



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

Proyecto de Investigación previo a la
obtención del Título de Ingeniera en
Gestión Ambiental

Proyecto de Investigación:

**“EFECTO DE LAS ALTAS TEMPERATURAS EN PLANTAS DE INTERÉS
AGRÍCOLA DE ECUADOR Y SU RELACIÓN CON EL CAMBIO CLIMÁTICO
GLOBAL”**

Autor:

Sindy Gabriela Vega Cuarán

Docente Auspiciante:

Jaime Morante Carriel, PhD

Quevedo-Los Ríos- Ecuador

2019-2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Gabriela Vega Cuarán**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

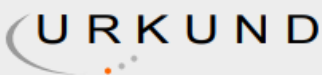
Sindy Gabriela Vega Cuarán

CERTIFICADO DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Jaime Alfredo Morante Carriel**, PhD., Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la Señorita **VEGA CUARÁN SINDY GABRIELA** realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**EFFECTO DE LAS ALTAS TEMPERATURAS EN PLANTAS DE INTERÉS AGRÍCOLA DE ECUADOR Y SU RELACIÓN CON EL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL**” previo a la obtención del título de Ingeniera en Gestión Ambiental , bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Jaime Alfredo Morante Carriel, PhD.
DIRECTOR PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO



Urkund Analysis Result

Analysed Document: PROYECTO_Efectos de las altas temperaturas en plantas.docx (D78999698)
Submitted: 9/12/2020 1:46:00 AM
Submitted By: jmorante@uteq.edu.ec
Significance: 2 %

Sources included in the report:

TESIS GARY VILLAVICENCIO VILLARREAL.docx (D51215208)

Instances where selected sources appear:

2

Jaime Morante Carriel, Ph. D
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

TÍTULO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

**“EFECTO DE LAS ALTAS TEMPERATURAS EN PLANTAS DE INTERÉS
AGRÍCOLA DE ECUADOR Y SU RELACIÓN CON EL CAMBIO CLIMÁTICO
GLOBAL”**

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de
Ingeniera en Gestión Ambiental

Ing. FRANCISCA CONTRERAS
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL DE TESIS

Ing. HARRYS LOZANO MENDOZA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

Dr. NICOLÁS CRUZ ROSERO
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR
2020

AGRADECIMIENTO

A Dios, por mantenerme viva, con salud y darme fuerzas para seguir adelante.

Con mucho amor agradezco a mi familia, en especial a mis padres, hermanos y cuñado por incentivarme, aconsejarme y brindarme su apoyo incondicional en momentos buenos y malos. Gracias por estar siempre conmigo.

A mi tutor de tesis Dr. Jaime Morante Carriel por brindarme su atención, paciencia, muchos consejos y recomendaciones para que este trabajo pueda culminar de manera exitosa.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, institución digna que me acogió como estudiante y forjó mis conocimientos

También a mis amigas que han formado parte de mi vida profesional, me encantaría agradecerles su amistad, apoyo y compañía en los buenos y malos momentos.

Vega Cuarán Sindy Gabriela

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se lo dedico a mi Padre Milton Vega, mi Madre Nancy Cuaran, a mi adorada hermana mayor Rita Vega y mi hermano Eduardo Vega quienes han sido mi pilar fundamental para lograr esta meta en mi vida, por su apoyo infalible en todo momento.

A mis amigos por ese apoyo muy especial en mi vida.

RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo de esta investigación fue conocer los efectos de las altas temperaturas en plantas agrícolas, como incide el estrés térmico e hídrico en el desarrollo morfológico y fisiológico. Para el experimento se utilizaron plantas de frijol que fueron sometidas a un T1 (35°C - 40°C) y un T2 (40°C - 45°C) por un lapso de 12 días sin agua. También se usaron plantas de maíz expuestas a 3 tratamientos por 30 días. El T1 sometido a (35°C-40°C), el T2 (40°C - 45°C) y un T3 de (45°C - 50 °C) sin riego. Los datos se tomaron al culminar cada tratamiento. Para el análisis de los efectos se midieron las variables de la altura de la planta, grosor del tallo, número de hojas y aspecto de la planta, así mismo se analizaron el número y tamaño de los estomas. De acuerdo a los resultados se desarrolló una guía técnica que conlleva la información más relevante encontrada en esta investigación. El análisis de las variables tanto en las plantas de frijol como de maíz tuvieron resultados descendentes tras someterlas a las altas temperaturas y a un déficit hídrico. Por otra parte, la evaluación realizada a las hojas de frijol y maíz dio como resultado un aumento de la cantidad de estomas al aumentar la temperatura y los días sin riego, sin embargo en la evaluación correspondiente a la longitud y diámetro de estomas tuvo un resultado decreciente.

Palabras claves: Estrés térmico, estrés hídrico, cambio climático, agricultura, seguridad alimentaria

ABSTRACT

The objective of this research was to know the effects of high temperatures in agricultural plants, how thermal and water stress affects morphological and physiological development. For the experiment, bean plants were used that were subjected to a T1 (35C ° - 40 ° C) and a T2 (40C ° - 45 ° C) for a period of 12 days without water. Corn plants exposed to 3 treatments for 30 days were also used. T1 subjected to (35C ° - 40 ° C), T2 (40C ° - 45 ° C) and a T3 of (45 ° C - 50 ° C) without irrigation. The data were collected at the end of each treatment. For the analysis of the effects, the variables of the height of the plant, the thickness of the stem, the number of leaves and the appearance of the plant were measured, as well as the number and size of the stomata. According to the results, a technical guide was developed that contains the most relevant information found in this research. The analysis of the variables in both bean and corn plants had decreasing results after subjecting them to high temperatures and a water deficit. On the other hand, the evaluation carried out on the bean and corn leaves resulted in an increase in the number of stomata with increasing temperature and the days without irrigation, however in the evaluation corresponding to the length and diameter of stomata it had a result decreasing.

Keywords: Heat stress, water stress, climate change, agriculture, food security

Tabla de contenido

PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN..	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.....	iv
TÍTULO PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN EJECUTIVO.....	viii
ABSTRACT	ix
CÓDIGO DUBLIN.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Problema de la Investigación.....	4
1.1.1. Planteamiento del problema	4
1.1.1.1. Diagnóstico.....	4
1.1.1.2. Pronóstico	5
1.1.2. Formulación del problema.....	5
1.1.3. Sistematización del Problema.....	5
1.2. Objetivos.....	6
1.2.1. Objetivo General	6
1.2.2. Objetivos Específicos	6
1.3. Justificación.....	6

CAPITULO II	8
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
2.1. Marco conceptual	9
2.1.1. Cambio climático	9
2.1.2. Causas del cambio climático.....	9
2.1.3. Efectos del Cambio climático en la agricultura	9
2.1.4. Cambio climático y la seguridad alimentaria mundial	10
2.1.5. Efectos del cambio climático en plantas	10
2.1.6. Estrés térmico en plantas	11
2.1.7. Frijol.....	11
2.1.7.1. Origen	11
2.1.7.2. Importancia del frijol	12
2.1.7.3. Clima requerido para el frijol.....	12
2.1.8. Maíz	12
2.1.8.1. Origen	12
2.1.8.2. Importancia económica y alimentaria	13
2.1.8.3. Clima requerido para el maíz.....	13
2.1.9. Fenología vegetal.....	14
2.1.10. Fisiología vegetal	14
2.1.11. Morfología vegetal.....	14
2.1.12. Estomas.....	15
2.1.13. Diseño completamente al azar	15
2.1.14. InfoStat.....	15
2.2. Marco referencial.....	16
2.2.1. Cambio climático	16
2.2.2. Cambio climático y agricultura.....	17
2.2.3. Efecto del cambio climático sobre la fisiología de las plantas	18

2.2.4. Efectos del estrés térmico en plantas de interés agrícola	18
CAPITULO III	20
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
3.1. Localización	21
3.2. Tipo de investigación	22
3.2.1. Investigación experimental	22
3.3. Materiales	22
3.4. Métodos de investigación	23
3.4.1. Observación científica	23
3.4.2. Inductivo	23
3.4.3. Deductivo.....	23
3.5. Fuentes de recopilación de información.....	24
3.6. Diseño de la Investigación.....	24
3.7. Instrumentos de investigación	25
3.7.1. Ficha de laboratorio	25
3.7.2. Ficha de monitoreo	25
3.8. Tratamiento de datos	25
3.9. Análisis de la fenología de las plantas bajo estudio.	25
3.10. Variables a evaluar	26
3.11. Densidad estomática por mm ²	27
3.12. Guía técnica	27
CAPITULO IV	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
4.1. Resultados.....	29
4.1.1. Análisis de la fenología de las plantas bajo estudio.....	29
4.1.2. Análisis de la respuesta estomática de las plantas expuestas a altas temperaturas.....	37

4.1.3. Desarrollo de una guía técnica sobre el efecto de la temperatura en las plantas bajo estudio.....	43
4.2.Discusión.....	43
4.2.1. Análisis de la fenología de las plantas bajo estudio.....	43
4.2.2. Análisis de la respuesta estomática de las plantas expuestas a altas temperaturas.....	45
4.2.3. Desarrollo de una guía técnica sobre el efecto de la temperatura en las plantas bajo estudio.....	46
CAPITULO V	47
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	48
5.1. Conclusiones.....	48
5.2. Recomendaciones	49
CAPITULO VI.....	50
BIBLIOGRAFÍA.....	51
CAPITULO VII	59
ANEXOS.....	61
7.1 Evidencia fotográfica	60
7.2 Guía técnica	612

INDICE DE FIGURA

Figura 1. Ubicación geográfica del laboratorio de investigación.	21
Figura 2. Longitud del tallo de las plantas de frijol. Las barras indican los resultados obtenidos de las plantas bajo tratamiento y control.....	29
Figura 3. Longitud del tallo de las plantas de maíz. Las barras indican los resultados obtenidos de las plantas bajo tratamiento y control.....	30
Figura 4 . Diámetro del tallo de las plantas de frijol. Las barras indican los resultados obtenidos de las plantas bajo tratamiento y control.....	31
Figura 5. Diámetro del tallo de las plantas de maiz. Las barras indican los resultados obtenidos de las plantas bajo tratamiento y control.....	32
Figura 6. Cantidad de hojas de las plantas de frijol. Las barras indican los resultados obtenidos de las plantas bajo tratamiento y control.....	33
Figura 7. Cantidad de hojas de las plantas de maíz. Las barras indican los resultados obtenidos de las plantas bajo tratamiento y control.....	34
Figura 8. Apariencia de las plantas de frijol. Las barras indican los resultados obtenidos de las plantas bajo tratamiento y control.....	35
Figura 9. Apariencia de las plantas de maiz. Las barras indican los resultados obtenidos de las plantas bajo tratamiento y control.	36
Figura 10. Cantidad de estomas presentes en las hojas de frijol. Las barras indican los resultados obtenidos de las plantas bajo tratamiento y control.....	37
Figura 11. Cantidad de estomas presentes en las hojas de maíz. Las barras indican los resultados obtenidos de las plantas bajo tratamiento y control.....	38
Figura 12. Longitud de estomas presentes en las hojas de frijol. Las barras indican los resultados obtenidos de las plantas bajo tratamiento y control.....	39
Figura 13. Longitud de estomas presentes en las hojas de maíz. Las barras indican los resultados obtenidos de las plantas bajo tratamiento y control.....	40
Figura 14. Diámetro de estomas presentes en las hojas de frijol. Las barras indican los resultados obtenidos de las plantas bajo tratamiento y control.....	41
Figura 15. Diámetro de estomas presentes en las hojas de maíz. Las barras indican los resultados obtenidos de las plantas bajo tratamiento y control.....	42

Figura 16. Plantas de frijol y maíz utilizadas en el experimento.....	60
Figura 17. Plantas de tratamiento y control.....	60
Figura 18. Muestra de hojas de frijol y maíz para el conteo estomático.....	61
Figura 19. Visualización y medición de los estomas en hojas de frijol y maíz.....	61
Figure 20. Plantas de control y tratamiento al finalizar el experimento.....	61

INDICE DE TABLA

Tabla 1. Materiales y equipos utilizados en la investigación.....	22
Tabla 2. Esquema del Análisis de Varianza de los datos morfológicos de las plantas bajo estudio.....	24
Tabla 3 . Esquema del Análisis de Varianza para los datos del conteo estomático.....	24
Tabla 4. Evaluación cualitativa del aspecto de las plantas.....	26

CÓDIGO DUBLIN

Titulo	“EFECTO DE LAS ALTAS TEMPERATURAS EN PLANTAS DE INTERÉS AGRÍCOLA DE ECUADOR Y SU RELACIÓN CON EL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL”		
Autor	Sindy Gabriela Vega Cuarán		
Palabras claves	Estrés Térmico	Estrés Hídrico	Cambio climático,
	Agricultura,	Seguridad alimentaria	
Editorial	Quevedo, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 2020.		
Resumen	El objetivo de esta investigación fué conocer los efectos de las altas temperaras en plantas agrícolas, como incide el estrés térmico e hídrico en el desarrollo morfológico y fisiológico. Para el experimento se utilizaron plantas de frijol que fueron sometidas a un T1 (35C° - 40°C) y un T2 (40C° - 45°C) por un lapso de 12 días sin agua. También se usaron plantas de maíz expuestas a 3 tratamientos por 30 días. El T1 sometido a (35C°- 40°C), el T2 (40C° - 45°C) y un T3 de (45°C - 50 °C) sin riego. Los datos se tomaron al culminar cada tratamiento. Para el análisis de los efectos se midieron las variables de la altura de la planta, grosor del tallo, numero de hojas y aspecto de la planta, así mismo se analizaron el número y tamaño de los estomas. De acuerdo a los resultados se desarrolló una guía técnica que conlleva la información más relevante encontrada en esta investigación. El análisis de las variables tanto en las plantas de frijol como de maíz tuvieron resultados descendentes tras someterlas a las altas temperaturas y a un déficit hídrico. Por otra parte, la evaluación realizada a las hojas de frijol y maíz dio como resultado un aumento de la cantidad de estomas al aumentar la temperatura y los días sin riego, sin embargo, en la evaluación correspondiente a la longitud y diámetro de estomas tuvo un resultado decreciente.		
Descripción			
URL	(en blanco hasta cuando se dispongan los repositorios)		

Introducción

Las variaciones climáticas globales han ocurrido de manera constante a lo largo de la historia de la tierra; sin embargo, en las últimas décadas, la acción del hombre ha modificado la capacidad de cambio de los procesos naturales, transformando la atmósfera, la hidrósfera y la biósfera, con velocidades superiores a las que normalmente ocurrían, en virtud de lo cual, en el sector agrícola se evidencia un marcado interés en determinar estrategias para mitigar los efectos adversos del cambio climático, especialmente, en la producción de alimentos (Jarra *et al.*, 2012).

La agricultura y el cambio climático se correlacionan internamente entre sí en varios aspectos, ya que la variación del clima es la principal causa de tensiones bióticas y abióticas, que tienen efectos adversos en la agricultura de una región. La tierra y su agricultura están siendo afectadas por los cambios climáticos de diferentes maneras entre los que podemos citar: variaciones en la precipitación anual, temperatura promedio, olas de calor, modificaciones en malezas, plagas o microbios entre otros, lo que ha llamado mucho la atención de los científicos, ya que estas variaciones tienen un impacto negativo en la producción mundial de cultivos y comprometen la seguridad alimentaria en todo el mundo (Raza *et al.*, 2019).

El sector agrícola en América Latina y el cambio climático posee un vínculo con otros sectores de la economía y por su importancia en la participación del Producto Interno Bruto de la región. Asimismo, se observa que el impacto del crecimiento agrícola sobre la pobreza probablemente sería mayor que el impacto proveniente de otros sectores de la economía. Por otra parte, se ha estimado que un descenso de la productividad y del producto agrícola por consecuencia del cambio climático global retrasaría el cumplimiento de la meta de reducción de la pobreza o implicaría desafíos en materia de seguridad alimentaria (CEPAL, 2017).

En la agricultura ecuatoriana, el cambio climático incide debido a la variación de temperaturas y las precipitaciones (Badillo, 2018). Se ha evidenciado impactos directos que inciden en el rendimiento de los cultivos y en los ciclos de crecimiento de las especies agrícolas, ocasionados principalmente por la variación de la temperatura. De igual

manera, esta variable climática ha favorecido a la presencia de algunas plagas e insectos que perjudican el normal desarrollo de los cultivos (Jiménez *et al.*, 2012).

Independiente del lugar, las altas temperaturas es uno de los estreses más perjudiciales que amenazan la mayor productividad y supervivencia de las plantas en todo el mundo. Cada aumento de grados Celsius de la temperatura promedio en la temporada de crecimiento, puede disminuir el rendimiento del cultivo y afectar la distribución de la planta (Nahar *et al.*, 2015). Las respuestas a la temperatura difieren entre las especies de cultivos a lo largo de su ciclo de vida y son principalmente las respuestas fenológicas, es decir, las etapas del desarrollo de la planta. Para cada especie, un rango definido de temperaturas máximas y mínimas forman los límites de un crecimiento favorable (Hatfield y Prueger, 2015).

Bajo ese contexto, para el desarrollo de la presente investigación se analizaron los efectos de altas temperaturas en plantas de frijol y maíz, cultivos claves para la supervivencia de la humanidad y de gran importancia en la dieta ecuatoriana, con el fin de conocer los problemas que se generan debido a la exposición a elevadas temperaturas y en un futuro cercano proponer estrategias que pueden implementar los agricultores en sus siembras garantizando la seguridad alimentaria del Ecuador.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la Investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

Ciertamente una serie de cambios a nivel global, entre ellos la temperatura que es uno de los factores físicos de mayor importancia del ambiente influyendo en los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas (Barrios y López , 2009).

De manera transitoria o constante, las altas temperaturas causan cambios morfo-anatómicos, fisiológicos y bioquímicos en las plantas, afectando su crecimiento y desarrollo conduciendo a una drástica reducción del rendimiento económico a lo que respecta a las plantaciones agrícolas. El aumento de la temperatura más allá del límite de tolerancia por un período de tiempo determinado causa daños irreversibles, a nivel celular, y en cuestión de minutos conduce a un colapso en la organización celular que incide en el desarrollo vegetal idóneo (Jarma *et al.*, 2012).

Por lo cual, las elevadas temperaturas ocasionaran reducciones en la productividad agrícola, pérdidas de cosecha y la degradación de recursos naturales provocando escasez de alimentos y disminución del contenido nutricional colocando la seguridad alimentaria del Ecuador en riesgo eminente.

1.1.1.1.Diagnóstico

La agricultura ecuatoriana se ve amenazada por el aumento de temperaturas por consecuencia del cambio climático global, que no es más que el resultado de diferentes procesos naturales y causas vinculadas con la actividad humana. Las enormes cantidades de gases producidas por las diferentes actividades humanas se añaden a los que se liberan de forma natural en la atmósfera, afectando el proceso del efecto invernadero y el calentamiento global produciendo variaciones de temperaturas.

Los efectos de la variación de temperatura se reflejan en los procesos fisiológicos naturales de las plantas, lo que conlleva a una disminución del rendimiento de cultivos agrícolas, ocasionando problemas sociales y financieros, ya que la agricultura en el

Ecuador representa un alto porcentaje de ingreso monetario y de trabajo, sin mencionar el riesgo de una crisis en la seguridad alimentaria nacional y supervivencia de la humanidad.

1.1.1.2.Pronóstico

Debido a las elevadas temperaturas por consecuencia del cambio climático global, se pronostica grandes efectos negativos en el crecimiento y desarrollo de las plantas agrícolas en el territorio ecuatoriano y a nivel mundial, lo que conducirá a una pérdida catastrófica de la productividad de los cultivos, generará pérdidas económicas a nivel de país y dará como resultado una hambruna generaliza poniendo en riesgo la seguridad alimentaria.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la respuesta fenológica de las plantas agrícolas a las altas temperaturas debido al cambio climático?

1.1.3. Sistematización del Problema

La presente investigación ayudó a identificar los efectos que ocasionan las altas temperaturas en plantas de interés agrícolas de Ecuador por causa del calentamiento global

- ✓ ¿De qué manera la variación de altas temperaturas afecta la fenología de las plantas agrícolas?
- ✓ ¿Cuál es la respuesta de los estomas frente a un estrés térmico?
- ✓ ¿Qué tan efectivo es una guía técnica sobre el efecto de la temperatura en las plantas para los agricultores?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- ✓ Evaluar el efecto de las altas temperaturas en plantas de cultivo agrícola de Ecuador; por incidencia del cambio climático global.

1.2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Analizar la fenología de las plantas bajo estudio.
- ✓ Analizar la respuesta estomática de las plantas expuestas a altas temperaturas.
- ✓ Desarrollar una guía técnica sobre el efecto de la temperatura en las plantas bajo estudio.

1.3. Justificación

Las actividades realizadas por el ser humano han contribuido en gran parte al cambio climático, ocasionando que se alteren los factores climáticos naturales, entre ellos, la temperatura siendo de gran importancia para el desarrollo de la vida en el planeta. La creciente amenaza del cambio climático impacta principalmente a la producción agrícola, debido a las crecientes temperaturas que afecta el desarrollo óptimo de las plantas, lo que conlleva a pérdidas en el rendimiento en los cultivos, con grandes riesgos para la seguridad alimentaria mundial en un futuro.

En Ecuador la agricultura es uno de los ejes principales sobre los que se desenvuelve la economía del país. El reporte de Productividad Agrícola del Ecuador señala que esta actividad aporta un promedio de 8.5% al PIB, siendo el sexto sector que aporta a la producción del país. Las personas más afectadas debido a la disminución de los cultivos por incidencia de temperaturas extremas serán los pequeños agricultores, debido a que dependen económicamente de los cultivos, proporcionando alimentos a los ecuatorianos(UTN, 2017).

En este contexto, las especies agrícolas proveen de alimentos necesarios para la supervivencia de la humanidad. Además, de aportar con materias primas y oportunidades de empleo a una gran cantidad de la población y aportando a la economía del país, por tanto es de gran importancia realizar estudios que permitan conocer más sobre los efectos que ocasionan las altas temperaturas sobre la fisiología de las plantas y así contribuir con información de utilidad para posteriores investigaciones relacionadas con la agricultura y la seguridad alimentaria.

Por tal motivo, la presente investigación tiene como propósito evaluar la respuesta fenológica en plantas de frijol y maíz expuestas a altas temperaturas, debido a que pertenecen al grupo de alimentos básicos y constituyen una columna vertebral en la economía del Ecuador, la información recabada contribuirá en el desarrollo de futuras estrategias de adaptación más efectivas que compensen los impactos de mayor temperatura y a la posible generación de nuevas variedades agrícolas. Permitiendo a los agricultores sobrellevar los impactos del cambio climático sobre los cultivos, contrarrestar los efectos y así minimizar las pérdidas en la producción agrícola debido al estrés por calor, salvaguardando la seguridad alimentaria del país.

CAPITULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Cambio climático

Por "cambio climático" se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables. Las variaciones en el clima constituyen uno de problemas más graves que enfrenta el planeta. Su posible impacto se sentirá en distintos campos del desarrollo, como en la agricultura, el agua, la energía y la salud (CINU, 2009).

2.1.2. Causas del cambio climático

El cambio climático es un proceso natural que tiene lugar simultáneamente en varias escalas de tiempo astronómico, geológico o decenal. Se refiere a la variación en el tiempo del clima mundial de la tierra o de los climas regionales y puede ser causado tanto por fuerzas naturales como por las actividades humanas. Según el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) la mayor parte del aumento observado del promedio de las temperaturas mundiales desde mediados del siglo XX, el fenómeno que se conoce como recalentamiento mundial, muy probablemente es causado por la actividad humana, principalmente por la combustión de los combustibles fósiles y la deforestación que han aumentado la cantidad de gas de efecto invernadero en la atmósfera (FAO, 2009).

2.1.3. Efectos del Cambio climático en la agricultura

La agricultura es uno de los sectores más vulnerables al cambio climático a nivel mundial, ya que es altamente sensible a los cambios de temperatura y a los regímenes de precipitación. Los modelos climáticos prevén cambios drásticos en las condiciones climáticas en muchas regiones de mundo, incluyendo cambios en temperatura, precipitación e incremento en la frecuencia y severidad de eventos extremos como sequías y huracanes. Estos cambios tendrán efectos en el rendimiento y distribución de los cultivos, en la variación de los precios, la producción y el consumo, además, de afectar el bienestar de las familias productoras. Se espera que los rendimientos de los granos

básicos, como arroz, maíz y trigo, disminuyan significativamente a nivel mundial para el año 2050, con diferencias entre países en vías de desarrollo y los países desarrollados. Los precios mundiales de los alimentos incrementarán a consecuencia de la disminución de la producción global que se espera debido a los efectos del cambio. Estas reducciones impactarán negativamente a la seguridad alimentaria a nivel mundial, por lo que se espera que al 2050 el consumo per cápita de cereales disminuya en 7.1% en países en vías de desarrollo (Viguera *et al.*, 2017).

2.1.4. Cambio climático y la seguridad alimentaria mundial

Las tensiones abióticas a menudo están interrelacionadas, ya sea individualmente o en combinación, causan cambios morfológicos, fisiológicos, bioquímicos y moleculares que afectan negativamente el crecimiento y la productividad de las plantas y, en última instancia, el rendimiento. El calor, la sequía, el frío y la salinidad son las principales tensiones abióticas que inducen daños celulares severos en las especies de plantas, incluidas las plantas de cultivo. Las fluctuaciones de temperatura ocurren naturalmente durante el crecimiento y reproducción de las plantas. Sin embargo, las variaciones extremas durante los veranos calurosos pueden dañar las interacciones intermoleculares necesarias para un crecimiento adecuado, lo que perjudica el desarrollo de las plantas y la producción de frutos. La creciente amenaza del cambio climático ya está teniendo un impacto sustancial en la producción agrícola en todo el mundo, ya que las olas de calor causan pérdidas de rendimiento significativas con grandes riesgos para la seguridad alimentaria mundial en el futuro (Christensen y Christensen, 2007).

2.1.5. Efectos del cambio climático en plantas

El clima es uno de los principales factores que regulan la distribución de las especies de plantas, ya sea directamente, a través de limitaciones fisiológicas en el crecimiento y la reproducción o, indirectamente, por medio de los factores ecológicos, como la competencia por recursos. Diversos estudios destacan que el cambio climático registrado en los últimos 30 años ha tenido un impacto en la distribución, abundancia, fenología y fisiología de muchas especies y se presume que el incremento en la temperatura será entre 1,1 y 6,4°C, para 2100 como se menciona en un reporte del Grupo Intergubernamental de

Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) 2007, lo conducirá a la extinción de algunas especies. Por lo tanto, se generarán problemas de erosión genética, dificultando a futuro la solución de problemas limitantes de la producción agrícola (Jarma *et al.*, 2012).

2.1.6. Estrés térmico en plantas

De las principales formas de estrés abiótico que las plantas están expuestas en la naturaleza, el estrés por calor tiene un modo de acción independiente sobre la fisiología y el metabolismo de las células vegetales. Aunque con frecuencia, el estrés por calor se ve agravado por tensiones abióticas adicionales como la sequía y el estrés salino, es importante desentrañar la acción independiente y las consecuencias biológicas de la alta temperatura para mejorar los efectos del estrés abiótico combinado. La susceptibilidad a las altas temperaturas en las plantas varía con la etapa de desarrollo de la planta, el estrés por calor afecta en cierta medida todas las etapas vegetativas y reproductivas (Bitá y Gerats, 2013).

2.1.7. Frijol

2.1.7.1. Origen

El frijol común o *Phaseolus vulgaris* L., también conocido como habichuela, poroto, alubia y caraota, entre otros nombres, fueron domesticados independientemente en dos regiones: en los Andes, en lo que es hoy Perú y Ecuador, y en México y América Central. Estas variedades tienen un ancestro común en Mesoamérica, según los científicos (BBC, 2012).

México se ha reconocido como el más probable centro de su origen, o al menos, como el centro primario de diversificación. El cultivo del frijol se considera uno de los más antiguos. Algunos de los hallazgos arqueológicos en México y Sudamérica indican que se conocía hace algunos 5000 años antes de Cristo (Ulloa *et al.*, 2011).

2.1.7.2.Importancia del frijol

Mundialmente el frijol es la leguminosa alimenticia más importante para cerca de 300 millones de personas, que, en su mayoría, viven en países en desarrollo, debido a que este cultivo, conocido también como “la carne de los pobres”, es un alimento poco costoso para consumidores de bajos recursos. El frijol es especialmente importante en la alimentación de mujeres y niños; además, tiene gran importancia económica, pues genera ingresos para millones de pequeños agricultores (Torres *et al.*, 2013).

2.1.7.3.Clima requerido para el frijol

La temperatura mínima para el frijol es de 18 °C y la máxima 28 °C siendo el rango óptimo de 20 °C a 25 °C, El ciclo vegetativo se alarga conforme se reduce la temperatura, y las temperaturas altas aceleran los procesos fisiológicos del frijol. Temperaturas extremas provocan el vaneo del frijol, al afectar la viabilidad del polen. Aborto de flores y vainas, y reducción del tamaño de la semilla. El frijol requiere de humedad adecuada en el suelo para que haya un buen crecimiento, desarrollo de la planta, formación y llenado del grano. A la vez de un periodo seco o de poca precipitación al final del ciclo, para favorecer el proceso de maduración y cosecha (Hernández, 2009).

2.1.8. Maíz

2.1.8.1.Origen

El maíz (*Zea Mays*) es una planta gramínea anual, originaria de México, introducida en Europa durante el siglo XVI, después de la invasión española. Su nombre científico proviene del griego Zeo, que significa vivir y de la palabra Mahíz, palabra que los nativos del Caribe, llamados taínos, utilizaban para nombrar al grano. El lugar de origen del maíz se ubica en el Municipio de Coxcatlán, en el Valle de Tehuacán, Estado de Puebla, en el centro de México (Pliego, 2015).

2.1.8.2.Importancia económica y alimentaria

El maíz es uno de los alimentos básicos más importantes que conoce el ser humano ya que en torno a él se pueden realizar gran cantidad de preparaciones así como también pueden obtenerse de él numerosos productos derivados (por ejemplo, harinas, aceites, etc.). Subsecuentemente, el maíz es altamente utilizado como alimento de gran parte de los ganados que luego son consumidos o utilizados como productores de alimento, por lo cual su importancia es enorme (Bembibre, 2011).

El maíz es uno de los principales granos en el Ecuador, pues tiene un significado vital para los pueblos indígenas, además de ser considerado un generador de vida, lo que lo convierte en un elemento fundamental de identidad para nuestros ancestros. En el país este grano se viene cultivando desde hace siglos y es una importante fuente de ingreso para las familias ecuatorianas dedicadas a la agricultura. En América Latina y el Caribe, se generan más de 220 millones de toneladas de maíz, siendo exportado y consumido por todo el mundo (FARMAGRO, 2018).

2.1.8.3. Clima requerido para el maíz

El maíz amarillo, es un cultivo de crecimiento estacional con un ciclo de 120 días, la temperatura ideal para su máximo rendimiento es de entre 22 °C a 32 °C, esto acompañado de abundante riego, principalmente en las primeras semanas. El nivel de humedad también tiene su incidencia ya que necesita un suelo con humedad de hasta 30%, mientras que en el ambiente es preferible un clima seco. Al igual que la gran mayoría de productos agrícolas el maíz amarillo, presenta una alta sensibilidad a los cambios climáticos, principalmente en época de sequía es decir los meses de Septiembre y Noviembre para el Ecuador. Pero también en meses como Febrero y Marzo que son épocas de exceso de precipitaciones, lo que ha llevado tradicionalmente a una siembra estacionaria del cultivo generándose así una sobreoferta en los meses de Mayo y Junio que es habitualmente la época de cosecha (Baca, 2016).

2.1.9. Fenología vegetal

La fenología vegetal es la ciencia que estudia los eventos del ciclo de vida de la planta, como la explosión de la yema de la hoja, la floración y fructificación, tiene efectos en cascada en múltiples niveles de organización biológica, desde los individuos hasta los ecosistemas. La fenología no solo afecta la aptitud de las plantas individuales, también afecta la aptitud de los organismos que dependen de ellas, lo que, en los ecosistemas terrestres, incluye prácticamente a todos los animales. Por lo tanto, los cambios en la fenología de las plantas pueden afectar negativamente la demografía, causar cambios evolutivos rápidos y provocar pérdidas (Stucky *et al.*, 2018).

2.1.10. Fisiología vegetal

La fisiología vegetal estudia todos los procesos químicos y físicos de las plantas, desde las interacciones a nivel molecular de la fotosíntesis y la difusión de aguas, minerales y nutrientes dentro de la planta, hasta los procesos a mayor escala del crecimiento de la planta, la latencia. y reproducción (Stewart y Globig, 2012).

2.1.11. Morfología vegetal

La morfología de la planta es la ciencia que estudia la apariencia física de una planta. Se puede aplicar a cualquier especie e implica un estudio detallado de los caracteres vegetativos y reproductivos para formar un perfil de una planta, que se puede utilizar para hacer comparaciones generales de especies de plantas que muestran una estructura similar o comparaciones detalladas dentro de una especie para identificar variedades (Wyatt, 2016).

2.1.12. Estomas

Los estomas son pequeñas aberturas o poros en el tejido vegetal que permiten el intercambio de gases, estos se encuentran típicamente en las hojas de las plantas, pero también se pueden encontrar en algunos tallos. Los estomas permiten que una planta absorba dióxido de carbono, que es necesario para la fotosíntesis y ayudan a reducir la pérdida de agua al cerrar cuando las condiciones son calurosas o secas (Bailey, 2019).

2.1.12.1. Cierre estomático

El estrés es el principal responsable del cierre estomático, ya que, ante esta situación, la planta sintetiza el ácido abscísico (ABA), una fitohormona conocida por su acción en la regulación de procesos clave del desarrollo vegetal y su adaptación al estrés biótico y abiótico. A nivel fisiológico, el ácido abscísico (ABA) generado, señala el cierre estomático al unirse con receptores proteicos en la superficie de las membranas plasmáticas de las células guardia, activando mensajeros secundarios tal como los ROS, óxido nítrico, Ca^{2+} , lo que estimula los canales iónicos que finalmente inducen a la salida del agua de las células. Este hecho es el que provoca que las células finalmente pierdan turgencia y cierren los estomas (Argenteal *et al.*, 2017).

2.1.13. Diseño completamente al azar

El diseño completamente al azar es el más sencillo de los diseños de experimentos que tratan de comparar dos o más tratamientos, puesto que sólo considera dos fuentes de variabilidad: los tratamientos y el error aleatorio (Yepes, 2013).

2.1.14. InfoStat

InfoStat es un software para análisis estadístico de aplicación general desarrollado bajo la plataforma Windows. Cubre tanto las necesidades elementales para la obtención de estadísticas descriptivas y gráficos para el análisis exploratorio, como métodos avanzados de modelación estadística y análisis multivariado. Una de sus fortalezas es la sencillez de

su interfaz combinada con capacidades profesionales para el análisis estadístico y el manejo de datos (IS, 2020).

2.2. Marco referencial

2.2.1. Cambio climático

El cambio climático es el principal problema ambiental al que desde ahora debe enfrentarse la humanidad. No es el primero, pues a lo largo de la historia de la Tierra y, en menor medida, de la humanidad se han producido periódicamente. Pero éste presenta unas características especiales: es el único generado directamente por una especie viva, el ser humano, y para la magnitud esperada se está produciendo en un tiempo extremadamente corto, lo que no hará sino aumentar los riesgos e incertidumbres (De Castro, 2005).

La temperatura media global de la superficie de la Tierra, que había sido relativamente estable en los últimos 1000 años, ha aumentado 0,75°C desde la era pre-industrial y un aumento de entre 0,5°C y 1.0°C es inevitable debido a las emisiones pasadas. Se espera un incremento adicional de 1.2°C a 6,4°C entre 2000 y 2100, con un calentamiento mayor en áreas continentales que en los océanos y mayor en el Ártico que en el Trópico. Este evento ya ha generado fenómenos extremos como olas de calor y modificaciones en los patrones de precipitación (periodos de sequías prolongados alternados con periodos de lluvias intensas) (Yepes, 2012).

En lo que respecta a América latina y el caribe según (Conde y Saldaña, 2007) el 20 y el 30% de las especies vegetales y animales probablemente aumentarán su riesgo de extinción si la temperatura global promedio aumenta entre 1.5 a 2.5°C. En latitudes bajas se proyecta que la productividad de granos básicos disminuirá aún para aumentos de temperatura menores (1-2°C). En latitudes altas la productividad de granos puede aumentar para incrementos de temperatura de entre 1 a 3°C, pero decrecerá si el aumento de temperatura es mayor.

De acuerdo con el ensamble de los modelos climáticos globales seleccionados para el territorio Ecuatoriano, utilizando el período de referencia 1981–2010, los resultados en los distintos escenarios muestran incrementos de la temperatura media anual (a nivel nacional) de 0.6 °C para el período 2011–2040, hasta 2.8 °C para fin de siglo, en el escenario optimista. La situación es análoga en cuanto a las temperaturas máximas, con aumentos de 0.8 a 3.5 °C, especialmente en la Amazonía y la Costa. Las evidencias más importantes sobre los efectos del cambio climático en Ecuador se relacionan al cambio en los patrones de precipitación, sequías prolongadas, retroceso de glaciares, aumento del nivel del mar, entre las principales (Cadilhac *et al.*, 2017).

2.2.2. Cambio climático y agricultura

El debate sobre los efectos del cambio climático se ha intensificado en los últimos años. A escala global, ha sido considerado como una amenaza no sólo desde el punto de vista ambiental, sino también social y económico, por su posibilidad de impacto a diferentes sectores, entre los cuales la agricultura es uno de los más vulnerables. Comprender los impactos potenciales es imprescindible para el desarrollo e implementación de estrategias de adaptación que permitan afrontar los riesgos climáticos emergentes (Ocampo, 2011). Sin embargo (Granados y Sarabia, 2013) mencionan que las capacidades de adaptación son limitadas y por lo tanto es muy probable que el cambio climático afecte la disponibilidad y acceso a alimentos e incremente la volatilidad de los precios. Los efectos serán heterogéneos y que además pueden ser sumamente cuantiosos. Resulta entonces necesario contar con políticas públicas enfocadas en la mitigación de los gases de efecto invernadero, promoviendo al mismo tiempo la adaptación ante el cambio climático.

Las actividades agrícolas en América Latina y el Caribe serán severamente afectadas, con disminuciones importantes en los rendimientos de los cultivos. Es probable que las plagas amplíen su territorio, y los procesos de degradación de suelos aumentarán. Las sequías, las inundaciones, las ondas de calor y otros eventos climáticos extremos afectarán de manera significativa estas actividades agrícolas, poniendo en riesgo aun la seguridad alimentaria (Conde y Saldaña, 2007).

2.2.3. Efecto del cambio climático sobre la fisiología de las plantas

Para analizar los efectos del cambio climático sobre la fisiología de las plantas es necesario considerar varios factores ambientales y su interacción con los procesos fisiológicos de las plantas. En el artículo de revisión titulado Efecto del cambio climático sobre la fisiología de las plantas cultivadas, presenta el conocimiento actual de las investigaciones relacionadas con los efectos del cambio climático sobre la fisiología de las plantas. En el cual se describen los efectos del incremento temperatura, sobre el crecimiento y el desarrollo de varias especies cultivadas. Se prevé que el incremento de la temperatura generará problemas de erosión genética y conducirá a la extinción de muchas especies vegetales; las altas temperaturas pueden afectar adversamente la fotosíntesis, la respiración, las relaciones hídricas y la estabilidad de las membranas, la regulación hormonal y el metabolismo secundario de las plantas (Jarma *et al.*, 2012).

2.2.4. Efectos del estrés térmico en plantas de interés agrícola

Las temperaturas más cálidas esperadas con el cambio climático y la posibilidad de eventos de temperaturas más extremas afectarán la productividad de la planta siendo la polinización una de las etapas fenológicas más sensibles a temperaturas extremas en todas las especies y durante esta etapa de desarrollo. En estudios con maíz en ambiente controlado, las temperaturas cálidas aumentaron la tasa de desarrollo fenológico; sin embargo, no hubo efecto sobre el área foliar o la biomasa vegetativa en comparación con las temperaturas normales. El mayor impacto de las temperaturas más cálidas fue durante la etapa reproductiva del desarrollo y, en todos los casos, el rendimiento de grano en el maíz se redujo significativamente en un 80-90% de un régimen de temperatura normal (Hatfield y Prueger, 2015).

En una investigación realizada sobre los efectos de altas temperaturas en algunas variables del crecimiento y en el intercambio gaseoso en plantas de tomate del cv. Amalia. Los tratamientos utilizados consistieron en un tratamiento en el que las temperaturas diurnas y nocturnas se fueron incrementando en 5 °C cada cuatro días hasta llegar a un máximo de 40 con 33°C .Una vez concluida la fase de aplicación de los tratamientos, las plantas se colocaron en las mismas condiciones del tratamiento control para evaluar su

recuperación. El análisis de los datos evidenció un efecto depresivo de las diferentes variables evaluadas al incrementarse la temperatura ambiental, efecto que en algunos indicadores no se eliminaron después de transcurrido el período de recuperación (Morales *et al.*, 2006).

El Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) realizó una investigación que tuvo como objetivo de evaluar las respuestas provocadas en el rendimiento productivo por las variaciones de las temperaturas durante el ciclo del cultivo de papa variedad Romano en la cual se evaluó el comportamiento de temperaturas mínimas, medias y máximas así como la amplitud de estas en los años 2014 y 2015. Concluyendo que en el año 2015 las fluctuaciones de amplitud entre la mínima y la máxima fueron mayores durante los primeros estadios del crecimiento y desarrollo del tubérculo; lo cual favorece los rendimientos alcanzados, a diferencia del año 2014 en que en ese momento las fluctuaciones fueron menores, en este aspecto se destaca el año 2015 (Martín y Jerez, 2017).

CAPITULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

El experimento se realizó en condiciones de invernadero, en las instalaciones del laboratorio de Biotecnología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo campus "Ingeniero Manuel Agustín Haz Álvarez" que se encuentra ubicada en la Av. Quito km. 1 1/2 vía a Santo Domingo de los T'sachilas (Figura 1).

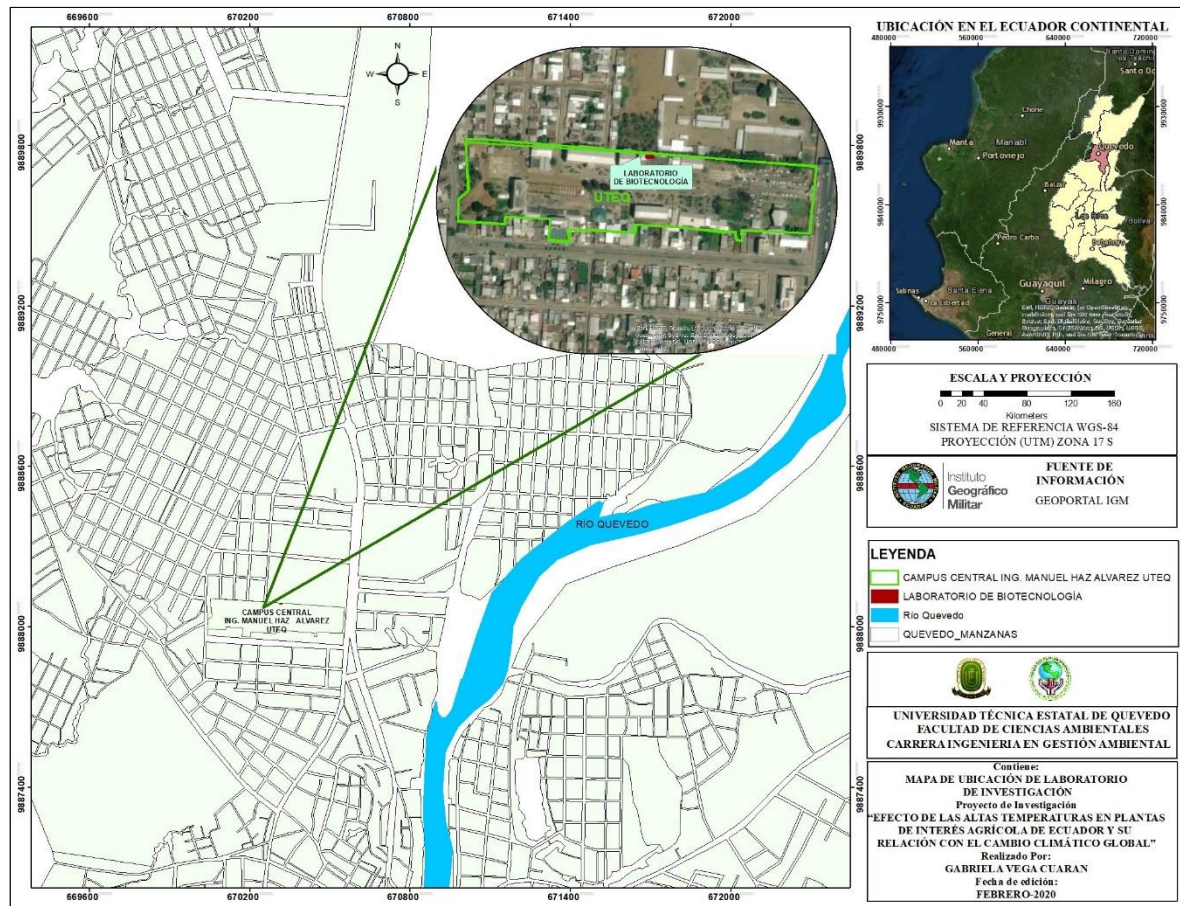


Figura 1. Ubicación geográfica del laboratorio de investigación.

3.2. Tipo de investigación

3.2.1. Investigación experimental

El estudio se caracteriza por ser de tipo experimental, debido a que se manejaron tratamientos de variaciones de temperatura y se evaluaron diferentes variables morfológicas de las plantas bajo estudio con el fin de obtener respuestas sobre los efectos del estrés térmico en plantas.

3.3. Materiales

En la (tabla 1) se describen los materiales y equipos utilizados en la presente investigación.

Tabla 1. Materiales y equipos utilizados en la investigación.

Material experimental	• Plantas de maíz nacional • Plantas de frijol (<i>P.vulgaris L</i>) , nombre común” Calima”
Material de campo	• Fundas vivero 7x4 • Vasos de plástico • Tierra de sembrado • Calibrador • Cinta métrica • Termómetro • Pirómetro • Etiquetas de identificación • Cámara
Materiales de laboratorio	• Termómetro • Pirómetro • Bisturí • Pinzas de laboratorio • Esmalte

Equipo de laboratorio	• Cámara Neubauer improved Brighthline • Microscopio binocular electrónico • Invernadero
Software	• Excel • Word • InfoStat • PowerPoint

3.4. Métodos de investigación

3.4.1. Observación científica

La observación fue clave en el transcurso de toda la investigación, permitiendo obtener datos necesarios a través de un análisis de los procesos ejecutados, con la finalidad de conocer la realidad mediante la apreciación directa de los objetos y fenómenos.

3.4.2. Inductivo

El método inductivo es un procedimiento que va de lo individual a lo general, que parte de resultados particulares para encontrar posibles relaciones generales que la fundamenten, considerando la experiencia de la realidad y la observación, para llegar a la construcción de nuevos conocimientos (Gomez, 2012).

Con este método se logró conocer la realidad de los efectos de las altas temperaturas en plantas por medio de la evaluación de variables fenológicas de las especies agrícolas bajo estudio.

3.4.3. Deductivo

El método deductivo una forma de razonamiento que parte de una verdad universal para obtener conclusiones particular, es decir que a partir de la teoría general, en que se basa el estudio, puede inferir la situación con los datos obtenidos, para un contexto en particular (Maya, 2014).

Este método fue utilizado para deducir la respuesta de las plantas sometidas a un estrés por calor mediante la obtención de información de un método experimental.

3.5. Fuentes de recopilación de información

La recopilación de información para la presente investigación se la realizó por fuentes primarias mediante la observación directa de los hechos y la utilización de libros de campo que se utilizaron para registrar los datos. Las fuentes secundarias a partir de revistas científicas, artículos científicos, libros, tesis de grado, documentos doctorales y documentos de sitio web referente al efecto de temperaturas extremas en plantas.

3.6. Diseño de la Investigación

El esquema del análisis de varianza para los datos morfológicos y conteo estomático de las plantas bajo estudio se muestran en la tabla 1 y tabla 2 respectivamente.

Tabla 2. Esquema del Análisis de Varianza de los datos morfológicos de las plantas bajo estudio.

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamiento (t-1)	2
Error t (r-1)	2
Total r (t-1)	6

Tabla 3 . Esquema del Análisis de Varianza para los datos del conteo estomático.

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamiento (t-1)	2
Error t (r-1)	2
Total r (t-1)	6

3.7. Instrumentos de investigación

3.7.1. Ficha de laboratorio

Se utilizó una ficha de laboratorio para recopilar toda la información relativa a las variables morfométricas y fisiológicas de las plantas bajo estudio.

3.7.2. Ficha de monitoreo

Sirvió para el registro de la información relativa al monitoreo de las variables experimentales y el proceso de análisis de datos.

3.8. Tratamiento de datos

Se aplicó un Diseño Completo al Azar (DCA), con 3 tratamientos, 3 repeticiones con 5 unidades experimentales para cada tipo de planta bajo estudio. Todas las variables fueron analizadas y promediadas mediante hojas de cálculo Excel 2013, en el cual se realizaron tablas para efectuar un manejo adecuado de los datos.

Los ensayos y los datos de los objetivos uno y dos fueron analizados en función de un Diseño Completo al Azar (DCA) considerando las pruebas de Rango múltiples Tukey al 95% de probabilidad experimental.

3.9. Análisis de la fenología de las plantas bajo estudio.

Para el análisis de la fenología de las plantas bajo estudio, se inició con la aplicación de diferentes temperaturas, que fue posible mediante la construcción de un invernadero con modificaciones necesarias para poder emplear el calor, el primer tratamiento consistió en un rango de temperatura de 35-40 °C, el segundo de 40-45 °C y el tercero 45-50 °C, todos estos tratamientos contaron además con un déficit hídrico como medida extrema para conocer la respuesta ante ese tipo de estreses.

Las plantas fueron sometidas a calor 12 horas por 5 días y dos días de reposo completando así, una semana por tratamiento. Al finalizar cada tratamiento se registraron los datos en función de las variables definidas para el efecto.

3.10. Variables a evaluar

Para el análisis de la fenología de las plantas que fueron sometidas a estrés por altas temperaturas se consideraron las siguientes variables morfológicas:

3.10.1.1. Longitud de la planta

Se midió el tamaño del tallo, desde la base hasta la copa de las plantas con ayuda de una cinta métrica.

3.10.1.2. Diámetro de tallo

Se midió el diámetro del tallo a 2.6 cm del sustrato con ayuda de un calibrador.

3.10.1.3. Número de hojas

Se contaron las hojas presentes en las plantas durante todo el experimento.

3.10.1.4. Aspecto de la planta.

El aspecto de la planta se analizó en función del estado o apariencia, con referencia a la siguiente escala arbitraria (Tabla 3).

Tabla 4. Evaluación cualitativa del aspecto de las plantas.

Grado	Estado
1	Bueno
2	Regular
3	Malo

3.11. Densidad estomática por mm²

El conteo estomático se realizó de acuerdo a la metodología de Barrientos-Priego (2003). Que consiste en la aplicación de barniz transparente en un área de 50 mm² en la parte central del haz entre las venas secundarias de cada hoja seleccionada de las plantas en estudio. Una vez seca la capa de barniz, fue removida y montada en la cámara Neubauer improved, Brighthline y se observó en un campo visual de 1 mm² con un microscopio binocular electrónico con el objetivo a 40X.

El conteo estomático se realizó en un campo visual (1mm²). Posterior a ello, se utilizó el software ISCapture (Versión 4.0; Tucsen) para visualizar las imágenes producidas por el microscopio y poder medir los estomas.

3.12. Guía técnica

Se describió de manera detallada y concisa los resultados de mayor importancia obtenidos de la investigación en una ficha técnica sobre los efectos de las altas temperaturas en plantas de interés agrícola, que permita en un futuro cercano hacer recomendaciones técnicas de especies y lugares donde realizar cultivos masivos, asegurando de esta forma el éxito de los cultivos, favoreciendo la producción agrícola a gran escala.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Análisis de la fenología de las plantas bajo estudio.

4.1.1.1. Longitud de la planta

Las plantas de frijol en el T1 (35°C - 40°C) no mostraron diferencias significativas en la medida de longitud al compararse con los resultados del T2 (40°C - 45°C). Al finalizar el T2 se pudo evidenciar encogimiento y doblez de los tallos, además la planta no desarrolló nuevos brotes. En el tratamiento 3 (45°C - 50°C) no fue posible recolectar datos puesto que las plantas no soportaron la condición de temperatura ni el déficit de agua. Según la prueba de rangos múltiples de Tukey, no hubo diferencias significativas entre los resultados de tratamiento y control (figura 2).

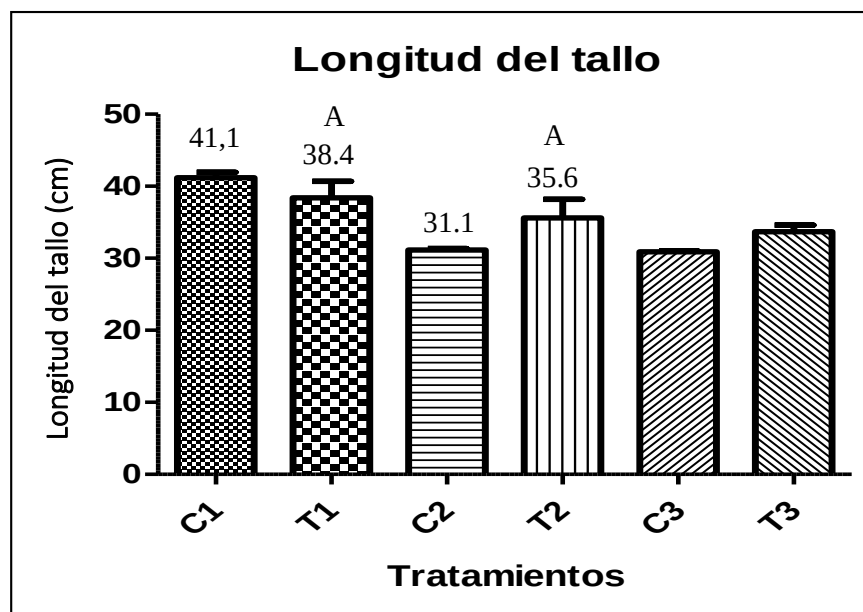


Figura 2. Longitud del tallo de las plantas de frijol. Las barras indican los resultados obtenidos de las plantas bajo tratamiento y control.

La variable longitud en las plantas de maíz no presentaron diferencias significas entre los tratamientos aplicados, tampoco se encontraron diferencias en los datos obtenidos de las plantas control, concluyendo que las altas temperaturas afectaron el crecimiento normal de la planta (figura 3).

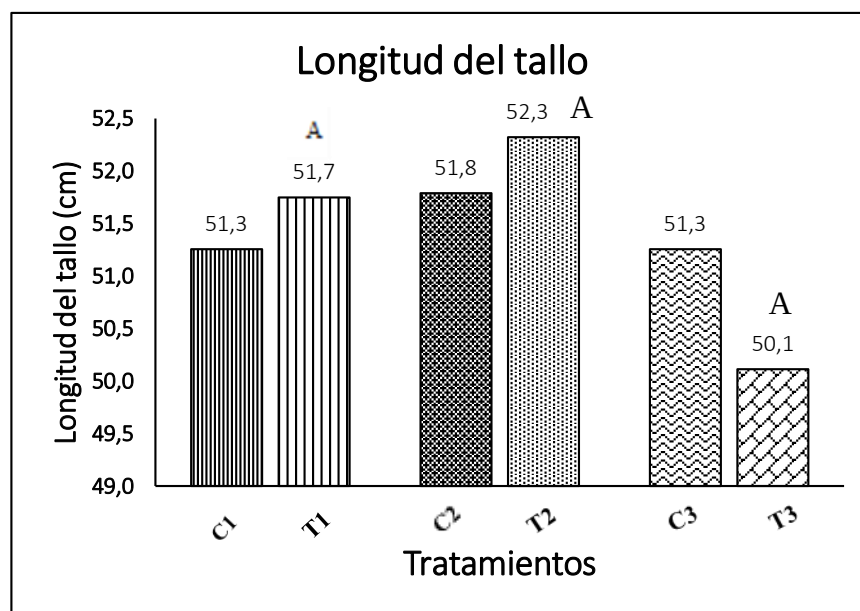


Figura 3. Longitud del tallo de las plantas de maíz. Las barras indican los resultados obtenidos de las plantas bajo tratamiento y control.

4.1.1.2. Diámetro

La variable diámetro, en las plantas de frijol dio como resultado diferencias significativas, se observó un aumento del grosor del tallo después del T1 (35°C - 40°C), pero en los resultados del T2 (40°C - 45°C) hubo una disminución debido a que los tallos se encontraban marchitos y con una reducción en su grosor con un de promedio 0.1 cm. No se obtuvieron datos del T3 (45°C - 50°C) debido a que las plantas después del T2 no sobrevivieron a las elevadas temperaturas y al déficit hídrico. Los datos no muestran diferencias significativas entre las plantas bajo tratamiento y control (figura 4).

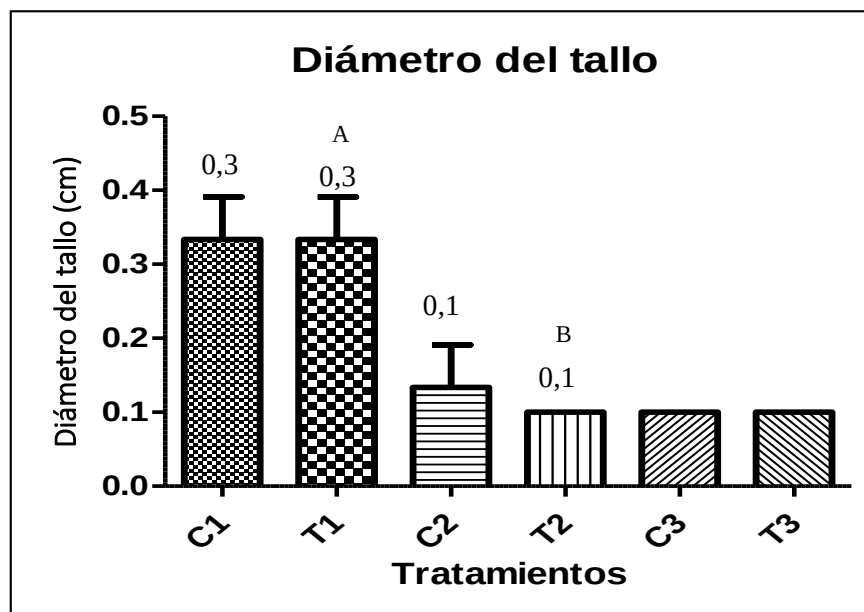


Figura 4. Diámetro del tallo de las plantas de frijol. Las barras indican los resultados obtenidos de las plantas bajo tratamiento y control.

El diámetro en las plantas de maíz mostraron diferencias significativas, debido a que después del T1 (35°C - 40°C), hubo un mayor grosor en comparación con los resultados del T2 (40°C - 45 °C) y T3 (45°C - 50°C) en los cuales se observó una gran disminución del grosor del tallo con un promedio de 0.1 cm como respuesta a las altas temperaturas y déficit hídrico .Los mejores promedios del diámetro del tallo fueron para el tratamiento uno (testigo) (figura 5).

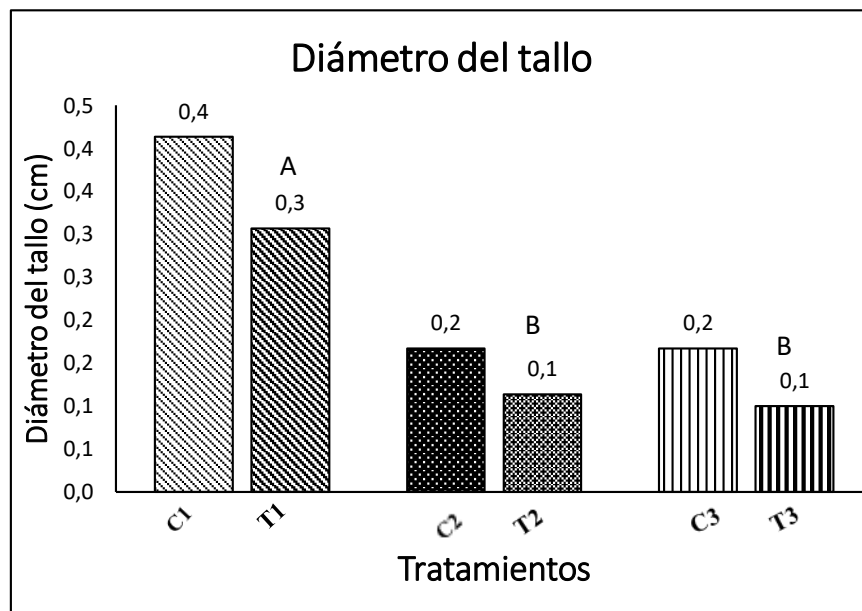


Figura 5. Diámetro del tallo de las plantas de maíz. Las barras indican los resultados obtenidos de las plantas bajo tratamiento y control.

4.1.1.3. Número de hojas

Para la variable cantidad de hojas en plantas de frijol después del primer tratamiento se obtuvo un promedio de 8 hojas, demostrando que no hubo una diferencia significativa con el número de hojas del segundo tratamiento. Lo que demuestra que no se desarrollaron nuevas hojas, además las hojas presentes se encontraban totalmente secas y contraídas lo que no permitió realizar una buena observación del monto. No se obtuvieron datos para el tercer tratamiento debido a que las plantas se encontraron totalmente secas por consecuencia de las temperaturas aplicadas y al déficit hídrico (figura 6).

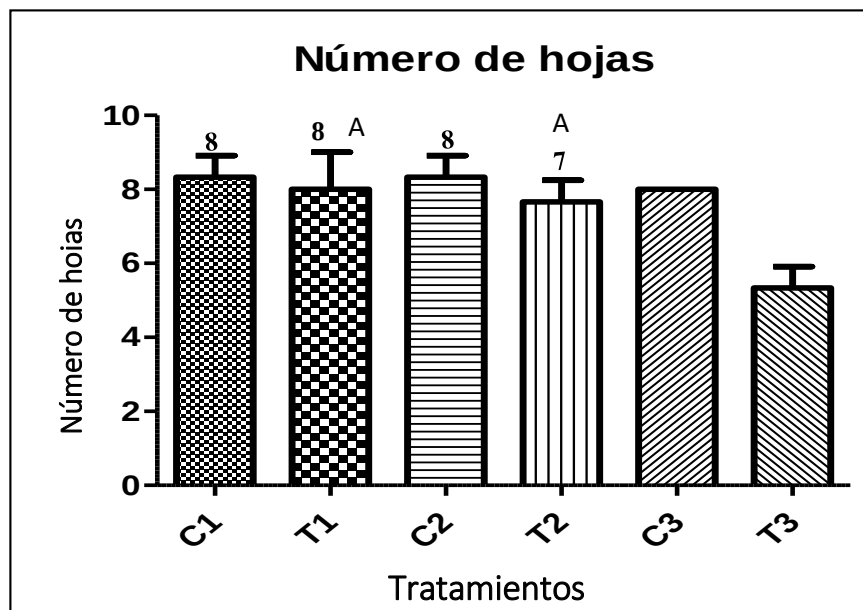


Figura 6. Cantidad de hojas de las plantas de frijol. Las barras indican los resultados obtenidos de las plantas bajo tratamiento y control.

El número de hojas en las plantas de maíz no tuvieron diferencias significativas en los tratamientos debido a que no se presentaron nuevas hojas y la mayoría se encontraban secas debido al calor extremo y a la falta de agua. El mejor promedio de la cantidad de hojas fue para el tratamiento 2 (plantas testigo) (figura 7).

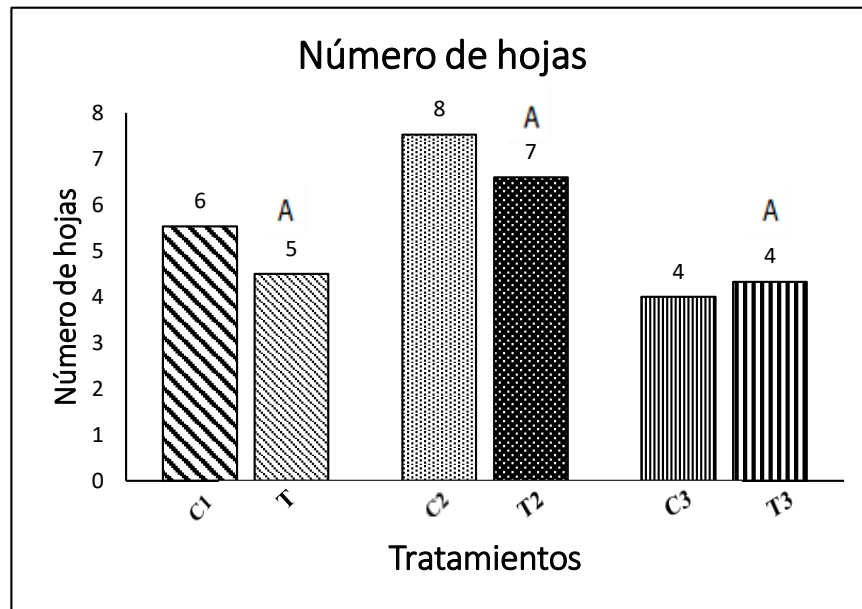


Figura 7. Numero de hojas presentes en las plantas de maíz. Las barras indican los resultados obtenidos de las plantas bajo tratamiento y control.

4.1.1.4. Aspecto de la planta

Las plantas de frijol después del T1 (35 °C - 40°C) se encontraban en un buen estado (1), con nuevos brotes y hojas de color verde, el tallo presentaba un desarrollo normal en comparación con el T2 (40 °C - 45°C), las plantas presentaban decoloración y marchitamiento de hojas, y encogimiento de tallo. No se obtuvieron datos del tratamiento 3 (45 °C - 50°C) debido a que las plantas estaban totalmente secas con un mal aspecto por efecto de las temperaturas extremas y a la deficiencia de agua. No se encontraron diferencias significativas entre los resultados de tratamiento y control (figura 8).

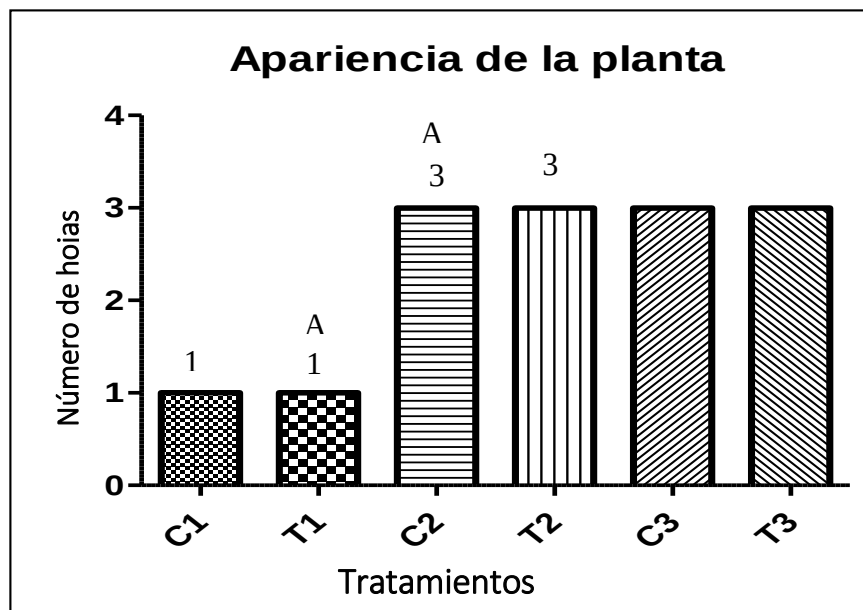


Figura 8. Apariencia de las plantas de frijol. Las barras indican los resultados obtenidos de las plantas bajo tratamiento y control.

La variable aspecto de la planta de maíz después del T1 (35 °C - 40°C) , se obtuvo un promedio bueno (1), ya que visualmente se encontraban con una buena apariencia, con hojas verdes y buen desarrollo, para el T2 (40 °C - 45°C) las plantas poseían un aspecto regular debido a que algunas de sus hojas estaban marchitas, además presentaban decoloraciones y en el T3 (45 °C - 50°C) todas las plantas se encontraban totalmente marchitas, las hojas presentaban quemaduras y encogimiento en sus ápices. No hubo diferencias significativas entre los resultados de las plantas tratamiento y control (figura 9).

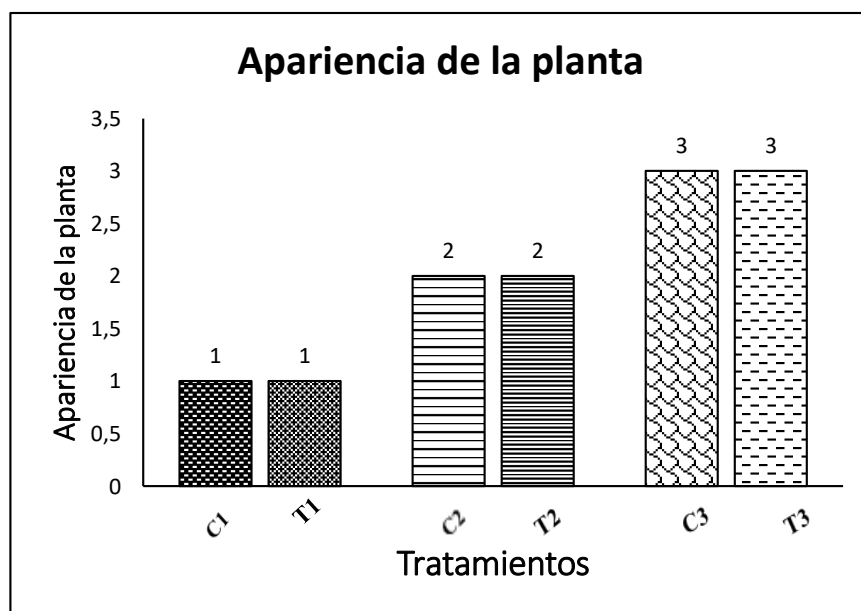


Figura 9. Apariencia de las plantas de maíz. Las barras indican los resultados obtenidos de las plantas bajo tratamiento y control.

4.1.2. Análisis de la respuesta estomática de las plantas expuestas a altas temperaturas.

4.1.2.1. Número de estomas

Se contabilizaron las estomas en las plantas de frijol solo en el T1 (35 °C - 40°C), el T2 no fue posible por el estado de las hojas. El resultado del conteo estomático según la prueba de rangos múltiples de Tukey, no mostró diferencias significativas con la cantidad estomas en plantas control. Aunque cabe recalcar que el promedio de los estomas encontrados en las hojas de frijol fueron mayores que los de control (figura 10).

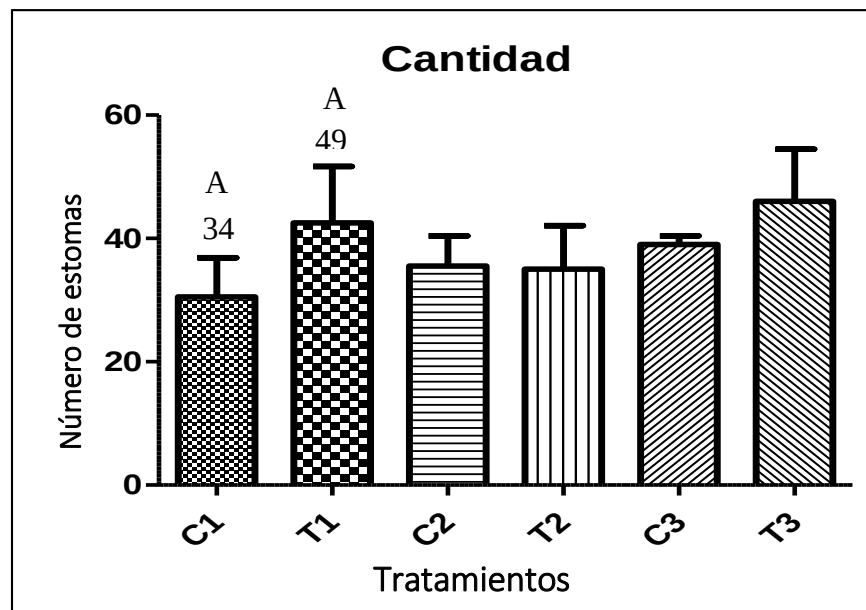


Figura 10. Cantidad de estomas presentes en las hojas de frijol. Las barras indican los resultados obtenidos de las plantas bajo tratamiento y control.

El número de estomas en las hojas de maíz tuvieron diferencias significativas según el tratamiento aplicado, obteniéndose una menor cantidad en el T (35 °C - 40°C) y T2 (40 °C - 45°C), mientras que en el T3 (45 °C - 50°C) se puede apreciar un incremento debido a la respuesta de las hojas a la escasa disponibilidad de agua.

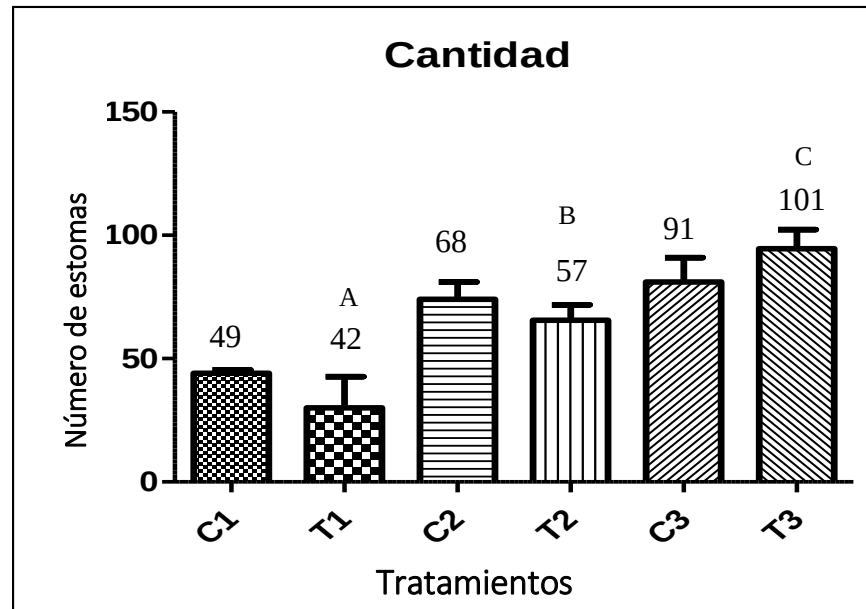


Figura 11. Cantidad de estomas presentes en las hojas de maíz. Las barras indican los resultados obtenidos de las plantas bajo tratamiento y control.

4.1.2.2. Longitud de estomas

La variable longitud de estomas presentes en las hojas de frijol mostraron diferencia significativa entre las plantas de tratamiento con una mayor medida en comparación con los resultados obtenidos de las plantas testigo. Esta variación se debe a los cambios de morfología de los estomas para poder adaptarse a escenarios de estrés hídrico y altas temperaturas (figura 12).

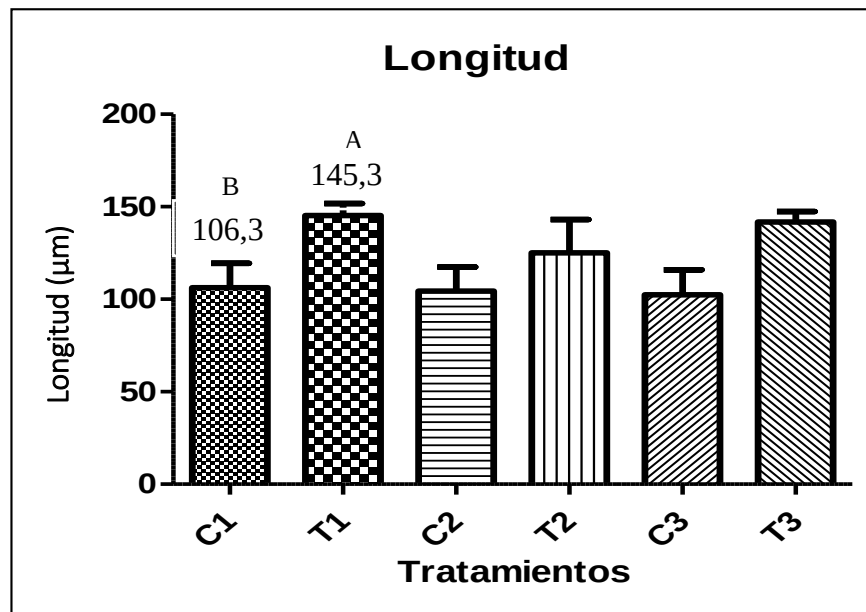


Figura 12. Longitud de estomas presentes en las hojas de frijol. Las barras indican los resultados obtenidos de las plantas bajo tratamiento y control.

La longitud de los estomas presentes en las hojas de maíz, no presentaron diferencias significativas entre tratamientos aplicados, aunque al compararse lo resultados con las plantas de control, se obtuvo una diferencia entre lo resultados de T2 y C1, evidenciándose una disminución de longitud debido al estrés térmico (figura 13).

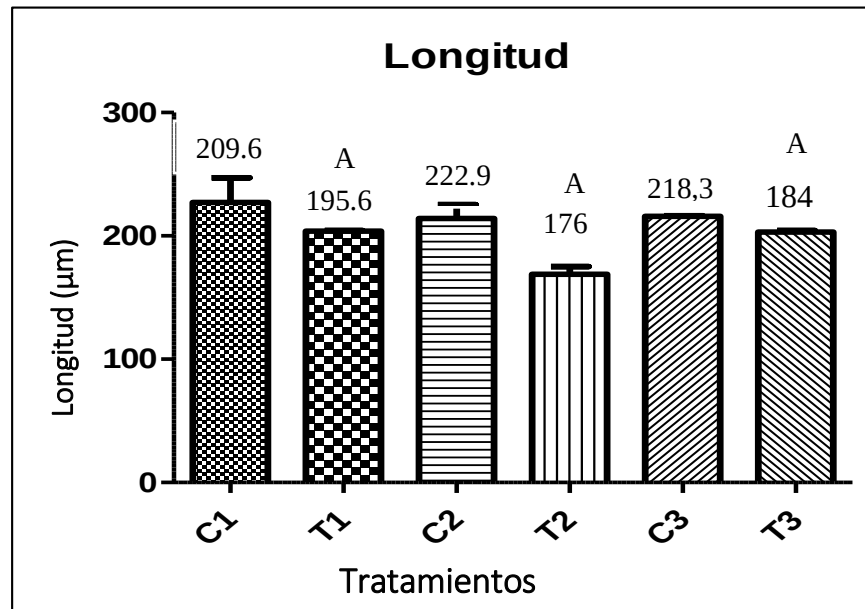


Figura 13. Longitud de estomas presentes en las hojas de maíz. Las barras indican los resultados obtenidos de las plantas bajo tratamiento y control.

4.1.2.3. Diámetro de estomas

El diámetro de los estomas presentes en las hojas de frijol luego del T1 (35 °C - 40°C) tuvieron diferencias significativa con las medida de las plantas de control, por lo se considera que es una a respuesta directa de los estomas a la temperatura permite que las plantas se beneficien de un mayor enfriamiento por evaporación durante las olas de calor como la manifiesta (Urban *et al.*, 2017) (figura 14).

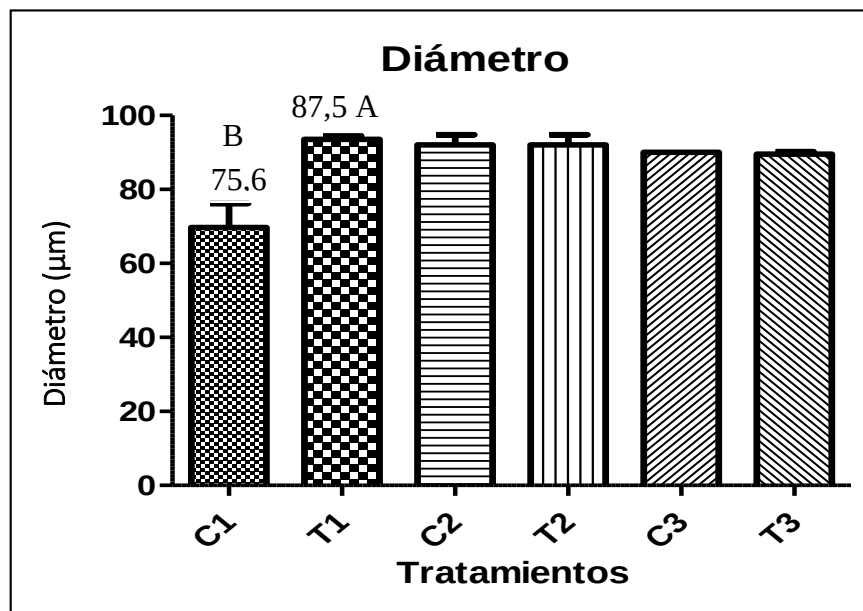


Figura 14. Diámetro de estomas presentes en las hojas de frijol. Las barras indican los resultados obtenidos de las plantas bajo tratamiento y control.

El diámetro de estomas en las hojas de maíz, no presentaron diferencias significativas en el T1 y T2. Por otra parte, en el T3 se obtuvo un menor diámetro estomático demostrando los cambios de morfología de los estomas ante escenarios de estrés térmico e hídrico afectando las funciones que realizan en las plantas (figura 15).

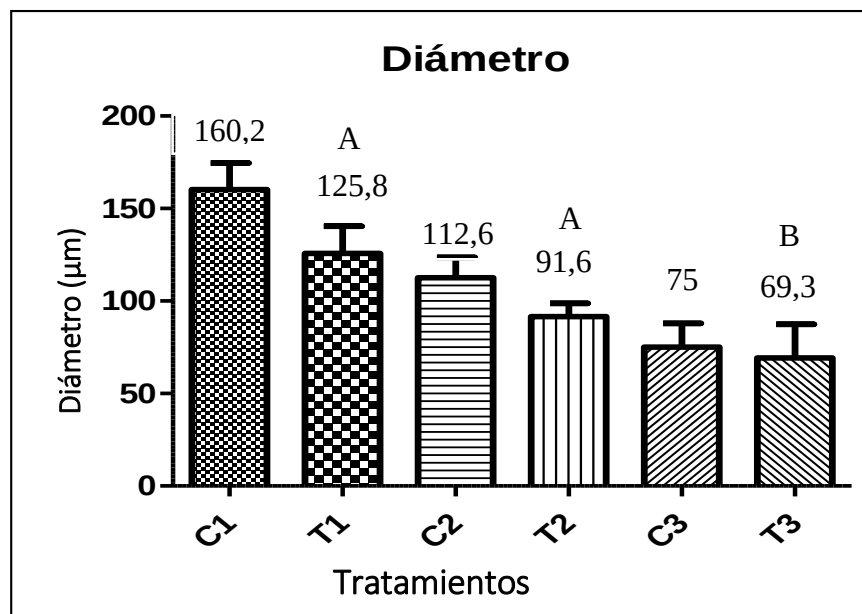


Figura 15. Diámetro de estomas presentes en las hojas de maíz. Las barras indican los resultados obtenidos de las plantas bajo tratamiento y control.

4.1.3. Desarrollo de una guía técnica sobre el efecto de la temperatura en las plantas bajo estudio.

Para el desarrollo de la guía técnica sobre los efectos de las altas temperaturas en plantas agrícolas se tomó en cuenta los resultados con mayor importancia obtenidos de la investigación (ver anexo 8).

4.2. Discusión

4.2.1. Análisis de la fenología de las plantas bajo estudio.

Se predice que el calentamiento global tendrá un efecto negativo en el crecimiento de las plantas debido al efecto dañino de las altas temperaturas en el desarrollo. Según menciona (Chaves y Gutiérrez, 2017) cada especie tiene una temperatura mínima, máxima y óptima para su normal desarrollo y sobrevivencia; sin embargo, los cultivos despliegan una amplia plasticidad estructural y fisiológica que les permite adaptarse a diferentes temperaturas. A pesar de ello, la exposición de las plantas a temperaturas muy altas (>50 °C) resulta en un severo daño y colapso a nivel celular en cuestión de minutos.

Los resultados obtenidos en el primer objetivo después del análisis de variables morfológicas de las plantas que se sometieron a un entres térmico de 35- 40 °C (T1) ,40 - 45 °C (T2) y 45-50 °C (T3) y a una deficiencia hídrica en todos los tratamientos, presentaron un desarrollo normal solo hasta el primer tratamiento, debido a que en el segundo tratamiento se observó disminución del crecimiento y daños en la planta lo que concuerda con (Vollenweider y Günthardt, 2005) quienes han observado diversas lesiones fisiológicas a temperaturas elevadas, como el chamuscado de las hojas y los tallos, la abscisión y senescencia de las hojas, la inhibición del crecimiento de los brotes y las raíces o el daño de los frutos, lo que en consecuencia conduce a una disminución de la productividad de la planta. Además, según (Rincón *et al.*, 2006) , mencionan que la combinación de las altas temperaturas y la sequía causan una mayor reducción de la fotosíntesis y en consecuencia de la producción del cultivo que los efectos de ambos estreses por separado.

Las plantas de frijol luego del T2 (45 - 45 °C) incluyendo 22 días sin agua se encontraron completamente secas con una disminución de altura y reducción del grosor del tallo comprobando lo que menciona (Rosas *et al.*, 2006) que en general la tolerancia del frijol común a las altas temperaturas es bastante baja y se considera que las temperaturas óptimas para el cultivo del frijol son de 18-24 °C.

A lo que respecta las plantas de maíz después del T1 (35- 40 °C) las plantas no mostraron alteración en el crecimiento y daños en su morfología, los resultados de la variable longitud no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, considerando que el crecimiento se detuvo debido al estrés térmico e hídrico como señala (Fahad *et al.*, 2017), las tensiones por calor limitan el crecimiento y la productividad de las plantas más que cualquier otro factor ambiental. Aunque el aumento de las temperaturas también es beneficioso para la producción de cultivos en algunas regiones más frías del mundo, el impacto general en la seguridad alimentaria mundial sigue siendo negativo.

Las hojas de maíz después del T1 se encontraban un poco marchitas y presentaban decoloraciones como lo menciona (Fahad *et al.*, 2017), las altas temperaturas pueden causar quemaduras en las ramitas y hojas junto con síntomas visuales de quemaduras solares, senescencia de las hojas, inhibición del crecimiento y decoloración de frutos y hojas, luego del T3 (45 - 50 °C), hubo una disminución de su desarrollo lo que coincide lo indicado por (Arista *et al.*, 2018), pocos grados por arriba de la temperatura óptima, el crecimiento del maíz decrece considerablemente, también se observó que los tallos presentaban una disminución significativa en su grosor y muy suaves al tacto, las hojas tenían una tonalidad rosa, con un aspecto delgado y con quemaduras en sus ápices. Según menciona (Rainey y Griffiths, 2005) es común que el estrés causado por las deficiencias hídricas y calor se presente con frecuencia en forma simultánea en las etapas fenológica más sensitivas de la planta para la formación del rendimiento estos estreses abióticos disminuyen el rendimiento y calidad de la producción.

4.2.2. Análisis de la respuesta estomática de las plantas expuestas a altas temperaturas.

Dada la importancia de los estomas en las plantas es esencial conocer como los distintos tipos de estrés ambiental modifican su morfología para poder adaptarse a condiciones extremas y garantizar la supervivencia de la planta, como es el caso de la longitud en los estomas tanto de la plantas de frijol como de maíz que fueron sometidas a diferentes temperaturas y aun déficit hídrico, resultando con variaciones en el tamaño por tratamiento como manifiesta (Toral *et al.*, 2010) debido a que las hojas poseen mayor sensibilidad a las condiciones ambientales, por lo cual refleja alteraciones morfológicas como consecuencia de los efectos de estrés.

Las altas temperaturas generan cambios anatómicos, morfológicos y funcionales en las plantas, algunos similares a los producidos por el estrés hídrico: reducción del tamaño de las células, reducida conductancia estomática y cierre de estomas, cambios en la permeabilidad de las membranas, incrementos de la densidad de estomas, y vasos de la xilema de mayor tamaño. Los efectos acumulativos de estos cambios usualmente resultan en un pobre crecimiento y reducida productividad de las plantas (Chaves y Gutiérrez, 2017). El número de estomas en las plantas de frijol en el T1 (35-40 °C) mostro una mayor cantidad que los encontrados en las plantas de control concordando con (Wentworth *et al.*, 2006), que se ha observado que cultivo de frijol, a estar expuesto a un estrés por altas temperaturas produce un incremento en el grosor de las hojas y una mayor densidad estomática.

Por otro lado, en las plantas de maíz tuvieron diferencias en las variables evaluadas, se obtuvo una disminución importante del diámetro en el T3 (45- 50 °C) pudiéndose observar un cierre estomático como mecanismo, para evitar la pérdida de agua, provocando que no se realice la fotosíntesis y que la planta dependa de las reservas de carbono previamente almacenadas conllevándola hacia la muerte, como sucedió en las plantas bajo estudio. Algunos investigadores sostienen que el cierre parcial o total de los estomas no es una buena respuesta adaptativa al estrés térmico, dado que el cierre estomático, para evitar la pérdida de agua, incrementa la temperatura tanto a nivel apoplástico como simplástico ocasionando daño celular (Tao *et al.*, 2015).

4.2.3. Desarrollo de una guía técnica sobre el efecto de la temperatura en las plantas bajo estudio.

En base a estudios realizados por (Nelson *et al.*, 2009) investigadores de la FAO, detallan que los diferentes cambios bruscos y prolongados de temperatura provocan una serie de daños irreversibles en las fases más complejas de la planta, relacionadas con los niveles de productividad, lo cual en los países en vías de desarrollo se agudiza, por el elevado nivel de dependencia de los productos de orden primario, y las deficientes políticas de protección a la agricultura.

En el presente estudio desarrollado en las plantas de importancia agrícola en el país como son el *Phaseolus Vulgaris* (frijol) y *Zea mays* (maíz) se ratifica lo expuesto por la FAO, ya que los procesos de estrés hídrico provocados por condiciones climáticas extremas reducen considerablemente el volumen celular y turgencia en ambas especies, aunque el maíz presenta mayor resistencia al estrés hídrico (primer síntoma de la exposición a altas temperaturas), termina siendo afectado su nivel de productividad, aplicar medidas de adaptación, prevención que se anticipen a ciertas condiciones climáticas es una de las recomendaciones que se observan en la guía que se realizó como parte de la presente investigación, entre ellas se destacan, la siembra planificada de acuerdo a que las posibles condiciones climáticas extremas no coincidan con las fases de anthesis (floración de las plantas), lo cual se aplica tanto a los procesos de altas como de bajas temperaturas, además de mantener forraje u hojas para mantener las temperaturas en los casos de presencia de altas temperaturas.

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El estrés por calor y déficit hídrico, indujo una serie de cambios en su morfología de las plantas de frijol y maíz; La longitud y el diámetro disminuyó notablemente en el transcurso del experimento, las hojas presentaron quemaduras en sus ápices y marchitamiento, no hubo presencia de brotes de nuevas hojas. La mayor parte de las plantas murieron. Cabe recalcar que las plantas de maíz sobrevivieron 30 días, a diferencia de la planta de frijol que tuvieron una menor resistencia a la exposición de altas temperatura, sobreviviendo 22 días.
- La respuesta estomática en las hojas de maíz y frijol al estar sometidas a un estrés térmico e hídrico, dio como resultado el aumento en la cantidad de estomas a medida que la temperatura aumentaba. Los estomas en las plantas de maíz mostraron una reducción del diámetro y de longitud en el último tratamiento (45 ° C - 50 45C °). Sin embargo, los estomas de frijol presentaron mayor longitud y menor diámetro al ser comparados con los resultados de las plantas de testigo.
- Se desarrolló una guía sobre el efecto de temperatura que servirá de referente en cuanto a los diferentes escenarios por los cuales atraviesan dos de las plantas de mayor importancia agrícola en el país, como son el frijol y maíz. La guía es un valor agregado de la presente investigación que, si bien no es concluyente debido a que no se llegó a la fase de cosecha, sí se evidencian serios procesos de disminución de volumen celular y turgencia en la planta, lo cual es determinante a la hora de que la planta llegue la fase de antesis y por último de producción de frutos.

5.2. Recomendaciones

- Es necesario realizar más ensayos experimentales con plantas de interés agroalimenticio para conocer los efectos y capacidad de resiliencia de estas especies frente a las altas temperaturas producidas por el cambio climático global.
- Analizar la incidencia de las altas temperaturas y déficit hídrico en cada órgano de la planta y así conocer con mayor precisión los efectos negativos que ocasionan estos estreses abióticos, pudiendo obtener información necesaria para la creación de especies resistentes.

CAPITULO VI
BIBLIOGRAFÍA

- Alves da Silva, D., Luiza de Moura dos Reis, R., Guilherme Ribeiro Goncalves, J., Augusto Morais Carbonell, S., & Fernando Chiorato, A. (2018). Effect of heat stress on common bean under natural growing conditions in three locations in different climate zones in the state of So Paulo, Brazil. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 10(6), 134–145. <https://doi.org/10.5897/jpbcs2018.0726>
- Argentel, L., Gatatuza, J., Armendáriz, M., Yépez, J., Arredondo, M., & González, J. (2017). Estrés térmico en cultivo de trigo. Implicaciones fisiológicas, bioquímicas y agronómicas. *Cultivos Tropicales*, 38, 57–67. <http://ediciones.inca.edu.cu>
- Arista, J., Nolasco, A. Q., Bertha, S., Zamora Morales, P., Mengelberg, R. B., Sonder, K., & Lugo Espinosa, O. (2018). *Temperaturas base y grados días desarrollo de 10 accesiones de maíz de México*. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v9n5/2007-0934-remexca-9-05-1023.pdf>
- Baca, L. (2016). *La producción de maíz amarillo en el Ecuador y su relacion con la soberanía alimentaria* [Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12652/La producción de maíz amarillo en el Ecuador y su relacion con la soberania alimentaria - Luis Al.pdf?sequence=1](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12652/La%20produccion%20de%20maiz%20amarillo%20en%20el%20Ecuador%20y%20su%20relacion%20con%20la%20soberania%20alimentaria%20-%20Luis%20Al.pdf?sequence=1)
- Badillo, M. (2018). *Análisis del cambio climático y su incidencia en el sector agrícola en el Ecuador en el año 2017*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Bailey, R. (2019). *What is the Function of Plant Stomata?* <https://www.thoughtco.com/plant-stomata-function-4126012>
- Barrios, E. J., & López, C. (2009). *Temperatura base y tasa de extensión foliar en frijol*.
- Basantes, E. (2015). *Manejo de cultivos Andinos*. www.repositorio.espe.edu.ec
- BBC. (2012). *El frijol se originó en Mesoamérica*. <https://doi.org/10.03546/STYLESHEETS/SERVICES/MUNDO/COMPACT.CSS>

- Bembibre, C. (2011). *Importancia del Maíz*. <https://www.importancia.org/maiz.php>
- Bitá, C. E., & Gerats, T. (2013). Plant tolerance to high temperature in a changing environment: Scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops. *Frontiers in Plant Science*, 4. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00273>
- Cadilhac, L., Torres, R., Calles, J., Vanacker, V., & Calderón, E. (2017). Desafíos para la investigación sobre el cambio climático en Ecuador. *Neotropical Biodiversity*, 168–181. <https://doi.org/10.1080/23766808.2017.1328247>
- CEPAL. (2017). *El cambio climático, la agricultura y la pobreza en América Latina*. Naciones Unidas.
- CGIAR. (2018). *Consultative Group on International Agricultural Research. Common bean*. <https://ciat.cgiar.org/lo-que-hacemos/mejoramiento-de-cultivos/frijol/?lang=es>
- Chaves, N. F., & Gutiérrez, M. V. (2016). Respuestas al estrés por calor en los cultivos. II. Tolerancia y tratamiento agronómico. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 255. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21904>
- Chaves, N., & Gutiérrez, M. (2017). Respuestas al estrés por calor en los cultivos, Tolerancia y tratamiento agronómico. *Agron. Mesoam*, 28(1), 255–271. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21904>
- Christensen, J. H., & Christensen, O. B. (2007). A summary of the prudence model projections of changes in European climate by the end of this century. *Climatic Change*, 81(SUPPL. 1), 7–30. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9210-7>
- CINU. (2009). *Cambio Climático*. http://www.cinu.mx/minisitio/cambio_climatico/
- Conde, C., & Saldaña, S. (2007). Cambio climático en América Latina y el Caribe: Impactos, vulnerabilidad y adaptación. *Revista Ambiente y Desarrollo*, 23–30. <http://www.eclac.cl/>

- De Castro, F. (2005). Cambio climático y protocolo de kioto. Ciencia y estrategias. Compromisos para España. *Revista Espanola de Salud Publica*, 79(2), 191–201. <https://doi.org/10.1590/s1135-57272005000200007>
- EL Sabagh, A., Hossain, A., Aamir Iqbal, M., Barutçular, C., Islam, M. S., Çiğ, F., Erman, M., Sytar, O., Brestic, M., Wasaya, A., Jabeen, T., Asif Bukhari, M., Mubeen, M., Athar, H.-R., Azeem, F., Akdeniz, H., Konuşkan, Ö., Kizilgeci, F., Ikram, M., ... Saneoka, H. (2020). Maize Adaptability to Heat Stress under Changing Climate. In *Plant Stress Physiology [Working Title]*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.92396>
- ERPAGRICOLA. (2017). *Prevención y Manejo de Estrés en Cultivos por Altas Temperaturas*. <http://sistemaagricola.com.mx/blog/estres-en-cultivos/>
- Fahad, S., Bajwa, A. A., Nazir, U., Anjum, S. A., Farooq, A., Zohaib, A., Sadia, S., Nasim, W., Adkins, S., Saud, S., Ihsan, M. Z., Alharby, H., Wu, C., Wang, D., & Huang, J. (2017). Crop production under drought and heat stress: Plant responses and management options. In *Frontiers in Plant Science* (Vol. 8, p. 1147). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01147>
- FAO. (2009). *Cambio climático y seguridad alimentaria: Un documento Marco*. FAO.
- FAO. (2016). Mitigación del Cambio Climático y Adaptación en la Agricultura, Silvicultura y la Pesca. *Fao*, 16. <http://www.fao.org/3/i0142s/i0142s.pdf>
- FARMAGRO. (2018). *La importancia del maíz en el Ecuador*. <https://www.farmagro.com/noticias/149-la-importancia-del-maíz-en-el-ecuador>
- Gomez, S. (2012). *Metodología de la Investigación*.
- Granados, R., & Sarabia, A. (2013). The effects of climate change on the phenology of corn in the RDD-Toluca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4, 435–446.
- Hatfield, J. L., & Prueger, J. H. (2015). Temperature extremes: Effect on plant growth

and development. *Weather and Climate Extremes*, 10, 4–10.
<https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.08.001>

Henry, R. J. (2020). Innovations in plant genetics adapting agriculture to climate change. In *Current Opinion in Plant Biology* (Vol. 56, pp. 168–173). Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.pbi.2019.11.004>

Hernández, J. C. (2009). *Manual de Recomendación Técnicas ,cultivo de frijol*.

INTA. (2016). *Mejoramiento genético contra el cambio climático | Supercampo*.
<https://supercampo.perfil.com/2016/08/mejoramiento-genetico-para-adaptarse-al-cambio-climatico/>

IPCC. (2014). *Climate change 2014: impacts, adaptation and vulnerability part A: global and sectoral aspects, in Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
<https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>

Irmak, S. (2016). *Impacts of Extreme Heat Stress and Increased Soil Temperature on Plant Growth and Development | CropWatch | University of Nebraska–Lincoln*.
<https://cropwatch.unl.edu/2016/impacts-extreme-heat-stress-and-increased-soil-temperature-plant-growth-and-development>

IS. (2020). *Características generales Infostat - Software estadístico*.
<https://www.infostat.com.ar/index.php?mod=page&id=28>

Jarma, A., Cardona, C., & Araméndiz, H. (2012). Efecto del cambio climático sobre la fisiología de las plantas cultivadas. *U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 63–76.

Jiménez, S., Castro, L., Yépez, J., & Wittmer, C. (2012). *Impacto del cambio climático en la agricultura de subsistencia en el Ecuador*. www.fundacioncarolina.es

Majid, M. A., Saiful Islam, M., Sabagh, A. El, Hasan, M. K., Saddam, M. O., Barutcular,

- C., Ratnasekera, D., Abdelaal, K. A. A., & Islam, M. S. (2017). Influence of varying nitrogen levels on growth, yield and nitrogen use efficiency of hybrid maize (*Zea mays*). *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 2. [https://doi.org/10.18006/2017.5\(2\).134.142](https://doi.org/10.18006/2017.5(2).134.142)
- Martín, R., & Jerez, E. (2017). Efectos de las temperaturas en el rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.) Variedad Romano. *Cultivos Tropicales*, 38, 75–80. <http://ediciones.inca.edu.cu>
- Maya, E. (2014). *Métodos y técnicas de investigación Una propuesta ágil para la presentación de trabajos científicos en las áreas de arquitectura, urbanismo y disciplinas afines*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Morales, D., Rodríguez, D. ;, Dell'amico, P. ;, Torrecillas, J. A. ;, & Sánchez, Ma. de J. (2006). Efecto de altas temperaturas en algunas variables de crecimiento y el intercambio gaseoso en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. CV. AMALIA). *Cultivos Tropicales*, 27(1), 45–48. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215885008>
- Nahar, K., Hasanuzzaman, M., Ahamed, K. U., Hakeem, K. R., Ozturk, M., & Fujita, M. (2015). Plant responses and tolerance to high temperature stress: Role of exogenous phytoprotectants. In *Crop Production and Global Environmental Issues* (pp. 385–435). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23162-4_17
- Naveed, M., Ahsan, M., Akram, H. M., Aslam, M., & Ahmed, N. (2016). Genetic effects conferring heat tolerance in a cross of tolerant × susceptible maize (*Zea mays* L.) genotypes. *Frontiers in Plant Science*, 7(JUNE2016), 729. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00729>
- Nelson, G. C., Rosegrant, M. W., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., Zhu, T., Ringler, C., Msangi, S., Palazzo, A., Batka, M., Magalhaes, M., Valmonte-Santos, R., Ewing, M., & Lee, D. (2009). *Cambio Climático: El impacto en la agricultura y los costos*

de adaptación. <https://doi.org/10.2499/0896295370>

Ocampo, O. (2011). El cambio climático y su impacto en el agro. *Revista de Ingeniería*, 115–123.

Pliego, E. (2015). *El maíz: su origen, historia y expansión*. <https://www.panoramacultural.com.co/gastronomia/3676/el-maiz-su-origen-historia-y-expansion>

Rainey, K. M., & Griffiths, P. D. (2005). Differential response of common bean genotypes to high temperature. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 130(1), 18–23. <https://doi.org/10.21273/jashs.130.1.18>

Raza, A., Razzaq, A., Mehmood, S. S., Zou, X., Zhang, X., Lv, Y., & Xu, J. (2019). Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: A review. *Plants*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/plants8020034>

Rincón, J., Castro, S., López, J., Huerta, A. J., Trejo, C., & Briones, F. (2006). Temperatura alta y estrés hídrico durante la floración en poblaciones de maíz tropical. *Revista Internacional de Botánica Experimental*, 31–40. http://revistaphyton.fund-romuloraggio.org.ar/vol75/Rincon_Tuexi.pdf

Rosas, J. C., Castro, A., Beaver, J. S., Pérez, C. A., Morales, A., & Lépiz, R. (2006). Mejoramiento genético para tolerancia a altas temperaturas y resistencia a mosaico dorado en frijol común. *Agronomía Mesoamericana*, 11(1), 1. <https://doi.org/10.15517/am.v11i1.17327>

Stewart, P., & Globig, S. (2012). *Plant physiology*. Apple Academic Press.

Stucky, B. J., Guralnick, R., Deck, J., Denny, E. G., Bolmgren, K., & Walls, R. (2018). The Plant Phenology Ontology: A New Informatics Resource for Large-Scale Integration of Plant Phenology Data. *Frontiers in Plant Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00517>

- Tao, F., Zhang, Z., Zhang, S., & Rötter, R. P. (2015). Heat stress impacts on wheat growth and yield were reduced in the Huang-Huai-Hai Plain of China in the past three decades. *European Journal of Agronomy*, 71, 44–52. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.08.003>
- Toral, M., Manríquez, A., Navarro-Cerrillo, R., Tersí, D., Naulin, P., & De, A. (2010). Características de los estomas, densidad e índice estomático en secuoya (*Sequoia sempervirens*) y su variación en diferentes plantaciones de Chile. In *BOSQUE* (Vol. 31, Issue 2).
- Torres, E., Quisphe, D., Sánchez, A., Reyes, M., González, B., Torres, A., Cedeño, A., & Haro, A. (2013). *Caracterización de la producción de frijol en la provincia de Cotopaxi Ecuador*. 23–31.
- Ulloa, J. A., Rosas, P., Ramírez, J. C., & Ulloa, B. E. (2011). *El frijol (Phaseolus vulgaris): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos*.
- Urban, J., Ingwers, M., McGuire, M. A., & Teskey, R. O. (2017). Stomatal conductance increases with rising temperature. *Plant Signaling & Behavior*, 12(8), e1356534. <https://doi.org/10.1080/15592324.2017.1356534>
- UTN. (2017). *La Importancia de la Agricultura en nuestro país*. <https://www.utn.edu.ec/ficaya/carreras/agropecuaria/?p=1091>
- Viguera, B., Martínez, R., Donatti, C., Harvey, C., & Alpízar, F. (2017). *Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación*. www.conservation.org/cascade-espanol
- Vollenweider, P., & Günthardt, M. S. (2005). Diagnosis of abiotic and biotic stress factors using the visible symptoms in foliage. *Environmental Pollution*, 137(3), 455–465. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2005.01.032>
- Voss-Fels, K. P., Stahl, A., Wittkop, B., Lichthardt, C., Nagler, S., Rose, T., Chen, T. W., Zetzsche, H., Seddig, S., Majid Baig, M., Ballvora, A., Frisch, M., Ross, E., Hayes,

- B. J., Hayden, M. J., Ordon, F., Leon, J., Kage, H., Friedt, W., ... Snowdon, R. J. (2019). Breeding improves wheat productivity under contrasting agrochemical input levels. *Nature Plants*, 5(7), 706–714. <https://doi.org/10.1038/s41477-019-0445-5>
- Wentworth, M., Murchie, E. H., Gray, J. E., Villegas, D., Pastenes, C., Pinto, M., & Horton, P. (2006). Differential adaptation of two varieties of common bean to abiotic stress II. Acclimation of photosynthesis. *Journal of Experimental Botany*, 57(3), 699–709. <https://doi.org/10.1093/jxb/erj061>
- Wyatt, J. (2016). Grain and Plant Morphology of Cereals and How Characters Can Be Used to Identify Varieties. In *Reference Module in Food Science*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.00009-3>
- Yepes, A. (2012). *Cambio Climático: estrategias de gestión con el tiempo en contra*. 77–92.
- Yepes, V. (2013). *Diseño completamente al azar y ANOVA*. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2013/04/27/disenio-completamente-al-azar-y-anova/>

CAPITULO VII

ANEXOS

7.1 Evidencia fotográfica



Figure 16. Plantas de fríjol y maíz utilizadas en el experimento.



Figure 17. Plantas de tratamiento y control.



Figure 18. Muestra de hojas de frijol y maíz para el conteo estomático.



Figura 19. Visualización y medición de los estomas en hojas de frijol y maíz.



Figura 20. Plantas de control y tratamiento al finalizar el experimento.

7.2. Guía técnica

Guía

Efectos de las altas temperaturas en cultivos de frijol y maíz



Elaborada por:

Sindy Gabriela Vega

EFECTOS DE LAS ALTAS TEMPERATURAS EN PLANTAS AGRÍCOLAS

El calentamiento global, siendo la principal causa del cambio climático, está aumentando debido a las concentraciones de gases de efecto invernadero atmosféricos (GEI) que lentamente pero gradualmente están aumentando la temperatura de la tierra (IPCC, 2014). Si bien se conoce las plantas agrícolas necesitan una amplitud de condiciones ambientales para su desarrollo tales como la precipitación, temperatura y tipos de suelos. Sin embargo, las altas temperaturas acompañadas de un déficit hídrico son estreses abióticos que limitan el rendimiento de la mayoría de los cultivos.

El estrés por calor es un problema agrícola mundial que puede inducir alteraciones anatómicas, bioquímicas y morfofisiológicas en las plantas de cultivo, afectando el desarrollo de la planta desde la germinación hasta la cosecha final. Los efectos a corto plazo del estrés a alta temperatura pueden ser lesiones celulares o muerte sin embargo, el impacto a largo plazo puede ser la disminución del tamaño de las células, tejidos y órganos, lo que dificulta el crecimiento de las plantas (Naveed *et al.*, 2016).

Ya que temperatura es un factor determinante en el desarrollo de las plantas. En un futuro se esperan temperaturas extremas que traerán consecuencias en la producción de alimentos, siendo una amenaza para la seguridad alimentaria mundial, sobre todo en los países en vía de desarrollo, recayendo el peso en los pequeños productores, que no cuentan con los conocimientos ni con la tecnología para mitigar los efectos en sus cultivos.

Por consiguiente la presente guía incluye información relevante sobre los efectos del estrés térmico en plantas de frijol y maíz, además de recomendaciones para la prevención y remediación de este tipo de estrés.

EFECTO GENERAL DEL ESTRÉS TÉRMICO EN FRIJOL

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es uno de los principales cultivos producidos en el mundo. Su importancia va más allá de los factores económicos considerando su uso como alimento básico para la mayoría de la población de latino América (Alves da Silva *et al.*, 2018). Según (CGIAR, 2018) el frijol común es un alimento altamente nutritivo, que contiene proteínas, fibra, carbohidratos complejos, vitaminas y micronutrientes. Como tal, los frijoles refuerzan fuertemente la seguridad alimentaria y nutricional entre los consumidores pobres, al tiempo que reducen el riesgo de enfermedades cardiovasculares y diabetes.

El cultivo de frijol se desarrolla de forma normal entre una temperatura mínima de 10 - 12° C y una máxima de 30 - 32°C (Basantes, 2015). Por lo que al ser sometidas a temperaturas mayores a 35°C muestran alteraciones en el desarrollo de sus tallos e inhibe el crecimiento de nuevas hojas. Al nivel fisiológico los procesos más afectados por el estrés térmico son transpiración, fotosíntesis y respiración celular.

Las temperaturas altas (>30°C en el día o >20°C en la noche) en la etapa de antesis y establecimiento del número de semillas, disminuyen la producción de frijol cuando la humedad relativa es baja, ya que las temperaturas altas nocturnas, tienen efectos más adversos que las temperaturas altas en el día (Singh, 2005).

Las plantas de frijol evaluadas en el experimento fueron expuestas a 2 tratamientos, el primero de (35°C - 40°C) y el segundo (40°C - 45°C). Los resultados obtenidos tras los análisis de las variables morfológicas mostraron disminución en el grosor del tallo y se detuvo el crecimiento de la planta debido a un mecanismo de respuesta de la planta en el cual disminuye el volumen celular y la turgencia de la célula. La cantidad de hojas no tuvieron variaciones, no hubo presencia de nuevos brotes, las plantas al finalizar el segundo tratamiento se encontraban marchitas.

EFECTO GENERAL DEL ESTRÉS TÉRMICO EN MAÍZ

El maíz es uno de los cultivos importantes que se cultiva con una amplia gama de usos, y es un cultivo alimentario importante en el mundo. Ocupa el primer lugar entre los cultivos de cereales a nivel mundial y se convierte en materia prima de numerosas industrias de alimentos y piensos (Majid *et al.*, 2017).

Entre los factores limitantes del crecimiento, el estrés por calor tiene un efecto importante sobre el crecimiento del maíz y la composición de nutrientes en diferentes etapas de desarrollo. Dado que varios estreses abióticos ocurren simultáneamente, como el estrés por sequía y el estrés por calor, el desarrollo de mejores procedimientos de mejoramiento es esencial para aumentar la productividad y la calidad del maíz (EL Sabagh *et al.*, 2020).

Se ha observado que las plantas de maíz tienen una mayor resistencia a temperaturas altas, si bien es cierto al combinarse con un déficit hídrico desde el inicio de su desarrollo, provoca que las plantas no crezcan normalmente y cese el desarrollo de nuevas hojas. (N. F. Chaves y Gutiérrez, 2016) mencionan que por cada 1°C que se incrementa la temperatura por encima del valor óptimo (25°C) se produce una reducción del rendimiento de 3 - 4 % del total de la producción de maíz.

Si bien numerosos estudios de investigación se han centrado en el impacto del calor y / o el estrés hídrico en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas durante las etapas reproductivas (es decir, borlas, sedosos, etapas de formación de granos para el maíz. El estrés durante un período prolongado (10 o más días) en las primeras etapas del crecimiento vegetativo también puede influir sustancialmente en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos. Este efecto es especialmente cierto si el estrés por calor se combina con un déficit hídrico del suelo y / o un aumento en la temperatura del suelo (Irmak, 2016).

El cultivo de maíz bajo experimento mostró una mayor duración que las plantas de frijol, siendo capaz de tolerar los 3 tratamientos durante 30 días ante un estrés térmico e hídrico.

La longitud en las plantas de maíz después de aplicar los tratamientos, no mostraron aumento o reducción considerable del tamaño, demostrando que el crecimiento de la planta se detuvo.

Respecto al diámetro, después del primer tratamiento se obtuvo una medida correspondiente a un buen desarrollo, mientras que en el segundo y tercer tratamiento hubo una disminución significativa del grosor del tallo. El promedio de las hojas en las plantas de maíz no presentó diferencias significativas por tratamiento aplicado, debido a que no se presentaron nuevas hojas y la mayoría se encontraban secas.

Debido a los desafíos que el incremento de las temperaturas impone a nivel global, y a que la tolerancia al calor es muy variable entre las especies y los genotipos de las plantas cultivadas, se deben proveer prácticas agronómicas de respuesta, para enfrentar las consecuencias que el calentamiento global puede generar, en especial en la agricultura tropical y en la producción de alimentos. En general, el impacto negativo del estrés por calor en la productividad agrícola, puede ser reducido mediante la combinación de prácticas culturales y el mejoramiento genético (N. F. Chaves y Gutiérrez, 2016).

ADAPTACIÓN DE LA AGRICULTURA HACIA EL CAMBIO CLIMÁTICO

La adaptación de la agricultura al cambio climático implica la siembra de variedades con mejor comportamiento a este escenario y la incorporación de prácticas como las modificaciones en las fechas de siembra y mejoras en la eficiencia de la fertilización. El grado en que la variabilidad climática afecte a la agricultura será en función de los sistemas productivos y de las especies de cultivo que se consideren, es probable que los cambios en los regímenes térmicos aceleren el desarrollo de los cultivos; modifiquen la presencia, distribución e incidencia de patógenos; y afecten el rendimiento y seguridad de las cosechas (INTA, 2016).

La agricultura no sólo es víctima del cambio climático, sino también fuente de gases de efecto de invernadero. La producción agrícola libera estos gases a la atmósfera y produce la mayor parte de las emisiones de metano (los humedales, especialmente los arrozales) y de óxido nitroso (por el uso de fertilizantes). Los cambios en el uso del suelo, como la deforestación y la degradación del suelo, dos efectos devastadores de las prácticas

agrícolas insostenibles ,emiten grandes cantidades de carbono a la atmósfera y contribuyen al cambio climático (FAO, 2016).

Los agricultores y los pastores pueden desempeñar un papel importante en la reducción de las emisiones mundiales sembrando árboles, reduciendo la labranza, aumentando la cubierta vegetal, mejorando la gestión de los pastizales, modificando los forrajes y las variedades de animales y utilizando con mayor eficacia los fertilizantes, entre otras medidas. Al mantener mayores cantidades de carbono en el suelo, proceso denominado “fijación del carbono en el suelo”, los agricultores contribuyen a reducir el bióxido de carbono en las atmósfera, mejoran la capacidad de recuperación del suelo e impulsan el rendimiento la agrícola (FAO, 2016).

TRATAMIENTO AGRONÓMICO DEL ESTRÉS POR ALTAS TEMPERATURAS

- Aplicación de choques salinos para inducir la termotolerancia.
- El manejo hortícola del dosel permite la modificación del ambiente utilizando invernaderos, sombra natural o artificial, mallas de colores y cortinas rompevientos (N. F. Chaves y Gutiérrez, 2016).
- Revestimiento del suelo con residuos vegetales para mantener baja la temperatura del suelo y conservar la humedad.
- El monitoreo de la humedad del suelo durante los períodos de ola de calor es crítico. Mantener una humedad adecuada en el perfil del suelo es crucial para reducir el impacto del estrés por calor en los cultivos.
- Elegir una variedad lo más adaptada posible a las condiciones climáticas del lugar que evite las altas temperaturas durante la antesis y el llenado del grano (ERPAGRICOLA, 2017).
- Por otro lado existen alternativas químicas incluyen los bioestimulantes, termoprotectores y osmolitos compatibles, inductores de defensa, antioxidantes, caolinitas reflectivas, etc(N. F. Chaves y Gutiérrez, 2016).
- Huertos circulares
- Plantar en suelos con pendientes o en faldeos de cerros.

- Evitar el laboreo excesivo del suelo.
- Mantener los cultivos bien fertilizados.

MEJORAMIENTO GENÉTICO

El fitomejoramiento convencional generalmente se basa en la selección en el entorno de producción objetivo. De esta manera, el mejoramiento adapta las variedades al entorno de prueba y al cambio climático a medida que impacta en el entorno de prueba. Se ha demostrado que la selección por rendimiento en condiciones óptimas de crecimiento y nutrición también mejora el rendimiento en situaciones menos favorables (Voss-Fels *et al.*, 2019).

La genómica proporciona una plataforma clave para la comprensión de la respuesta de las plantas al medio ambiente y el mejoramiento de variedades de cultivos mejor adaptadas que podrían anticipar futuros cambios climáticos. Los avances en herramientas para el análisis del rendimiento de las plantas también están apoyando el desarrollo de prácticas agronómicas óptimas. Esto debe estar dirigido a los cultivos que probablemente se cultiven en entornos del futuro. Es posible que la investigación actual no esté dando prioridad a los cultivos que serán importantes en el futuro. Sin embargo, el potencial de los cultivos existentes para adaptarse a nuevas regiones es una consideración clave (Henry, 2020).

Una de las estrategias de manejo del problema del estrés térmico desde la perspectiva del mejoramiento genético, es la identificación de fuentes de tolerancia. En cultivos como soya, tomate y frijol, se conoce que la variabilidad para esta característica es limitada, por lo que una opción es la utilización de accesiones silvestres o accesiones de especies relacionadas. Además, es necesario que las líneas derivadas del mejoramiento genético para estrés por alta temperatura se comporten bien, tanto en un ambiente con estrés, como en condiciones sin estrés, y que presenten características agronómicas y comerciales deseables (N. F. Chaves y Gutiérrez, 2016).

Bibliografía

- Alves da Silva, D., Luiza de Moura dos Reis, R., Guilherme Ribeiro Goncalves, J., Augusto Morais Carbonell, S., & Fernando Chiorato, A. (2018). Effect of heat stress on common bean under natural growing conditions in three locations in different climate zones in the state of So Paulo, Brazil. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 10(6), 134–145. <https://doi.org/10.5897/jpbcs2018.0726>
- Basantes, E. (2015). *Manejo de cultivos Andinos*. www.repositorio.espe.edu.ec.
- CGIAR. (2018). *Consultative Group on International Agricultural Research. Common bean*. <https://ciat.cgiar.org/lo-que-hacemos/mejoramiento-de-cultivos/frijol/?lang=es>
- Chaves, N. F., & Gutiérrez, M. V. (2016). Respuestas al estrés por calor en los cultivos. II. Tolerancia y tratamiento agronómico. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 255. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21904>
- EL Sabagh, A., Hossain, A., Aamir Iqbal, M., Barutçular, C., Islam, M. S., Çiğ, F., Erman, M., Sytar, O., Brestic, M., Wasaya, A., Jabeen, T., Asif Bukhari, M., Mubeen, M., Athar, H.-R., Azeem, F., Akdeniz, H., Konuşkan, Ö., Kizilgeci, F., Ikram, M., ... Saneoka, H. (2020). Maize Adaptability to Heat Stress under Changing Climate. In *Plant Stress Physiology [Working Title]*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.92396>
- ERPAGRICOLA. (2017). *Prevención y Manejo de Estrés en Cultivos por Altas Temperaturas*. <http://sistemaagricola.com.mx/blog/estres-en-cultivos/>
- FAO. (2016). Mitigación del Cambio Climático y Adaptación en la Agricultura, Silvicultura y la Pesca. *Fao*, 16. <http://www.fao.org/3/i0142s/i0142s.pdf>
- Henry, R. J. (2020). Innovations in plant genetics adapting agriculture to climate change. In *Current Opinion in Plant Biology* (Vol. 56, pp. 168–173). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2019.11.004>

- INTA. (2016). *Mejoramiento genético contra el cambio climático | Supercampo*. <https://supercampo.perfil.com/2016/08/mejoramiento-genetico-para-adaptarse-al-cambio-climatico/>
- IPCC. (2014). *Climate change 2014: impacts, adaptation and vulnerability part A: global and sectoral aspects, in Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>
- Irmak, S. (2016). *Impacts of Extreme Heat Stress and Increased Soil Temperature on Plant Growth and Development | CropWatch | University of Nebraska–Lincoln*. <https://cropwatch.unl.edu/2016/impacts-extreme-heat-stress-and-increased-soil-temperature-plant-growth-and-development>
- Majid, M. A., Saiful Islam, M., Sabagh, A. El, Hasan, M. K., Saddam, M. O., Barutcular, C., Ratnasekera, D., Abdelaal, K. A. A., & Islam, M. S. (2017). Influence of varying nitrogen levels on growth, yield and nitrogen use efficiency of hybrid maize (*Zea mays*). *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 2. [https://doi.org/10.18006/2017.5\(2\).134.142](https://doi.org/10.18006/2017.5(2).134.142)
- Naveed, M., Ahsan, M., Akram, H. M., Aslam, M., & Ahmed, N. (2016). Genetic effects conferring heat tolerance in a cross of tolerant × susceptible maize (*Zea mays* L.) genotypes. *Frontiers in Plant Science*, 7(JUNE2016), 729. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00729>
- Voss-Fels, K. P., Stahl, A., Wittkop, B., Lichthardt, C., Nagler, S., Rose, T., Chen, T. W., Zetzsche, H., Seddig, S., Majid Baig, M., Ballvora, A., Frisch, M., Ross, E., Hayes, B. J., Hayden, M. J., Ordon, F., Leon, J., Kage, H., Friedt, W., ... Snowdon, R. J. (2019). Breeding improves wheat productivity under contrasting agrochemical input levels. *Nature Plants*, 5(7), 706–714. <https://doi.org/10.1038/s41477-019-0445-5>

URKUND	
Documento	PROYECTO Efectos de las altas temperaturas en plantas.docx (D78999698)
Presentado	2020-09-11 18:46 (-05:00)
Presentado por	jmorante@uteq.edu.ec
Recibido	jmorante.uteq@analysis.orkund.com
Mensaje	PROYECTO SINDY VEGA Mostrar el mensaje completo
	2% de estas 22 páginas, se componen de texto presente en 1 fuentes.

Urkund Analysis Result

Analysed Document: PROYECTO_Efectos de las altas temperaturas en plantas.docx (D78999698)
Submitted: 9/12/2020 1:46:00 AM
Submitted By: jmorante@uteq.edu.ec
Significance: 2 %

Sources included in the report:

TESIS GARY VILLAVICENCIO VILLARREAL.docx (D51215208)

Instances where selected sources appear:

2