 b
Rojo	4.02	4.19	3.90 bc	3.91	3.82	3.97 b
PPROMEDIO	3.77	3.98	3.84 B <sup>†</sup>	3.72	3.87	3.84
	<u>Sin K foliar</u>					
Verde	3.65	4.11	3.78 c	3.55	3.51	3.72 b
Rosado	3.56	4.30	4.12 ab	3.79	3.80	3.91 b
Rojo claro	3.53	3.97	3.93 bc	3.80	3.78	3.80 b
Rojo	3.97	4.57	4.38 a	4.37	4.12	4.28 a
PPROMEDIO	3.67	4.24	4.05 A	3.88	3.80	3.93
Fuentes de variación	----- $p > F^{\ddagger}$ -----					
K foliar (KF)	0.56	0.12	0.04	0.40	0.60	0.33
Estado de cosecha (EC)	0.19	0.29	0.10	0.15	0.12	0.03
KF x EC	0.83	0.62	0.13	0.72	0.42	0.42

<sup>†</sup> Valores con letra minúscula diferente en la misma columna, indican diferencias por efecto del estado de cosecha; mientras que, valores con letra mayúscula diferente en la misma columna indica diferencias por efecto del K foliar.

<sup>‡</sup> Todos los valores de  $p \geq 0.10$  indican que no hay diferencia causada por el factor de evaluación.

#### 4.6. ACIDEZ DEL FRUTO

Los frutos de las plantas tratadas con KF fueron más ácidos que sin KF; sin embargo, existieron diferencias ( $p < 0.10$ ) solo en los frutos de la cuarta cosecha y en el promedio. Dentro de los EC, los frutos en estado verde y rosado fueron más ácidos que los de estados rojos. Existieron diferencias ( $p < 0.10$ ) en los frutos cosechados en la primera, segunda y tercera cosecha, y en el promedio. Los frutos con menor grado de pH se cosecharon en estado verde y rosado y con KF (Tabla 10).

Lobit *et al.* (2006), Mpelasoka *et al* (2003) y Morris *et al.* (1980), encontraron que, al incrementar la cantidad de K suministrado en el ciclo del cultivo, el pH de los frutos incrementaba. Este efecto puede deberse a que el K reduce la cantidad de ácidos libres en el fruto por un intercambio de H<sup>+</sup> provenientes de los ácidos (Mpelasoka *et al.*,

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

2003), además, Etienne *et al.* (2013), manifiesta que, el transporte de K cuando su concentración es alta se lo realiza de forma activa a través de bombas de H<sup>+</sup>, con lo cual el K no aumentaría el potencial osmótico en las células y que provocaría que se incremente el pH en las vacuolas y en las células.

Lo anterior explicaría la probable razón por la cual incrementó el pH de los frutos en las plantas tratadas con K exógeno. Por otro lado, los frutos en estado inmaduro tienen una mayor concentración de ácidos orgánicos, en especial de ácido cítrico, y una concentración baja de glucosa y sucrosa, por lo cual su pH más ácido que los frutos en estados maduros, donde la concentración de ácido decrece y la concentración de azúcares aumenta (Wang *et al.*, 1996; Anthon *et al.*, 2011).

**Tabla 10.** Acidez de fruto (pH) de tomate (*Solanum lycopersicum* M.) var. Sheila, por cosecha y promedio. San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador. 2021.

Estado de cosecha	Número de cosecha					Promedio
	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta	
	<u>Con K foliar</u>					
Verde	4.17 ef <sup>†</sup>	4.20 de	4.19 d	3.78	3.96	4.06 cd
Rosado	4.19 def	4.25 cd	4.20 d	3.96	3.63	4.04 d
Rojo claro	4.27 bc	4.32 bc	4.32 ab	4.24	3.75	4.18 abcd
Rojo	4.31 b	4.42 ab	4.38 a	4.03	3.84	4.20 abc
PPROMEDIO	4.24	4.29	4.27	4.00 B <sup>†</sup>	3.80	4.12 B
	<u>Sin K foliar</u>					
Verde	4.15 f	4.12 e	4.22 cd	4.22	3.79	4.10 bcd
Rosado	4.22 cde	4.24 cd	4.28 bc	4.28	4.17	4.24 abc
Rojo claro	4.23 cd	4.24 cd	4.29 bc	4.36	4.22	4.27 ab
Rojo	4.37 a	4.44 a	4.37 ab	4.47	3.96	4.32 a
PPROMEDIO	4.23	4.26	4.29	4.33 A	4.03	4.23 A
Fuentes de variación	----- $p > F^{\ddagger}$ -----					
K foliar (KF)	0.65	0.65	0.45	0.02	0.17	0.04
Estado de cosecha (EC)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.40	0.98	0.09
KF x EC	0.19	0.19	0.33	0.82	0.42	0.75

<sup>†</sup> Valores con letra minúscula diferente en la misma columna, indican diferencias por efecto del estado de cosecha; mientras que, valores con letra mayúscula diferente en la misma columna indica diferencias por efecto del K foliar.

<sup>‡</sup> Todos los valores de  $p \geq 0.10$  indican que no hay diferencia causada por el factor de evaluación.

#### 4.7. PRODUCCIÓN DE FRUTO

Las plantas tratadas con KF incrementaron su producción de frutos hasta un 9%, sin embargo, no hubo diferencias ( $p > 0.10$ ). El mejor EC fue en rojo claro con incrementos de hasta un 30%. Existieron diferencias ( $p < 0.10$ ) en todas las cosechas y en el total, en donde los frutos cosechados en estado rojo claro con KF obtuvieron las producciones más altas (Tabla 11).

Reportes científicos indican que el KF incrementa la producción en el cultivo de tomate, además tiene un efecto positivo en mejorar la calidad del fruto en cuanto a tamaño, contenido de SST, pH y contenido de MS (Amjad *et al.*, 2014; Afzal *et al.*, 2015; Ahmad *et al.*, 2015; Sultana *et al.*, 2015; Navitha *et al.*, 2019). Navitha *et al.* (2019) manifiestan que el incremento en la producción se pudo deber a que el K incrementa la activación enzimática, ayuda en la fotosíntesis, en la traslocación de azúcares e incrementa la turgidez de las células. Por su parte, Afzal *et al.* (2015) le atribuye el incremento en la producción del tomate a que el K aumenta la eficiencia de carga y descarga de fotosintatos al floema y llevados los órganos de reserva.

El K en el fertirriego en esta investigación estuvo en una concentración de 7.7 meq K L<sup>-1</sup>, y vía foliar se aplicó al 0.5%. Besford y Maw (1975) encontraron que el K en una concentración entre 5.03 y 10.23 meq K L<sup>-1</sup> produce la máxima producción; por otro lado, Afzal *et al.* (2015) manifiestan que la aplicación foliar de K en una concentración de 0.5% maximiza la producción del tomate. El K en esta investigación estuvo en una concentración adecuada tanto por fertirriego como vía foliar –para los tratamientos con KF–, por lo cual pudieron expresar su máxima producción.

Por otro lado, al alcanzar un EC mayor los frutos acumulan SST, MS, azúcares, ácidos y otros compuestos orgánicos (Wang *et al.*, 1996; Viera *et al.*, 2018), que incrementan el peso de los frutos, y por consiguiente aumentan la producción del cultivo. Según (Mengel *et al.*, 2001a), este efecto, sumado a la aplicación exógena de K, aumenta la

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

traslocación tanto de agua como de fotosintatos, podría explicar la razón por la cual los frutos cosechados en estado rojo claro con KF obtuvieron la mayor producción.

La cosecha de frutos en el EC rojo claro con aplicación de KF permite aumentar la productividad del cultivo y aumentar la calidad del fruto. No se recomienda utilizar como fuente de K el KCl, por sus efectos negativos sobre la acumulación de azúcares en el fruto. Es posible obtener los mismos resultados en productividad, utilizando diferentes fuentes de K, tales como: KNO<sub>3</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> o K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Amjad *et al.*, 2014; Afzal *et al.*, 2015), lo cual permitiría obtener mayores beneficios por la adición de otros nutrientes como N, P o S, que mejoran los procesos fisiológicos relacionados con la síntesis de proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos y moléculas energéticas (Hawkesford *et al.*, 2012).

**Tabla 11.** Producción de fruto (kg) de tomate (*Solanum lycopersicum* M.) var. Sheila, promedio de cuatro plantas por cosecha y total de cuatro plantas. San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador. 2021.

Estado de cosecha	Número de cosecha					Total
	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta	
	<u>Con K foliar</u>					
Verde	3.08 c †	3.75 abc	4.70 bcd	3.98 bcd	2.99 a	18.49 bc
Rosado	3.29 abc	3.87 ab	5.03 abcd	4.46 abc	2.71 ab	19.36 ab
Rojo claro	3.74 a	4.40 a	5.72 a	5.06 a	3.08 a	21.98 a
Rojo	2.66 d	3.13 cd	4.06 d	3.59 cd	2.19 bc	15.63 cd
PPROMEDIO	3.19	3.79	4.88	4.27	2.74	18.86
	<u>Sin K foliar</u>					
Verde	3.24 bc	4.03 ab	5.05 abc	4.41 abc	2.95 a	19.67 ab
Rosado	2.87 d	3.53 bc	4.10 cde	3.68 bcd	2.33 bc	16.50 bc
Rojo claro	3.29 abc	3.90 ab	4.97 abcd	4.52 ab	2.71 ab	19.39 ab
Rojo	2.35 d	2.76 d	3.59 e	3.18 d	1.93 c	13.81 d
PPROMEDIO	2.94	3.55	4.43	3.95	2.48	17.34
Fuentes de variación	----- $p > F^{\ddagger}$ -----					
K foliar (KF)	0.16	0.27	0.13	0.21	0.16	0.15
Estado de cosecha (EC)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
KF x EC	0.54	0.55	0.41	0.34	0.89	0.49

† Valores con letra minúscula diferente en la misma columna, indican diferencias por efecto del estado de cosecha; mientras que, valores con letra mayúscula diferente en la misma columna indica diferencias por efecto del K foliar.

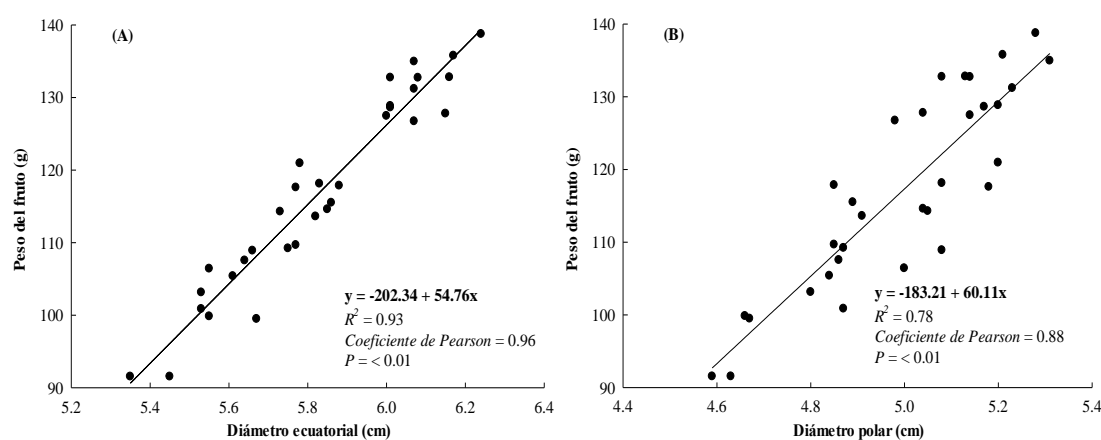
‡ Todos los valores de  $p \geq 0.10$  indican que no hay diferencia causada por el factor de evaluación.

#### 4.8. PESO DEL FRUTO VS. DIÁMETRO ECUATORIAL Y POLAR

El  $R^2$  es bueno en ambos casos (valores  $> 0.75$ ) al igual que el coeficiente de Pearson (Anexo 4). Esto confirma que, a mayor peso de fruto, el diámetro ecuatorial y polar incrementan ( $p < 0.01$ ) (Fig. 4).

Afzal *et al.* (2015), Gill *et al.* (2012) y Rather *et al.* (2015) afirman que la aplicación de KF tiene un efecto positivo en el peso y tamaño del fruto porque aumenta la división y elongación celular. Hager *et al.* (1971), Rose y Bennett (1999) y Mengel *et al.* (2001a) indican que el K transporta y regula el agua dentro de la planta, así como la traslocación de fotosintatos a los frutos; además, interviene en la síntesis proteica necesaria para el crecimiento celular, lo cual se expresa en frutos grandes y pesados.

Por otro lado, la adición de KF pudo incrementar la tasa de transpiración y por consiguiente incrementar la absorción de agua (Mengel *et al.*, 2001a), que conlleva a la absorción de nutrientes que ingresan por flujo de masas, entre los cuales se encuentra el B (Barber, 1962), por lo cual, el B pudo ayudar a que los frutos tengan el tamaño y forma adecuada (Mengel *et al.*, 2001b). Esto puede justificar la relación positiva que se presentó en esta evaluación entre el peso del fruto y los diámetros ecuatorial y polar.



**Fig. 4.** Correlaciones entre: A) diámetro ecuatorial y peso del fruto cosechado; y B) diámetro polar y peso del fruto cosechado de tomate (*Solanum lycopersicum* M.) var. Sheila. San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador. 2021.



#### 4.9. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Según Jarrín (2014), los costos de establecimiento de un cultivo de tomate (incluyendo la cubierta metálica, las plántulas y el sistema de riego) y los costos de un ciclo de cultivo (incluyendo la fertilización, los controles fitosanitarios y manejo agronómico del cultivo) asciende a los US\$ 42600 ha<sup>-1</sup>. Cabe mencionar que los costos de cubierta metálica y sistema de riego deben depreciarse a cinco años (ahí se recupera la inversión de infraestructura), por lo que un ciclo de cultivo de tomate sin los costos de establecimiento asciende a US\$ 30000 ha<sup>-1</sup>.

La mejor relación beneficio costo<sup>-1</sup> con respecto al EC con KF se presentó en el estado rojo claro, donde por cada US\$ 1.00 invertido por el agricultor obtiene US\$ 2.35 de retorno, es decir US\$ 1.35 de ganancia, lo que equivale a una utilidad neta de US\$ 40685 ha<sup>-1</sup> (Tabla 12). Al comparar el beneficio costo<sup>-1</sup> con el mismo EC, pero sin la aplicación de KF, hay una diferencia de US\$ 0.27, donde el agricultor obtiene US\$ 1.07 por cada US\$ 1.00 de inversión. Los resultados indican que la aplicación de KF y cosechar los frutos en estado rojo claro, permite incrementar la productividad de tomate en un 11% y aumentar la rentabilidad del cultivo en US\$ 8000 ha<sup>-1</sup>. Esto es positivo para la economía del agricultor de tomate.

**Tabla 12.** Rentabilidad de la aplicación de K foliar con diferentes etapas de cosecha de tomate (*Solanum lycopersicum* M.) var. Sheila. San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador. 2021.

Tratamientos		Productividad	Costo de Producción	Ingreso Bruto	Utilidad Neta	Beneficio costo <sup>-1</sup>
K foliar (kg K ha <sup>-1</sup> )	Estado de cosecha	kg ha <sup>-1</sup>	----- US\$ ha <sup>-1</sup> -----			
0	Verde	147525	30000	63436	33436	1.11
	Rosado	123750	30000	53213	23213	0.77
	Rojo claro	145425	30000	62533	32533	1.08
	Rojo	103575	30000	44537	14537	0.48
	Verde	138675	30200	59630	29430	0.97
12	Rosado	145200	30200	62436	32236	1.07
	Rojo claro	164850	30200	70886	40686	1.35
	Rojo	117225	30200	50407	20207	0.67



## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

- ✓ El POC de tomate se determinó en el EC rojo claro con aplicación de KF en dosis de 12 kg K ha<sup>-1</sup>.
- ✓ La aplicación de KF tuvo un efecto positivo en la productividad, al incrementar un 9% la producción total, que significa un incremento de 15 Mg ha<sup>-1</sup> con respecto a los tratamientos sin KF. Se presume que el K debió aumentar la eficiencia fotosintética y la traslocación de agua y fotosintatos al fruto, lo que se reflejan en una mayor productividad.
- ✓ El KF tuvo un efecto inversamente proporcional en los SST estimados en °B. Aunque se desconoce el motivo por el cual no tuvo el efecto esperado, probablemente se debió a la fuente de K (KCl); donde el Cl<sup>-1</sup> pudo intervenir en la reducción de la sucrosa, lo que provocó que disminuyan los azúcares en el fruto, reflejado en la medición de °B.
- ✓ Los SST tendieron a incrementar y la acidez del fruto a ser más alcalina mientras incrementaba el EC del fruto, de forma independiente de la aplicación de KF. Sin embargo, en el EC rojo claro con aplicación de KF se obtuvo el mayor peso por fruto y la más alta producción. La aplicación de KF pudo intervenir en la regulación estomática y la eficiencia fotosintética, lo cual probablemente aumentó la tasa de transpiración y consecuentemente incrementó la absorción de agua, misma que pudo ser transportada al fruto, dando como resultado un mayor peso.
- ✓ En términos económicos, el EC rojo claro con aplicación KF obtuvo una relación beneficio costo<sup>-1</sup> de 1.35, por US\$ 1.00 invertido, que es US\$ 0.27 más alto que el mismo EC sin KF, y que representa una utilidad neta de US\$ 19000 ha<sup>-1</sup>. Esto es positivo porque mejora la economía del agricultor.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

**5.2. RECOMENDACIONES**

- ✓ Realizar un análisis foliar antes y después de la aplicación de KF para determinar las condiciones nutricionales del cultivo, y corregir de manera balanceada las carencias. Esto para obtener mejores resultados en la productividad.
- ✓ Considerar los cambios químicos y aportes nutricionales de factores como el sustrato o el agua de riego en este tipo de investigaciones.
- ✓ Utilizar diferentes fuentes de K, tales como:  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , o cualquier fertilizante formulado para aplicaciones foliares. Esto debido a que, por un lado, a más de K aportan otros nutrientes como N, S o P, lo que puede beneficiar a la planta en sus procesos fisiológicos, tales como: síntesis de proteínas, ácidos nucleicos o moléculas energéticas (ATP,  $\text{NADP}^+$ , FAD). Por otro lado, no tienen el efecto negativo del  $\text{Cl}^-$  proveniente del KCl, en afectar la concentración de azúcares del fruto.
- ✓ No generalizar los resultados de esta investigación. Se debe repetir este tipo de trabajo bajo otras condiciones agroclimáticas y con otras variedades, donde es posible obtener resultados diferentes a los de esta investigación.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Abdelhameed A., and M. Abdelhady. 2018. Response of tomato plant to foliar application of Ca and K nitrate integrated with different phosphorus rates under sandy soil conditions. *Egyptian J. Soil Sci.* 58(1):45–55.
- Adams, S., K. Cockshull, and C. Cave. 2001. Effect of temperature on the growth and development of tomato fruits. *Annals of Botany.* 88(5):869–877.
- Afzal, I., B. Hussain, S.M. Ahmed, S.H. Ullah, Q. Shakeel, and M. Kamran. 2015. Foliar application of K improves fruit quality and yield on tomato plants. *Act. Sci. Pol. Hortorum Cultus.* 14(3):3–13.
- Aguilar, C., R. Leyva, L. Romero, T. Soriano, y J. Ruiz. 2013. Implication of K on the quality of cherry tomato fruits after postharvest during cold storage. *Int. J. Food Sci. and Nutrition.* 65(2): 203–211.
- Ahmad, N., M. Sarfraz, U. Farooq, M. Arfan, M. Zaighum, and M. Azhar. 2015. Effect of K and its time of application on yield and quality of tomato. *Int. J. of Sci. and Res. Publ.* 5(9):59–62.
- Almeselmani, M., R. Pant, and B. Singh. 2009. Potassium level and physiological response and fruit quality in hydroponically grown tomato. *Int. J. Vegetable Sci.* 16(1):85–99.
- Allende, M. 2017. Importancia y consideraciones del cultivo de tomate. pp. 11–19. *En:* A. Torres (ed.); *Manual del tomate bajo invernadero.* Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIA. Santiago, Chile.
- Amjad, M., J. Akhtar, M. Anwar, S. Imran, and S. Jacobsen. 2014. Soil and foliar application of K enhances fruit yield and quality of tomato under salinity. *Turk. J. Biol.* 38:208–218.
- Anthon, G., M. LeStrange, and D. Barrett. 2011. Changes in pH, acids, sugars and other quality parameters during extended vine holding of ripe processing tomatoes. *J. Sci. Food. Agric.* 91(7):1175–1181.
- Asgedom, S., P.C. Struik, E. Heuvelink, and W. Araia. 2011. Opportunities and constraints of tomato production in Eritrea. *Afr. J. Agric. Res.* 6(4):956–967.
- Azeem, M., and R. Ahmad. 2011. Foliar application of some essential minerals on tomato (*Lycopersicon esculentum*) plant grown under two different salinity regimes. *Pak. J. Bot.* 43(3):1513–1520.
- Barber, S. 1962. A diffusion and mass-flow concept in soil nutrient availability. *SoilScience.* 93(1): 39–49.
- Barrero, J., R. Huertas, J. Rambla, A. Granell, y J. Salinas. 2016. Tomato plants increase their tolerance to low temperature in a chilling acclimation process entailing comprehensive transcriptional and metabolic adjustments. *Plant, Cell and Environ.* 39:2303–2318.
- Bathgate, B., M.E. Purton, D. Grierson, and P.W. Goodenough. 1985. Plastid changes during the conversion of chloroplasts to chromoplasts in ripening tomatoes. *Planta.* 165:197–204.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

- Besford, R., and G. Maw. 1974. Uptake and distribution of K in tomato plants. *Plant and Soil*. 51:601–618.
- Bhowmik, D., K.P. Sampath, S. Paswan, and S. Srivastava. 2012. Tomato: A natural medicine and its health benefits. *J. Pharmacogn. Phytochem.* 1(1):33–43.
- Bian W., C. Barsan, I. Egea, E. Purgatto, C. Chervin, M. Zouine, A. Latché, M. Bouzayen, and J.C. Pech. 2011. Metabolic and molecular events occurring chromoplast biogenesis. *J. Botany*. Article ID: 289859.
- Blok, C., B. Jackson, X. Guo, P. de Visser, and L. Marcelis. 2017. Maximum plant uptakes for water, nutrients, and oxygen are not always met by irrigation rate and distribution in water-based cultivation systems. *Front Plant Sci.* 8:562–576.
- Bouzayen, M., A. Latché, P. Nath, and J. Pech. 2010. Mechanism of fruit ripening. pp. 319–339. *In: E. Pua and M. Davey (eds.); Plant development biology – biotechnological perspectives.* Springer. Berlin, Germany.
- Broadley, M., P. Brown, I. Cakmak, Z. Rengel, and F. Zhao. 2012. Function of nutrients: micronutrients. pp. 191–248. *In: Marchner, P. (ed.); Marchner’s mineral nutrition of higher plants.* 3<sup>rd</sup> Ed. Elsevier. Australia.
- Criado, M.N., M.J. Motilva, T. Ramo, and M.P. Romero. 2006. Chlorophyll and carotenoid profile and enzymatic activities (chlorophyllase and lipoxygenase) in olive drupes from the fruit-setting period to harvest time. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 131(5):593–600.
- Darsun, A. M. Turan, M. Ekinici, A. Gunes, N. Ataoglu, A. Esringü, and E. Yildirim. 2010. Effects of B fertilizer on tomato, pepper, and cucumber yields and chemical composition. *Comm. in Soil Sci. and Plant Anal.* 41(13):1576–1593.
- Desalegne, L. 2012. Tomatoes: Research experiences and production prospects. *Ethiopian Agr. Res. Organization – EIAR.* Addis Aeba, Ethiopia. 50 p.
- Dijk, H. 1980. Standardized methods for the physical analysis of plant substrates. *Acta Horticulturae.* 99:221–230.
- Dongare, M.L., P.B. Buchade, M.N. Awatade, and A.D. Shaligram. 2014. Mathematical modeling and simulation of refractive index-based Brix measurement system. *Optik-International Journey for Light and Electron Optics.* 125(3):946–949.
- Duma, M., I. Alsina, L. Dubova, and I. Erdberga. 2015. Chemical composition of tomatoes depending on the stage of ripening. *Cheminé Technologija.* 66:24–28.
- Eskew, D., R. Welch, and E. Cary. 1983. Nickel: An essential micronutrient for legumes and possible all higher plants. *Science.* 222(4624):621–623.
- Etienne, A., M. Génard, P. Lobit, D. Mbeguié, and C. Bugaud. 2013. What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. *J. Exp. Botany.* 64(6):1451–1469.
- Fageria N., M. Barbosa, A. Moreira, and C. Guimarães. 2009. Foliar fertilization of crop plants. *J. Plant Nutrition.* 32(6):1044–1064.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

- Fonteno, W., and C. Harden. 2003. Procedures for determining physical properties of horticultural substrates using the NCSU porometer. North Carolina State University – NCSU. Raleigh, USA. 27 p.
- Franke, W. 1967. Mechanisms of foliar penetration of solutions. *Annu Rev. Plant. Physiol.* 18:281–300.
- Gill, P., M. Ganaie, W. Dhillon, and P. Singh. 2012. Effect of foliar sprays of K on fruit size and quality of ‘Patharnakh’ pear. *Indian J. Horticulture.* 69(4):512–516.
- Hagos S., S. Lai, D. Zelelew, and M. Solomon. 2017. Effect of K levels on productivity and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *J. Agric. Studies.* 6(1):104–117.
- Hawkesford, M., W., Horst, T. Kichey, H. Lambers, J. Schjoerring, I. Skrumsager, and W. Philip. 2012. Functions of macronutrients. pp. 135–189. *In: Marschner’s mineral nutrition of higher plants.* Elsevier Ltd.
- Herath, S., D. Kumaragamage, and S. Indraratne. 2010. A complete balanced fertilizer recommendation for tomato grow in Sri Lanka. 19<sup>th</sup> World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. 1–6 August. Brisbane, Australia. 4 p.
- Hinsinger, P., and B. Jailard. 1993. Root-induced release of interlayer K and vermiculitization of phlogopite as related to K depletion in the rhizosphere of ryegrass. *J. Soil Sci.* 44:525–534.
- Huang, J., and S. Snapp. 2009. Potassium and boron nutrition enhance fruit quality in Midwest fresh market tomatoes. *Comm. in Soil Sci. and Plant Analysis.* 40:1937–1952.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos – INEC. 2015. Boletín situacional tomate. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos – INEC. Quito, Ecuador. 6 p.
- Islam, M.Z., Y.T. Lee, M.A. Mele, and H.M. Kang. 2018. Nutrient and salinity concentrations effects on quality and storability of cherry tomato fruits grown by hydroponic system. *Bragantia.* 77(2):385–393.
- Jarrín, G., y M. Calvache (director). 2014. Efecto de la aplicación foliar complementaria y la profundidad de aplicación del fertirriego en dos variedades de tomate (*Lycopersicum esculentum* M.) en Tumbaco, Pichincha. Tesis de Ingeniería Agronómica. T-UCE-0004-60. Universidad Central. Quito, Ecuador. 104 p.
- Jifon, J., and G. Lester. 2011. Effect of foliar K fertilization and source on cantaloupe yield and quality. *IPNI Better Crops.* 95(1):13–15.
- Kafkafi, U., and J. Tarchitzky. 2012. Fertirrigación: Una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua. 1<sup>ra</sup> Ed. Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes. Paris, Francia. 149 p.
- Kafkafi, U., G. Xu. P. Imas, H. Magen, and J. Tachitzky. 2001. No. 22: Potassium and chloride in crops and soils: the role of K chloride fertilizer in crop nutrition. International Potash Institute – IPI. Switzerland. 220 p.
- Kannan, S. 1986. Physiology of foliar uptake of inorganic nutrients. *Proc. Indian Acad Sci.* 96(6):457–470.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

- Kleinhenz, M.D., and N.R. Bumgarner. 2013a. Using °Brix as an indicator of vegetable quality: An overview of the practice. Ohio State University – OSU. Columbus, United States of America. 6 p.
- Kleinhenz, M.D., and N.R. Bumgarner. 2013b. Using °Brix as an indicator of vegetable quality: Instructions for measuring °Brix in cucumber, leafy greens, sweet corn, tomato and watermelon. Ohio State University – OSU. Columbus, United States of America. 6 p.
- Kleinhenz, M.D., and N.R. Bumgarner. 2013c. Using °Brix as an indicator of vegetable quality: Linking measured values to crop management. Ohio State University – OSU. Columbus, United States of America. 10 p.
- Klute, A. 1986. Water retention: laboratory methods. pp: 635–662. In: Klute, A. (ed.); Methods of soil analysis. 2<sup>nd</sup> Ed. Am. Soc. Agr. Madison, USA.
- Lester, G., J. Jifon, and D. Makus. 2010. Impact of K nutrition on postharvest fruit quality: Melon (*Cucumis melo* L.) case study. Plant Soil. 335:117–131.
- Liu, K., T.Q. Zhang, C.S. Tan, and T. Astatkie. 2011. Responses of fruit yield and quality of processing tomato to drip-irrigation and fertilizers P y K. Agron. J. 103(5):1339–1345.
- Lobit. P., M. Genard, P. Soing, and R. Habib. 2006. Modelling malic acid accumulation in fruits: relationships with organic acids, K, and temperature. J. Exp. Botany. 57(6):1471–1483.
- Lopez, L. 2017. Manual técnico del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* M.). Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria – IICA. San José, Costa Rica. 130 p.
- Magwaza, L.S., and U.L. Opara. 2015. Analytical methods for determination of sugars and sweetness of horticultural products—A review. Sci. Hort. 184:179–192.
- Martínez, O., A. Can, E. Cruz, y J. García. 2017. Influencia del riego y sustrato en el rendimiento y calidad de tomate. Rev. Mexicana de Ciencias Agr. 8(1):53–65.
- Mengel, K., E. Kirby, H. Kosegarten, and T. Appel. 2001a. Potassium. pp. 481–513. In: Mengel, K. and E.A. Kirkby (eds.); Principles of plant nutrition. 5<sup>th</sup> Ed. Springer Science+Business Media, B.V. Berlin, Germany.
- Mengel, K., E. Kirby, H. Kosegarten, and T. Appel. 2001b. Boron. pp. 621–638. In: Mengel, K. and E.A. Kirkby (eds.); Principles of plant nutrition. 5<sup>th</sup> Ed. Springer Science+Business Media, B.V. Berlin, Germany.
- Mengel, K., E. Kirby, H. Kosegarten, and T. Appel. 2001c. Further elements of importance. pp. 639–655. In: Mengel, K. and E.A. Kirkby (eds.); Principles of plant nutrition. 5<sup>th</sup> Ed. Springer Science+Business Media, B.V. Berlin, Germany.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería – MAG. 2019. Boletín situacional del tomate. Sistema de Información Pública Agropecuaria – SIPA. Quito, Ecuador. 6 p.
- Morris, J., D. Cowthon, and J. Fleming. 1980. Effects of high rates of K fertilization on raw product quality and changes in pH and acidity during storage of concord grape juice. Am. J. Enol. Vitic. 31(4):323–328.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

- Mostafa, M., M. El-Boray, M. Iraqui, and A. El-Bary. 1999. Effect of K and boron application on yield, fruit quality and leaf mineral content of anna apple trees. *J. Agric. Sci. Mansoura Univ.* 24(9):4965–4977.
- Mpelasoka, B., D. Schachtman, M. Treeby, and M. Thomas. 2003. A review of K nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation. *Australian J. Grape and Wine Res.* 9:154–168.
- Navitha, D., P. Mahendran, S. Suresh, A. Beaulah, and P. Kannan. 2019. Growth and yield of tomato as influenced by K and secondary nutrients. *Int. J. Chem. Studies.* 7(5):683–688.
- Nicola, S., G. Tibaldini, and E. Fontana. 2009. Tomato production systems and their application to the tropics. *Acta. Hortic.* 821:27–34.
- Noreña J., G. Sánchez, V. Rodríguez, P. Aguilar, L. Gil, J. Hío, L. Pinzón, M. García, D. Quevedo, M. Zapata, J. Restrepo, y M. Guzmán. 2012. Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA. Bogotá, Colombia. 482 p.
- Ozores, M. 2016. Fertilizer and nutrient management for tomato. Conference: Florida Tomato Institute. 532:37–40.
- Paulson, K., and M. Stevens. 1974. Relationships among titratable acidity, pH and buffer composition of tomato fruits. *J. Food Sci.* 39(2):354–357.
- Peyvast, G., J. Olfati, P. Ramezani, and S. Kamari. 2009. Uptake of Ca nitrate and K phosphate from foliar fertilization by tomato. *J. Hort. and Forestry.* 1(1):7–13.
- Pfister, B., and S. Zeeman. 2016. Formation of starch in plant cells. *Cell Mol. Life Sci.* 73:2781–2807.
- Rather, G., S. Bansal, O. Bashir, and U. Waida. 2019. Impact of K nutrition on fruit yield and physicochemical characteristics of apple cultivar red delicious. *Indian J. Fertilisers.* 15(7):790–797.
- Reed, D.W. 1996. Water, media y nutrition. Ball Publishing. 311 p.
- Renquist, A.R., and J.B. Reid. 1998. Quality of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* M.) fruit from four bloom dates in relation to optimal harvest timing. *N.Z.J. Crop Hortic. Sci.* 26(2):161–168.
- Rose, J., and A. Bennett. 1999. Cooperative disassembly of the cellulose-xyloglucan network of plant cell walls: parallels between cell expansion and fruit ripening. *Trends Plant Sci.* 4(5):176–183.
- Salehi, S., R. Motafakkerzad, M. Mosharraf, and I. Rahman. 2012. Water stress in plants: Causes, effects and responses. pp. 1–14. *In: Rahman, I. and H. Hasegawa (eds.); Water Stress. In Tech Open Science. Rijeka, Croatia.*
- Silber, A., and A. Bar-Tal. 2008. Nutrition of Substrate-Grown Plants. pp. 291–339. *In: Raviv, M. and H. Lieth (eds.); Soilless culture: Theory and practice. Elsevier Science. Amsterdam, Netherlands.*
- Sistema de Información Pública Agropecuaria – SIPA. 2020. Precios productor ponderado. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca – MAGAP. Quito. 176 p.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

- Sonneveld, C., J. Van Den Ende, and P. Van Dijk. 1974. Analysis of growing media by means of 1:1 ½ volume extract. *Comm. in Soil Sci. and Plant Anal.* 5:183–202.
- Sonneveld, C., y W. Voogt. 2009. *Plant nutrition of greenhouse crops*. Heidelberg, London y New York. 431 p.
- Su, L., G. Diretto, E. Purgatto, S. Danoun, M. Zouine, Z. Li, J.P. Roustan, M. Bouzayen, G. Giuliano, and C. Chervin. 2015. Carotenoid accumulation during tomato fruit ripening is modulated by the auxin-ethylene balance. *BMC. Plant Biol.* 15(1):114–125.
- Sultana, R., S. Dilruba, N. Parvin and A. Islam. 2015. Effect of K on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* M.). *Eco-friendly Agri. J.* 8(6):77–80.
- Taber, H., P. Perkins-Veazie, S. Li, W. White, S. Rodermel, and Y. Xu. 2008. Enhancement of tomato fruit lycopene by K is cultivar dependent. *Hort. Sci.* 43(1):159–165.
- Trudel, M.J., and J.L. Ozbun. 1970. Relationship between chlorophylls and carotenoids of ripening tomato fruit as influenced by K nutrition. *J. Exp. Bot.* 21(69):881–886.
- United States Department of Agriculture – USDA. 2005. *Tomatoes: Shipping point and market inspection instructions*. Washington D.C., USA. 78 p.
- Van Der Ploeg, A., and E. Heevelink. 2005. Influence of sub-optimal temperature on tomato growth and yield: A review. *J. Hort. Sci. and Biotech.* 80(6):652–659.
- Viera, M., L. Argenta, J. Mattheis, C. Talamini, and C. Steffens. 2018. Relationship between dry matter content at harvest and maturity index and post-harvest quality of ‘Fuji’ apples. *Rev. Bras. Frutic.* 40(2):596–602.
- Voogt, W., and Sonneveld, C. 1997. Nutrient management in closed growing systems for greenhouse production. pp. 83–102. *In: E. Goto et al. (eds.). Plant production in closed ecosystems*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Wang, Y., S. Grant, and D. Leach. 1996. Chemical changes during the development and ripening of the fruit of *Cucumis melo* (Cv. Makdimon). *J. Agric. Food Chem.* 44:210–216.
- Wang, Y., R. Liu, S. Huang, and J. Jin. 2009. Effects of K application on flavor compounds of cherry tomato fruits. *J. Plant Nutrition.* 32(9):1451–1468.
- Watanabe, K., Y. Fukuwaza, S. Kawasaki, M. Ueno, and Y. Kawamitsu. 2015. Effects of KCl and K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> on sucrose concentration in sugarcane juice under pot conditions. *Sugar Tech.* 18(3):258–265.
- Xiukang, W., and X. Yingying. 2016. Evaluation of the effect irrigation and fertilization by drip fertirrigation on tomato yield and water use efficiency in greenhouse. *Int. J. Agron.* 2016:1–10.





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

ANEXOS

**Anexo 1.** Cronograma de actividades.

Actividad	2020			2021
	1 <sup>er</sup> trimestre	2 <sup>do</sup> trimestre	3 <sup>er</sup> trimestre	1 <sup>er</sup> trimestre
Presentación del proyecto y obtención de recursos	x			
Adquisición de insumos	x			
Análisis Inicial de sustrato	x			
Identificación y preparación de los sitios experimentales	x			
Establecimiento dla investigación de campo	x			
Toma de datos	x	x	x	
Recopilación de datos		x	x	
Análisis Final de sustrato			x	
Análisis y síntesis de la información			x	
Elaboración del trabajo escrito			x	x
Corrección del trabajo escrito				x
Presentación del trabajo escrito				x

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

**Anexo 2.** Esquema del diseño experimental. Cada unidad experimental tuvo ocho plantas, donde las cuatro plantas centrales correspondieron a la parcela neta.

Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4
BORDE	BORDE	BORDE	BORDE
1 Con KF	3 Con KF	2 Sin KF	4 Sin KF
4 Con KF	2 Con KF	3 Sin KF	1 Sin KF
2 Con KF	4 Con KF	1 Sin KF	3 Sin KF
3 Con KF	1 Con KF	4 Sin KF	2 Sin KF
BORDE INT	BORDE INT	BORDE INT	BORDE INT
2 Sin KF	3 Sin KF	2 Con KF	1 Con KF
1 Sin KF	4 Sin KF	3 Con KF	2 Con KF
3 Sin KF	1 Sin KF	4 Con KF	3 Con KF
4 Sin KF	2 Sin KF	1 Con KF	4 Con KF
BORDE	BORDE	BORDE	BORDE

# = Estado de cosecha del fruto  
 1: Estado de cosecha Verde  
 2: Estado de cosecha Rosado  
 3: Estado de cosecha Rojo Claro  
 4: Estado de cosecha Rojo  
 Con KF = Con K foliar  
 Sin KF = Sin K foliar  
 BORDE = 2 filas de plantas  
 BORDE INT = 1 fila de plantas

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

**Anexo 3.** Presupuesto de la investigación.

A) Recursos humanos.

Actividad	Unidad	Cantidad	Valor unitario (\$)	Total (\$)
Trasplante	Jornal	1	15.00	15.00
Deshierbas	Jornal	2	15.00	30.00
Tutores y podas	Jornal	2	15.00	30.00
Control plagas y enfermedades	Jornal	2	15.00	30.00
Aplicaciones foliares	Jornal	2	15.00	30.00
Cosecha	Jornal	4	15.00	60.00
SUB-TOTAL 1 (\$)				195.00

B) Materiales de tipo técnico.

Material	Unidad	Cantidad	Valor unitario (\$)	Total (\$)
Refractómetro Brix	Unidad	1	450.00	450.00
Plántulas	Unidad	300	0.13	39.00
Piola	Rollos	2	10.00	20.00
Fundas plásticas	Paquete	5	3.50	17.50
Sustrato	Unidad	4	8.40	33.60
Fertilizante	Global	1	35.52	35.52
Agroquímicos	Global	1	71.90	71.90
SUB-TOTAL 2 (\$)				665.72

C) Materiales de tipo administrativo.

Material	Unidad	Cantidad	Valor unitario (\$)	Total (\$)
Material de oficina	Global	1	200.00	200.00
SUB-TOTAL 3 (\$)				200.00

D) Análisis de laboratorio.

Descripción	Cantidad	Valor unitario (\$)	Total (\$)
Análisis de sustrato	2	75.00	150.00
SUB-TOTAL 4 (\$)			150.00

E) Pago por servicios.

Descripción	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
Agua	1	10.00	10.00
Luz	1	10.00	10.00
Transporte	1	80.00	80.00
Alimentación	1	40.00	40.00
Recopilación datos	1	200.00	200.00
SUB-TOTAL 5 (\$)			340.00

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

F) Resumen de costos.

Tipo de costo	Sub-totales (\$)	Proporción (%)
Recursos humanos	195.00	12.6
Material tipo técnico	665.72	42.9
Material tipo administrativo	200.00	12.9
Análisis de laboratorio	150.00	9.7
Pago por servicios	340.00	21.9
GRAN TOTAL (\$)	1550.72	100.0

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

**Anexo 4.** Correlación entre los promedios de las variables peso de fruto, diámetro ecuatorial, diámetro polar, grados brix y acidez (pH); y entre el total de producción de tomate. San Antonio de Pichincha, Quito, Ecuador. 2021.

Propiedad	Diámetro ecuatorial	Diámetro polar	Grados brix	Acidez (pH)	Producción
Peso de fruto	0.96 < 0.01 <sup>†</sup>	0.88 < 0.01	0.34 0.06	0.33 0.07	-0.19 0.29
Diámetro ecuatorial		0.77 < 0.01	0.22 0.22	0.35 0.05	-0.23 0.21
Diámetro polar			0.45 0.01	0.06 0.72	-0.14 0.45
Grados brix				0.14 0.45	-0.15 0.41
Acidez (pH)					-0.21 0.25

<sup>†</sup> Coeficientes de correlación de Pearson  $\geq |0.70|$  y con  $p \leq 0.10$  se consideran significativos.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

**Anexo 5.** Resumen de los datos obtenidos en campo.

Cosecha	Bloque	K Foliar	Etapa	Peso Fruto (g)	Diam. Ecua (cm)	Diam. Pol (cm)	Brix (°Bx)	pH	Prod. Fruto (kg)
1	1	Sin K	Verde	74	5.11	4.24	3.55	4.09	3.50
1	1	Sin K	Rosado	71	4.88	4.29	3.40	4.26	3.70
1	1	Sin K	Rojo Cl	107	5.65	4.79	3.60	4.26	4.18
1	1	Sin K	Rojo	125	5.99	4.94	3.53	4.38	3.13
1	2	Sin K	Verde	137	6.35	4.88	3.20	4.21	4.00
1	2	Sin K	Rosado	193	7.23	5.53	3.37	4.22	3.34
1	2	Sin K	Rojo Cl	185	7.19	5.51	3.75	4.23	3.91
1	2	Sin K	Rojo	225	7.62	5.84	3.75	4.29	2.58
1	3	Sin K	Verde	143	6.38	5.30	4.10	4.11	4.04
1	3	Sin K	Rosado	113	5.67	4.89	4.10	4.19	3.09
1	3	Sin K	Rojo Cl	141	6.24	5.26	3.68	4.23	4.69
1	3	Sin K	Rojo	136	6.16	5.15	4.08	4.34	2.86
1	4	Sin K	Verde	119	5.97	5.46	3.73	4.18	4.06
1	4	Sin K	Rosado	112	5.79	4.77	3.35	4.19	3.15
1	4	Sin K	Rojo Cl	177	7.10	5.56	3.10	4.20	2.50
1	4	Sin K	Rojo	101	5.41	4.75	4.53	4.47	2.45
2	1	Sin K	Verde	105	5.76	4.69	3.80	4.12	3.50
2	1	Sin K	Rosado	110	5.37	4.77	3.60	4.20	3.70
2	1	Sin K	Rojo Cl	114	5.65	4.88	4.40	4.17	4.18
2	1	Sin K	Rojo	123	5.99	4.73	4.10	4.33	3.13
2	2	Sin K	Verde	100	5.46	4.67	3.63	4.11	4.00
2	2	Sin K	Rosado	124	5.93	5.19	4.40	4.30	3.34
2	2	Sin K	Rojo Cl	113	5.70	4.73	3.83	4.28	3.91
2	2	Sin K	Rojo	110	5.55	4.88	4.63	4.33	2.58
2	3	Sin K	Verde	109	5.68	5.10	4.40	4.04	4.04
2	3	Sin K	Rosado	104	5.61	4.92	4.55	4.33	3.09
2	3	Sin K	Rojo Cl	100	5.37	4.82	3.63	4.29	4.69
2	3	Sin K	Rojo	105	5.47	4.92	5.35	4.41	2.86
2	4	Sin K	Verde	100	5.36	5.00	4.60	4.19	4.06
2	4	Sin K	Rosado	127	6.05	5.05	4.65	4.12	3.15
2	4	Sin K	Rojo Cl	125	5.93	4.81	4.00	4.22	2.50
2	4	Sin K	Rojo	118	5.74	4.88	4.20	4.69	2.45
3	1	Sin K	Verde	106	5.85	4.76	3.80	4.28	3.50
3	1	Sin K	Rosado	108	5.77	4.90	4.00	4.30	3.70
3	1	Sin K	Rojo Cl	150	6.44	5.28	4.00	4.40	4.18
3	1	Sin K	Rojo	96	5.53	4.66	4.08	4.41	3.13
3	2	Sin K	Verde	112	5.76	5.03	4.20	4.27	4.00
3	2	Sin K	Rosado	109	5.69	4.92	3.90	4.33	3.34
3	2	Sin K	Rojo Cl	134	6.03	5.14	4.40	4.33	3.91
3	2	Sin K	Rojo	104	5.50	4.68	4.70	4.42	2.58
3	3	Sin K	Verde	122	6.14	4.95	3.40	4.05	4.04
3	3	Sin K	Rosado	112	5.56	5.16	4.38	4.26	3.09
3	3	Sin K	Rojo Cl	93	5.27	4.66	4.08	4.24	4.69
3	3	Sin K	Rojo	106	5.71	4.74	4.55	4.21	2.86
3	4	Sin K	Verde	101	5.66	4.76	3.70	4.26	4.06
3	4	Sin K	Rosado	108	5.80	4.76	4.20	4.26	3.15
3	4	Sin K	Rojo Cl	135	6.27	5.13	3.23	4.18	2.50
3	4	Sin K	Rojo	110	5.84	5.03	4.18	4.42	2.45
4	1	Sin K	Verde	92	5.44	4.81	3.45	4.28	3.50
4	1	Sin K	Rosado	92	5.53	4.66	3.27	4.26	3.70
4	1	Sin K	Rojo Cl	85	5.34	4.65	2.75	4.25	4.18

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

4	1	Sin K	Rojo	137	6.17	5.22	4.45	4.81	3.13
4	2	Sin K	Verde	98	5.72	4.74	3.87	4.37	4.00
4	2	Sin K	Rosado	135	6.03	5.42	4.40	4.42	3.34
4	2	Sin K	Rojo Cl	118	5.77	5.17	5.15	4.56	3.91
4	2	Sin K	Rojo	126	5.74	5.20	5.02	4.47	2.58
4	3	Sin K	Verde	94	5.37	4.93	3.75	4.02	4.04
4	3	Sin K	Rosado	102	5.52	5.02	4.28	4.24	3.09
4	3	Sin K	Rojo Cl	92	5.44	4.69	3.68	4.26	4.69
4	3	Sin K	Rojo	143	6.30	5.57	4.45	4.33	2.86
4	4	Sin K	Verde	94	5.28	4.84	3.13	4.20	4.06
4	4	Sin K	Rosado	105	5.66	4.80	3.20	4.18	3.15
4	4	Sin K	Rojo Cl	84	4.96	4.86	3.60	4.38	2.50
4	4	Sin K	Rojo	84	5.49	4.54	3.55	4.25	2.45
5	1	Sin K	Verde	81	5.09	4.45	3.07	4.02	3.50
5	1	Sin K	Rosado	76	5.21	4.54	2.90	4.19	3.70
5	1	Sin K	Rojo Cl	82	5.14	4.72	4.05	4.24	4.18
5	1	Sin K	Rojo	108	5.72	4.71	3.72	4.27	3.13
5	2	Sin K	Verde	102	5.54	4.94	3.53	4.09	4.00
5	2	Sin K	Rosado	118	5.96	4.99	3.60	3.97	3.34
5	2	Sin K	Rojo Cl	114	5.71	5.16	4.23	4.17	3.91
5	2	Sin K	Rojo	100	5.63	4.80	4.23	4.36	2.58
5	3	Sin K	Verde	104	5.67	4.93	3.65	4.02	4.04
5	3	Sin K	Rosado	101	5.40	5.00	4.80	4.18	3.09
5	3	Sin K	Rojo Cl	89	5.32	4.58	3.02	4.17	4.69
5	3	Sin K	Rojo	101	5.54	5.03	4.30	4.13	2.86
5	4	Sin K	Verde	129	6.06	5.33	3.80	3.02	4.06
5	4	Sin K	Rosado	117	5.83	5.16	3.90	4.33	3.15
5	4	Sin K	Rojo Cl	117	5.77	5.32	3.80	4.31	2.50
5	4	Sin K	Rojo	92	5.20	5.16	4.22	3.08	2.45
1	1	Con K	Verde	131	6.29	4.98	3.68	4.17	4.55
1	1	Con K	Rosado	86	5.36	4.39	3.60	4.12	4.81
1	1	Con K	Rojo Cl	131	6.32	4.58	3.80	4.34	4.52
1	1	Con K	Rojo	156	6.64	5.42	3.38	4.24	2.34
1	2	Con K	Verde	119	6.00	4.91	3.33	4.15	2.72
1	2	Con K	Rosado	169	6.83	5.43	3.07	4.20	3.60
1	2	Con K	Rojo Cl	182	6.91	5.48	3.97	4.25	4.12
1	2	Con K	Rojo	160	6.40	5.42	4.20	4.36	2.91
1	3	Con K	Verde	151	6.63	5.42	3.70	4.17	3.24
1	3	Con K	Rosado	173	6.83	5.92	3.70	4.20	3.83
1	3	Con K	Rojo Cl	170	6.60	5.72	4.10	4.29	4.54
1	3	Con K	Rojo	192	7.07	5.67	3.50	4.34	2.95
1	4	Con K	Verde	111	5.81	5.03	4.70	4.19	3.48
1	4	Con K	Rosado	144	6.29	5.12	3.35	4.22	3.22
1	4	Con K	Rojo Cl	199	7.24	5.64	3.27	4.19	4.33
1	4	Con K	Rojo	146	6.24	5.75	5.00	4.29	4.17
2	1	Con K	Verde	110	5.71	5.12	3.60	4.17	4.55
2	1	Con K	Rosado	70	5.06	4.00	3.30	4.15	4.81
2	1	Con K	Rojo Cl	157	6.73	5.11	3.15	4.35	4.52
2	1	Con K	Rojo	133	6.40	4.86	3.68	4.34	2.34
2	2	Con K	Verde	94	5.26	4.74	4.40	4.23	3.60
2	2	Con K	Rosado	88	5.22	4.59	4.23	4.33	3.60
2	2	Con K	Rojo Cl	131	6.03	5.20	4.07	4.27	4.12
2	2	Con K	Rojo	131	6.04	5.15	4.05	4.34	2.91
2	3	Con K	Verde	150	6.62	5.25	4.10	4.21	3.24
2	3	Con K	Rosado	122	5.78	4.98	4.48	4.25	3.83
2	3	Con K	Rojo Cl	116	5.65	5.06	4.33	4.39	4.54

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
CENTRO DE POSGRADOS

2	3	Con K	Rojo	134	6.04	5.18	4.16	4.59	2.95
2	4	Con K	Verde	108	5.75	4.66	3.70	4.20	3.48
2	4	Con K	Rosado	105	5.70	4.75	3.10	4.25	3.22
2	4	Con K	Rojo Cl	124	5.83	5.51	4.43	4.25	4.33
2	4	Con K	Rojo	130	6.08	5.46	4.85	4.39	4.17
3	1	Con K	Verde	115	5.92	4.80	3.88	4.18	4.55
3	1	Con K	Rosado	120	5.92	4.89	3.78	4.22	4.81
3	1	Con K	Rojo Cl	124	5.90	5.23	3.90	4.27	4.52
3	1	Con K	Rojo	102	5.70	4.68	3.96	4.33	2.34
3	2	Con K	Verde	136	6.05	5.24	3.57	4.26	4.12
3	2	Con K	Rosado	110	5.78	4.77	3.50	4.32	3.60
3	2	Con K	Rojo Cl	106	5.57	5.00	4.03	4.34	4.12
3	2	Con K	Rojo	128	5.99	5.23	3.90	4.45	2.91
3	3	Con K	Verde	159	6.49	5.53	4.00	4.21	3.24
3	3	Con K	Rosado	117	5.79	5.06	3.98	4.11	3.83
3	3	Con K	Rojo Cl	130	6.03	5.19	4.38	4.28	4.54
3	3	Con K	Rojo	124	5.92	5.28	3.78	4.42	2.95
3	4	Con K	Verde	81	5.28	4.59	3.65	4.09	3.48
3	4	Con K	Rosado	113	5.79	5.30	3.50	4.14	3.22
3	4	Con K	Rojo Cl	111	5.59	5.18	3.63	4.38	4.33
3	4	Con K	Rojo	87	5.21	4.70	3.95	4.32	4.17
4	1	Con K	Verde	106	5.69	4.74	3.70	4.24	4.55
4	1	Con K	Rosado	116	5.68	5.03	4.05	4.16	4.81
4	1	Con K	Rojo Cl	102	5.60	4.70	2.87	4.53	4.52
4	1	Con K	Rojo	128	6.09	5.15	3.74	4.38	2.34
4	2	Con K	Verde	91	5.45	4.68	3.33	4.34	2.91
4	2	Con K	Rosado	104	5.72	4.84	3.28	4.24	3.60
4	2	Con K	Rojo Cl	100	5.59	4.80	3.78	4.29	4.12
4	2	Con K	Rojo	107	5.75	5.05	3.96	4.48	2.91
4	3	Con K	Verde	132	6.15	5.12	3.70	4.16	3.24
4	3	Con K	Rosado	124	6.02	5.04	4.70	4.18	3.83
4	3	Con K	Rojo Cl	136	6.18	5.38	4.23	4.26	4.54
4	3	Con K	Rojo	134	6.27	5.23	3.84	4.38	2.95
4	4	Con K	Verde	108	5.88	4.81	3.50	2.37	3.48
4	4	Con K	Rosado	94	4.96	5.16	3.40	3.24	3.22
4	4	Con K	Rojo Cl	71	4.75	4.78	3.33	3.86	4.33
4	4	Con K	Rojo	113	5.75	4.96	4.10	2.87	4.17
5	1	Con K	Verde	84	5.15	4.72	3.76	4.08	4.55
5	1	Con K	Rosado	107	5.73	5.02	4.37	4.18	4.81
5	1	Con K	Rojo Cl	120	5.80	5.26	4.20	4.41	4.52
5	1	Con K	Rojo	120	5.90	5.11	3.45	4.31	2.34
5	2	Con K	Verde	87	5.31	4.62	3.74	4.11	4.04
5	2	Con K	Rosado	106	5.73	4.84	3.94	4.07	3.60
5	2	Con K	Rojo Cl	124	5.92	5.35	4.34	4.21	4.12
5	2	Con K	Rojo	130	6.15	5.28	3.93	4.20	2.91
5	3	Con K	Verde	71	4.92	4.34	3.35	4.14	3.24
5	3	Con K	Rosado	108	5.62	5.03	4.03	4.15	3.83
5	3	Con K	Rojo Cl	123	5.90	5.20	3.90	4.27	4.54
5	3	Con K	Rojo	111	5.89	5.03	3.76	4.44	2.95
5	4	Con K	Verde	89	5.62	4.28	3.30	3.52	3.48
5	4	Con K	Rosado	115	5.91	4.93	3.73	2.13	3.22
5	4	Con K	Rojo Cl	100	5.51	4.88	4.10	2.11	4.33
5	4	Con K	Rojo	113	5.56	5.03	4.13	2.41	4.17