

UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Agronomía



Tesis

**EVALUACIÓN MORFOLÓGICA DE DOS ESPECIES DE AJÍ
SOMETIDAS A ESTRÉS POR DÉFICIT HÍDRICO BAJO
CONDICIONES DE INVERNADERO.**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMA**

PRESENTADO POR:

Bach. ANDRÉS BLAS, Jaime Adolfo

Asesor:

M. Sc. RENZO ALFREDO VALDEZ NUÑEZ

Co-asesora:

Ing. MAVEL MARCELO SALVADOR

BARRANCA, PERÚ

AÑO 2023

EVALUACIÓN MORFOLÓGICA DE DOS ESPECIES DE AJÍ SOMETIDAS A ESTRÉS POR DÉFICIT HÍDRICO BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unab.edu.pe

Fuente de Internet

4%

2

repositorio.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.unjfsc.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

4

journal.frontiersin.org

Fuente de Internet

<1%

5

www.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

6

mail.agraria.pe

Fuente de Internet

<1%

7

tesis.pucp.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

8

repositorio.inia.gob.pe

Fuente de Internet

<1%

CONTRA CARATULA



Dr. ARÍSTIDES RAMÓN SERRUTO COLQUE

Presidente



MSc. NINA CASANA AMORETTI

Miembro



MSc. LUIS PRIMITIVO VARGAS LUNA

Miembro



Dr. RENZO ALFREDO VALDEZ NUÑEZ

Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA

NORMAS Y PROCEDIMIENTOS PARA TRABAJO DE INVESTIGACIÓN, TESIS Y TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CONDUCTENTES A LA OBTENCIÓN DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER Y TÍTULO PROFESIONAL.



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA



Barranca, 05 de julio de 2023.

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los integrantes del Jurado Evaluador

PRESIDENTE : Dr. ARÍSTIDES RAMÓN SERRUTO COLQUE
MIEMBRO : MSc. NINA CASANA AMORETTI
MIEMBRO : MSc. LUIS PRIMITIVO VARGAS LUNA
ASESOR : Dr. RENZO ALFREDO VALDEZ NUÑEZ

Se reúnen para evaluar la sustentación de la tesis titulada: **“EVALUACIÓN MORFOLÓGICA DE DOS ESPECIES DE AJÍ SOMETIDAS A ESTRÉS POR DÉFICIT HÍDRICO BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO”**.

Presentado por el graduado:

ANDRÉS BLAS, JAIME ADOLFO

Para optar el Título Profesional de INGENIERO AGRÓNOMO

Luego de haber evaluado la sustentación de la tesis, concluye de manera unánime (X) por mayoría simple () calificar a:

ANDRÉS BLAS, JAIME ADOLFO				Nota: 15
Sobresaliente ()	Muy bueno ()	Bueno (X)	Regular ()	Desaprobado ()

Los miembros del Jurado Evaluador firman en señal de conformidad.

Dr. ARÍSTIDES RAMÓN SERRUTO COLQUE

Presidente

MSc. NINA CASANA AMORETTI

Miembro

MSc. LUIS PRIMITIVO VARGAS LUNA

Miembro

Dr. RENZO ALFREDO VALDEZ NUÑEZ

Asesor

DECLARATORIO DE AUTENTICIDAD Y NO PLAGIO

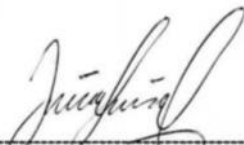
Yo, Jaime Adolfo Andrés Blas, identificado con DNI N°. 46639758 en condición de Graduado de la escuela profesional de Ingeniería Agrónoma de la Universidad Nacional de Barranca.

El autor de tesis denominado **“EVALUACIÓN MORFOLÓGICA DE DOS ESPECIES DE AJÍ SOMETIDAS A ESTRÉS POR DÉFICIT HÍDRICO BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO”**, en donde refleja toda mi experiencia y la toda ejecución de la tesis, espero que sea de mucha ayuda a todos los profesionales que se dedican en la investigación en este rubro.

Declaro en honor a la verdad, que el extra autoría y fue consultado diferentes trabajos y fueron citados según el (APA) correctamente y puesto referencias bibliográficas considerando la propiedad intelectual de los autores, para evitar plagio alguno.

De presentarse plagio, ocultación de datos o fraude, asumimos todas las consecuencias y sanciones emitidas por las autoridades de nuestra casa de estudios.

Me ratifico en lo expuesto y firmo aceptando todo el expuesto



Bach. JAIME ADOLFO ANDRÉS BLAS
DNI. 46639758

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a mis padres, hermanos y mis hijos, que me brindaron su apoyo incondicional y el motivo de mi formación profesional, y también a todos mis familiares más cercanos que estuvieron en momentos más difíciles de mi vida

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la vida por permitirme de concretar mis sueños y a la vez a Dios todo poderoso, creador del suelo y la tierra por darme la oportunidad de seguir existiendo en esta vida.

A la Universidad Nacional de Barranca por el apoyo en el financiamiento de la tesis y en particular a la Escuela Profesional de Agronomía por haberme fortalecido el conocimiento durante un largo tiempo de mi formación profesional.

Agradecerles de una manera muy especial a los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Agrónoma, que pusieron todo su esfuerzo de compartir de su amplia trayectoria de su experiencia.

Agradezco de una manera especial a M. Sc. Renzo Alfredo Valdez Núñez, por su apoyo en todo el desarrollo de la tesis

Así mismo a mi Co-asesora Ing. María Marcelo Salvador, quien estuvo siempre pendiente durante el proceso de ejecución del proyecto de investigación.

En especial a mis padres FELIPE VIRGILIO ANDRES GONSALEZ Y EPIFANIA BLAS SAENZ, por guiarme con mucha esfuerzo y perseverancia de enseñarme lo correcto, gracias a ellos con el esfuerzo se pudo conseguir lo anhelado. También a mis hermanos JOEL, EUCLIDES, LILA, y a mi esposa EVA, y mis hijos YELMAX, GAEL, ANIA quienes fueron principal motivación de cumplir con mis metas propuestas para mi formación profesional

ÍNDICE GENERAL

CONTRA CARATULA	III
ACTA DE SUTENTACIÓN	IV
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE GENERAL	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS	XIV
I. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
I.1 Titulo.....	1
I.2 Autor	1
I.3 Asesor	1
I.4 Co- asesor.....	1
I.5 Tipo de investigación.....	1
I.6 Línea de investigación de la facultad y/o Universidad	1
I.7 Duración.....	2
I.8 Localidad e institución donde se ejecutará el proyecto	2
II. RESUMEN	3
ABSTRACT.....	4
III. PLANTAMIENTO DE PROBLEMA	5
3.1. Situación de problema.....	5
3.2. Formulación de problema	5
IV. JUSTIFICACIÓN	6
V. ANTECEDENTES Y/O ESTADO DEL ARTE.....	7
5.1. Referencia internacional	9
5.2. Referencia Nacional.....	10
5.3. Revisión literaria.....	11

5.3.1. Origen taxonómico.....	11
5.3.2. Clasificación Taxonómica	11
5.3.3. Aspectos botánicos.....	13
5.3.4. Morfología	13
5.3.5. Requerimiento hídrico	14
5.3.6. Estrés hídrico	15
5.3.7. Medición del estado hídrico del suelo	16
5.3.8. Efecto de estrés hídrico en la planta	17
5.3.9. Fisiología de la planta en la respuesta al estrés hídrico	18
5.3.10. Eficiencia de uso de agua.....	18
5.3.11. Estado de humedad del suelo	19
VI. HIPOTESIS Y VARIABLE DE ESTUDIO	20
6.1. Hipótesis	20
6.2. Variable en estudio	20
6.3. Operacionalización de las variables.....	20
VII. OBJETIVOS	21
7.1. Objetivo general.....	21
7.2. Objetivo específico	21
VIII. METODOLOGIA.....	22
8.1. Localización del campo experimental	22
8.2. Característica del área experimental	22
8.3. Características climáticas.....	22
8.4. Lugar de experimento	23
8.5. Sistema de riego.....	23
8.6. Preparación de sustrato	24
5.6.1. Preparación de sustrato para el almacigo.....	24
5.6.2. Preparación de sustrato para trasplante.....	24
8.7. Acondicionamiento de invernadero	24
8.8. Materiales y equipos	24
8.8.1. Equipos	24
8.8.2. Insumos	25
8.8.3. Materiales de Campo	25

8.9.	Diseño Experimental.....	26
8.10.	Preparación de almacigo	26
8.10.1.	Sistema de siembra	26
8.10.2.	Manejo de almacigo	27
8.11.	Trasplante.....	27
8.11.1.	Desinfección de plántulas y el trasplante.....	27
8.12.	Instalación de tensiómetro	27
8.13.	Evaluación de tensiómetro.....	28
8.14.	Manteamiento de cultivo.....	28
8.14.1.	Abonamiento.....	28
8.14.2.	Riego.....	28
8.14.3.	Tutorado.....	29
8.14.4.	Colocación de trampa amarilla	29
8.15.	Manejo fitosanitario	29
8.15.1.	Manejo de plagas	29
8.15.2.	Manejo de enfermedades	30
8.16.	Parámetros evaluados.....	30
IX.	CONSIDERACIONES ÉTICAS	32
X.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
10.1.	Resultados	33
10.1.1.	Análisis de altura de la planta	33
10.1.2.	Análisis morfológico en prefloración	34
10.1.3.	Comparación morfológica en floración y fructificación.....	38
10.1.4.	Descripción de análisis estadístico.....	43
10.2.	Discusión de resultados.....	44
10.2.1.	Análisis de altura de la planta	44
10.2.2.	Análisis morfológico en etapa prefloración	45
10.2.3.	Análisis en floración y fructificación.....	45
XI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
11.1.	Conclusiones	47
11.2.	Recomendaciones	48
XII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

XIII. ANEXOS	58
--------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N.º01: Operacionalización de las variables	20
Tabla N.º02: Condiciones climatológicas en lugar de estudio	23
Tabla N.º03: Parámetros evaluados en el estudio	30
Tabla N.º04: Comparación de la altura (cm) durante la etapa vegetativa y de prefloración de <i>C. annuum</i> (A-179) y <i>C. baccatum</i> (A-175) sometidas a dos niveles riego: óptimo (100%) y el estrés por déficit hídrico (50%) en condiciones de invernadero	33
Tabla N.º05: Evaluación morfológica en prefloración de <i>C. annuum</i> (A-179) y <i>C. baccatum</i> (A-175) sometidas a dos niveles riego: óptimo (100%) y el estrés por déficit hídrico (50%) en condiciones de invernadero.....	35
Tabla N.º06: Comparación morfológica en floración y fructificación de <i>C. annuum</i> (A-179), <i>C. baccatum</i> (A-175) sometidas a dos niveles riego: óptimo (100%) y el estrés por déficit hídrico (50%) en condiciones de invernadero.....	38

ÍNDICE DE GRÁFICOS

- Gráfica N.º01:** Análisis post – ANVA (Tukey) para el número de botón floral y flor de *Capsicum annuum* (A-179) sometidos a dos niveles de riego: optimo (100% y el estrés por déficit hídrico (50%), en condiciones de invernadero36
- Gráfica N.º02:** Análisis post – ANVA (Tukey) para el número de botón floral y flor de *Capsicum baccatum* (A-175), sometidos a dos niveles de riego: optimo (100%) y el estrés por déficit hídrico (50%), en condiciones de invernadero37
- Gráfica N.º03:** Comparación en floración y fructificación, mediante análisis post – ANVA (Tukey) para el número de flores *C. annuum* (A-179), sometidos a dos niveles de riego: optimo (100%) y el estrés por déficit hídrico (50%), en condiciones de invernadero.....39
- Gráfica N.º04:** Comparación en floración y fructificación, mediante análisis post – ANVA (Tukey) para el número de flores *C. baccatum* (A-175), sometidas a dos niveles de riego: optimo (100%) y el estrés por déficit hídrico (50%), en condiciones de invernadero.....40
- Gráfica N.º05:** Comparación en floración y fructificación, mediante análisis post – ANVA (Tukey) para el número de frutos *C. annuum* (A-179), sometidas a dos niveles de riego: optimo (100%) y el estrés por déficit hídrico (50%) en condiciones de invernadero.....41
- Gráfica N.º06:** Comparación en floración y fructificación, mediante análisis post – ANVA (Tukey) para el número de frutos *C. baccatum* (A-175), sometidos a dos niveles de riego: optimo (100%) y el estrés por déficit hídrico (50%) en condiciones de invernadero.....42

ÍNDICE DE ANEXOS

Foto N.º01: Revisión morfológica y el riego de las dos accesiones de ají (<i>C. annuum</i> y <i>baccatum</i>), en EEA- DONOSO INIA - Huaral.....	58
Foto N.º02: Reconocimiento de casa malla en EEA – DONOSO INIA – Huaral, para desarrollo de las actividades del trabajo de investigación. 05 /11/ 2020.	58
Foto N.º03: Elaboración del sustrato de una proporción de 1:1, y el mezcla del sustrato. 27/11/2020.....	59
Foto N.º04: Limpieza y acondicionamiento, con una manta polietileno dentro de la casa malla, para la instalación del trabajo de investigación en EEA – DONOSO INIA – Huaral. 25/11/2020.....	59
Foto N.º05: Preparación del desinfectante a base de sulfato de cobre de 50 ml en 50 lt de agua. 27/11/2020	60
Foto N.º06: Selección de plántulas más vigorosas por pare de la co asesora, el Ing. Mavel Marcelo Salvador. 27/11/2020.	60
Foto N.º07: Desinfección de plántulas, de dos accesiones de ají (<i>C annuum</i> (A-179), <i>baccatum</i> (A-175)), por un periodo de tiempo de 3 minutos. 27/11/2020.....	61
Foto N.º08: Trasplante de plántulas, de dos accesiones de ají (<i>C annuum</i> (A-179), <i>baccatum</i> _ (A-175), en las macetas. 27/11/2020.....	61
Foto N.º09: Riego pesado, después del trasplante a las dos accesiones de ajíes. 27/11/2020	62
Foto N.º10: Instalación del sistema de riego por goteo, para un nivel de riego de 50% y 100%. 03/12/2020.....	62
Foto N.º11: Plantas de ajíes, después de 20 días de haber realizado el trasplante, con su sistema de riego respectivo.	63
Foto N.º12: Evaluación de la uniformidad del riego, y verificación de las plántulas trasplantadas de algunos síntomas de mortalidad. 14/12/2020.....	63

- Foto N.º13:** Plantas de ajíes (*C. annuum*_(A-179), *baccatum*_(A-175), con su tensiómetro respectivo, para medir la humedad del suelo.64
- Foto N.º14:** Registro de las lecturas del tensiómetro a diferentes niveles de riego aplicado.....64

I. INFORMACIÓN GENERAL

I.1 Título

Evaluación morfológica de dos especies de ají sometidas a estrés por déficit hídrico en condiciones de invernadero

I.2 Autor

Jaime Adolfo Andrés Blas

I.3 Asesor

M.sc. Renzo Alfredo Valdez Núñez

I.4 Co- asesor

Ing. Mavel Marcelo Salvador

I.5 Tipo de investigación

- **Fin de investigación**

Básica

- **Técnica de contrastación**

Descriptiva

I.6 Línea de investigación de la facultad y/o Universidad

- **Programa**

Desarrollo sostenible

- **Línea de investigación**

Conservación de la diversidad

I.7 Duración

12 meses

I.8 Localidad e institución donde se ejecutará el proyecto

- Estación Experimental Donoso- Huaral

II. RESUMEN

Capsicum spp. es un género económicamente importante de la familia Solanaceae, que, en el Perú, incluye a especies cultivadas como *C. annuum* L., *C. baccatum* L., *C. frutescens* L., *C. pubescens* L. y *C. chinense* Jacq., por esta gran diversidad de especies, presentan características morfológicas distintas en diferentes condiciones agroclimáticas del Perú. El presente trabajo de investigación, tuvo como objetivo evaluar las características morfológicas de *Capsicum baccatum* y *Capsicum annuum* sometidas a estrés por déficit hídrico bajo condiciones de invernadero, en la Estación Experimental Agraria Donoso – INIA, Huaral, situado a 126 m.s.n.m., donde fueron evaluados; altura de planta (cm), número de botón floral, flor y fruto, en las etapas vegetativa, prefloración, floración, fructificación. Se empleó el Diseño Completamente al azar, con dos tratamientos y 15 repeticiones de cada caso. Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza (ANVA), a un nivel de confianza de 95% y la prueba de Tukey al $\alpha = 0.05$. Los resultados muestran en *C. annuum*_A-179, que en las etapas (vegetativa y prefloración), en altura de planta (cm), reduce un 6.05% y 15.33% respectivamente, de igual manera para *C. baccatum* (A-175), reduce un 9.5% y 13.4% a un nivel de riego de 50%. Además, el número de botón floral en (*C. annuum*_A-179) y *baccatum*_A-175), redujo un 43.03% y 28.87%, y en flor un 52.58% en etapa prefloración. En las etapas (floración y fructificación), en (*C. annuum*_A-179) y *baccatum*_A-175) el número de flores se redujo un 7.95%, 6.26%, 3.57% y 6.86%, respectivamente y el número de frutos, redujo un 8.69%, 20.83%, 34.42% y 40.62%, respectivamente. Por ello el nivel de riego aplicado de 50%, genera una reducción considerable en todas las etapas fenológicas de ajíes.

Palabra clave: *Capsicum* sp, altura, número de botón floral, flores, frutos.

ABSTRACT

Capsicum spp. is an economically important genus of the Solanaceae family, which, in Peru, includes cultivated species such as *C. annuum* L., *C. baccatum* L., *C. frutescens* L., *C. pubescens* L. and *C. chinense* Jacq. , due to this great diversity of species, they present different morphological characteristics in different agroclimatic conditions of Peru. The objective of this research work was to evaluate the morphological characteristics of *Capsicum baccatum* and *Capsicum annuum* subjected to stress due to water deficit under mesh house conditions, at the Donoso Agrarian Experimental Station - INIA, Huaral, located at 126 m.a.s.l., where they were evaluated; plant height (cm), number of flower bud, flower and fruit, in the vegetative, pre-flowering, flowering, and fruiting stages. The completely randomized design was used, with two treatments and 15 repetitions of each case. The data obtained were subjected to analysis of variance (ANVA), at a confidence level of 95%, and Tukey's test at $\alpha = 0.05$. The results show in *C. annuum*_A-179, that in the stages (vegetative and pre-flowering), in plant height (cm), it reduces 6.05% and 15.33% respectively, in the same way for *C. baccatum* (A-175) , reduces 9.5% and 13.4% at a watering level of 50%. In addition, the number of flower buds in (*C annuum*_A-179) and *baccatum*_A-175), reduced by 43.03% and 28.87%, and in flower by 52.58% in the pre-flowering stage. In the stages (flowering and fruiting), in (*C annuum*_A-179) and *baccatum*_A-175) the number of flowers was reduced by 7.95%, 6.26%, 3.57% and 6.86%, respectively, and the number of fruits was reduced by 8.69 % , 20.83%, 34.42% and 40.62%, respectively. For this reason, the applied irrigation level of 50% generates a considerable reduction in all the phenological stages of peppers.

Keywords: *Capsicum* sp, height, flower bud number, flowers, fruits.

III. PLANTAMIENTO DE PROBLEMA

3.1. Situación de problema

En Perú es una de los países en riesgos de cambio climático, como sequía, este fenómeno se ha agravado en las últimas décadas debido al incremento de la vulnerabilidad de actividades humanas, esto conlleva a estrés hídrico por falta de agua en diferentes cultivos agrícolas (Morote. 2021). El género *Capsicum* spp. “ají”, constituye un cultivo de importancia económica que está compuesta por 32 especies nativas de América, siendo *C. annuum* L., *C. baccatum* L., *C. frutescens* L., *C. pubescens* L. y *C. chinense* Jacq, las especies más cultivadas en el Perú (Perry et al. 2007). Recientemente, se ha incrementado el interés por el cultivo de ají (Velasco et al., 2019), sin embargo, estas plantas son sensibles a condiciones ambientales con poca disponibilidad de agua, esto conlleva a estrés hídrico (Malika et al., 2019; Ulloa Fuentes, 2022). Este tipo de estrés limita la productividad de los cultivos ocasionando una serie de cambios en las plantas, siendo los más importantes: reducción de la presión de turgencia y de la conductancia estomática. Esto causa efectos en el desarrollo reproductivo y como consecuencia en el rendimiento (Malika et al., 2019).

El cultivo de *Capsicum* crece cada año, para el 2018, ya sumaban 1,93 millones de hectáreas (Penella y Calatayud, 2018). Según Renzo Gomes señaló que en 2019 se instalaron 13.645 hectáreas de *Capsicum* a nivel nacional, mostrando una disminución de -12% respecto a las 15.490 hectáreas instaladas en 2018, además una reducción de -9% en la producción, estas pérdidas podrían deberse a estrés hídrico (León. 2020), siendo gran parte de ello, en la costa peruana. Si bien no existen revisiones en el Perú, que indiquen cual es el estimado de pérdida de rendimiento y/o productividad por sequía en el Perú, algunos autores afirman que la pérdida de rendimiento podría ser hasta del 50% (Bray et al., 2000) Hasta la fecha no existe un reporte en la evaluación de las características morfológicas de *Capsicum baccatum* y *Capsicum annuum* sometidas a estrés por déficit hídrico bajo condiciones de casas malla; por lo que su estudio sería un paso fundamental para futuros estudios, considerando que Perú es uno de los centros de domesticación.

3.2. Formulación de problema

¿Cuál serán las características morfológicas de dos accesiones de ají sometidas a estrés por déficit hídrico bajo condiciones de invernadero?

IV. JUSTIFICACIÓN

El género *Capsicum* en el Perú, tiene una importancia desde tiempos ancestrales por lo que cuenta con alta gama de ajíes para desarrollar, por lo que es importante trabajar con las colecciones de Ajíes Peruanos, como centro de domesticación (Chiou et al., 2014; León Carrasco, 2020), no solo por ser considerado unos de los centros de biodiversidad del cultivo (Van Zonneveld et al., 2015) sino también por su versatilidad en la industrialización (Santillana y Angel, 2016; Khan et al., 2018). Este género se adapta con éxito en climas y microclimas predominantes en la costa peruana y alcanzan niveles de mayor demanda por encima de las expectativas en el mercado exterior (Pomacaruha. 2017).

El género *Capsicum* es un cultivo altamente susceptible al estrés por sequía (González et al. 2007), siendo las especies *C. chinense* y *C. frutescens* buenos reservorios genéticos para seleccionar genes de tolerancia a estrés hídrico (Jarret et al. 2008; Malika et al., 2019), y también enfocar la justificación en la presencia en que la caracterización morfológica, permitirá mejorar la comprensión de variedades tolerantes a la sequía.

Por lo que surge la necesidad de conocer el comportamiento de *Capsicum* durante el déficit hídrico en *Capsicum*.

El presente proyecto se justificó con la necesidad de complementar la selección fenotípica de accesiones de ajíes tolerantes que han sido sometidas a estrés abiótico, y mejor adaptación fenotípica y fisiológica en el invernadero y posteriormente en campo abierto.

El trabajo colaborativo permitió fortalecer las capacidades de investigación de la Estación Experimental DONOSO-INIA y UNAB, sobre todo en el empleo de nuevos conocimientos en manejo de equipos e interpretación de resultados.

V. ANTECEDENTES Y/O ESTADO DEL ARTE

Uno de los desafíos más grandes en la agricultura, es por falta de previsión que muestran que el mundo no está en vías de lograr el objetivo de hambre cero para 2030 (Nations, 2020), se estima que para la mitad del siglo XXI sea aproximadamente de 9 billones (Pretty et al., 2010). La escasez de agua, es el factor que limita la producción agrícola en el mundo, por ello se deben establecer estrategias de riego de manera más eficiente, se podría decir en condiciones de invernadero se puede controlar los recursos hídricos limitados, la tasa de agua aplicado en la planta se puede reducir un 20% (Mardani et al., 2017).

Son varios los problemas que evitarían cumplir satisfactoriamente este gran desafío, uno de ellos es la falta de agua, sobre todo en zonas desérticas como la costa del Perú (Badde y Hasse, 2008), por lo que realizar agricultura en esas condiciones constituye un doble desafío.

Las plantas como organismos sésiles se encuentran desafiando constantemente diversos factores que ocasionan estrés del tipo bioquímico y fisiológico, limitando su crecimiento y productividad (Cárdenas et al., 2016). El estrés genera en las plantas cambios bioquímicos como la aparición de especies reactivas de oxígeno (Liu y Yang et al., 2020), acumulación de metabolitos, cambios en la presión osmótica celular (Meena et al., 2019) que permiten adaptarse a las nuevas condiciones, limitando el crecimiento y desarrollo normal de las plantas (Sharma et al., 2019).

El estrés hídrico reduce la productividad, de estos las plantas responden al estrés mediante traducción de señales, trayendo consigo consecuencias fisiológicas que alteran las reacciones bioquímicas inmediatamente se percibe el estrés (Hasegawa et al., 2000; Rodríguez, y Zingaretti, 2009). Existen diferentes transcripciones específicas y son expresadas diferencialmente en diversas especies de plantas (Liu et al., 2019). La sequía es uno de los mayores estreses abióticos que limitan la productividad de los cultivos ocasionando una serie de cambios en las plantas, siendo los más importantes: Reducción de la presión de turgencia y reducción en la conductancia estomática. Esto causa efectos en el desarrollo reproductivo y como consecuencia en el rendimiento (Malika et al., 2019).

El género *Capsicum* es la segunda hortaliza más consumida en el mundo (Guo et al., 2014), activándose en diferentes regiones agroclimáticas y se ha diversificado en una amplia variedad de formas, tamaños, colores y tipos de frutos (Qin et al. 2014). Sin embargo, de las 32 especies

nativas solo existen 5 especies de importancia como. *C. annuum* L., *C. baccatum* L., *C. pubescens* L., *C. chinense* Jacq. y *C. pubescens* que son más cultivadas (Perry et al., 2007). El cultivo de *Capsicum* es consumido a nivel mundial y el Perú se encuentra en el puesto número 27 en el ranking mundial de producción de *Capsicum* (MINAGRI, 2017) y además de ser centro de domesticación presenta la mayor biodiversidad de especies representa la mayor diversidad de ajíes en el mundo (Libreros et al. 2013) y, una de las variedades de exportación es *C. annuum* por su gran rentabilidad (Glas y Mendoza citado en Espinoza, 2017). Actualmente el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) en Perú conserva un banco de germoplasma de aproximadamente 413 accesiones nativas de ají entre ellos *C. annuum*, *C. chinense* y *C. frutescens* ,provenientes de once departamentos (Libreros et al., 2013), así mismo en un estudio realizado en secuenciación completa de *Capsicum chinense* “ají supano” en donde encontraron que en el genoma de este especie, se posee 133 genes de los cuales 86 genes que codifican proteínas, por ello desde muchos años en Provincia El género *Capsicum* es un cultivo sensible a diversos tipos de estrés abiótico, especialmente el estrés por déficit hídrico (Meena et al., 2020). Los efectos del déficit hídrico se presentan generalmente como inhibición de la proliferación y expansión celular, reducción en el tamaño de la hoja, reducción en el tamaño del tallo, resultando sobre todo en un efecto negativo sobre la acumulación de la biomasa aérea y radicular de la planta (Escalante-Magaña et al., 2019). La planta de *Capsicum* sp sometidos a estrés hídrico, en las etapas 1 y 2 indujo en un retraso en la, maduración de la fruta, las tensiones agudas de agua, los compuestos bioactivos desempeñan un papel clave en ajuste osmótico de la planta (Borràs et al., 2021). Como consecuencia, se expresan un conjunto de genes durante la etapa de estrés abiótico. de Barranca se ha considerado por su aroma y sabor (Carlos et al., 2022).

La expresión de estos genes se puede clasificar en dos grupos (Hirayama y Shinozaki, 2010): 1) Proteínas involucradas en la expresión génica inducible por estrés con la consecuente regulación de la transducción de señales, como proteínas quinasas y factores de transcripción, y 2) Proteínas que funcionan en la tolerancia directa al estrés abiótico, como por ejemplo la osmotina, la Δ -pyrroline-5-carboxilato sintetasa, P5CS, entre otros (Hirayama y Shinozaki 2010). como consecuencia de estos genes que se expresa en contra de restricciones hídricas, la recuperación de turgencia foliar y actividad fotosintética se normaliza después de 24 horas de haber realizado el riego, por ello los *Capsicum* tiene la capacidad de recuperar su actividad fisiológica sin restringir su productividad. En un estudio

realizado para analizar respuesta fisiológica en (*Capsicum annuum* L) en diferentes riegos (75% a 50%), en donde llegaron que una reducción de riego disminuye el rendimiento, además hubo grandes diferencias entre los tratamientos en LWP, CWSI, una respuesta a los diferentes niveles de riego (Sezen y Tekin, 2019).

5.1. Referencia internacional

En el mundo, hoy en día el desarrollo de la gastronomía ha permitido que la comercialización de los ajíes incrementa exponencialmente, ante eso en las últimas décadas ha tenido una disminución en las exportaciones debido la escasez de agua, la cual permite el estrés hídrico en *Capsicum*, disminuyendo en la producción (León Carrasco, 2020). Como las regiones de África y Asia adoptaron la forma de producir *Capsicum*, con nuevas tecnologías implementadas para reducir el estrés hídrico ocasionado por falta de agua, y también se puede mencionar que el cambio climático es una de los factores que reduce su productividad en diferentes países del mundo. El Perú también no está ajeno a esta situación de escasez de agua, lo cual disminuye el área de siembra del *Capsicum* sp en diferente departamento del territorio peruano, en los últimos años el ají a generando gradualmente mayores divisas; el aporte académico de las instituciones que se abocan a investigar las potencialidades de nuevas accesiones de ají que se adaptan al estrés hídrico con una respuesta morfológica, para generar nuevas variedades (Sanabria, 2016).

Últimamente los pequeños agricultores implementan las nuevas tecnologías en la agricultura, la producción mundial sigue aumentando de manera constante en términos de superficie cosechada y rendimiento (Jarret, 2019; Santos, 2019). En México la producción de *Capsicum* ha disminuido significativamente en los últimos años por estrés hidrico, pero hace ya 20 años se adoptaron las nuevas tecnologías de otros países, principalmente de Europa como la invernadero y sistema de riego bien sofisticado para reducir el estrés hídrico (Sánchez del Castillo et al., 2017).

La tendencia de fortalecimiento de mercado de diferentes países como México, China, India, Estados Unidos la cual permitirá que los países productores de ajíes incrementen el área de siembra, pero estas demandas no serán satisfechas por el agua (Stankus, 2021).

5.2. Referencia Nacional

El Perú es una de las países con mayor diversidad nativa de *Capsicum* sp cultivando en el mundo; las variedades que ahora se cultivan es el resultado de domesticación que hoy en día en los mercados se puede encontrar de las cinco especies domesticadas (*C. annum* L., *C. baccatum* L., *C. chinense* Jacq., y *C. frutescens* L., *C. pubescens* (Libreros et al., 2013).

El presidente del Comité de *Capsicum* de ADEX, menciona que en el 2021 el área total de *Capsicum* sembrada en el Perú creció un 3%, por las nuevas tecnologías adoptadas para reducir el estrés hídrico (Agrolink, 2021).

El potencial de los ajíes nativos peruanos que presenta su rápida recuperación después de un estrés hídrico (Agliastra et al., 2021). Además, los ajíes nativos peruanos, se caracteriza por sus buenos atributos mejoran su composición como colorantes que no son afectados por factores externos, por ello estos son muy valorados en el mundo, el Perú se consume en diferentes platillos, y además en la industria farmacéutica, entre otros (Quispe et al., 2016)

El banco de germoplasma de *Capsicum* de hortalizas de UNALM, conservan 369 ajíes nativos en mayoría provenientes de costa y selva del Perú son pocos los empleados en la gastronomía y menos aún, los aprovechados por la industria (Castillo, 2019).

En los últimos años se ha logrado concientizar a pequeños agricultores sobre el valor de los recursos genéticos de ajíes y fraccionar la época de siembra, para así tener siempre en los diferentes mercados locales de nuestro país, de esa manera que esté disponible para consumidores, sino también como definidores de identidad cultural. Por ello, muchos países se han interesado en la importación de este ajíes por sus cualidades genéticas propias (Pardey, 2008, citado por Castillo Cáceres, 2019).

Actualmente, como en otros cultivos los recursos genéticos de esta especie se ven afectados por varios factores, por lo que es de importancia conservar, caracterizarlos e investigar sus posibles usos en la industria y sea una fuente de genes de interés, para enfrentar problemas que impiden el aprovechamiento de forma sostenible (Aliaga, 2019).

5.3. Revisión literaria

5.3.1. Origen taxonómico

Capsicum, en la familia Solanaceae, de todo son originarias de América (Nuez et al., 1996; Moscone et al. 2007; Ibiza et al., 2012; Rojas et al., 2016, citado por Castillo Cáceres. 2019); están formadas por alrededor de 20 especies silvestres y 4 -5 taxones domesticadas: *C. pubescens*, *C. baccatum*, *C. annuum*, *C. chinense* y *C. frutescens* (IBPGR,1983; Nuez et al. 1996; Hernández et al., 1999). En el Perú, existen al menos 11 especies, entre domesticadas y silvestres (Brack, 2015).

En centro de domesticación aún no se encuentra la discusión el centro de origen de *Capcicum* sp (Castillo Cáceres. 2019).

En Centro de Nacional de Información Biotecnológica promueve la ciencia y brinda accesos actualizados de taxonomía de diferentes especies distribuido en el mundo, en este NCBI informa accesos actualizados en familia Solanaceas (NCBI, 2022).

5.3.2. Clasificación Taxonómica

Capsicum annuum L. Acceso (A-179)

De acuerdo al National Center of Biotechnology (NCBI, 2022), esta especie presenta la siguiente clasificación taxonómica.

Reino	: Viridiplantae
Filo	: Streptofita
Subfilo	: Streptophytina
Clado	: Spermotophyta
Clase	: Magnoliopsida)
Orden	: Solanales
Familia	: Solanaceae

Subfamilia : Solanoideae
Tribu : Capsiceae
Género : *Capsicum*
Especie : *annuum*
Nombre común : Accesoión A- 179

Capsicum baccatum L. Accesoión (A- 175)

De acuerdo al National Center of Biotechnology (NCBI, 2022), esta especie presenta la siguiente clasificación taxonómica.

Reino : Viridiplantae
Filo : Streptofita
Subfilo : Streptophytina
Clado : Spermotophyta
Clase : Magnoliopsida)
Orden : Solanales
Familia : Solanaceae
Subfamilia : Solanoideae
Tribu : Capsiceae
Género : *Capsicum*
Especie : *baccatum*
Nombre común : Accesoión A- 175

5.3.3. Aspectos botánicos

Entre los aspectos más importantes de las plantas herbáceas anuales de la familia de las solanáceas, que más se cultiva en el mundo y la respuesta a diversas climáticas ambientales (Nuez et al., 1996; Zairi et al., 2020)

5.3.4. Morfología

La mayoría de las accesiones de *Capsicum* son herbáceas o arbustivas de tronco leñoso y ramificación dicotómica y ciclo de vida perenne y también de ciclo anual además son monoicas, autógamas y cierto grado de polinización cruzada (Maroto, 2000; citado por Castillo Cáceres, 2019; Quispe et al., 2019).

5.3.4.1. Raíz

El sistema radicular de las accesiones que tienen una raíz pivotante y una raíz secundaria y forma un conjunto raíces de un diámetro de 0.5 m a 1.2 m, que tiene la función de absorber los nutrientes necesarios y sostenimiento de la planta con una profundidad de 50 a 40 cm, dependiendo del tipo del suelo (Nuez et al., 1996; Quispe et al., 2019)

5.3.4.2. Hoja

La hoja de *Capsicum*, presenta un margen de lámina foliar, pubescencia de la hoja la longitud y el ancho de la hoja madura varía según su crecimiento y también es lisa y brillante, también tienen la forma de lanceolada y ovalada, posición alterna, forma de la base asimétrica y forma del ápice puntiagudo (Ortiz, 1983; Nuez et al., 1996; León, 2000; Quispe et al., 2019).

5.3.4.3. Flores

El género *Capsicum* presentan flores solitarias en cada nudo, la corola de color blanco con tonos de verde a crema claro a crema y el cáliz de 5 lobos; y los valores de los anteros encontrados en un estudio fue de 1.24 y 2.16 mm en la primera campaña y entre 1.00 y 3.65 mm en la segunda campaña y son de color amarillo azul a púrpura la corola tiene forma de copa con 5 ó 7 lobos; el ovario tiene posición súpera, es

esférico o cónico, termina en un estigma simple que sobresale de los estambres que lo rodean, la posición del pistilo situado entre las anteras hace posible que la mayoría de los casos haya autopolinización. Los Capsicum son plantas diploides ($2n=12$) (Ortiz, 1983; Nuez et al., 1996; Eshbaugh, 2012; Quispe et al., 2019).

5.3.4.4. Frutos y semillas

Los frutos de ají poseen un fruto por axila y la posición del fruto es pedúnculo y persistente (Ortiz, 1983; Nuez et al., 1996). Las semillas de este cultivo son de forma aplanada, lisa y redondeada, mide 2.5 a 3.5 mm de color amarillo es (Eshbaugh, 1993; Valderrama y Ugás, 2009). La longitud de fruto, ancho del fruto, peso del fruto, longitud del pedicelo del fruto y espesor de la pared del fruto, estos mencionados se va dar por diferentes agroclimáticas (Quispe et al., 2019) en nuestro país “la conservación de germoplasma nativo de ají se realiza a través del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), universidades nacionales como la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) y comunidades de productores dedicadas a su producción y conservación in situ. El INIA, la institución conserva 413 accesiones de ají en la EEA Donoso de Huaral bajo condiciones ex situ y dispone de materiales promisorios que son parte del documento de investigación. Cinco de estos materiales promisorios fueron seleccionados por su comportamiento agronómico y recomendaciones de chefs para ser investigados, entre los que se encuentran: Miscucho, Tomatito rojo, Charapita, Dulce rojo y Ayucllo” (Quispe et al., 2019, p5)

5.3.5. Requerimiento hídrico

El riego es una de las prácticas que ha permitido mejorar la producción, empleando nuevas técnicas de riego, y con la necesidad de valoración tecnológica basada en tensiómetros y tanque evaporímetro, sobre todo el ají es considerado un cultivo sensible al estrés hídrico en el periodo de floración. Además, Ugás, (2000); Sezen, Yazar, y Tekin (2019); Quilachamín Angos (2022), estos autores sugieren que al tener un suelo a una capacidad de campo del 70% y 75%, para un rendimiento óptimo, que garantiza un incremento económico y un riego de 80% daría un buen rendimiento agronómico.

El riego por goteo se puede darse en tres turnos, en cada línea de riego con un caudal de 1.25 litros por hora, depende el estado fenológico de la planta, utilizando un caudal de 1,875m³/ha en estado vegetativo, y en estado maduración requiere un caudal 12,656.25m³/ha (Alcántara Maguiña, 2021).

Para alcanzar la capacidad de retención de humedad en un invernadero es necesario tener en cuenta las características físicas del terreno o sustrato empleado, la textura del suelo es determinante, por lo tanto, el volumen requerido se determinará en su momento (Mejía et al., 2020).

5.3.6. Estrés hídrico

El estrés hídrico es una de las principales causas de muerte en plantas, ocurre cuando la transpiración excede el agua absorbida por las raíces (Luna-Flores et al., 2012). A lo largo de su vida, las plantas se enfrentan a factores externos como estrés, bióticos y abióticos, igual manera la deficiencia en elementos minerales (Castillo Cáceres, 2019). A medida que reduce el agua de riego, este ocasiona un estrés hídrico, la cual ocasiona una reducción en rendimiento en los cultivos agrícolas en alrededor del mundo (Duran et al., 2021).

Por no decirlo que el estrés por falta de agua y la cual la planta ya no puede absorber agua en forma rápida y suficiente para reemplazar el agua que se pierde por transpiración, lo cual afecta en crecimiento y desarrollo, lo cual repercute en rendimiento causando una pérdida considerable en la (Guerrero, 1993; Tilen et al, 2020). Además, (Fageria et al., 2006; Duran et al., 2021) definen que un riego limitado afecta de forma negativa en elongación del tallo y además una situación medio ambiental donde disminuye la humedad del suelo en la zona de raíces del cultivo y su impacto está en función de la duración, de la edad del cultivo, del tipo de cultivo o especie, del tipo de suelo y de las prácticas de manejo.

Okunlola et al., (2017), afirma que la falta de agua en sus etapas más crítico que limita de suma importancia en su productividad de *Capsicum* sp

5.3.7. Medición del estado hídrico del suelo

Para saber la humedad del suelo, y decidir cuándo y cómo regar y con la dosis adecuada según requerimiento del suelo, por ello se cuenta con dos herramientas para medir el contenido hídrico en el suelo (método gravimétrico) y potencial hídrico (tensiómetro), con estos métodos mencionados se pueden tomar acciones necesarias, para reducir el punto de marchitez permanente. También se puede definir mediante una calicata, y tomar una porción de suelo, en forma de tacto se puede definir la capacidad de campo del suelo (Castillo Cáceres, 2019).

5.3.7.1. Métodos directo o gravimétrico

Este método es otra forma de medir el estado hídrico del suelo. Por ende, se toman las muestras de suelo o el sustrato en la parte rizosfera, se pesan, se secan a estufa por un periodo de tiempo de (12horas) a una temperatura considerable de 105°C y se vuelve a pesar el suelo seco. Esta práctica permite tener una idea del contenido coloidal del agua, la cual permitirá la calibración de cualquier sistema que está utilizando (Castillo Cáceres, 2019).

5.3.7.2. Método indirecto: Tensiómetro

El tensiómetro es un instrumento que mide el potencial hídrico del suelo, es una medida que las raíces de las plantas ejercen una fuerza para extraer el agua del suelo (Grasso et al.,2022). La presión ejercida se registra en manómetro, que permite programar un intervalo de riego (Smajstrla and Harrison, 2011). El rango de lectura es de 0 a 80 kPa, que representa la capacidad de campo y punto de marchitez permanente de los suelos, el contenido de humedad del suelo dependerá según textura del suelo (Yague, 2003). Además, estos instrumentos permiten mejorar el manejo de riego, y actuar de forma responsable el volumen necesario del agua en las plantas (Fernández et al.,)

Un tensiómetro consiste en un tubo que termina en una punta cerámica porosa. el tubo se llena completamente de agua destilada y cierra por la parte superior. Durante la instalación la cápsula cerámica se introduce al suelo o sustrato a una profundidad que se requiera medir. Cuando el agua es absorbida por la planta o se pierde por succión

del suelo, estos sucesos se registran como presión negativa en el vacuómetro, que se sitúa en la parte superior del tensiómetro. La zona de instalación debe ser representativa del riego a una distancia de 1/3 de la planta, el tensiómetro es útil para determinar la frecuencia de riego, después de un nivel de lectura, en la cual se decidirá cuándo regar. Es importante definir las horas de lectura que se va realizar, es más recomendable realizar lecturas primeras horas de mañana. Cuando se registra en vacuómetro menos de 10 kPa, se refiere la saturación total del suelo, a medida que pasa el mayor de 10 kPa se puede definir como la capacidad de campo, estos valores oscilan en función de la textura del suelo, a mayor de 20 kPa se efectúa el riego, esto depende de la reacción morfológica de la planta, además si se mantiene mayor de 30 a 50 kPa, la planta entra en estrés hídrico, la cual permite disminuir en el crecimiento y desarrollo de la planta. si se registra a mayor de 50 kPa en donde la planta ya no se aprovecha el agua, en esta situación la planta está inmerso en la muerte (Baeza et al.,2020).

5.3.8. Efecto de estrés hídrico en la planta

Taiz. (2002) citado por Yactayo. (2011); Rios et al. (2020), mencionan que el estrés abiótico, como el estrés hídrico que altera a ciertos procesos que modifican la fisiología y bioquímica en las plantas; que ayudan a que éstas se adapten el déficit hídrico. Además, Castillo Cáceres. (2019), sostiene que a la respuesta al estrés hídrico tenemos como la reducción de la extensión de raíces, área foliar, el cierre de estomas, el ajuste osmótico, la disminución de la fotosíntesis etc. de forma que no hay ningún proceso fisiológico que no esté afectado por el déficit hídrico. Ricárdez et al. (2021), menciona que las primeras evidencias sobre el déficit hídrico todavía no son severas, las plantas emiten unas advertencias de síntomas que no se pueden identificar fácilmente; pero estos efectos inmediatos evidencian como la pérdida de turgencia, reducción de la tasa de expansión celular, disminución de la síntesis de pared celular entre otros. Conforme el contenido de agua va disminuyendo en la parte rizosfera se ve el efecto como, por ejemplo, aumento en los niveles de ácido abscísico o el cierre estomacal. Nuez et al. (1996); Tilen et al. (2020), en donde manifiestan que a la gran sensibilidad del género *Capsicum* frente al estrés abiótico, como falta de agua se pone en riesgo el rendimiento y calidad de fruto, además se evidencia poco número de botón floral, caídas de flores, frutos. Por ello, en ají el agua es de suma importancia para

manejar con precaución las dosis de riego en todo tipo de suelo y además los suelos pesados como el arcillosos o mal drenados, en los que puede mostrar con facilidad síntomas de asfixia radical y caída de flores y frutos.

5.3.9. Fisiología de la planta en la respuesta al estrés hídrico

La respuesta fisiológica de la planta se da por el manejo agronómico de condiciones específicas como el estrés hídrico se podría afectar que la planta que no tolerare (Valverde et al., 2021). “El estrés hídrico es una reacción fisiológica en las plantas ante disponibilidad limitada de agua” (Valverde-Otárola et al., 2020 p 1). Además, se puede mencionar que la respuesta fisiológica se en las plantas emitiendo una respuesta mediante genes tolerantes al estrés hídrico.

5.3.10. Eficiencia de uso de agua

El buen abastecimiento de agua se asegura el incremento de producción (Guerrero López, M. F, 2022). Además, el eficiente uso de agua (UEA) permite que las plantas realicen sus funciones metabólicas de forma eficiente (Blum 2009; Valverde-Otárola et al., 2020). Para el mayor uso de agua se puede realizar un buen manejo agronómico eficiente, lo cual permita una buena disponibilidad de agua en la raíz (Fernández, 2005 citado por Castillo, 2019). Pero el eficiente uso de agua es afectado por diversos factores tales como la especie, el clima, prácticas del cultivo innecesarias y el manejo de riego. Por lo tanto, para realizar un UEA en actividad agrícola, se requiere un previo conocimiento y herramientas técnicas para determinar el lamina de riego y frecuencia de riego (Soto & Gosnzalez, 2019) El interés de un cultivo es un buen manejo de agua de riego (Kremer et al., 2020). Aunque para Tanner. (1981) la eficiencia de uso de agua puede ser expresada como el rendimiento por unidad de agua evapotranspirada o transpirada. Basado en lo que sostiene Fernández (2005), se recomienda que cuando se analice fisiológicamente el uso de agua que ha realizado una planta o unidad de superficie se suele emplear como numerador dentro de esta ratio la biomasa total, el empleo hídrico a mira productivo y económica se recurrirá a reemplazar la biomasa por la producción.

5.3.11. Estado de humedad del suelo

- Saturación

Este término se utiliza a un suelo saturado, es decir todo espacio poroso está cubierto por el agua, en un suelo saturado el agua drena según el tipo de suelo, esto se da vaciándose primero de los poros más grandes. Esta práctica de eliminación de agua se denomina agua gravitacional.

- Capacidad de campo

Es el momento en que el suelo retiene el agua en los microporos, es decir el suelo ya no pierde el contenido de agua. Los pequeños (micro poros), tienen la capacidad de contrarrestar la fuerza de gravedad, pero la planta que ejerce una fuerza a través de sus raíces que succiona el agua.

- Punto de marchitamiento permanente

Es el cual el suelo pierde su capacidad de retención de agua a través de sus microporos, a consecuencia de absorción y transpiración de la planta. Cuando el suelo llega a PMP, no forma de absorber el agua a través de sus raíces, la cual las plantas marchitan.

- Agua útil

Es la que la planta aprovecha el máximo el agua, está comprendido entre los valores de capacidad de campo y punto de marchites permanente se le denomina agua útil.

VI. HIPOTESIS Y VARIABLE DE ESTUDIO

6.1. Hipótesis

Las dos accesiones de *C. baccatum* y *C. annuum* presentan diferencias en sus características morfológicas cuando son sometidas a estrés por déficit hídrico por falta de agua bajo condiciones de invernadero.

6.2. Variable en estudio

- **Variable dependiente:** Altura de la planta, Número de botón floral, flor y frutos
- **Variable independiente:** Accesiones de *Capsicum.sp*, dos niveles de riego: óptimo (100%) y estrés por déficit hídrico (50%)

6.3. Operacionalización de las variables

Tabla N.º 01. Operacionalización de las variables

Variables	Tipo de variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Altura de la planta	Dependiente	Es el crecimiento filológico de la planta	Tamaño	Centímetros	Regla
Número de botón floral, flor y fruto	Dependiente	Es el dentro de sus etapas filológicas, la cual llega su esta reproducción	Cantidades	Unidades	Conteo

Accesiones de <i>Capsicum sp</i>	Independiente	Son dos accesiones de <i>C. annum</i> _A-179 y <i>baccatum</i> _A-175 lo cual fueron adquiridos de INIA-Donoso- Huaral	Las mediciones de estado vegetativo. Obtención de número de botón floral, flores y frutos en estado prefloración, floración y fructificación.	Características visuales y descripción de accesiones de ajíes	Observación manual de las accesiones de ajíes
Niveles de riego (50% y 100%)	Independiente	Es la aplicación de frecuencia de riego para determinar la tolerancia al estrés hídrico	Niveles de 10 a 20 kPa CC. 40 a 60 kPa estrés hídrico	kPa	Tensiómetro

VII. OBJETIVOS

7.1. Objetivo general

Evaluar las características morfológicas de *Capsicum baccatum* y *Capsicum annum* sometidas a estrés por déficit hídrico en condiciones de invernadero.

7.2. Objetivo específico

- Instalar dos accesiones de *C. annum* _A-179) y *baccatum* _A-175 a estrés hídrico, en condiciones de invernadero.
- Evaluar las características morfológicas como altura, número de botones florales, flor y frutos de dos accesiones sometidos a estrés hídrico.

VIII. METODOLOGIA

8.1. Localización del campo experimental

El presente trabajo de investigación se realizó en el Campo experimental del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)- Donoso Huaral, ubicado en Carretera Chancay- Huaral Km 5.6, en la Provincia de Huaral en el departamento de Lima. Longitud geográfica

Longitud sur	11°31'0.93."
Longitud oeste:	77°14'16.45"
Altitud:	126 m.s.n.m

8.2. Característica del área experimental

El trabajo de investigación fue realizado en condiciones de invernadero, las características que brinda este tipo de tecnología es evitar el ingreso de vectores bióticos como plagas y enfermedades.

La estructura del invernadero contó con una dimensión de 26.6 m de ancho y 53 m de largo, hecho con malla antiáfidos de 3.6 x100 y fierro rectángulo galvanizado 4.5 2,0".

8.3. Características climáticas

El ensayo se realizó desde el 24 de setiembre de 2020 hasta el 24 de marzo de 2021, entre (primavera y verano), la que se muestra en detalle en el siguiente cuadro, estas fechas fueron óptimas para realizar el almacigo y trasplante de plántulas de *Capsicum* sp. Las condiciones climáticas se registraron de la siguiente forma. Que las temperaturas máximas se dieron entre el mes de enero, febrero y marzo con un valor promedio de 37°C, con temperaturas mínimas de 18°C, alcanzando una humedad relativa de 60% en condiciones de invernadero

Tabla N.º02: Condiciones climatológicas en lugar de estudio

Año	Mes	T°		Precipitación (mm)	Humedad Relativa (HR) (%)
		Máxima (°C)	Mínima (°C)		
2020	Setiembre	26.9	16.9	0.0	80.70
2020	Noviembre	27.3	17.0	0.0	81.73
2020	Diciembre	27.4	17.1	0.0	81.74
2021	Enero	29.5	18.1	0.0	81.96
2021	Febrero	29.5	18.2	0.810	82.25
2021	Marzo	29.6	18.7	0.0	82.06
2021	Abril	26.6	16.1	0.0	86.85
2021	Mayo	23.7	14.5	0.0	88.03
2021	Junio	23.3	13.3	0.0	82.04

Fuente. SENAMHI- Estación meteorológica - Ancón – 2020 - 2021

8.4. Lugar de experimento

El trabajo fue realizado en la Estación Experimental INIA- Donoso Huaral, en un invernadero, durante el tiempo que duro la investigación

8.5. Sistema de riego

El sistema de riego fue instalado en el interior del invernadero, de acuerdo a las recomendaciones sugeridas por INIA. Se instaló un tubo principal de PVC por donde ingresó la fuente de agua principal, este se encontraba conectado a dos tubos secundarios con cuatro salidas. Cada salida desembocaba a una red con manguera de riego por goteo de 10 metros de longitud, siendo la distancia entre goteros fue de 60 cm. Se utilizaron 40 metros de manguera y un total de 60 goteros para las dos especies de *Capsicum* sp. Después de culminar la instalación de sistema de riego, se realizó la prueba de caudal de agua determinando un promedio de 50 mL por minuto.

8.6. Preparación de sustrato

La preparación de sustrato se hizo en dos concentraciones diferentes, para el almacigo y trasplante, se detalla a continuación:

5.6.1. Preparación de sustrato para el almacigo

El sustrato para almacigo fue preparado empleando solamente Premix 3, aproximadamente 2 Kg, la cual facilitó la buena germinación y desarrollo de las plántulas

5.6.2. Preparación de sustrato para trasplante

El sustrato para el trasplante fue preparado empleando una mezcla de Premix 3 y humus de lombriz sólido (1:1). Se calculó la mezcla para el llenado de 60 macetas de 2 kg cada una (120 kg de sustrato). Una carretilla de Premix 3 y una carretilla de Humus de lombriz sólido fueron mezclados en una carpa extendida en el suelo y se roció agua durante la mezcla del sustrato, antes de proceder al llenado de las bolsas.

8.7. Acondicionamiento de invernadero

El acondicionamiento se realizó en la parte interior y exterior del invernadero. Para ello se realizaron las siguientes actividades:

- Eliminación de materiales existentes y malezas dentro del invernadero
- Lavado del invernadero, con presión de agua
- Eliminación área vegetal alrededor de invernadero

8.8. Materiales y equipos

8.8.1. Equipos

- Laptop
- Office 2019
- Software estadístico SAS

8.8.2. Insumos

- Sustrato de Premix 3
- Humus de lombriz
- Insecticidas
- Fungicida

8.8.3. Materiales de Campo

- Lampa
- Carretilla
- Manguera
- Rafia
- Mochila de aplicación
- Plástico amarillo
- Letreros para rotular
- Manguera de goteo
- Tensiómetro es equipo, te permite calcular
- Regla

8.9. Diseño Experimental

El diseño empleado fue completamente al azar (DCA) en los tratamientos de (100% y 50%) de riego, en cada caso se presentaron 15 repeticiones.

Se empleó el modelo estadístico que se muestra continuación:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

- Y_{ij} : Es el comportamiento observado en la unidad experimental, con el i -ésimo tratamiento con la j -ésima repetición.
 - μ : Efecto de la media general.
 - α_i : Efecto del i -ésimo tratamiento.
- ϵ_{ijk} : Efecto del error experimental.

T1. 100% de riego	
15 C. annuum A-179	15 C. baccatum A-175

T2. 50% riego	
15 C. annuum A-179	15 C. baccatum A-175

8.10. Preparación de almacigo

8.10.1. Sistema de siembra

El almacigo se realizó el 24 de setiembre de 2020, en la estación experimental INIA donoso – Huaral, el sustrato fue llenado a dos bandejas de 200 celdas, y luego las semillas de accesiones (A-179, A-175) fueron sembradas a razón de dos semillas por hoyo, y seguidamente se realizó un riego pesado.

8.10.2. Manejo de almácigo

Durante 60 días en el invernadero, solo se realizó el riego y hasta su trasplante no se realizó ningún manejo agronómico

8.11. Trasplante

8.11.1. Desinfección de plántulas y el trasplante

El trasplante se realizó el 2 de noviembre de 2020, a los 60 días después de haber realizado el almácigo.

Con la recomendación del especialista de INIA, se procedió a realizar las siguientes actividades:

- Cuando las plántulas alcanzaron de seis a más hojas verdaderas, la planta estuvo lista para el trasplante.
- Se realizó empleando desinfección a base de sulfato de cobre pentahidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) a razón de 50 mL un acidificante (pH) de 10 mL en un 50 litro de agua, las plántulas fueron sumergidos durante 3 minutos. Las propiedades de Sulfato de Cobre Pentahidratado tienen un 98.2% de concentración
- Las plántulas desinfectadas fueron retiradas de las bandejas a una maceta y fueron trasplantados en una profundidad de 5cm, en un total de 60 plántulas trasplantados de *C. annuum* (A-179) y *C. baccatum* (A-175)

8.12. Instalación de tensiómetro

De acuerdo a la recomendación sugerida por (INIA- Donoso, 2020), se realizó la instalación de tres tensiómetros por hilera, los dos primeros tensiómetros se instalaron una profundidad de 15 cm, y el tercer tensiómetro una profundidad de 10 cm para un riego de (100%), de misma manera se instaló para el riego de (50%), para *C. annuum* y *C. baccatum* respectivamente. En total de tensiómetros instalados fueron 12 unidades para los dos tratamientos.

8.13. Evaluación de tensiómetro

La evaluación del tensiómetro se realizó empleando la metodología sugerida por INIA Donoso. (2020), donde las mediciones fueron realizadas cada 3 días y monitoreando de acuerdo a un nivel de riego ya establecido (Anexo 3).

8.14. Manteamiento de cultivo

El mantenimiento o manejo agronómico del cultivo de las dos especies de *Capsicum*, fueron realizadas desde el 2 de noviembre del 2020 hasta 25 de marzo del 2021:

8.14.1. Abonamiento

El abonamiento es una de las prácticas de suma importancia, para ello se realizó la fertilización siguiendo la recomendación de (Nicho, 2004) en donde se detalla la extracción de 200 150 270 kg de NPK por hectárea. Realizando el cálculo, se obtuvo un 23.7 kg de NPK, para 60 plantas, fraccionando en dos etapas, se llegó requiriéndose de 15 g por planta. La primera dosis fue a los 30 días después de haber realizado el trasplante, y la segunda 87 días después de trasplante, como fuente NPK.

8.14.2. Riego

El riego fue una de las variables principales a evaluar, para ello el riego fue fundamental para el prendimiento y desarrollo de las plantas de ají de las dos especies. El primer riego se realizó después de haber realizado el trasplante (riego normal), pasado los 30 días se procedió a estresar la planta a nivel de riego de 50%. Las plantas con riego normal fueron consideradas al 100% de riego.

La frecuencia de riego se dio según la evaluación del tensiómetro, Para un riego de 100% el tensiómetro debió mantenerse en un rango de 10 a 20 kPa y para el riego de 50% se debió mantener en un rango de 40 a 50 kPa.

Después de instalación del tensiómetro de un riego normal, ya pasado a los 30 minutos se registraron las primeras lecturas, y cada 3 días se realizaron las lecturas para mantener los rangos ya mencionados anteriormente para ambos tratamientos.

Cada gotero tuvo un caudal de 50 mL por minuto, cada maceta requirió un tiempo de 8 a 10 minutos para mantener su capacidad de campo.

8.14.3. Tutorado

El tutorado es una de las practicas agronómicas que ha realizado para sostener la planta de posible quebramiento de ramas con fruto. Para esta actividad se utilizó rafia, alambre, palos.

El tutorado consistió en colocar dos varillas en cada esquina del experimento, dos varillas al centro y dos varillas al final, en total de tutores utilizados fueron 12 unidades. Después de instalar los tutores en lugar correspondiente, se procedió a estirar los alambres de extremo a extremo para un buen ajuste y luego asegurarlo.

Cuando las plantas llegaron a 30 días después de trasplante, se hizo el primer tutorado, cada planta fue sostenida con rafia, desde el cuello de la planta hasta el alambre, este practica se hizo hasta que la planta llegó a la etapa de fructificación.

8.14.4. Colocación de trampa amarilla

La instalación de la trampa amarilla se realizó a los 30 días después de trasplante, Este tipo de prácticas, tuvo un resultado positivo en atrapar insectos, por ello se detalla en lo siguiente.

Primero se cortó el plástico amarillo un diámetro de 50 cm de largo y 20 cm de ancho, y fueron amarados en dos palos de 30 cm de largo, en ambos extremos y luego fueron colocados tres trampas por tratamiento, de un total de nueve trampas instalados.

8.15. Manejo fitosanitario

8.15.1. Manejo de plagas

Una de las ventajas que se ha tenido el invernadero, es que permitió controlar las plagas claves, además de forma preventiva, se consideró la importancia del plan de abonamiento, colocación de la trampa y el monitoreo constante del ají.

Como forma de control, fue el monitoreo permanente, desde la instalación del cultivo. Para insectos como *Prodiplosis longifila*, se hizo aplicaciones preventivas.

Las plagas como, (mosca blanca, trip, perforador del fruto, áfidos), no se reportaron al momento del monitoreo.

Durante algunas fases como el crecimiento vegetativo, hubo la presencia de *Prodiplosis longifila*, logrando accionar algunos daños en los brotes apicales sin ocasionar su muerte.

8.15.2. Manejo de enfermedades

Las medidas preventivas se realizaron al momento del trasplante a base de sulfato de cobre pentahidratado, para el control de marchitez (*Phytophthora capsici*), y un buen sustrato y evitar humedad excesiva con el riego

En todo el ciclo del cultivo no se identificó incidencia de *Phytophthora capsici*, por lo que no tuvo que aplicarse ningún tipo de fungicida.

8.16. Parámetros evaluados

De acuerdo a las recomendaciones de INIA y siguiendo la metodología de acuerdo a Castillo (2019) se evaluaron los parámetros descritos en la tabla 3.

TablaN.º03: Parámetros evaluados en el estudio

PARÁMETRO	MÉTODO	OBSERVACIÓN	MOMENTO DE EVALUACIÓN
Altura de planta	Medición con regla (cm)	Se tomaron 15 plantas, del cuello hasta brote terminal	La primera evaluación se dio, 1 de enero desde el cuello hasta el ápice en estado vegetativo
Altura de planta	Medición con regla (cm)	Se tomaron 15 plantas, del cuello hasta brote terminal	La segunda evaluación se dio, el 26 de enero desde el cuello de la planta hasta el ápice en prefloración

<p>Número de botón floral, flores y frutos</p>	<p>Conteo por unidades</p>	<p>Se tomaron a las 15 plantas, y se contaron los parámetros (botón floral, flor y fruto)</p>	<p>La segunda y tercera evaluación se realizó en la etapa prefloración, floración y fructificación</p>
--	----------------------------	---	--

IX. CONSIDERACIONES ÉTICAS

De acuerdo con lo establecidos en el “Código de ética para la investigación” aprobado por Resolución de Comisión Organizadora N° 573–2016-CO-UNAB de la Universidad Nacional de Barranca; el presente trabajo se regirá por principios como.

- ✓ Responsabilidad al declarar de carácter de rigor científico a los resultados y datos obtenido con la veracidad correspondiente.
- ✓ Contribuirá a conservar y cuidado al flora y fauna.
- ✓ Principios éticos al realizar los análisis de los datos
- ✓ Mantendrá de forma responsable los citas Bibliográficas
- ✓ Correcta y responsable a la divulgación de la investigación

X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

10.1. Resultados

10.1.1. Análisis de altura de la planta

En general, el estrés hídrico impactó de forma negativa en la altura de las plantas, independientemente de la especie de *Capsicum* en estudio.

Se observaron diferencias entre las alturas de las plantas de *C. annuum* _ A-179y *C. baccatum*_A-175 sometidas al 100% y 50% de riego en la etapa vegetativa y de prefloración

Tabla N. °04: Comparación de la altura (cm) durante la etapa vegetativa y de prefloración de *C. annuum* _ A-179 y *C. baccatum*_A-175 sometidas a dos niveles de riego: óptimo (100%) y estrés por déficit hídrico (50%), en condiciones de invernadero*

Etapa	<i>C. annuum</i> _(A-179)		<i>C. baccatum</i> (A-175)	
	100% de riego	50% de riego	100% de riego	50% de riego
Vegetativa	30.73 (± 0.73) Aa	28.87 (8 ± 0.45) Aa	36.67 (± 1.17) Aa	33.2 (± 0.96) Aa
CV (%) **	9.20	6.00	12.30	11.20
Prefloración	47.87 (± 0.90) Ab	40.53(± 0.80) Bb	60.13 (± 1.42) Ab	52.07(± 1.64) Bb
CV (%)**	7.30	7.60	9.10	12.20

*Los promedios que presentan letras similares mayúsculas o minúsculas diferentes, difieren significativamente al nivel de probabilidad del 0.05, empleando la prueba de Tukey. Letras mayúsculas corresponde a las diferencias significativas entre los niveles de riego, pero a diferentes etapas de evaluación. Letras minúsculas corresponde a las diferencias significativas entre niveles de riego, pero en una misma etapa. (\pm EE): Error Estándar.

**Coeficiente de variabilidad

En la tabla 4. Se observa, que la altura promedio de *C. annuum* en su etapa vegetativa al riego óptimo (100%) es 30.73 cm, mientras al estrés por déficit hídrico (50%) de riego se redujo a 28.87 cm, esto representa una reducción de 6.05% en la altura; además

presentan una variación relativa de 9.2% y 6% lo que indica que el crecimiento de las plantas es homogéneo para ambos porcentajes de riego

La altura promedio de la planta *C. annuum* en la etapa de prefloración al riego optimo (100%) es 47.87cm, mientras el estrés por déficit hídrico (50%) es 40.53 cm, esto representa una reducción de 15.33% en la altura, además presentan una variación relativa de 7.3% y 7.6% lo que indica que el crecimiento de las plantas es homogéneo para ambos porcentajes de riego. Además, con la prueba de Tukey se determinó que existen una diferencia estadística entre los tratamientos evaluados.

Comparación a dos niveles de riego: optimo (100%) y estrés por déficit hídrico (50%) observamos que la altura de *C. annuum* se redujo un 6.05% y 15.33%, en (vegetativa y de prefloración), respectivamente; además, realizando la prueba de Tukey se determinó que existen diferencias estadísticas, en un nivel de confianza del 95%.

La altura promedio de las plantas de *C. baccatum* en su etapa vegetativa al riego optimo (100%) es 36.67cm, mientras el estrés por déficit hídrico (50%) de riego es 33.20 cm, esto indica que hay una reducción 9.5% en la altura; además presentan una variación relativa de 12.3% y 11.2% lo que indica que el crecimiento de las plantas es homogéneo para ambos porcentajes de riego; además al realizar la prueba de Tukey, se determinó que existe una diferencia estadística entre los tratamientos evaluados

La altura promedio de la planta *C. baccatum* en floración al riego optimo (100%) es 60.13 cm, mientras el estrés por déficit hídrico (50%) es 52.07 cm, esto indica que hay una reducción de 13.4% en la altura; además presentan una variación relativa de 9.1% y 12.2% lo que indica que el crecimiento de las plantas es homogéneo para ambos porcentajes de riego; además se ha realizado la prueba de Tukey, en donde se determinó que existen una diferencia estadística entre los tratamientos.

Realizando una comparación a dos niveles de riego: optimo (100%) y estrés por déficit hídrico (50%), observamos que la altura de las plantas de *C. baccatum* se redujo en un 9.5% y 13.4%, en la etapa vegetativa y de prefloración, respectivamente.

10.1.2. Análisis morfológico en prefloración

Se observaron diferencias el botón floral y flor en etapa prefloración de *C. annuum* *C. baccatum* sometidas a dos niveles de riego: optimo (100%) y el estrés por déficit hídrico (50%) de riego

Tabla N. ° 05: Evaluación morfológica en prefloración de *C. annuum* y *C. baccatum* sometidas a dos niveles de riego: óptimo (100%) y estrés por déficit hídrico (50%) en condiciones de invernadero

Etapas	<i>C. annuum</i> (A-179)		<i>C. baccatum</i> (A-175)		
	100% de riego	50% de riego	100% de riego	50% de riego	
Prefloración	Botón floral	6.67 (\pm 0.29) A	3.8 (\pm 0.31) B	16.93(\pm 1.13) A	12.07(\pm 0.56) B
	CV **	16.60	32.40	26.50	17.20
	Flor	2.2 (\pm 0.32) A	1.7 (\pm 0.32) B	10.27(\pm 0.84) A	4.87 (\pm 0.70) B
	CV **	31.30	77.60	31.50	55.90

*Los promedios que presentan letras similares mayúsculas o minúsculas diferentes, difieren significativamente al nivel de probabilidad del 0.05, empleando la prueba de Tukey. Letras mayúsculas corresponde a las diferencias significativas entre los niveles de riego, pero a diferentes etapas de evaluación. (\pm EE): Error Estándar.

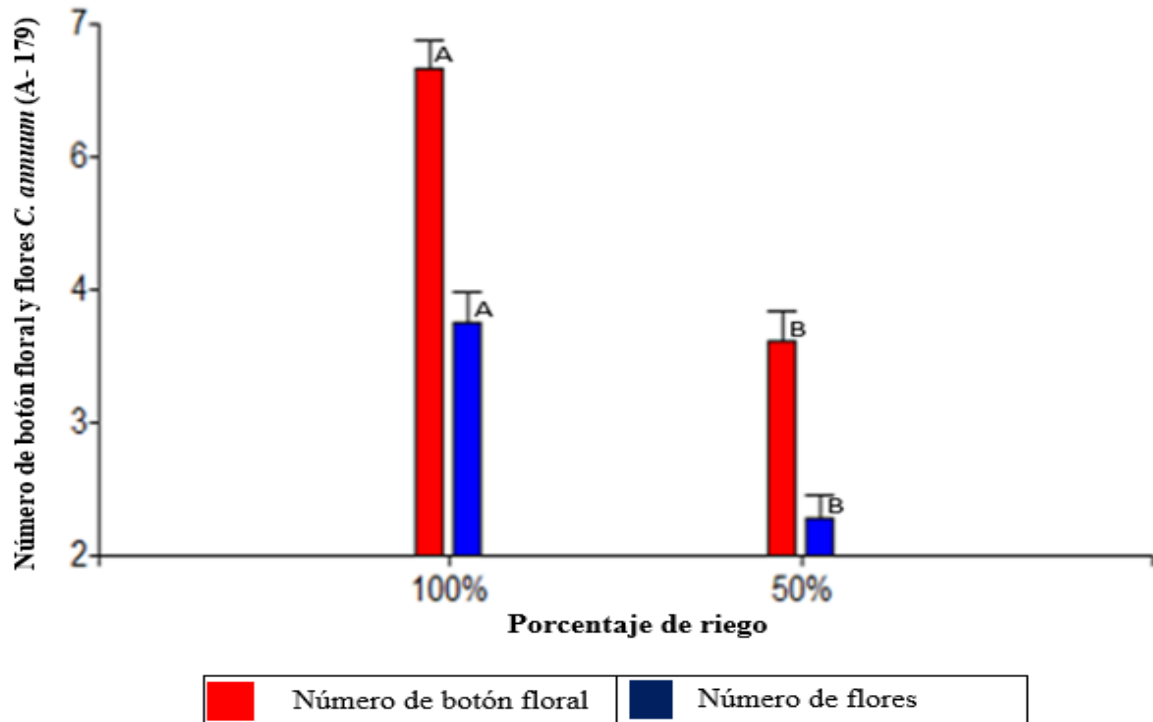
**Coeficiente de variabilidad.

En la tabla 5, se observa que el promedio del número de botones florales de las plantas de *C. annuum*, en prefloración al riego óptimo (100%) es de 6.67, mientras al estrés por déficit hídrico (50%) es 3.8, este presenta una disminución de 43.03%; además presentan una variación relativa de 16.60% y 32.40% lo que indica que el número de botón floral de *Capsicum* es heterogéneo para ambos porcentajes de riego.

El número promedio de botón floral de *C. baccatum* en prefloración al riego óptimo (100%) es 16.93, mientras al estrés por déficit hídrico (50%) de riego es 12.07, esto indica una disminución de 28.87%; además presentan una variación relativa de 26.50% y 17.20%, lo que indica que el número de botón floral es heterogéneo para ambos porcentajes de riego. Estos resultados indican que el riego al 50% afecta en número de botón floral, comparado con el riego de 100%.

El número promedio de flores de *C. annuum* en su atapa prefloración al riego óptimo (100%) es 2.2, mientras al estrés por déficit hídrico (50%) de riego es 1.7, este representa una disminución 22.73%; además presentan una variación relativa de 31.30% y 77.60% lo que indica que el número flores es heterogéneo para ambos porcentajes de riego. En este caso la variación relativa indica que hay una amplia heterogeneidad en número de flores registradas en prefloración.

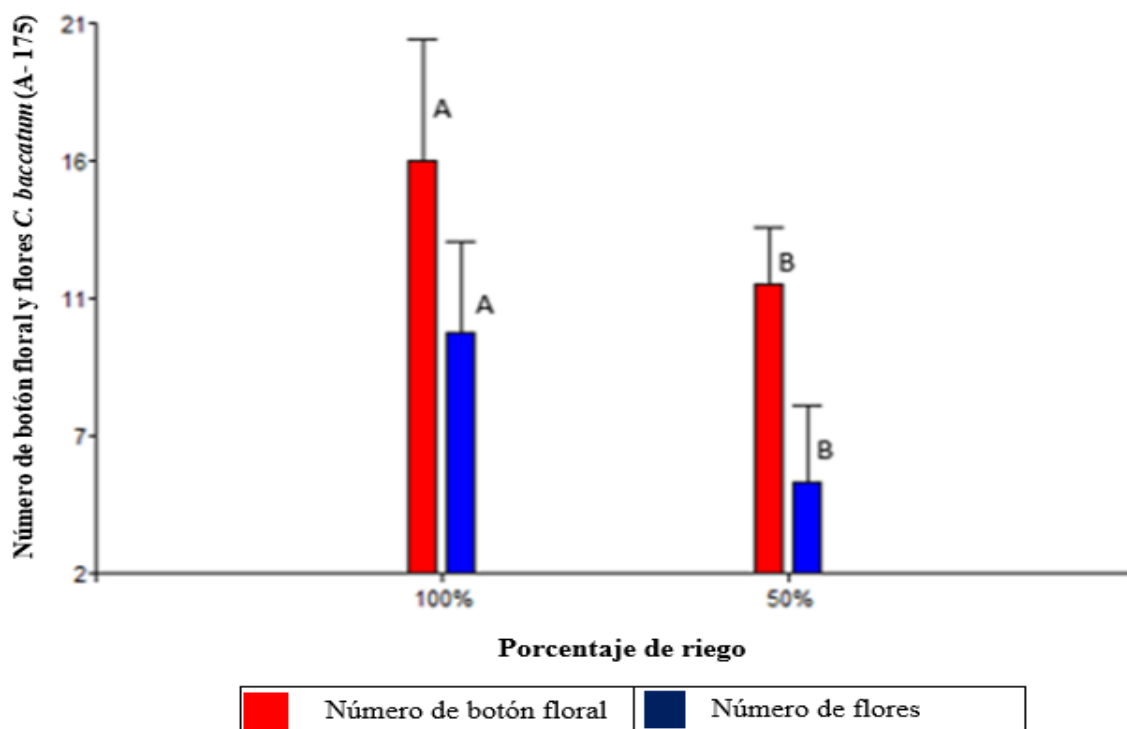
El número promedio de flores de *C. baccatum* en su atapa prefloración al riego optimo (100%) es 10.27, mientras al estrés por déficit hídrico 50% de riego es 4.48, este representa una disminución 52.58%; además presentan una variación relativa de 31.50% y 55.90% lo que indica que el número de flores es heterogéneo para ambos porcentajes de riego.



Gráfica N.º01: Análisis post – ANVA (Tukey) para el número de botón floral y flor de *Capsicum annuum*_(A-179) sometidos a dos niveles de riego: optimo (100%) y estrés por déficit hídrico (50%), en condiciones de invernadero.

En la gráfica 1, se observa mediante el análisis post- ANVA (Tukey) para *C. annuum*_(A-179) se determinó, para el número promedio de botón floral, sometidas a dos niveles de riego optimo (100%), y estrés por déficit hídrico (50%) de riego se observaron que existen una diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, con un nivel de confianza de 95%.

Para el número promedio de flor de *C. annuum*_(A-179) mediante la prueba de Tukey, también se determinó que los dos niveles de riego: optimo (100%) y estrés por déficit hídrico (50%) de riego, existen una diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, con nivel de confianza de 95%. Estos resultados lo que indica los niveles de riego afectan de forma negativa en formación de botón floral y flores.



Gráfica N.º02: Análisis post – ANVA (Tukey) para el número de botón floral y flor de *Capsicum baccatum*_(A-175), sometidos a dos niveles de riego: óptimo (100%) y estrés por déficit hídrico (50%), en condiciones de invernadero

En la figura 2, se observa mediante el análisis post- ANVA (Tukey) para *C. baccatum*_(A-175) se determinó, para el número promedio de botón floral, sometidas a dos niveles de riego: óptimo (100%) y estrés por déficit hídrico (50%) de riego, se observaron que existen una diferencia significativa entre los tratamientos, con un nivel de confianza de 95%.

Para el número promedio de flores para *C. baccatum*_(A-175), mediante la prueba de Tukey, se determinó que los dos niveles de riego sometidos a estrés hídrico existen una diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, con nivel de confianza de 95%.

10.1.3. Comparación morfológica en floración y fructificación

Se observaron diferencias entre el número de flores y frutos de las plantas de *C. annuum* (A-179) Y *C. baccatum* (A-175), sometidas al riego óptimo (100%) y estrés por déficit hídrico (50%) de riego en la etapa floración y de fructificación

Tabla N.º06: Comparación morfológica en floración y fructificación de *C. annuum* (A-179) Y *C. baccatum* (A-175), sometidas a dos niveles de riego: óptimo (100%) y estrés por déficit hídrico (50%) en condiciones de invernadero.

Etapas		<i>C. annuum</i> (A-179)		<i>C. baccatum</i> (A-175)	
		100% de riego	50% de riego	100% de riego	50% de riego
Floración	Flor	7.17 (± 0.87)Aa	6.60 (± 0.83)Aa	10.92(± 0.85)Aa	10.53(± 0.91)Aa
	CV (%)	43.57	48.86	28.8	25.08
	Frutos	4.60 (± 0.92) Aa	4.20 (± 0.63)Aa	20.13 (± 2.21)Aa	13.20(± 1.81)Bb
	CV (%)	77.43	57.76	42.60	54.27
Fructificación	Flor	10.53(± 1.14)Aa	9.87 (± 0.84)Ab	12.53 (± 1.20)Aa	11.67(± 0.91)Aa
	CV (%)	41.83	32.40	37.04	30.16
	Frutos	18.53(± 2.07)Ab	14.67 (± 1.05)Ab	24.13 (± 2.20)Ab	14.33(± 1.58)Bb
	CV (%)	43.30	77.60	35.33	42.74

*Los promedios que presentan letras similares mayúsculas o minúsculas diferentes, difieren significativamente al nivel de probabilidad del 0.05, empleando la prueba de Tukey. Letras mayúsculas corresponde a las diferencias significativas entre los niveles de riego, pero a diferentes etapas de evaluación. Letras minúsculas corresponde a las diferencias significativas entre niveles de riego, pero en una etapa diferente (\pm EE): Error Estándar.

**Coeficiente de variabilidad

En la tabla 6, se muestra a nivel de riego, que el número de flores *C. annuum* (A-179), se redujo en un 7.95%, y 6.26%, en la etapa floración y fructificación respectivamente. La variación relativa a nivel de riego óptimo (100%) y estrés por déficit hídrico (50%) es de 43.57% y 48.86% lo que indica que el número de flores en etapa de floración han sido heterogénea para ambos porcentajes riegos, igual manera para fructificación, la variación relativa es de 41.83% y 32.40%.

A nivel de riego, observamos que el número de flores de *C. baccatum* (A-175), redujo un 3.57%, y 6.86%, en floración y fructificación respectivamente, estos indicadores manifiestan que los niveles de riego afectan en forma negativa.

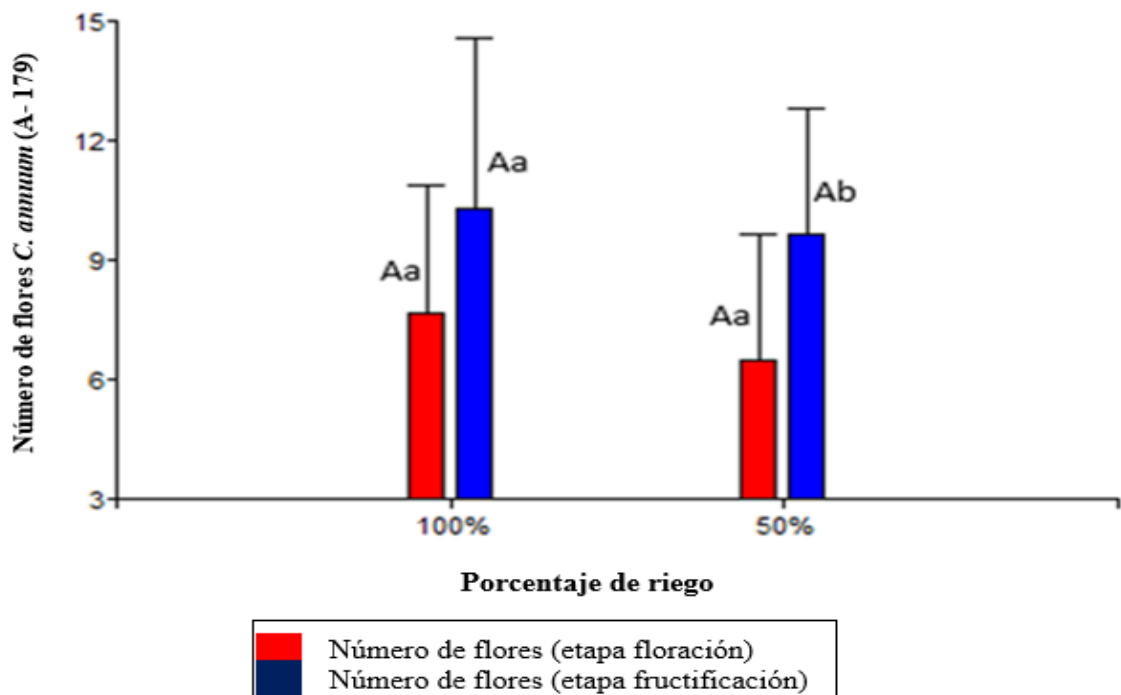
La variación relativa a nivel de riego es de 28.8% y 25.08% lo que indica que el número de flores en (floración) ha sido heterogéneos para ambos porcentajes de riegos. Igual manera para fructificación la variación relativa es de 37.04% y 30.16% respectivamente.

A nivel de riego, observamos que el número de frutos de *C. annuum* (A-179). se redujo un 8.69% y 20.83%, en floración y fructificación respectivamente.

La variación relativa en nivel de riego es de 77.43% y 57.76% lo que indica el número de frutos en floración han sido heterogénea para ambos riegos, igual manera para fructificación, la variación relativa es de 43.30% y 77.60%.

A nivel de riego, observamos que el número de frutos de *C. baccatum* (A-175), también se redujo un 34.42%, y 40.62%, en etapa de floración y fructificación respectivamente, estos indicadores manifiestan que los niveles de riego afectan en forma negativa en etapa de floración.

La variación relativa en nivel de riego es de 42.60% y 54.27%, lo que indica que el número de frutos a dos niveles de riego son heterogéneos para ambos porcentajes de riegos. De igual manera para la fructificación la variación relativa es de 35.33% y 42.74% respectivamente.



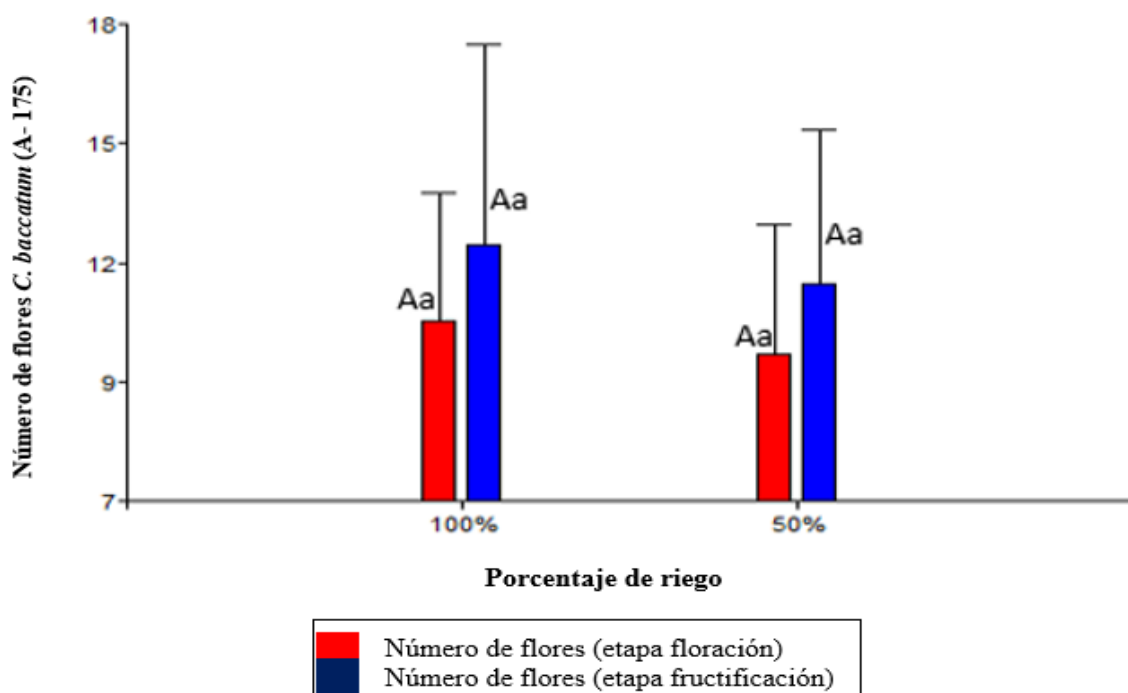
Gráfica N. °03: Comparación en floración y fructificación, mediante análisis post – ANVA (Tukey) para el número de flores *C. annuum* (A-179), sometidos a dos niveles de riego: óptimo (100%) y estrés por déficit hídrico (50%), en condiciones de invernadero.

En la gráfica 3, se observa que el número de flores en (floración) para *C. annuum* (A-179), mediante el análisis post- ANVA (Tukey) se determinó para dos niveles de riego a estrés hídrico, se observaron que no existen una diferencia estadística, con un nivel de confianza de 95%.

La comparación para el número de flores a nivel de riego optimo (100%), en (floración y fructificación) con el análisis post – ANVA (Tukey) se determinó que no existen diferencia estadística, con nivel de significancia de 95%

Para el número de flores de *C. annuum* (A-179), en (fructificación) mediante el análisis en post – ANVA (Tukey) se determinó para dos niveles de riego optimo (100%) y estrés por déficit hídrico (50%) de riego, se observaron que no existen diferencia estadística, con un nivel de confianza de 95%.

La comparación para el número de flores a nivel de riego (50%), en (floración y fructificación), con el análisis post – ANVA (Tukey) se determinó que no existen diferencia estadística, con nivel de significancia de 95%.



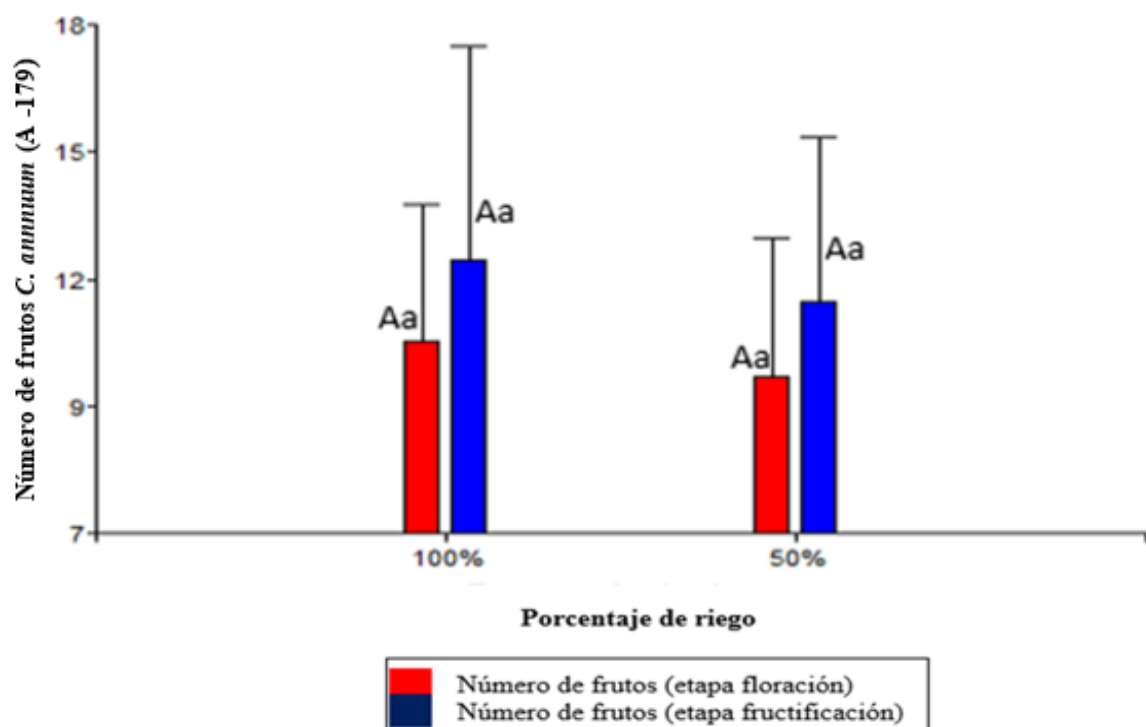
Gráfica N. °04: Comparación en floración y fructificación, mediante análisis post – ANVA (Tukey) para el número de flores *C. baccatum* (A-175) sometidas a dos niveles de riego: optimo (100%) y estrés por déficit hídrico (50%), en condiciones de invernadero.

En la gráfica 4, se observa que el número de flores en (floración) para *C. baccatum* (A-175), mediante el análisis post- ANVA (Tukey) se determinó para dos niveles de riego: optimo (100%) y estrés por déficit hídrico (50%), se observaron que no existen una diferencia estadística, con un nivel de confianza de 95%.

La comparación para el número de flores a nivel de riego optimo (100%), en (floración y fructificación) con el análisis post – ANVA (Tukey) se determinó que no existen diferencia estadística, con nivel de significancia de 95%-

Para el número de flores de *C. baccatum* (A-175), en (fructificación) mediante el análisis en post – ANVA (Tukey) se determinó para dos niveles de riego: optimo (100%) y estrés por déficit hídrico (50%), se observaron que no existen diferencia estadística, con un nivel de confianza de 95%.

La comparación para el número de flores a nivel de riego (50%), en (floración y fructificación), con el análisis post – ANVA (Tukey) se determinó que no existen diferencia estadística, con nivel de significancia de 95%.



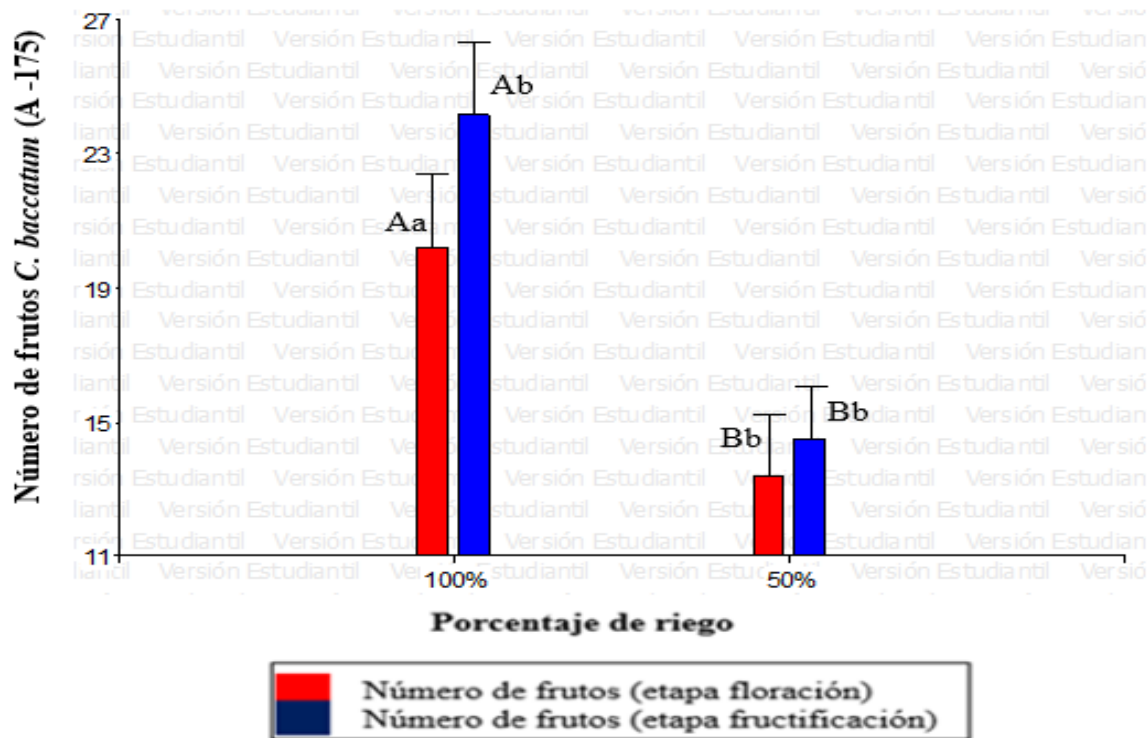
Gráfica N.º05: Comparación en floración y fructificación, mediante análisis post – ANVA (Tukey) para el número de frutos *C. annuum* (A-179), a sometidas a dos niveles de estrés hídrico: optimo (100%) y estrés por déficit hídrico (50%), en condiciones de invernadero

En la gráfica 5, se observa que el número de frutos en (floración) para *C. annuum* (A-179), mediante el análisis post- ANVA (Tukey) se determinó para dos niveles de riego: optimo (100%) y estrés por déficit hídrico (50%), se observaron que no existen diferencia estadística, con un nivel de confianza de 95%.

La comparación para el número de frutos a nivel de riego optimo (100%), en (floración y fructificación), con el análisis post – ANVA (Tukey) se determinó que existen diferencia estadística, con nivel de significancia de 95%-

Para el número de flores de *C. annuum* (A-179), en (fructificación) mediante el análisis en post – ANVA (Tukey) se determinó para dos niveles de riego: optimo (100%) y estrés por déficit hídrico (50%), se observaron que no existen diferencia estadística, con un nivel de confianza de 95%.

La comparación para el número de flores a nivel de riego (50%), en (floración y fructificación), con el análisis post – ANVA (Tukey) se determinó que existen diferencia estadística, con nivel de significancia de 95%.



Gráfica N.º06: Comparación en floración y fructificación, mediante análisis post – ANVA (Tukey) para el número de frutos *C. baccatum* (A-175), sometidos a dos niveles de riego: optimo (100%) y estrés por déficit hídrico (50%), en condiciones de invernadero.

En la gráfica 6, se observa que el número de frutos en (floración) para *C. baccatum* (A-175), mediante el análisis post- ANVA (Tukey) se determinó para dos niveles de riego a estrés hídrico, se observaron que existen diferencia estadística, con un nivel de confianza de 95%.

La comparación para el número de frutos a nivel de riego óptimo (100%), en (floración y fructificación), con el análisis post – ANVA (Tukey) se determinó que existen diferencia estadística, con nivel de significancia de 95%-

Para el número de frutos de *C. baccatum* (A-175), en (fructificación) mediante el análisis en post – ANVA (Tukey) se determinó para dos niveles de riego: óptimo (100% y estrés por déficit hídrico (50%) a estrés hídrico, se observaron que existen diferencia estadística, con un nivel de confianza de 95%.

La comparación para el número de flores a nivel de riego (50%), en (floración y fructificación) con el análisis post – ANVA (Tukey) se determinó que no existen diferencia estadística, con nivel de significancia de 95%.

10.1.4. Descripción de análisis estadístico

Los datos obtenidos se sometieron a análisis de varianza (ANVA), con nivel de confianza de 95% y para comparación de medias entre los tratamientos, se empleó la prueba de Tukey con $\alpha = 0.05$ de probabilidad de error. Para ello se utilizó un programa estadístico InfoStat (Di Rienzo et al., 2008).

10.2. Discusión de resultados

10.2.1. Análisis de altura de la planta

Como se observa, un riego del 50% afecta el parámetro de altura en las etapa vegetativa y prefloración en estudio, estos resultados se asemejan a un trabajo realizado por Tilen et al. (2020), en pimentón en condiciones de invernadero, en donde se aplicó dos niveles de riego (50% y 90%), entre los resultados que obtuvo, que él un nivel de riego del 50%, afectó el crecimiento y desarrollo un 25%, repercutiendo en rendimiento.

El trabajo realizado por Sabino et al. (2021), en donde evaluó la respuesta del *Capsicum* sp a diferentes niveles de riego de (58%, 78%), en condiciones de campo abierto, en donde obtuvo un resultado negativo en altura (cm) un 13%, con un nivel de riego de 58%, esta reducción fue significativo. Además, el mismo autor señala que la conductancia estomática varió de 724 a 887 mmols/m² respectivamente, esto señala que el estrés disminuye la actividad estomática. Además (Okunlola et al., 2017), afirma que la falta de agua es una de las limitaciones de suma importancia en crecimiento y desarrollo de la planta.

La reducción de altura en *C. baccatum* (A-175), en etapa vegetativa y prefloración, fue de un 9.5% y 13.3% respectivamente, a un nivel de riego de 50%, mientras que, en los estudios realizados por Alejandra et al. (2022) y Sabino et al. (2021), donde estos autores trabajaron en ají escabeche con el nivel de riego (50%, 58%), en donde coincidieron en su conclusión que una restricción de agua de esta magnitud afecta de forma significativo en crecimiento y el desarrollo un 20%. Así también Kachout et al. (2021), menciona, que el estrés hídrico en parámetros fisiológicas es más sensible que los parámetros morfológicos. A consecuencia, al estrés hídrico Moreno. (2009) y Sabino et al. (2021), mencionan que a medida que disminuye el agua de riego, la transpiración disminuye en las plantas, esto generan una respuesta fisiológico, anatómico, celular y molecular, a ciertas modificaciones en crecimiento y desarrollo metabólico al estrés hídrico

Los efectos del déficit hídrico se presentan generalmente como inhibición de la proliferación y expansión celular, reducción en el tamaño de la hoja, reducción en el

tamaño del tallo, resultando sobre todo en un efecto negativo sobre la acumulación de la biomasa aérea y radicular de la planta (Escalante-Magaña et al., 2019).

10.2.2. Análisis morfológico en etapa prefloración

Ebrahimi et al. (2021), afirma que el estrés hídrico severo reduce significativamente la absorción de macronutriente y micronutrientes la cual reduce la actividad metabólica y enzimática en los brotes y las raíces, la cual repercute en la poca emisión de flores. Por tanto, se puede decir que el número de botón floral obtenidos en *C. annuum* (A-179) y *baccatum* (A-175), presenta una disminución de 43.03%, a un nivel de riego de 50%. Mientras que, en los estudios realizados por Yenni et al. (2022), en dos especies de *C. baccatum* y *C. annuum*, en donde aplico un régimen de riego de (50%,75% ,100%) en condiciones de invernadero; dentro de los parámetros evaluados como la floración, encontró una reducción de 35% a un nivel de riego de 50%. Esta diferencia de disminución que obtuvo el autor, y que se ha encontrado, se deberá al manejo. Además, la reducción de agua desde de su estado vegetativa, afecta en las etapas siguientes (Ricárdez et al., 2021). De igual manera Okunlola et al., (2017), afirma que un sequia severo induce una reducción significativa en la etapa floración.

Según Jaimez et al. (2000); Dagdelen et al., (2004); Costa y Gianquinto. (2002); widuri et al., (2020), en donde estos autores coinciden que la baja disponibilidad de agua en antes de floración, reduce el número de flores la cual reduce el rendimiento esperado.

El nivel más crítico de ajíes, son las etapas de prefloración, floración, fructificación, en estas etapas reducir el nivel de agua, hace un daño irreversible. Por lo que es, los eco tipos de ajíes, no tolera un estrés severo. Por ello, Widuri et al. (2022), afirma que la falta de agua afecta de forma negativa en la morfología y la fotosíntesis, la cual genera un aborto floral.

10.2.3. Análisis en floración y fructificación

El estrés por falta de agua altera procesos celulares que modifican la fisiología y bioquímica, esto resulta en reducción del rendimiento de los cultivos (Rios et al., 2020). Ciertamente, que el nivel de riego aplicado en *C. annuum* (A-179) y *C. baccatum* (A-175), tuvo un efecto negativo en número de flores, en etapa floración y fructificación,

de un 7.95%, 6.26% y 3.57%, 6.86% respectivamente. En un estudio realizado para analizar respuesta fisiológica en (*C. annum*, *C. baccatum* Y *C. frutescenc*) en diferentes riegos (75% a 50%), en donde llegaron que una reducción de riego disminuye obtención de número de flores, la cual afecta el rendimiento, además hubo grandes diferencias entre los tratamientos en LWP, CWSI, una respuesta a los diferentes niveles de riego (Sezen & Tekin, 2019).

La reducción de numero de frutos en (*C. annum*, *C. baccatum*), fue de un 8.69%, 20.83%, y 34. 42%. 40.62% respectivamente en dos etapas (floración y fructificación). Por tanto, un estudio realizado por Sabino et al, (2021), en donde evaluó la respuesta del *Capsicum* sp a diferentes niveles de riego de (58%, 78%), en condiciones de campo abierto, en donde obtuvo un rendimiento de 12.9 y 13.9 t/h. Además, Guerreo et al. (2020), en donde menciona que el crecimiento y la floración son muy vulnerables a factores del estrés hídrico. De igual manera Wu et al. (2022) afirma que el anegamiento de agua genera el aborto floral de forma considerable, por tanto, una disminución del rendimiento.

La planta de *Capsicum* sp sometidos a estrés hídrico, en las etapas 1 y 2 indujo en un retraso en la, maduración de la fruta, las tensiones agudas de agua, los compuestos bioactivos desempeñan un papel clave en ajuste osmótico de la planta (Carlos et al., 2022). Según Hirayama y Shinozaki. (2010), menciona a consecuencia de estos genes que se expresa en contra de restricciones hídricas, la recuperación de turgencia foliar y actividad fotosintética se normaliza después de 24 horas de haber realizado el riego, por ello los *Capsicum* tiene la capacidad de recuperar su actividad fisiológica sin restringir su productividad.

XI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.1. Conclusiones

Según los resultados obtenidos bajo condiciones del presente estudio se concluye.

- Los almácigos realizados de dos accesiones de *C. baccatum* (A- 179) y *C. annuum* (A- 175) a estrés hídrico, bajo condiciones de invernadero, tuvo un efecto positivo en germinación y crecimiento vegetativo hasta su trasplante. Además, permitió todo el ciclo fenológico finalice con éxito.
- Las instalaciones del sistema de riego y juntamente con el tensiómetro, permitió regar bajo dos niveles de riego: optimo (100%) y estrés por déficit hídrico (50%)
- La influencia de un riego de 50%, influye de forma negativa en todas las etapas fenológicas de las dos accesiones de ajíes.
- Las dos accesiones de ajíes, sometidos a estrés hídrico, no tolera un estrés hídrico severo de un riego de un 50%, la cual afecta la parte morfológica como: altura (cm), numero de botón floral, flores y frutos.

11.2. Recomendaciones

- Realizar mayores estudios posibles en diferentes niveles de riego.
- Las accesiones se deben probar con un nivel de riego, que no sea el estrés severo, para obtener las mayores características morfológicas posibles
- Realizar trabajos en expresión de genes para dar mayor explicación a dos niveles de riego a tolerancia al estrés hídrico.

XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, P., Tachiquín, M. R., Graciela, M., Munive, R., & Olivera, B. P. (2014). PCR en tiempo real. Herramientas moleculares aplicadas en ecología: aspectos teóricos y prácticos, 175-202.
- Agrolík. (2021). Exportación de ajíes y pimientos se recuperaría el 2021. <https://www.adexperu.org.pe/notadeprensa/exportacion-de-ajies-y-pimientos-se-recuperaria-el-2021/>
- Quilachamín Angos, C. F. (2022). Efecto de dos métodos de aplicación de agua de riego por goteo sobre los componentes del rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) variedad *Pepa en el CADET* (Bachelor's thesis, Quito: UCE).
- Aliaga Camarena, J. C. (2019). Caracterización y sostenibilidad del ají supano (*Capsicum chinense Jacq.*) en la cuenca baja del río Supe, Lima.
- Alcántara Maguiña, J. I. (2021). Manejo agronómico del cultivo de Ají Páprika (*Capsicum annum L.*) en el Valle del Santa-Ancash
- Alonso López, F., Contreras París, J. I., & Baeza Cano, R. (2016). Comparación de la gestión del riego automatizado con tensiómetros frente a la estimación de la evapotranspiración en cultivos hortícolas bajo invernadero. In *XXXIV Congreso Nacional de Riegos, Sevilla 2016*. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola
- Agliassa, C., Mannino, G., Molino, D., Cavalletto, S., Contartese, V., Berteá, CM, & Secchi, F. (2021). Un nuevo bioestimulante a base de hidrolizado de proteínas aplicado mediante fertirrigación promueve el alivio del estrés por sequía en *Capsicum annum L.* *Plant Physiology and Biochemistry* , 166 , 1076-1086.
- Baade, J., & Hesse, R. (2008). An overlooked sediment trap in arid environments: ancient irrigation agriculture in the coastal desert of Peru. *IAHS publication*, 325, 375.
- Bray, E.A., Bailey-Serres, J. and Weretilnyk, E. (2000). Responses to abiotic stresses. In: Grissem W, Buchannan B, Jones R, eds. *Biochemistry and molecular biology of plants*. Rockville, MD: American Society of Plant Physiologists. 1158–1203.

- Baek, Woonhee, Sohee Lim, y Sung Chul Lee. (2016). «Identification and Functional Characterization of the Pepper CaDRT1 Gene Involved in the ABA-Mediated Drought Stress Response». *Plant Molecular Biology* 91(1):149-60.
- Brunner, A. M., Yakovlev, I. A., & Strauss, S. H. (2004). Validating internal controls for quantitative plant gene expression studies. *BMC plant biology*, 4(1), 14.
- Cárdenas-Manríquez, G., Vega-Muñoz, I., Villagómez-Aranda, A. L., León-Galvan, M. F., Cruz-Hernandez, A., Torres-Pacheco, I., Guevara-González, R. G. (2016). Proteomic and metabolomic profiles in transgenic tobacco (*N. tabacum xanthi nc*) to CchGLP from *Capsicum chinense* BG-3821 resistant to biotic and abiotic stresses. *Environmental and experimental botany*, 130, 33-41.
- Costa, L. Dalla, y G. Gianquinto. (2002). «Water Stress and Watertable Depth Influence Yield, Water Use Efficiency, and Nitrogen Recovery in Bell Pepper: Lysimeter Studies». *Australian Journal of Agricultural Research* 53(2):201-10. doi: 10.1071/ar00133.
- Castillo Cáceres, A. (2019). Evaluación agronómica de ajíes promisorios de la colección de germoplasma de *Capsicum* del Programa de Hortalizas de la UNALM.
- Chiou, K. L., Hastorf, C. A., Bonavia, D., & Dillehay, T. D. (2014). Documenting cultural selection pressure changes on chile pepper (*Capsicum baccatum* L.) seed size through time in Coastal Peru (7,600 BP–Present). *Economic Botany*, 68(2), 190-202.
- Dagdelen, N., E. Yilmaz, F. Sezgin, y T. Gurbuz. 2004. «Effects of Water Stress at Different Growth Stages on Processing Pepper(*Capsicum Annum* Cv. Kapija) Yield Water Use and Quality Characteristics». *Pakistan Journal of Biological Sciences* (Pakistan).
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. (2008). *InfoStat*, versión (2008), Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Escalante-Magaña, C., Aguilar-Caamal, L. F., Echevarría-Machado, I., Medina-Lara, F., Cach, L. S., & Martínez-Estévez, M. (2019). Contribution of Glycine Betaine and Proline to Water Deficit Tolerance in Pepper Plants. *HortScience*, 54(6), 1044-1054.

- Espinoza paralta, Diana Isabel Espinoza. (2017). «“Caracterización Morfológica De Ajíes De La Costa Del Perú”». *Universidad Nacional Agraria La Molina* 125.
- Ebrahimi, Fatemeh, Amin Salehi, Mohsen Movahedi Dehnavi, Amin Mirshekari, Mohammad Hamidian, y Saeid Hazrati. (2021). «Biochemical response and nutrient uptake of two arbuscular mycorrhiza-inoculated chamomile varieties under different osmotic stresses». *Botanical Studies* 62(1):22. doi: 10.1186/s40529-021-00328-3.
- Eshbaugh, WH. (1993). History and exploitation of a serendipitous new crop Discovery. In: J. Janick and F.E. Simon (eds.). *New crops* (p. 132-139). New York, United States.
- Fernández, M. D., Thompson, R. B., Bonachela, S., Gallardo, M., & Granados, M. R. (2012). Uso del agua de riego en los cultivos de invernadero. *Cuadernos de Estudios Agroalimentarios (CEA)*, (3), 115-138.
- Jaimez, R. E., O. Vielma, F. Rada, y C. García-Núñez. (2000). «Effects of Water Deficit on the Dynamics of Flowering and Fruit Production in *Capsicum Chinense* Jacq in a Tropical Semiarid Region of Venezuela». *Journal of Agronomy and Crop Science* 185(2):113-19. doi: 10.1046/j.1439-037x.2000.00414x.
- Jarrett, C. (2019). *The social life of guayusa from amazonian ecuador: an examination of livelihoods, landscapes, and politics* (Doctoral dissertation, The University of Texas at San Antonio).
- Kachout, S. Sai, S. BenYoussef, A. Ennajah, S. Abidi, y A. Zoghlami. (2021). «Physiological and morphological traits associated with germinative and reproductive stage of garden orache (*A. hortensis* L. var. *rubra*) under water stress». *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 8(1):26. doi: 10.1186/s40538-021-00218-7.
- Okunlola, Gideon Olarewaju, Olusanya Abiodun Olatunji, Richard Olutayo Akinwale, Akash Tariq, y Adekunle Ajayi Adelusi. (2017). «Physiological Response of the Three Most Cultivated Pepper Species (*Capsicum* Spp.) in Africa to Drought Stress Imposed at Three Stages of Growth and Development». *Scientia Horticulturae* 224:198-205. doi: 10.1016/j.scienta.2017.06.020.
- FAOSTAT (2020) <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> (Accesado el 22 de junio del 2020).

- George, KJ, Malik, N., Vijesh Kumar, IP y Krishnamurthy, KS (2017). Análisis de expresión génica en pimienta negra (*Piper nigrum* L.) tolerante y susceptible a la sequía en respuesta al estrés por déficit hídrico. *Acta fisiologiae plantarum* , 39 (4), 1-9.
- Grzesiak, Stanisław. 2015. 10th International Conference, Plant Functioning Under Environmental Stress, September 16-19, (2015), Cracow, Poland. *Acta Physiologiae Plantarum* 38(1):17.
- González-Dugo, V., Orgaz, F., Fereres, E.,(2007). Responses of pepper to deficit irrigation for paprika production. *Sci. Hortic. Amsterdam* 114, 77–82. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.05.014>.
- Guo, M., Yin, Y. X., Ji, J. J., Ma, B. P., Lu, M. H., & Gong, Z. H. (2014). Cloning and expression analysis of heat-shock transcription factor gene CaHsfA2 from pepper (*Capsicum annuum* L.). *Genet. Mol. Res*, 13, 1865-1875.
- Hirayama, T. y Shinozaki, K. (2010). Investigación sobre las respuestas al estrés abiótico de las plantas en la era posterior al genoma: pasado, presente y futuro. *The Plant Journal* , 61 (6), 1041-1052.
- Jarret, R. L. (2008). DNA barcoding in a crop genebank: the *Capsicum annuum* species complex. *The Open Biology Journal*, 1(1), 35-42.
- Khan, Abid, Ru-Jian Li, Jian-Tian Sun, Fang Ma, Huai-Xia Zhang, Jing-Hao Jin, Muhammad Ali, Saeed ul Haq, Jun-E. Wang, y Zhen-Hui Gong. 2018. «Genome-wide analysis of dirigent gene family in pepper (*Capsicum annuum* L.) and characterization of CaDIR7 in biotic and abiotic stresses». *Scientific Reports* 8.
- Kremer, C., Parada, F., & Seguel, O. (2020). Eficiencia del uso del agua transpirada (w) y normalizada (kDa) en plantas jóvenes de *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.), en la región de Coquimbo, Chile. *Idesia (Arica)*, 38(4), 65-72.
- León Carrasco, L. G. (2020). Capacitación y control del personal en el área de housekeeping para una gestión de calidad del Miraflores Park Hotel
- Libreros, D., M. van Zonneveld, M. P9tZ, SW Meckelmann, L. Rios, K. Pena, K. Avaya, y ZM Ramirez. 2013. «Catálogo de ajíes (*Capsicum* spp.) peruanos promisorios

conservados en el banco de semillas del INIA - Perú». *peruanos promisorios conservados en el banco de semillas del INIA - Peru* 5.

Liu, X., Zhang, X., Sun, B., Hao, L., Liu, C., Zhang, D., Xie, X. (2019). Genome-wide identification and comparative analysis of drought-related microRNAs in two maize inbred lines with contrasting drought tolerance by deep sequencing. *PloS one*, 14(7).

Liu, S., Yang, R. (2020). Regulations of reactive oxygen species in plants abiotic stress: an integrated overview. In *Plant Life Under Changing Environment* (pp. 323-353). Academic Press.

Livak KJ, Schmittgen TD. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the $2^{-\Delta\Delta C(T)}$ Method. *Methods*. (2001);25(4):402–8.

Luna-Flores, W., Estrada-Medina, H., Jiménez-Osornio, J. J. M., & Pinzón-López, L. L. (2012). Efecto del estrés hídrico sobre el crecimiento y eficiencia del uso del agua en plántulas de tres especies arbóreas caducifolias. *Terra Latinoamericana*, 30(4), 343-353.

Malika, L. Y., Deshabandu, K. T., De Costa, W. J. M., Ekanayake, S., Herath, S., & Weerakoon, W. W. (2019). Physiological traits determining tolerance to intermittent drought in the *Capsicum annum* complex. *Scientia horticulturae*, 246, 21-33.

Maroto, J. (2000). *Elementos de horticultura general*. 2 ed. Madrid, España. Editorial Mundi-Prensa.

Meena, M., Divyanshu, K., Kumar, S., Swapnil, P., Zehra, A., Shukla, V., ... y Upadhyay, RS (2019). Regulación de la biosíntesis de L-prolina, transducción de señales, transporte, acumulación y su papel vital en las plantas durante condiciones ambientales variables. *Heliyon*, 5 (12), e02952.

MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). (2017). Plan de desarrollo sostenible de las especies del género *Capsicum* 2018-2028, Pimientos y ajíes. Monografía.

- Nicho, s. p. (2004). Cultivo de Ají Escabeche. INIA PNI-Hortalizas. 12 p. Lima-Perú. (Consulta: 24 de julio del 2011). Disponible en: <http://www.inia.gob.pe/SIT/consPR/adjuntos/890.pdf>
- Nuez, F.; Gil, R.; Costa, J. (1996). El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Madrid, España, Editorial Mundi-Prensa.
- Ortiz, R.; Delgado, F.; Alvarado, G.; Crossa, J. (2010). Classifying vegetable genetic resources: a case study with domesticated *Capsicum* spp. *Scientia Horticulturae*, 126 (2): 186-191.
- Penella, C., Calatayud, A. (2018). Pepper crop under climate change: Grafting as an environmental friendly strategy. *Climate Resilient Agriculture: Strategies and Perspectives*. IntechOpen, London, 129-155.
- Perry, L., Dickau, R., Zarrillo, S., Holst, I., Pearsall, D. M., Piperno, D. R., Raymond, J. S. (2007). Starch fossils and the domestication and dispersal of chili peppers (*Capsicum* spp. L.) in the Americas. *Science*, 315(5814), 986-988.
- Pomacaruha H. A. R. (2017). Pérdida de peso en frutos de seis híbridos de pimiento tipo ancho (*Capsicum annum* L.) bajo las condiciones de Casma. Tesis para obtener el título de Ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Pretty, J., Sutherland, WJ, Ashby, J., Auburn, J., Baulcombe, D., Bell, M., ... y Pilgrim, S. (2010). Las 100 preguntas principales de importancia para el futuro de la agricultura mundial. *Revista internacional de sustentabilidad agrícola*, 8 (4), 219-236.
- Quispe Jacobo, F., Marcelo, M., Chanamé, J., Bederski, S., & Sanchez, L. (2019). Caracterización Agro-Morfológica y Químico-Nutricional de Cinco Ajíes Promisorios del INIA-PERÚ
- Quispe Jacobo, F., Rojas, R., Patel, K., Ruíz, C., Calderón, R., Ascencios, E., & Marcelo, M. (2016). Ajíes Nativos Peruanos-Characterización Agro-morfológica, químico-nutricional y sensorial.

- Rodríguez-Calzada, T., Qian, M., Strid, Å., Neugart, S., Schreiner, M., Torres-Pacheco, I., & Guevara-González, R. G. (2019). Effect of UV-B radiation on morphology, phenolic compound production, gene expression, and subsequent drought stress responses in chili pepper (*Capsicum annuum* L.). *Plant Physiology and Biochemistry*, 134, 94-102.
- Rozen S, Skaletsky HJ. Primer3 [Internet]. Vol. 3, Bioinformatics Methods and Protocols Methods in Molecular Biology. (1998). p. 1–41. Available from: http://www-genome.wi.mit.edu/genome_software/other/primer3.html.
- Romero S (2017). Manejo técnico de accesiones de ají (*Capsicum* spp) en el Centro de Innovación e Investigación de Villa Carmen Municipio de Yotala. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación* 14-15: 869-876
- Rojas, R.; Patel, K.; Ruiz, C.; Calderón, R.; Asencios, E.; Quispe, F.; Marcelo, M. (2016). Ajíes nativos peruanos: Caracterización agro-morfológica, químico-nutricional y sensorial. Primera edición. Lima, Perú, Universidad Peruana Cayetano Heredia.
- Sahitya, U. L., Krishna, M. S. R., & Suneetha, P. (2019). Integrated approaches to study the drought tolerance mechanism in hot pepper (*Capsicum annuum* L.). *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 25(3), 637-647.
- Sabino-López, J. E., García-Escamilla, P., Espinosa-Rodríguez, M., Durán-Trujillo, Y., Talavera-Mendoza, O., & Hernández-Castro, E. (2021). First report of *Polyphagotarsonemus latus* (banks) in apaxtleco chili (*Capsicum annuum* L.) cultivated in greenhouse. *Agro Productividad*, 14(2).
- Sánchez del Castillo, F., Moreno-Pérez, E. C., Reséndiz-Melgar, R. C., Colinas-León, M. T., & Rodríguez Pérez, J. E. (2017). Producción de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) en ciclos cortos. *Agrociencia*, 51(4), 437-446.
- Sezen, SM, Yazar, A. y Tekin, S. (2019). Respuesta fisiológica del pimiento rojo a diferentes regímenes de riego por goteo en la región mediterránea de Turquía. *Scientia Horticulturae* , 245 , 280-288

- Soto-Bravo, F., & González-Lutz, M. I. (2019). Análisis de métodos estadísticos para evaluar el desempeño de modelos de simulación en cultivos hortícolas. *Agronomía Mesoamericana*, 30(2), 517-534.
- Sharma, A., Kumar, V., Shahzad, B., Ramakrishnan, M., Singh Sidhu, GP, Bali, AS, ... y Zheng, B. (2020). Respuesta fotosintética de plantas bajo diferentes estreses abióticos: una revisión. *Revista de Regulación del Crecimiento Vegetal* , 39 (2), 509-531.
- Stankus, A. (2021). Estado de la acuicultura mundial 2020 y revisiones regionales: serie de seminarios web de la FAO. *Boletín informativo de acuicultura de la FAO* , (63), 17-18.
- Ugás, R.; Siura S.; Delgado, F.; Casas, A.; Toledo, J. (2000). Cultivos Hortícolas Datos Básicos. Programa de Investigación en Hortalizas UNALM, Lima, Perú.
- Valverde-Otárola, JC, & Arias, D. (2020). Efectos del estrés hídrico en crecimiento y desarrollo fisiológico de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. *Colombia forestal* , 23 (1), 20-34.
- Valverde, J. C., Arias-Aguilar, D., Montero-Zeledón, E., & Gutiérrez-Fallas, D. (2021). Fluorescencia, reflectancia y respuesta fisiológica al estrés hídrico en plántulas de *Gmelina arborea* Roxb. *Uniciencia*, 35(1), 320-334.
- Van Zonneveld, M., Ramirez, M., Williams, D. E., Petz, M., Meckelmann, S., Avila, T., Libreros, D. (2015). Screening genetic resources of *Capsicum* peppers in their primary center of diversity in Bolivia and Peru. *PLoS One*, 10(9)
- Velasco-Belalcázar, M. L., Hernández-Medina, C. A., Gómez-López, E. D., Torres-Gonzales, C., & Caro-Hernández, P. A. (2019). Bacterias endófitas de *Capsicum frutescens* antagonicas a *Fusarium* spp. *Agronomía Mesoamericana*, 30(2), 367-380.
- Yagüe, J. L. F. (2003). *Técnicas de riego*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. YA
- Yenni, MHI, Nulit, R. y Sakimin, SZ (2022). Influencia del estrés por sequía en el crecimiento, los cambios bioquímicos y el intercambio gaseoso de la hoja de fresa (< i>

Fragaria × ananassa Duch.) en Indonesia. *Revista: AIMS Agricultura y Alimentación* , (1), 37-60.

Yildizli, A., Çevik, S. y Ünyayar, S. (2018). Efectos del mioinositol exógeno sobre el estado hídrico de las hojas y el estrés oxidativo de *Capsicum annuum* bajo estrés por sequía. *Acta Physiologiae Plantarum* , 40 (6), 1-10.

Widuri, Laily Ilman, Benyamin Lakitan, Jyunichi Sakagami, Shin Yabuta, Kartika Kartika, y Erna Siaga. (2020). «Short-Term Drought Exposure Decelerated Growth and Photosynthetic Activities in Chili Pepper (*Capsicum Annuum* L)». *Annals of Agricultural Sciences* 65(2):149-58. doi: 10.1016/j.aoas.2020.09.002.

Zamljen, Tilen, Vesna Zupanc, y Ana Slatnar. (2020). «Influence of Irrigation on Yield and Primary and Secondary Metabolites in Two Chilies Species, *Capsicum Annuum* L. and *Capsicum Chinense* Jacq». *Agricultural Water Management* 234:106104. doi: 10.1016/j.agwat.2020.106104.

Zhang, Chenghao, Wenqi Dong, Zong-An Huang, MyeongCheoul Cho, Qingcang Yu, Chuanyu Wu, y Chenliang Yu. (2018). «Genome-Wide Identification and Expression Analysis of the CaLAX and CaPIN Gene Families in Pepper (*Capsicum Annuum* L.) under Various Abiotic Stresses and Hormone Treatments». *Genome* 61(2):121-30.

XIII. ANEXOS



Foto N.º02: Revisión morfológica y el riego de las dos accesiones de ají (*C. annuum* y *baccatum*), en EEA- DONOSO INIA - Huaral.



Foto N.º01: Reconocimiento de casa malla en EEA – DONOSO INIA – Huaral, para desarrollo de las actividades del trabajo de investigación. 05 /11/ 2020.



Foto N.º04: Limpieza y acondicionamiento, con una manta polietileno dentro de la casa malla, para la instalación del trabajo de investigación en EEA – DONOSO INIA – Huaral. 25/11/2020



Foto N.º03: Elaboración del sustrato de una proporción de 1:1, y el mezcla del sustrato. 27/11/2020.



Foto N.º06: Selección de plántulas más vigorosas por parte de la asesora, el Ing. Mavel Marcelo Salvador. 27/11/2020.



Foto N.º05: Preparación del desinfectante a base de sulfato de cobre de 50 ml en 50 lt de agua. 27/11/2020



Foto N°07: Desinfección de plántulas, de dos accesiones de ají *C annuum* (A-179) y *baccatum* (A-175), por un periodo de tiempo de 3 minutos. 27/11/2020.



Foto N°08: Trasplante de plántulas, de dos accesiones de ají *C annuum* (A-179) y *baccatum* (A-175), en las macetas. 27/11/2020



Foto N.º09: Riego pesado, después del trasplante a las dos accesiones de ajés. 27/11/2020



Foto N.º10: Instalación del sistema de riego por goteo, para un nivel de riego de 50% y 100%.
03/12/2020



Foto N.º12: Evaluación de la uniformidad del riego, y verificación de las plántulas trasplantadas de algunos síntomas de mortalidad. 14/12/2020



Foto N.º11: Plantas de ajíes, después de 20 días de haber realizado el trasplante, con su sistema de riego respectivo.



Foto N.º14: Plantas de ajíes (*C. annuum*, *baccatum*), con su tensiómetro respectivo, para medir la humedad del suelo.

Fecha	<i>C. annuum</i> con un de nivel de riego		<i>C. baccatum</i> con un de nivel de riego	
	100%	50%	100%	50%
5/01/2021	26	22	11	20
11/01/2021	19	45	15	39
15/01/2021	20	35	18	30
18/01/2021	18	50	20	45
22/01/2021	25	48	26	47
26/01/2021	10	37	15	40
29/01/2021	18	51	20	53
5/02/2021	18	53	35	56
12/02/2021	27	52	38	60
19/02/2021	27	52	35	55
1/03/2021	35	55	30	62
5/03/2021	25	50	25	55
9/03/2021	30	55	26	55
12/03/2021	22	48	20	45
19/03/2021	25	50	30	55
22/03/2021	20	43	19	45

Foto N.º13: Registro de las lecturas del tensiómetro a diferentes niveles de riego aplicado