

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMA**

**TESIS PARA OBTENER  
EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA AGRÓNOMA**

**EFECTO DEL ESTRÉS HÍDRICO EN LAS  
CARACTERÍSTICAS MORFO-FISIOLÓGICAS DE  
CUATRO ACCESIONES DE *Phaseolus vulgaris* L. EN  
CONDICIONES DE INVERNADERO.**

**Autora: Bach. Anlly Santillan Huaman  
Asesora: Ph. D. Ligia Magali García Rosero  
Co - Asesor: Ms. Jheiner Vásquez García**

**Registro: (.....)**

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2024**

## **DEDICATORIA**

La presente investigación dedico a Dios, por brindarme fuerza, coraje y sabiduría en aquellos momentos de dificultad durante el proceso de formación profesional. A mis queridos padres Augusto Santillan – María Huaman y mis hermanos por ser mi motivación e inspiración para seguir adelante, a mis familiares y amigos, quienes sumaron para cumplir con una de mis metas.

Anlly Santillan Huaman

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por darme vida y salud, guiarme por un buen camino, por darme fortaleza en los momentos difíciles para poder cumplir con mis metas trazadas.

A mi familia, por el apoyo incondicional en toda la etapa estudiantil.

A la prestigiosa Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas por ser mi centro de saberes donde alcancé mis conocimientos y un agradecimiento especial a la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, a los grandes docentes que han sumado para mi formación profesional.

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), en especial consideración al proyecto PROAGROBIO, Mg Nuri Carito Vilca Valqui e ing José Jesús Tejada Alvarado por el gran apoyo durante la ejecución de este proyecto de investigación.

A mis asesores, Dra. Ligia Magali García Rosero y Dr. Jheiner Vásquez García por el apoyo en la redacción del informe.

Anlly Santillan Huaman

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ  
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Ph.D. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA

**RECTOR**

Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES

**VICERRECTOR ACADÉMICO**

Dra. MARÍA NELLY LUJÁN ESPINOZA

**VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN**

Dr. ERICK ALDO AUQUIÑIVÍN SILVA

**DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS**

## VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

### ANEXO 3-L

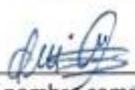
#### VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo ( ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Efecto del estrés hídrico en las características morfo-fisiológicas de cuatro accesiones de Phaseolus vulgaris L. en condiciones de invernadero; del egresado Anlly Santillan Huaman de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 8 de Julio de 2024



  
Firma y nombre completo del Asesor  
Ligio Megali García Rosero, PhD.

## VISTO BUENO DEL CO-ASESOR DE LA TESIS



### ANEXO 3-L

#### VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo ( ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Efecto del estrés hídrico en las características morfo-Fisiológicas de cuatro accesiones de Phaseolus vulgaris L. en condiciones de invernadero del egresado Anlly Santillan Huanan de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.



Chachapoyas, 8 de Julio de 2024

Firma y nombre completo del Asesor

Ms Theiner Vasquez Garcia

## JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



---

**Dr. Jorge Alberto Condori Apfata**  
**PRESIDENTE**



---

**Ph. D. Santos Triunfo Leiva Espinoza**  
**SECRETARIO**



---

**Dra. Lizette Daniana Mendez Fasabi**  
**VOCAL**

# CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

## ANEXO 3-Q

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

Efecto del estrés hídrico en las características morfo-fisiológicas  
de cuatro accesiones de Phaseolus vulgaris L en condiciones de invernadero

presentada por el estudiante ( ) egresado (x) Anlly Santillan Huaman

de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma

con correo electrónico institucional 7642976171@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

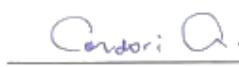
- La citada Tesis tiene 18 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (x) / igual ( ) al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- La citada Tesis tiene \_\_\_\_\_ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 06 de Septiembre del 2024

  
SECRETARIO

  
VOCAL

  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

.....  
.....

## REPORTE TURNITIN

### EFFECTO DEL ESTRÉS HÍDRICO EN LAS CARACTERÍSTICAS MORFO-FISIOLÓGICAS DE CUATRO ACCESIONES DE *Phaseolus vulgaris* L. EN CONDICIONES DE INVERNADERO

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>18%</b>	<b>15%</b>	<b>4%</b>	<b>9%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>7%</b>
<b>2</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas</b> Trabajo del estudiante	<b>3%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.untrm.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to uncedu</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>colposdigital.colpos.mx:8080</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.undac.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.unap.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>Luis Gusqui, César Huisha, Miguel Romero, Edison Bermúdez. "INFLUENCIA DE TRES</b>	<b>&lt;1%</b>

Dr. *César A. Jorge Alberto Condosi Apata*

# ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



**UNTRM**

**REGLAMENTO GENERAL**  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

## ANEXO 3-S

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 19 de Septiembre del año 2024 siendo las 16:00 horas, el aspirante: Anlly Santillan Huaman, asesorado por Ph.D. Ligia Magali García Rosero defiende en sesión pública presencial () / a distancia ( ) la Tesis titulada: Efecto del estrés hídrico en las características morfo-fisiológicas de cuatro accesiones de Phaseolus vulgaris L. en condiciones de invernadero para obtener el Título Profesional de Ingeniera Agrónoma, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: D.Sc Jorge Alberto Condori Apata

Secretario: Ph.D Santos Trunfo Leiva Espinoza

Vocal: D.Sc. Lizette Daniana Méndez Fasabi

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado () por Unanimidad () / Mayoría ( ) Desaprobado ( )

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 17:00 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

  
SECRETARIO

  
VOCAL

  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

.....

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS .....	iv
VISTO BUENO DEL ASESORA DE LA TESIS .....	v
VISTO BUENO DEL CO-ASESOR DE LA TESIS.....	vi
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS.....	vii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TESIS .....	viii
REPORTE TURNITIN .....	ix
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.....	x
ÍNDICE .....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
I. INTRODUCCIÓN .....	17
II. MATERIAL Y MÉTODOS .....	20
2.1. Ubicación del Área de Estudio .....	20
2.1.1. Análisis del suelo .....	20
2.1.2. Población, muestra y muestreo .....	21
2.1.3. Sustratos.....	21
2.1.4. Material de campo .....	22
2.1.5. Material de laboratorio .....	22
2.1.6. Material de escritorio .....	22
2.2. Metodología.....	23
2.2.1. Diseño experimental.....	23
2.2.2. Factores de estudio.....	23
2.2.3. Factor B: Dosis de riego (B) .....	23
2.2.4. Distribución de los tratamientos.....	23
2.2.5. Asignación de tratamientos en la parcela .....	24
2.2.6. Comportamiento agronómico y productivo .....	24
2.2.7. Procedimientos .....	25
2.3. Procesamiento de datos.....	27

<b>III. RESULTADOS</b> .....	28
<b>3.1. Características morfológicas</b> .....	28
<b>3.2. Características fisiológicas</b> .....	48
<b>IV. DISCUSIÓN</b> .....	56
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	59
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	60
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	61

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Atributos del sustrato para el cultivo de las accesiones de frijol.....	21
<b>Tabla 2.</b> Distribución de tratamientos.....	23
<b>Tabla 3.</b> Análisis de varianza (ANOVA) para la altura de planta .....	29
<b>Tabla 4.</b> Análisis de varianza (ANOVA) para el número de flores por planta.....	31
<b>Tabla 5.</b> Análisis de varianza (ANOVA) para el número de vainas por planta.....	34
<b>Tabla 6.</b> Análisis de varianza (ANOVA) para el número de semillas por planta.....	36
<b>Tabla 7.</b> Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento por planta .....	39
<b>Tabla 10.</b> Análisis de varianza (ANOVA) para el área foliar.....	46
<b>Tabla 11.</b> Análisis de varianza (ANOVA) para el contenido relativo de clorofila SPAD.....	49
<b>Tabla 12.</b> Análisis de varianza (ANOVA) para el índice estomático.....	51
<b>Tabla 13.</b> Análisis de varianza (ANOVA) para la densidad estomática.....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del área de experimentación .....	20
Figura 2. Asignación de tratamientos en la parcela.....	24
Figura 3. Altura de planta por accesiones .....	29
Figura 4. Altura de planta por dosis de riego .....	30
Figura 5. Altura de planta obtenidos de las distintas dosis de riego.....	30
Figura 6. Número de flores por accesión .....	32
Figura 7. Número de flores por dosis de riego .....	32
Figura 8. Numero de flores/planta por cada accesión con distintas dosis de riego. ....	33
Figura 9. Número de vainas/planta por accesión .....	34
Figura 10. Número de vainas/planta por dosis de riego .....	35
Figura 11. Numero de vainas/planta por cada accesión con distintas dosis de riego. ....	35
Figura 12. Número de semillas/vaina por accesión.....	37
Figura 13. Número de semillas/vaina por dosis de riego .....	37
Figura 14. Numero de semilla/vaina por cada accesión con distintas dosis de riego.....	38
Figura 15. Rendimiento de planta por accesión .....	39
Figura 16. Rendimiento de planta por dosis de riego.....	40
Figura 17. Rendimiento por planta por cada accesión con distintas dosis de riego .....	40
Figura 18. Biomasa fresca por accesión.....	42
Figura 19. Biomasa fresca por dosis de riego .....	42
Figura 20. Biomasa fresca por cada accesión con distintas dosis de riego .....	43
Figura 21. Biomasa seca por accesión .....	44
Figura 22. Biomasa seca por dosis de riego .....	45
Figura 23. Biomasa seca por cada accesión con distintas dosis de riego .....	45
Figura 24. Área foliar por accesión.....	47
Figura 25. Área foliar por dosis de riego.....	47
Figura 26. Área foliar por cada accesión con distintas dosis de riego .....	48
Figura 27. Contenido relativo de clorofila SPAD por accesión .....	49
Figura 28: Contenido relativo de clorofila SPAD por dosis de riego.....	50
Figura 29. Contenido relativo de clorofila por cada accesión con distintas dosis de riego .....	50
Figura 30. Índice estomático por accesión .....	52
Figura 31. Índice estomático por dosis de riego .....	52
Figura 32. Índice estomático por cada accesión con distintas dosis de riego.....	53
Figura 33. Densidad estomática por accesión .....	54
Figura 34. Densidad estomática por dosis de riego.....	55
Figura 35. Densidad estomática por cada accesión con distintas dosis de riego.....	55

## RESUMEN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) pertenece a la familia Fabaceae, que comprende aproximadamente 150 especies en todo el mundo. El estrés hídrico es una de las principales limitantes para su productividad; sin embargo, se ha estudiado muy poco sobre los efectos de la sequía en el crecimiento y desarrollo de accesiones de frijol que están en proceso de adaptación a las condiciones de la selva peruana. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la respuesta morfológica y fisiológica de cuatro accesiones de frijol (PER1003541, PER1003542, PER1003543, PER1003544) sometidas a diferentes dosis de riego (100%, 50% y 25% de su capacidad de campo). Los resultados mostraron que los factores evaluados influyeron significativamente en los parámetros estudiados, destacándose la accesión PER1003544 por sus mejores características morfológicas y un comportamiento fisiológico superior (PER1003544 SPAD) bajo estrés hídrico severo (25%). Este comportamiento difirió notablemente de las accesiones 1003541 y 1003542, las cuales se vieron afectadas drásticamente al reducir los niveles de riego. En definitiva, estos resultados resaltan la importancia de estudiar accesiones promisorias de *Phaseolus spp.* en la región Amazonas para contribuir a la seguridad alimentaria.

**Palabras claves:** *Phaseolus vulgaris* L, rendimiento, riego.

## ABSTRACT

Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) belong to the Fabaceae family, which comprises approximately 150 species worldwide. Water stress is one of the main limiting factors for its productivity; however, very little has been studied on the effects of drought on the growth and development of bean accessions that are in the process of adapting to Peruvian rainforest conditions. This research aimed to evaluate the morphological and physiological response of four bean accessions (PER1003541, PER1003542, PER1003543, PER1003544) subjected to different irrigation doses (100%, 50% and 25% of their field capacity). The results showed that the factors evaluated had a significant influence on the parameters studied, with accession PER1003544 standing out for its better morphological characteristics and superior physiological behavior (PER1003544 SPAD) under severe water stress (25%). This behavior differed markedly from accessions 1003541 and 1003542, which were drastically affected when irrigation levels were reduced. In short, these results highlight the importance of studying promising *Phaseolus* spp. accessions in the Amazon region to contribute to food security.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L, yield, irrigation.

## I. INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la principal leguminosa de grano cultivada a nivel mundial para consumo humano directo debido al alto valor nutricional de sus semillas y vainas, contiene carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales; el estrés hídrico (estrés por sequía, estrés por anegamiento) es uno de las principales limitantes claves para su producción (Ntukamazina et al.,2017); para contrarrestar esta problemática se vienen realizando diferentes investigaciones, es así Lara et al. (2021) realizaron una investigación teniendo como objetivo evaluar el estrés hídrico bajo condiciones de lluvia en la resistencia horizontal de cuatro accesiones de frijol negro.

En base a esto, es considerado un alimento funcional que se consume ampliamente en las economías en desarrollo, al tiempo que desempeñar servicios ecosistémicos al fijar entre 30 y 251 Kg Ha<sup>-1</sup> de nitrógeno biológico (Devendra et al., 2001; Welch & Graham, 2004). Esto gracias a la simbiosis con las bacterias del género *Rhizobium*, mitigando la deficiencia de nitrógeno, además de solubilizar el fosforo inorgánico en suelos marginados, dando lugar a la producción de leguminosas y otros cultivos asociados e intercalados (Lirio-Paredes et al., 2022).

En el año 2021 a nivel nacional se cultivaron cerca de 214,000 hectáreas de legumbres, logrando una producción de 287,000 toneladas. Este gran aumento en la producción ha favorecido a as de 140,000 familias de agricultores, su producción ha aumentado en un 40%, el frijol, el haba y el tarwi son las leguminosas más producidas en el país.

Vásquez et al (2023) la producción de leguminosas en los últimos años ha mostrado un crecimiento significativo en la región Amazonas y a nivel nacional, mediante el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) se desarrolló variedades de alta calidad genética. En la región Amazonas, principalmente en la producción de frijol grano seco, alcanzando un rendimiento de 6,229 toneladas en 6,802 hectáreas cultivadas, el uso de variedades resistentes a plagas y enfermedades muestran grandes avances en cuanto a la producción, lo que ha mejorado calidad como cantidad de las cosechas.

La plasticidad morfológica es una de las capacidades de las plantas para modificar su apariencia morfológica en respuesta a estímulos externos. La morfología y

fisiología de una planta se ajustan constantemente a su entorno variable mediante interacciones complejas entre estímulos ambientales y señales internas. En la mayoría de las especies de plantas, dicha expresión fenotípica y fisiológica varía entre diferentes variedades en función de sus niveles de condiciones de estrés ambiental particulares. Sin embargo, las respuestas morfológicas y de rendimiento de las variedades de frijol común a diferentes condiciones ambientales no son bien conocidas.

En el año 2020 se cosecharon 68,478 ha de frijol, teniendo un rendimiento de 1,282.8 kg/ha (Food and Agriculture Organization [FAO], 2022), representando uno de los cultivos que destacan a nivel nacional (Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA], 2022). No obstante, dentro de las mayores limitaciones para su cultivo se encuentran la susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades, así como la poca tolerancia a largos periodos de sequía y suelos salinos.

*Phaseolus vulgaris L.*, es considerado una leguminosa de alto valor nutracéutico, por tener componentes naturales ricos en carbohidratos (50% – 60%), proteínas (20% – 25%), minerales, vitamina B, calorías y polifenoles; sustancias beneficiosas que en conjunto fortalecen el sistema inmunitario (Chávez-Mendoza & Sánchez, 2023; Herrera-Hernández et al., 2018). En base a esto, es considerado un alimento funcional que se consume ampliamente en las economías en desarrollo, al tiempo que desempeñar servicios ecosistémicos al fijar entre 30 y 251 Kg Ha<sup>-1</sup> de nitrógeno biológico (Devendra et al., 2001; Welch & Graham, 2004). Esto gracias a la simbiosis con las bacterias del género *Rhizobium*, mitigando la deficiencia de nitrógeno, además de solubilizar el fosforo inorgánico en suelos marginados, dando lugar a la producción de leguminosas y otros cultivos asociados e intercalados (Lirio-Paredes et al., 2022).

Arruda et al. (2018) realizaron una investigación en el cual investigaron cuatro genotipos de frijol común que tengan resistencia la sequía y establecieron componentes de tolerancia, como resultado encontraron que los componentes principales que se encargan de reducir el rendimiento de grano vienen a ser la deficiencia hídrica.

Mago et al. (2021) en su investigación, tres genotipos de *Phaseolus vulgaris L.* sometidos al efecto del estrés hídrico, donde estudiaron en invernadero la

acumulación de prolina en la fase inicial y su impacto. Los resultados indicaron que el déficit no vario por la concentración de prolina, en ninguno de los genotipos.

Petropoulos et al. (2020) en su investigación evaluaron la aplicación de bioestimulantes sobre el rendimiento y el efecto de estrés por sequía, por otro lado, la constitución química de vainas verdes y semillas de frijol común; en el cual experimentaron dos regímenes de agua (agua en condiciones de mantenimiento y por otro lado riego normal) y cuatro bioestimulantes, en el cual mostraron que podría considerarse como un medio sostenible y ecológico para incrementar la calidad de vainas y semillas de frijol común y el rendimiento en cuanto a vaina y la aplicación de bioestimulantes en condiciones normales de riego.

El cultivo de frijol, es un cultivo de importancia económica en la región Amazonas, por lo cual se están efectuando investigaciones como el caso de Lápiz et al. (2021), estudiaron cinco accesiones sometidas a distintas frecuencias de déficit hídrico (intervalos de riego 0,5,10 y 15 días) en donde evaluaron la respuesta fisiológica y morfológica. Los siguientes resultados dejan ver que el área foliar, longitud de raíz, índice de clorofila, se vieron afectados por el déficit hídrico, en lo que concierne a magnitud, depende de su nivel de tolerancia al déficit hídrico y de los genotipos.

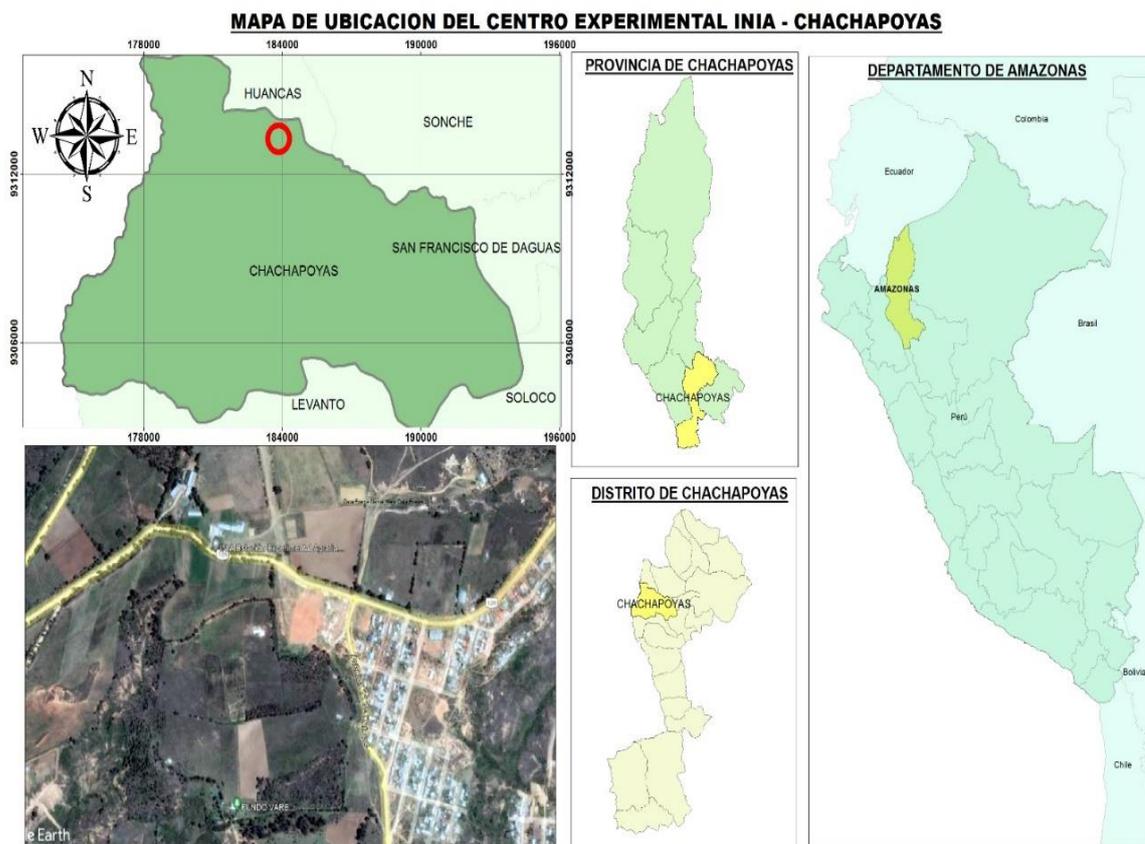
Por lo tanto, es fundamental identificar recursos genéticos que atenúen los desafíos que plasma la disponibilidad del agua, impulsando el desarrollo de programas de conservación genética, como una alternativa a corto plazo que permita comprender los diversos mecanismos de tolerancia. Para ello el presente estudio tubo objetivo general evaluar el efecto del estrés hídrico en las características morfológicas y fisiológicas de cuatro accesiones de *Phaseolus vulgaris* L. en condiciones de invernadero. Y como objetivo específico determinar las alteraciones morfológicas y fisiológicas de 4 accesiones de *Phaseolus vulgaris* L. bajo condiciones de estrés hídrico

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Ubicación del Área de Estudio

La presente investigación se ejecutó en la EEA- Amazonas del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) ubicado en el Fundo San Juan, longitud  $77^{\circ} 52' 21''$  y latitud  $06^{\circ} 13' 45''$  en el distrito de Chachapoyas, Provincia Chachapoyas, Región Amazonas, a una altitud de 2335 m.s.n.m.

**Figura 1.** Ubicación geográfica del área de experimentación



#### 2.1.1. Análisis del suelo

En septiembre del 2023, se tomaron muestras de suelo obtenidos de la mezcla de tierra agrícola y acícula de pino en proporción 2:1, se homogenizaron, con la finalidad de obtener una muestra representativa (1kg). La muestra se trasladó a laboratorio de Suelos y Aguas (LABISAG) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, debidamente etiquetado. Los resultados se exponen en la tabla 1:

**Tabla 1.** Atributos del sustrato para el cultivo de las accesiones de frijol

Macronutrientes				Relaciones Agronómicas	Cationes cambiables				
P (ppm)	K (ppm)	C (%)	N (%)	CIC (meg/ 100g)	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K*	Na *	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>
					Meq/100 g				
17.54	350.97	3.20	0.28	10.40	4.35	1.52	0.64	0.26	0.08
Propiedades Químicas									
pH (1:1)			CE (dS/m)		MO (%)				
4.96			0.41		5.52				

**CIC:** Capacidad de intercambio catiónico, **CCE:** Conductividad eléctrica, **MO:** Materia orgánica.

### Material genético

El material genético lo conformaron 4 accesiones de frijol (*Phaseolus vulgaris* L), obtenidos de los agricultores de la provincia de Luya y Chachapoyas, de la región Amazonas, estos son de porte determinado, tales como:

PER1003541; PER1003542; PER1003543; PER1003544

#### 2.1.2. Población, muestra y muestreo

La población y muestra total de la investigación estuvo representada de 120 plantas de frijol, que se instalaron en un invernadero que estuvo cubierto con malla anti áfidos y techo con una película anti-UV ubicado en el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). El muestreo empleado fue de tipo aleatorio simple.

#### 2.1.3. Sustratos

El sustrato se desinfecto mediante el proceso de solarización, estuvo compuesto de tierra agrícola y acícula de pino en proporción 2:1, el segundo fue utilizado para permitir la aireación del suelo para evitar la compactación del sustrato al incorporar riego, esto fue colocado en bolsas de polietileno de 20 x 35 cm, alcanzando un peso de 5 kg.

#### **2.1.4. Material de campo**

- Cámara fotográfica
- Cinta métrica
- Estacas
- Etiquetas
- Cuaderno de campo
- Balanza
- Bolsas de polietileno
- Jarra medidora

#### **2.1.5. Material de laboratorio**

- Estufa
- Microscopio
- Vernier
- Alcohol 70%
- Portaobjeto
- Cubreobjeto
- Esmalte
- Cinta adhesiva

#### **2.1.6. Material de escritorio**

- Laptop
- Calculadora

## 2.2. Metodología

### 2.2.1. Diseño experimental

Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con un arreglo factorial (4x3) teniendo como factores las accesiones de frijol (04A) y tres frecuencias de riego (3B), teniendo 12 tratamientos, con 10 repeticiones, esto implica 120 unidades experimentales.

### 2.2.2. Factores de estudio

#### Factor A: Accesoión de frijol (A)

A1= Accesoión 1 (PER1003541)

A2= Accesoión 2 (PER1003542)

A3= Accesoión 3 (PER1003543)

A4= Accesoión 4 (PER1003544)

### 2.2.3. Factor B: Dosis de riego (B)

100%

50%

25%

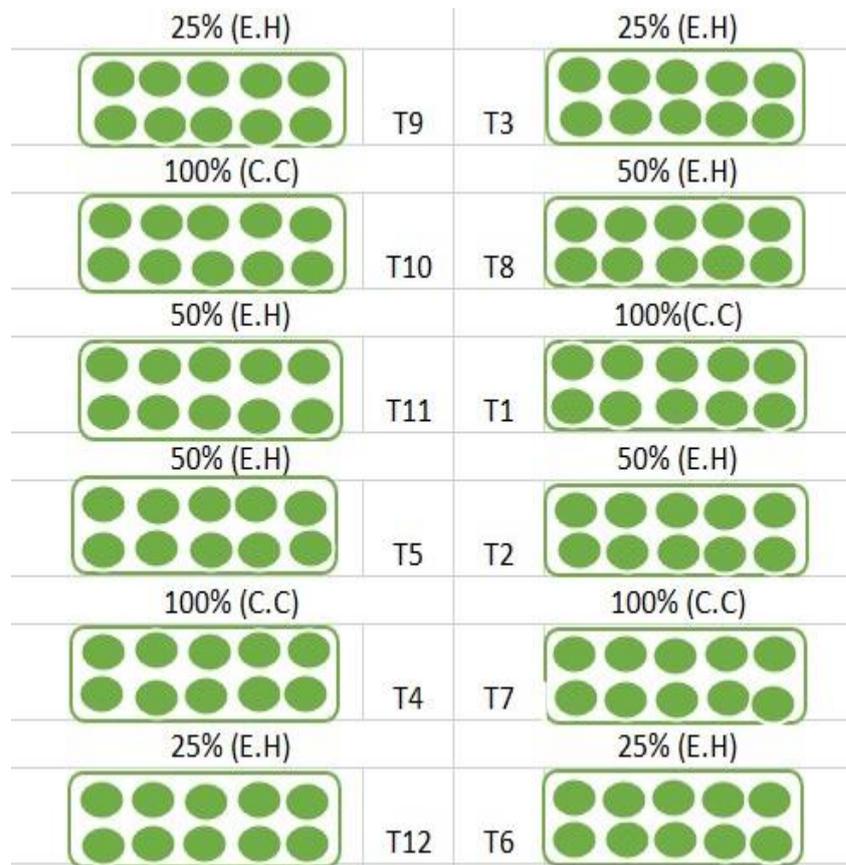
### 2.2.4. Distribución de los tratamientos.

Tabla 2. Distribución de tratamientos.

Accesiones	Dosis de riego	de Tratamientos
A1 (PER1003541)	B1= 100%	A1B1 = T1
A1 (PER1003541)	B2= 50%	A1B2 = T2
A1 (PER1003541)	B3= 25%	A1B3 = T3
A2 (PER1003542)	B1= 100%	A2B1 = T4
A2 (PER1003542)	B2= 50%	A2B2 = T5
A2 (PER1003542)	B3= 25%	A2B3 = T6
A3 (PER1003543)	B1= 100%	A3B1 = T7
A3 (PER1003543)	B2= 50%	A3B2 = T8
A3 (PER1003543)	B3= 25%	A3B3 = T9
A4 (PER1003544)	B1= 100%	A4B1 = T10
A4 (PER1003544)	B2= 50%	A4B2 = T11
A4 (PER1003544)	B3= 25%	A4B3 = T12

## 2.2.5. Asignación de tratamientos en la parcela

Figura 2. Asignación de tratamientos en la parcela



## 2.2.6. Comportamiento agronómico y productivo

### 2.2.6.1. Características morfológicas

- **Porcentaje de germinación:** Se evaluaron a los 10 días después de la siembra.  $\%G = \frac{\text{Semillas germinadas}}{\text{N}^\circ \text{ total de semillas en prueba}} \times 100$ .
- **Altura de planta:** Se evaluaron por cada tratamiento 5 plantas, semanalmente después de haber instalado el experimento
- **Área foliar:** En cuanto a esta variable morfométrica se usó el programa imagen J para medir el área foliar.
- **Número de flores/planta:** Esta variable se evaluó en la etapa de floración, realizando el conteo de numero de flores de 5 plantas.
- **Número de semillas por vaina:** En cuanto a esta variable se realizó el conteo de las semillas que contenía cada vaina, se evaluaron 3 vinas de 5 plantas.

- **Peso de 100 semillas:** por cada tratamiento se escogió al azar un número de cien semillas y luego se registró el peso del mismo con ayuda de una balanza electrónica.
- **Biomasa fresca (follaje y raíz):** Cuando terminó la etapa de producción, se pesaron 5 plantas por cada tratamiento.
- **Biomasa seca (follaje y raíz):** las muestras de 5 plantas por tratamiento se colocaron en la estufa a 70° por 48 horas.
- **Rendimiento:** Se tomó los datos de todas las plantas cosechadas de cada una de las unidades experimentales en cuanto al peso del grano.

#### 2.2.6.2. Características fisiológicas

- **Índice de clorofila:** Se evaluaron de manera quincenal, por cada tratamiento 5 plantas, las evaluaciones se realizaron en horas de la mañana (9-10 am), utilizando el SPAD.
- **Índice estomático (IE):** las observaciones se realizaron en el microscopio, se logró observar la cantidad de células epidérmicas y el número de estomas. Para este procedimiento se cubre con esmalte transparente el envés de la hoja y se deja secar por unos minutos, se pega la cinta adhesiva sobre el esmalte seco, se quita la cinta la cual contiene la capa de la epidermis de la hoja, se pega en el portaobjeto y se observa en el microscopio.

$$IE = \frac{N^{\circ} \text{ de estomas por unidad de área}}{N^{\circ} \text{ de estomas por unidad de área} + N^{\circ} \text{ de células epidérmicas por unidad de área}} \times 100$$

Según (Nurten; Aygün, 2014)

- **Densidad estomática (DE):** Se tomaron impresiones epidérmicas y se llevó al microscopio. En un área equivalente al campo observado se logró contar el número de estomas.

Según (Ayala et al., 2024) la DE se determinó calculando número de estomas por mm<sup>2</sup>.

#### 2.2.7. Procedimientos

- **Selección de semilla y preparación de sustrato:** La procedencia de las semillas (04 accesiones) son de las provincias de Chachapoyas y Luya. Se

seleccionaron conforme a su apariencia y sanidad, teniendo de esa manera semillas de mayor tamaño, luego se procedió al sembrado, esto se realizó en bolsas de polietileno de 20 x 35 cm, se utilizó tierra agrícola y acícula de pino en una cantidad 2:1, la cual se desinfectó por solarización, cada bolsa obtuvo un peso de 5 kg de sustrato, fueron colocados sobre bandejas para evitar el contacto con el suelo, de esa manera impedir la presencia de plagas, cada accesión conto con 10 bolsas que contenían las plantas de frijol.

- **Siembra de las 04 accesiones:** Se sembraron 3 semillas de cada accesión por cada bolsa, para asegurar su germinación, después de 20 días aproximado se retiró las plántulas de cada bolsa quedando una planta por bolsa, teniendo en cuenta la planta más vigorosa y sana, el riego se mantuvo al 100 % de la capacidad de campo durante ese periodo (1 mes) para permitir el desarrollo vegetativo.

- **Establecimiento de frecuencia de riego:** Para medir la capacidad de agua del sustrato, se regaron 10 bolsas conteniendo 5 kg de sustrato cada una, hasta que el sustrato se saturó. Luego, se cubrió la parte superior de las bolsas con papel aluminio para evitar la evaporación. Transcurrido 48 horas, se midió la cantidad de agua que fluyó de las bolsas.

La capacidad de campo se determinó registrando el peso inicial de la bolsa, la cual contenía 5 kg de sustrato. Luego, se añadió un volumen conocido de agua al sustrato y se midió el peso hasta alcanzar un valor constante. Posteriormente, se midió el volumen de agua drenada y se restó del volumen inicial de agua agregado. Esta diferencia permitió identificar el volumen de agua necesario para alcanzar la capacidad de campo del sustrato. Luego de haber determinado la prueba de capacidad de campo se colocó: 1 litro de agua cuando se requirió el riego al 100% la capacidad de campo, ½ de litro de agua cuando se requirió el riego al 50%, y ¼ de litro de agua cuando se requirió el riego al 25%, esto se incorporó cuando las plantas se acercaban al punto de marchitez permanente.

- **Instalación del experimento en el invernadero:** El experimento se instaló el 29 de septiembre de 2023, se sembraron 120 plantas de frijol, en bolsas de polietileno de 20 x 35, en 5 kg de sustrato, este estuvo compuesto de tierra agrícola y acícula de pino en relación 2:1 en un invernadero

cubierto con malla anti-áfidos y techo con una película anti-UV. El sustrato antes de la siembra se esterilizó mediante solarización. La siembra fue manual, las primeras plántulas germinaron a los 10 días de haber realizado la siembra, alcanzando el 100 % de la germinación a los 18 días, esto se vio influenciada a la latencia de las semillas, el riego se aplicó a partir de 1 mes, cuando las plantas ya se encontraban en una etapa vegetativa adecuada.

### **2.3. Procesamiento de datos**

Se empleó el software estadístico InfoStat versión 2018 para ver las diferencias entre frecuencia y accesión de frijol de tal manera que se logró determinar cuál presenta un mejor comportamiento durante las diferentes fases. Para ello se realizó un análisis de varianza ( $p < 0.05$ ) para ver si existe o no diferencia significativa.

### **III. RESULTADOS**

#### **3.1. Características morfológicas**

##### **ALTURA DE PLANTA**

En cuanto a la tabla N° 03. Se puede observar los resultados del análisis de varianza en cuanto a la altura de planta, donde muestra que, si hubo diferencias estadísticas significativas entre las distintas accesiones y las distintas dosis de riego.

En cuanto a las accesiones, se encontró diferencias estadísticas significativas, puesto que el valor de significación (p-valor = 0.0001) es inferior al 0.05, donde muestra que la altura de planta entre accesiones es distinta.

Para la dosis de riego, también se encontró diferencias estadísticas significativas, en donde el valor de significación (p-valor = 0.0001) es inferior al 0.05, esto indica que la dosis de riego se vio favorecida en algunas accesiones que en otras.

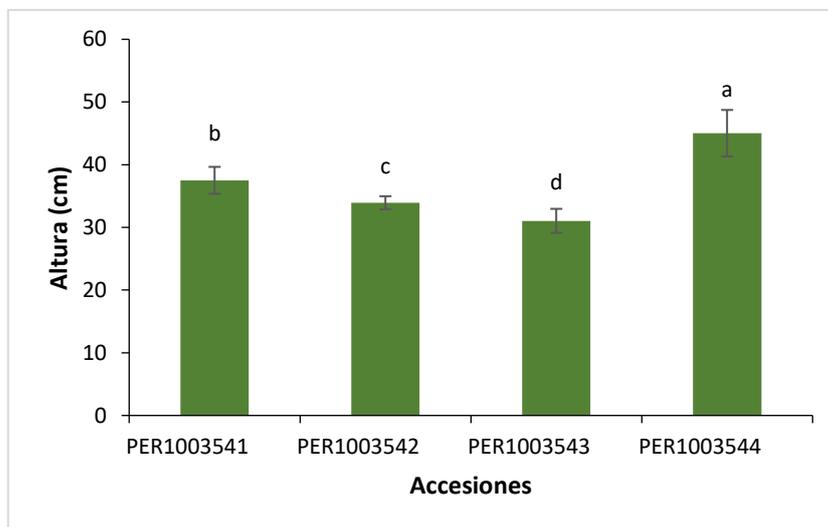
En cuanto a la interacción de los factores (accesión x dosis de riego), se mostró significación estadística, donde los datos de significación (p-valor = 0.0001) es inferior al 0.05 (5%), donde muestra que se tiene interacción entre accesión y dosis de riego, con esto se dice que en la altura de planta se vio superiores resultados en unas accesiones que en otras. En cuanto a la figura N°05. Se expone la altura de planta obtenido por cada accesión con las diferentes dosis de riego (100%, 50%, 25%). Los resultados indican que la accesión PER1003544 con la dosis de riego al 50% con un promedio de 41.42 cm de altura muestra un mayor tamaño respecto a las demás accesiones con la misma dosis de riego, por otro lado, teniendo en cuenta la dosis de riego al 25% resaltó la misma accesión PER1003544 con un promedio de 30.92 cm de altura y teniendo en cuenta la menor altura de planta corresponde a la accesión PER1003543 con un promedio de 21.19cm.

**Tabla 3:** Análisis de varianza (ANOVA) para la altura de planta

Fuente de variación	Suma de cuadros	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	p-valor
Modelo	9712.22	11	882.93	13476.23	<0.0001 **
Accesión	1645.39	3	548.46	8371.25	<0.0001 **
Dosis de riego	7976.56	2	3988.28	60873.51	<0.0001 **
AccesiónxDosis de riego	90.27	6	15.05	229.64	<0.0001 **
Error	3.14	48	0.07		
Total	9715.37	59			

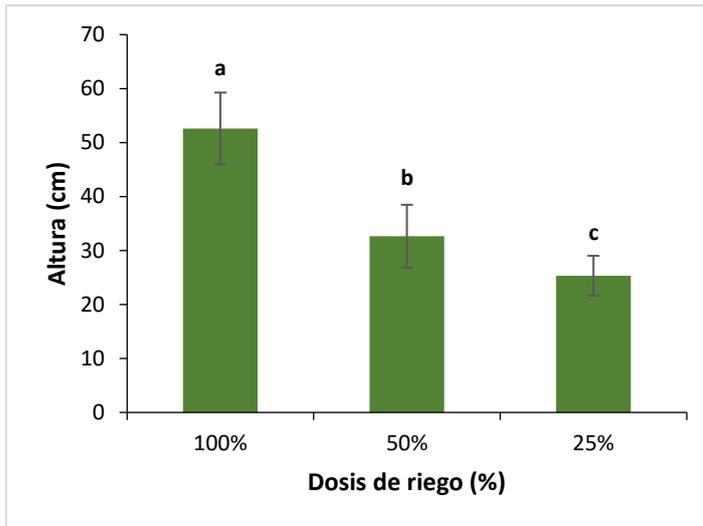
En el caso de altura de planta la accesión que resalto mejor fue la PER1003544 con una altura de 45 cm y la menor altura fue la PER1003543 con 37.5 cm donde se puede evidenciar que la diferencia fue mínima, con esto se llega a la conclusión que todas las accesiones respondieron de manera positiva al estrés hídrico en lo que concierne a esta variable.

**Figura 3.** Altura de planta por accesiones

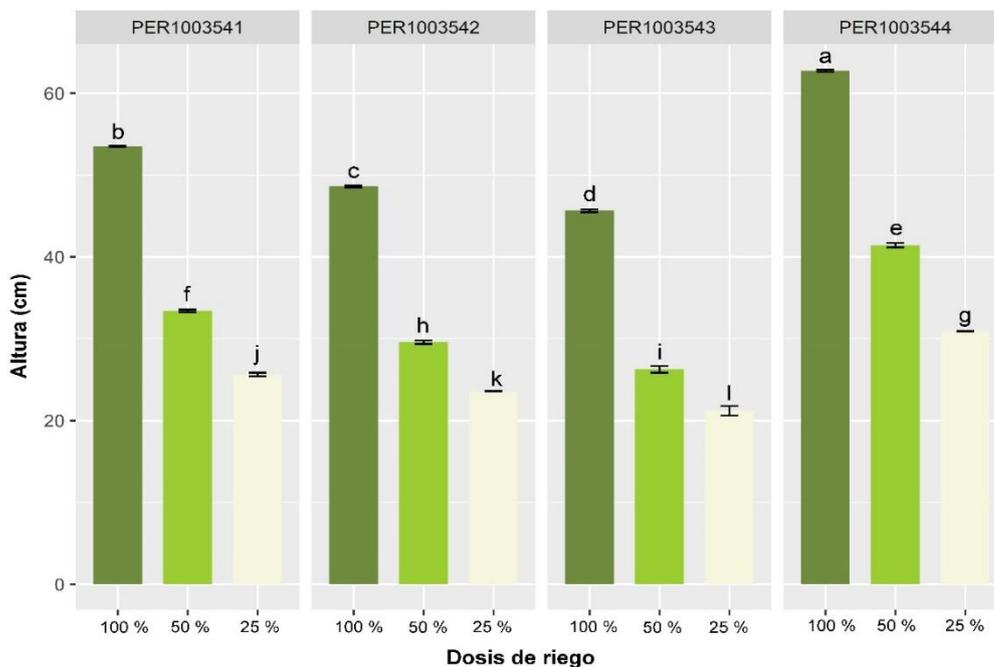


En lo que concierne dosis de riego para la altura de planta con estrés hídrico se muestra que dicha variable va disminuyendo con la dosis de riego al 50% alcanzando un promedio de 32 cm y con la dosis de riego al 25% con un promedio de 25cm la altura es mucho menor.

**Figura 4.** *Altura de planta por dosis de riego*



**Figura 5.** *Altura de planta obtenidos de las distintas dosis de riego*



## **NÚMERO DE FLORES POR PLANTA**

En cuanto a la tabla N°04. Se puede ver los resultados del análisis de varianza en cuanto a número de flores por planta, donde muestra que, si existió diferencias estadísticas significativas entre las distintas accesiones y las distintas dosis de riego.

En cuanto a las accesiones, se encontró diferencias estadísticas significativas, puesto que el valor de significación ( $p$ -valor = 0.0001) es inferior al 0.05, lo cual muestra que el número de flores por planta entre accesiones es diferente.

Para la dosis de riego, también se encontró diferencias estadísticas significativas, en donde el valor de significación (p-valor = 0.0001) es inferior al 0.05, lo cual indica que la dosis de riego ayuda a algunas accesiones a obtener mayor número de flores, dependiendo de la dosis de riego que se aplique.

En cuanto a la interacción de los factores (accesión x dosis de riego), se mostró significación estadística, ya que el valor de significación (p-valor = 0.0001) es inferior al 0.05 (5%), donde muestra que se tiene interacción entre accesión y dosis de riego, con esto se dice que el número de flores por planta se vio favorecida en algunas accesiones más que en otras.

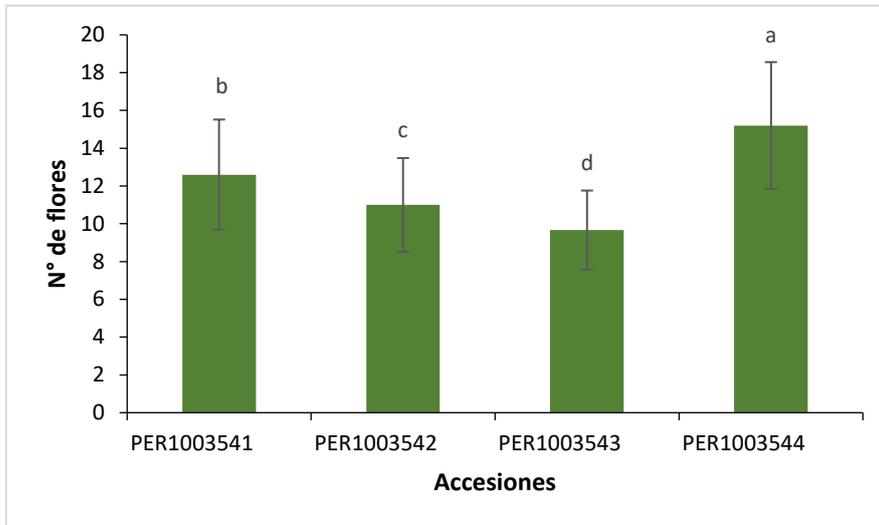
En cuanto a la figura N°08. Se expone el número de flores por planta obtenido por cada accesión con las diferentes dosis de riego. Teniendo en consideración el estrés hídrico con la dosis de riego al 50% perteneciente a la accesión PER1003544 con un promedio de 14 flores por planta, resaltando entre las demás accesiones y con la dosis de riego al 25% el mejor resultado lo obtuvo la accesión PER1003544 con un promedio de 11 flores por planta y el menor número de flores lo obtuvo la accesión PER1003543 con un promedio de 7.

**Tabla 4:** *Análisis de varianza (ANOVA) para el número de flores por planta*

Fuente de variación	Suma de cuadros	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Modelo	667.38	11	60.67	227.52	<0.0001 **
Accesión	254.85	3	84.95	318.56	<0.0001 **
Dosis de riego	397.73	2	198.87	745.75	<0.0001 **
AccesiónxDosis de riego	14.80	6	2.47	9.25	<0.0001 **
Error	12.80	48	0.27		
Total	680.18	59			

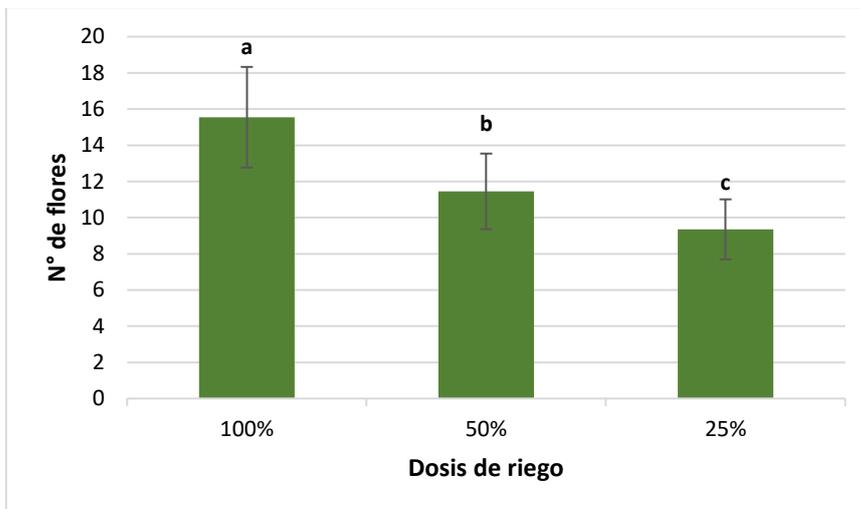
En cuanto a número de flores por planta la accesión que resalto obteniendo los mejores resultados fue la PER1003544 alcanzando 15 flores por planta, la que obtuvo el menor número de flores fue la accesión PER1003543 con 9 flores por planta, resaltando que las demás accesiones los resultados son similares.

**Figura 6.** *Número de flores por accesión*

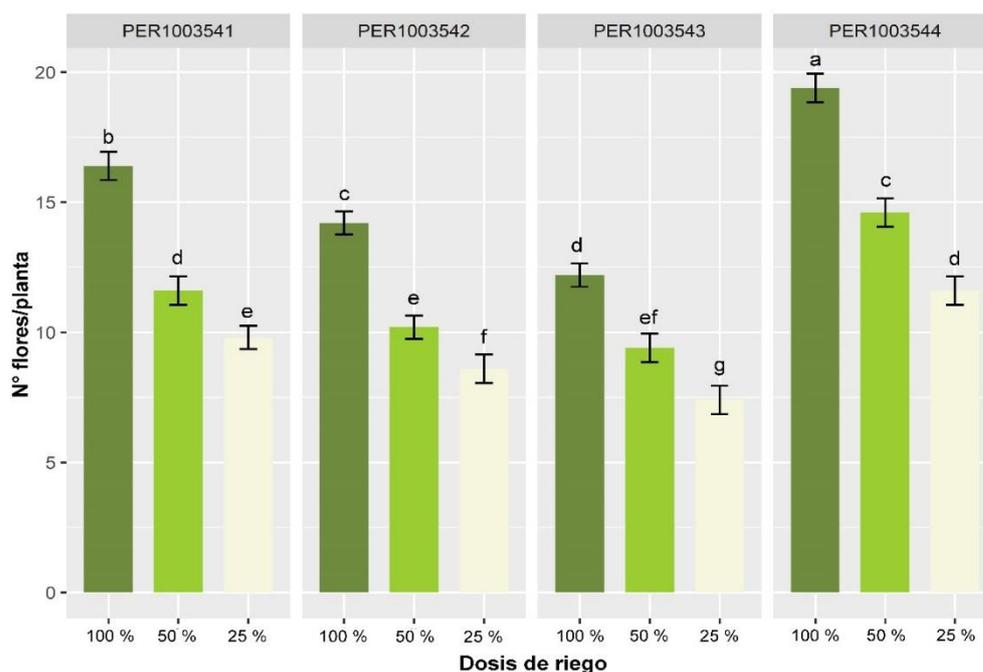


En cuanto a número de flores por dosis de riego teniendo en consideración el estrés hídrico, con la dosis de riego al 50% alcanzando un promedio de 11 flores se muestra que éstas caen y con la dosis de riego al 25% con un promedio de 9 flores la caída de flores es aún mayor.

**Figura 7.** *Número de flores por dosis de riego*



**Figura 8.** *Numero de flores/planta por cada accesión con distintas dosis de riego.*



## NÚMERO DE VAINAS POR PLANTA

En cuanto a la tabla N°05. Se observa los resultados del análisis de varianza en cuanto al número de vainas por planta, en donde indica que, si hubo diferencias estadísticas significativas entre las distintas accesiones y las distintas dosis de riego.

En cuanto a las accesiones, se encontró diferencias estadísticas significativas, puesto que el valor de significación (p-valor = 0.0001) es inferior al 0.05, donde muestra que el número de vainas por planta entre accesiones es diferente.

Para la dosis de riego, también se encontró diferencias estadísticas significativas, donde los datos de significación (p-valor = 0.0001) es inferior al 0.05, esto muestra que la dosis de riego ayuda a algunas accesiones a obtener mayor número de vainas, dependiendo de la dosis de riego que se aplique.

En cuanto a la interacción de los factores (accesión x dosis de riego), se mostró significación estadística, donde los datos de significación (p-valor = 0.0001) es inferior al 0.05 (5%), donde muestra que se tiene interacción entre accesión y dosis de riego, con esto se dice que el número de vainas por planta se vio favorecida en algunas accesiones mejor que en otras.

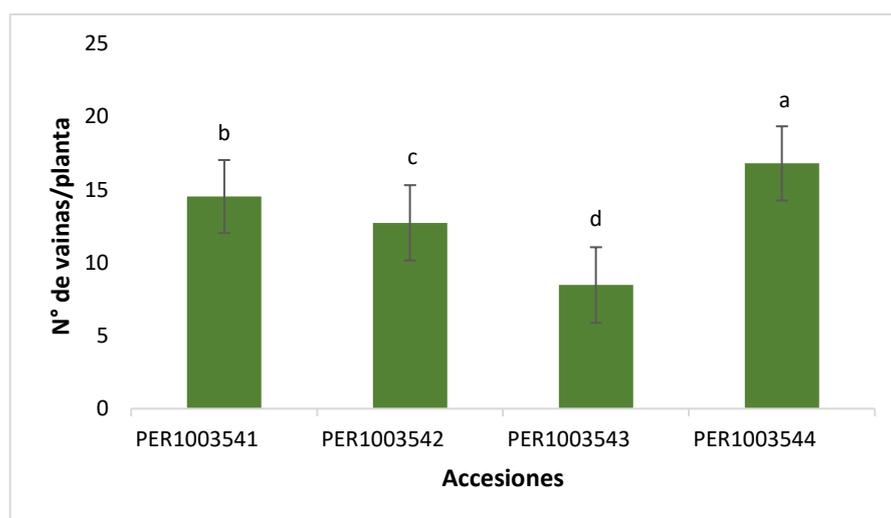
En cuanto a la figura N°11. Se expone el número de vainas por planta obtenido por cada accesión con las diferentes dosis de riego. Teniendo en consideración el estrés hídrico con la dosis de riego al 50% resalto la accesión PER1003544 con un promedio de 17 vainas por planta y con la dosis de riego al 25% resalto la accesión PER1003544 con un promedio de 13, y el menor número de vainas por planta lo obtuvo la accesión PER1003543 con la dosis de riego al 25% con un promedio 5.

**Tabla 5.** *Análisis de varianza (ANOVA) para el número de vainas por planta*

Fuente de variación	Suma de cuadros	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Modelo	911.33	11	82.85	292.41	<0.0001 **
Accesión	560.13	3	186.71	658.98	<0.0001 **
Dosis de riego	348.93	2	174.47	615.76	<0.0001 **
AccesiónxDosis de riego	2.27	6	0.38	1.33	0.2610 **
Error	13.60	48	0.28		
Total	924.93	59			

En lo que concierne a número de vainas/planta por accesión el mejor resultado lo obtuvo la accesión PER1003544 con un promedio de 16 vainas por planta y el menor resultado pertenece a la accesión PER1003543 con un promedio de 8 vainas por planta.

*Figura 9: Número de vainas/planta por accesión*



En cuanto a número de vainas/planta por dosis de riego teniendo en consideración el estrés hídrico, con la dosis de riego al 50% con un promedio de 13 vainas se muestra una notable disminución y teniendo en cuenta la dosis de riego al 25% con un promedio de 10 vainas la disminución es mayor.

Figura 10: Número de vainas/planta por dosis de riego

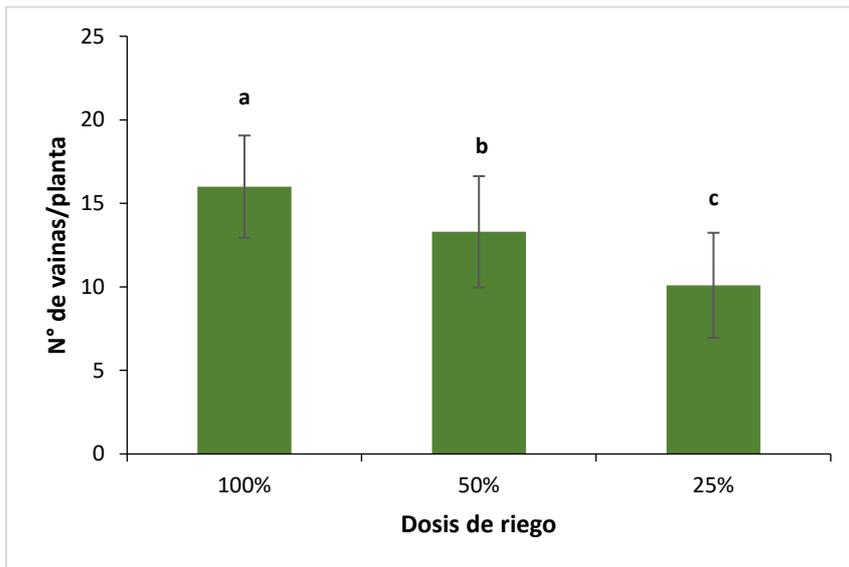
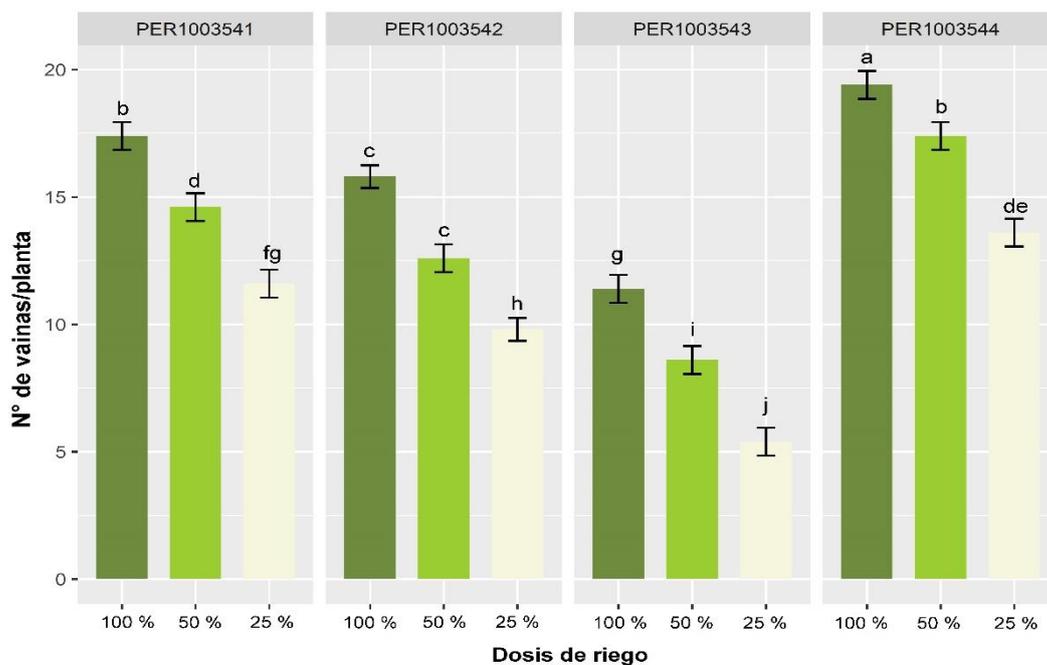


Figura 11. Numero de vainas/planta por cada accesión con distintas dosis de riego.



## NÚMERO DE SEMILLAS POR VAINA

En cuanto a la tabla N° 06. Se observa los resultados del análisis de varianza en cuanto al número de semillas por planta, donde muestra que, si existió diferencias estadísticas significativas entre las distintas accesiones y las distintas dosis de riego.

En cuanto a las accesiones, se encontró diferencias estadísticas significativas, puesto que los datos de significación (p-valor = 0.0001) es inferior al 0.05, lo cual muestra que el número de semillas por vaina entre accesiones es diferente.

Para la dosis de riego, también se encontró diferencias estadísticas significativas, donde los datos de significación (p-valor = 0.0001) es inferior al 0.05, lo cual indica que la dosis de riego ayuda a algunas accesiones a obtener mayor número de semillas, dependiendo de la dosis de riego que se aplique.

En cuanto interacción de los factores (accesión x dosis de riego), se encontró significación estadística, ya que el valor de significación (p-valor = 0.0001) es inferior al 0.05 (5%), donde muestra que se tiene interacción entre accesión y dosis de riego, con esto se dice que el número de semillas por vaina se vio favorecida en algunas accesiones mejor que en otras.

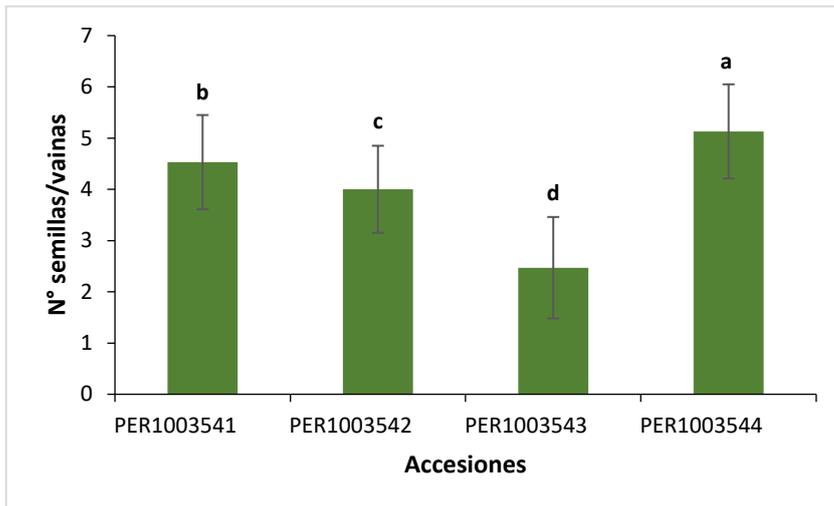
En cuanto a la figura N° 14. Se expone el número de semillas por vaina obtenido por cada accesión con las diferentes dosis de riego (100%, 50%, 25%). Teniendo en consideración el estrés hídrico con la dosis de riego al 50% la accesión PER1003544 resalto con un promedio de 5 semillas por vaina y con la dosis de riego al 25% resalto la accesión PER1003544 con un promedio de 4 semillas y la accesión que obtuvo el menor numero de semillas por planta fue la PER1003543 con un promedio de 1.

**Tabla 6.** *Análisis de varianza (ANOVA) para el número de semillas por planta*

Fuente de variación	Suma de cuadros	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Modelo	97.53	11	8.87	50.67	<0.0001 **
Accesión	58.73	3	19.58	111.87	<0.0001 **
Dosis de riego	38.43	2	19.22	109.81	<0.0001 **
AccesiónxDosis de riego	0.37	6	0.06	0.35	0.9069 **
Error	8.40	48	0.17		
Total	105.93	59			

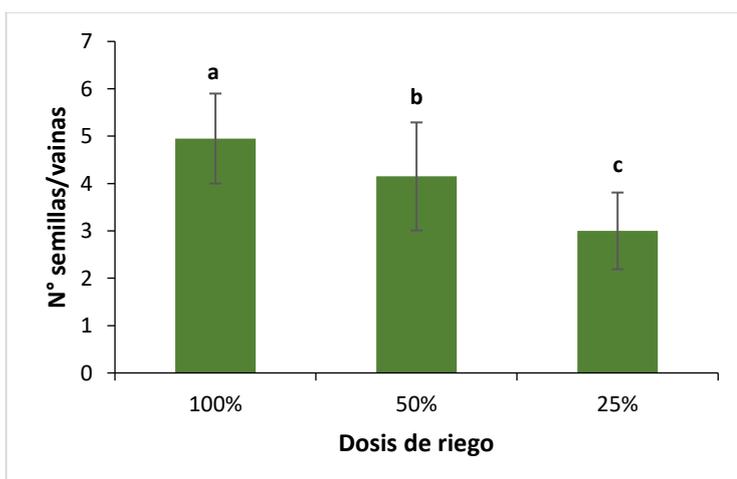
En lo que concierne a número de semillas/vaina por accesión los mejores resultados lo obtuvieron la accesión PER1003544 con un promedio de 5 semillas por vaina, cabe mencionar que esta accesión es a que más resalta en todas las variables estudiadas, en segundo lugar, lo ocupa la accesión PER1003541 con un promedio de 4 semillas por vaina.

**Figura 12.** Número de semillas/vaina por accesión

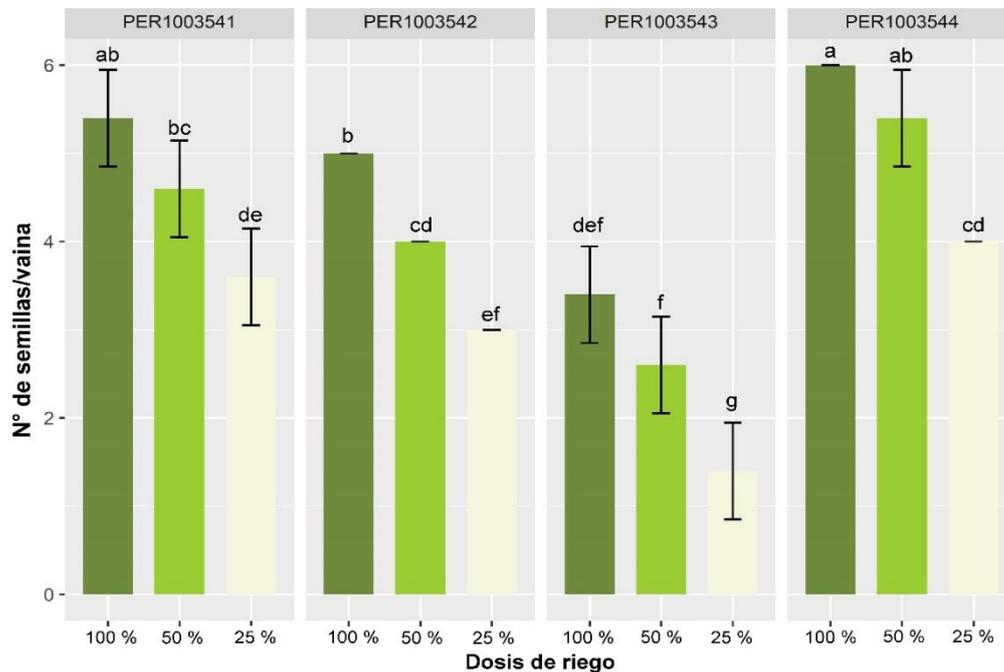


En cuanto a número de semillas/vaina por dosis de riego teniendo en consideración el estrés hídrico, con la dosis de riego al 50% con un promedio de 4 semillas se muestra una disminución y con la dosis de riego al 25% con un promedio de 3 semillas dicha disminución es mayor.

**Figura 13.** Número de semillas/vaina por dosis de riego



**Figura 14.** Numero de semilla/vaina por cada accesión con distintas dosis de riego.



## RENDIMIENTO POR PLANTA

En cuanto a la tabla N° 07. Se observa los resultados del análisis de varianza en cuanto al rendimiento por planta, donde muestra que, si hubo diferencias estadísticas significativas entre las distintas accesiones y las distintas dosis de riego.

En cuanto a las accesiones, se encontró diferencias estadísticas significativas, puesto que los datos de significación (p-valor = 0.0001) es inferior al 0.05, esto muestra que el rendimiento por planta entre accesiones es diferente.

Para la dosis de riego, también se encontró diferencias estadísticas significativas, donde los datos de significación (p-valor = 0.0001) es inferior al 0.05, lo cual indica que la dosis de riego ayuda a algunas accesiones a obtener mejores rendimientos, dependiendo de la dosis de riego que se aplique.

En cuanto a la interacción de los factores (accesión x dosis de riego), se encontró significación estadística, ya que el valor de significación (p-valor = 0.0001) es inferior al 0.05 (5%), donde muestra que existe interacción entre accesión y dosis de riego, con esto se dice que el rendimiento por planta se vio favorecida en algunas accesiones mejor que en otras.

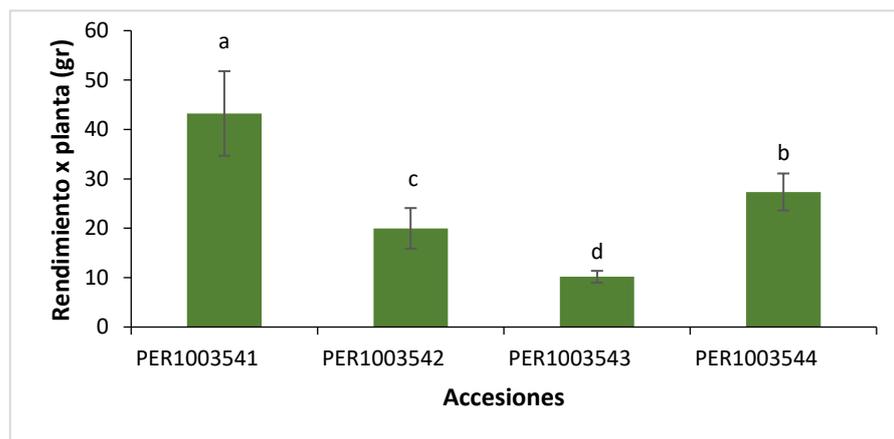
En cuanto a la figura N° 17. Se expone el rendimiento por planta obtenido por cada accesión con las diferentes dosis de riego (100%, 50%, 25%). Teniendo en consideración e estrés hídrico con la dosis de riego al 50% resalto la accesión PER1003541 con un promedio de 43.37 gr por planta y con la dosis de riego al 25% resalto la accesión PER1003541 con un promedio de 20.03 gr y el menor rendimiento lo obtuvo la accesión PER1003543 con la dosis de riego al 25% alcanzando un promedio de 0.86 gr.

**Tabla 7.** *Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento por planta*

Fuente de variación	Suma de cuadros	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Modelo	19505.53	11	1773.23	115.18	<0.0001 **
Accesión	8753.14	3	2917.71	189.52	<0.0001 **
Dosis de riego	9627.36	2	4813.68	312.68	<0.0001 **
AccesiónxDosis de riego	1125.03	6	187.50	12.18	<0.0001 **
Error	738.96	48	15.40		
Total	20244.49	59			

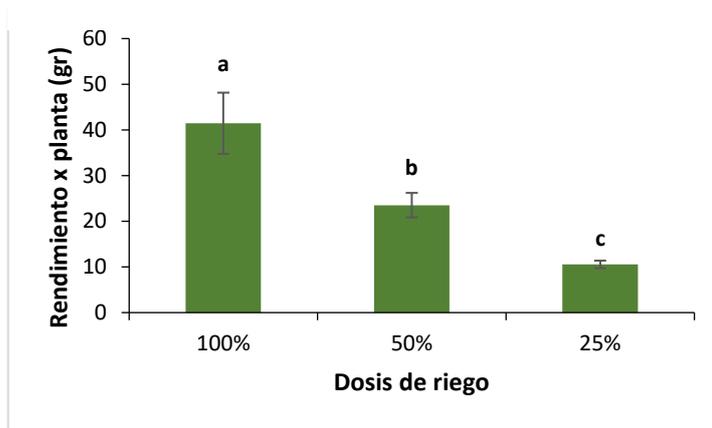
En lo que concierne a rendimiento de planta por accesión los mejores resultados lo obtuvo la accesión PER1003541 alcanzando un promedio de 43 gr por planta, la accesión con menor rendimiento fue la PER1003543 con un promedio de 10gr por planta.

**Figura 15.** *Rendimiento de planta por accesión*

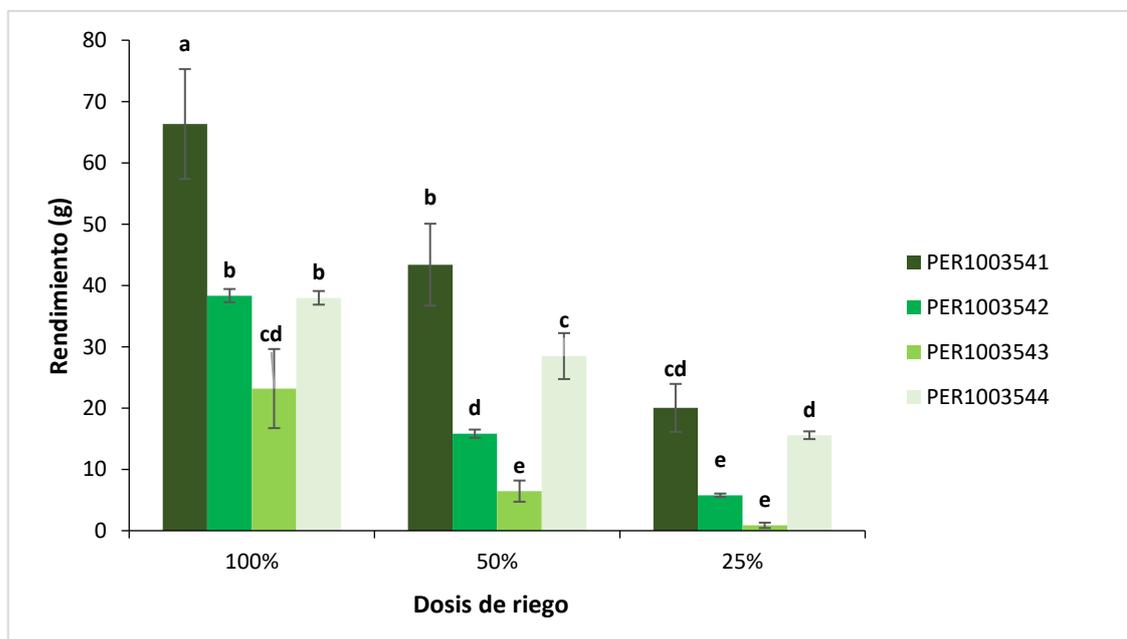
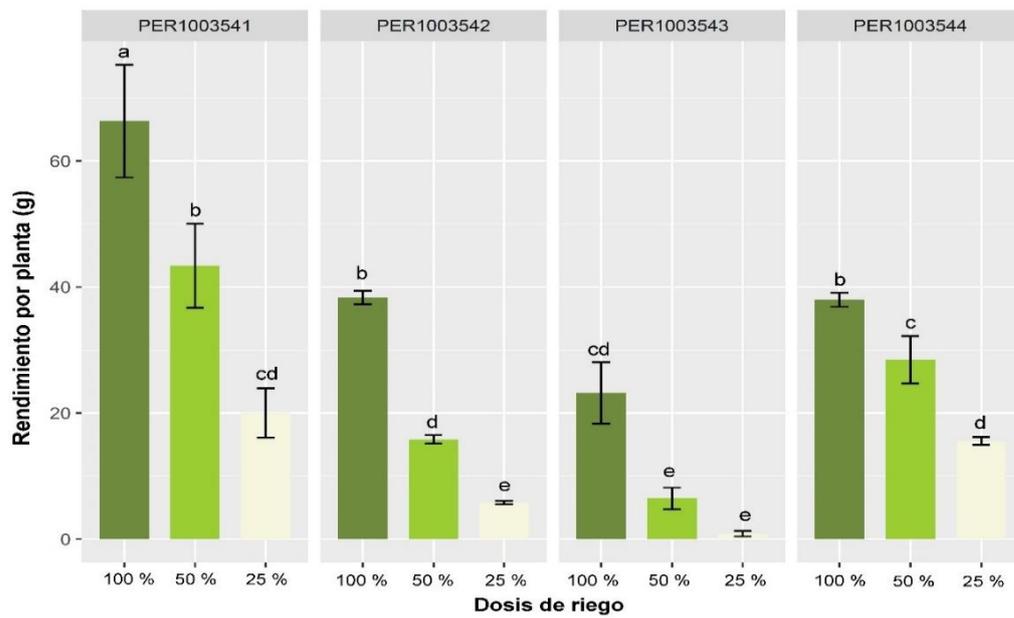


En cuanto a rendimiento de planta por dosis de riego teniendo en consideración el estrés hídrico, la dosis de riego al 50% con un promedio 23 gr el rendimiento es descendiente y si hablamos de la dosis de riego al 25% con un promedio de 10gr el rendimiento es más descendiente.

**Figura 16.** Rendimiento de planta por dosis de riego



**Figura 17.** Rendimiento por planta por cada accesión con distintas dosis de riego



## BIOMASA FRESCA

En cuanto a la tabla N°08. Se observa los resultados del análisis de varianza en cuanto a la biomasa fresca, donde muestra que, si hubo diferencias estadísticas significativas entre las distintas accesiones y las distintas dosis de riego.

En cuanto a las accesiones, se encontró diferencias estadísticas significativas, puesto que los datos de significación (p-valor = 0.0001) es inferior al 0.05, donde muestra que la biomasa fresca entre accesiones es diferente.

Para la dosis de riego, también se encontró diferencias estadísticas significativas, donde los datos de significación (p-valor = 0.0001) es inferior al 0.05, donde indica que la dosis de riego ayuda a algunas accesiones a mejorar la biomasa fresca, dependiendo de la dosis de riego que se aplique.

En cuanto a la interacción de los factores (accesión x dosis de riego), se encontró significación estadística, ya que el valor de significación (p-valor = 0.0001) es inferior al 0.05 (5%), esto muestra que se tiene interacción entre accesión y dosis de riego, con esto se dice que la biomasa fresca se vio favorecida en algunas accesiones mejor que en otras.

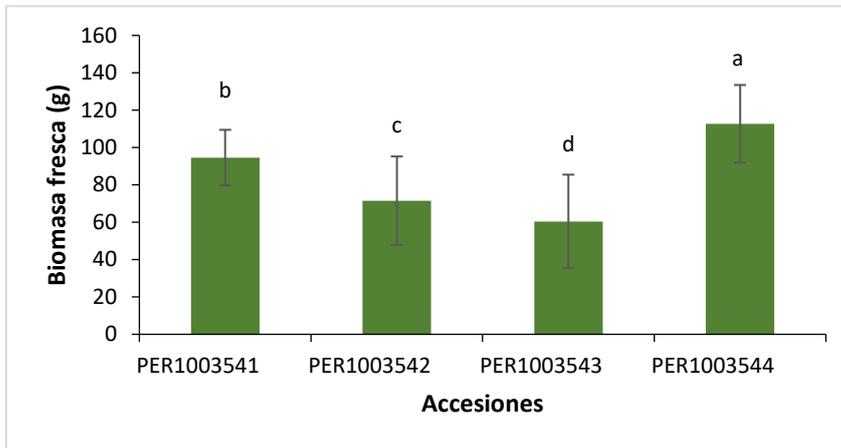
En cuanto a la figura N° 19. Se expone la biomasa fresca obtenido por cada accesión con las diferentes dosis de riego (100%, 50%, 25%). Teniendo en consideración el estrés hídrico con la dosis de riego al 50% resalto la accesión PER1003544 con un promedio de 110.37 gr y con la dosis de riego al 25% resalto la accesión PER1003544 con un promedio de 89.39 gr y la menor biomasa fresca lo obtuvo la accesión PER1003543 con la dosis de riego al 25% con un promedio de 29.94 gr.

**Tabla 8.** *Análisis de varianza (ANOVA) para la biomasa fresca*

Fuente de variación	Suma de cuadros	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Modelo	50434.09	11	4584.92	35286.47	<0.0001 **
Accesión	24677.60	3	8225.87	63307.95	<0.0001 **
Dosis de riego	24816.61	2	12408.30	95496.85	<0.0001 **
AccesiónxDosis de riego	939.89	6	156.65	1205.59	<0.0001 **
Error	6.24	48	0.13		
Total	50440.33	59			

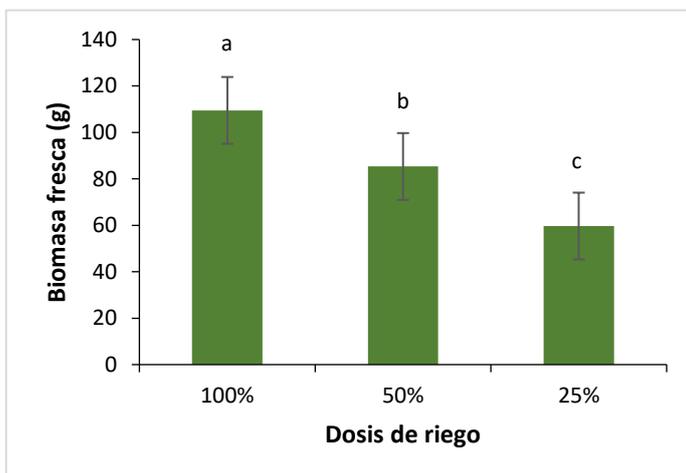
En lo que concierne a biomasa fresca por accesión los mejores resultados lo obtuvo la accesión PER1003544 alcanzando un promedio de 112 gr, en segundo lugar, tenemos a la accesión PER1003541 con un promedio de 94 gr.

**Figura 18.** *Biomasa fresca por accesión*

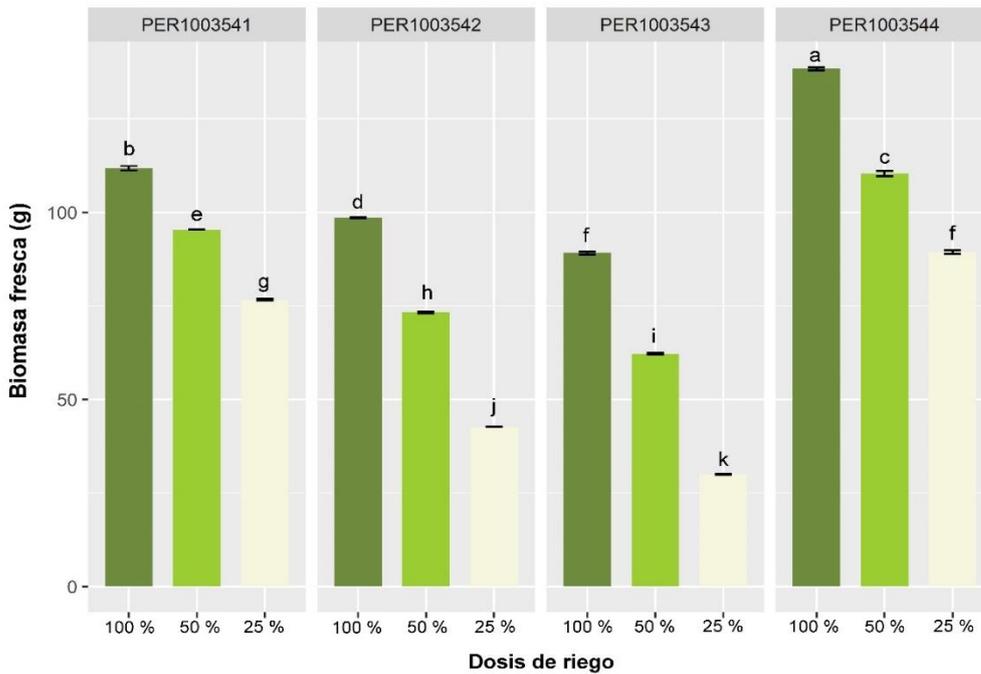


En cuanto a biomasa fresca por dosis de riego teniendo en consideración el estrés hídrico, con la dosis de riego al 50% con un promedio de 85gr se muestra una disminución y si hablamos de la dosis de riego al 25% con un promedio de 59gr la disminución es aún mayor.

**Figura 19.** *Biomasa fresca por dosis de riego*



**Figura 20.** Biomasa fresca por cada accesión con distintas dosis de riego



## BIOMASA SECA

En cuanto a la tabla N°09. Se observa los resultados del análisis de varianza en cuanto a la biomasa seca, donde muestra que, si hubo diferencias estadísticas significativas entre las distintas accesiones y las distintas dosis de riego.

En cuanto a las accesiones, se encontró diferencias estadísticas significativas, puesto que los datos de significación (p-valor = 0.0001) es inferior al 0.05, lo cual muestra que la biomasa seca entre accesiones es diferente.

Para la dosis de riego, también se encontró diferencias estadísticas significativas donde los datos de significación (p-valor = 0.0001) es inferior al 0.05, esto indica que la dosis de riego ayuda a algunas accesiones a mejorar la biomasa seca, dependiendo de la dosis de riego que se aplique.

En cuanto a la interacción de los factores (accesión x dosis de riego), se encontró significación estadística, ya que el valor de significación (p-valor = 0.0001) es inferior al 0.05 (5%), donde muestra que se tiene interacción entre accesión y dosis de riego, con esto se dice que la biomasa seca se vio favorecida en algunas accesiones mejor que en otras.

En cuanto a la figura N°22. Se expone la biomasa seca obtenido por cada accesión con las diferentes dosis de riego (100%, 50%, 25%). Teniendo en cuenta el estrés hídrico con la

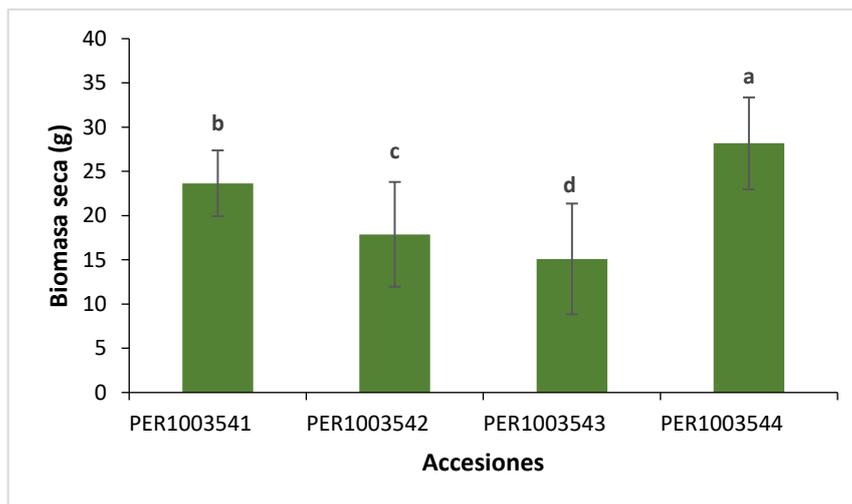
dosis de riego al 50% resalto la accesión PER1003544 con un promedio de 27.59 gr y con a dosis de riego al 25% resalto la accesión PER1003544 con un promedio de 22.34 gr y la que obtuvo menor biomasa seca fue la accesión PER1003543 con la dosis de riego al 25% alcanzando un promedio de 7.48 gr.

**Tabla 9.** *Análisis de varianza (ANOVA) para la biomasa seca*

Fuente de variación	Suma de cuadros	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	p-valor
Modelo	3152.37	11	286.58	34600.55	<0.0001 **
Accesión	1542.30	3	514.10	62070.60	<0.0001 **
Dosis de riego	1551.34	2	775.67	93651.94	<0.0001 **
AccesiónxDosis de riego	58.73	6	9.79	1181.72	<0.0001 **
Error	0.40	48	0.01		
Total	3152.77	59			

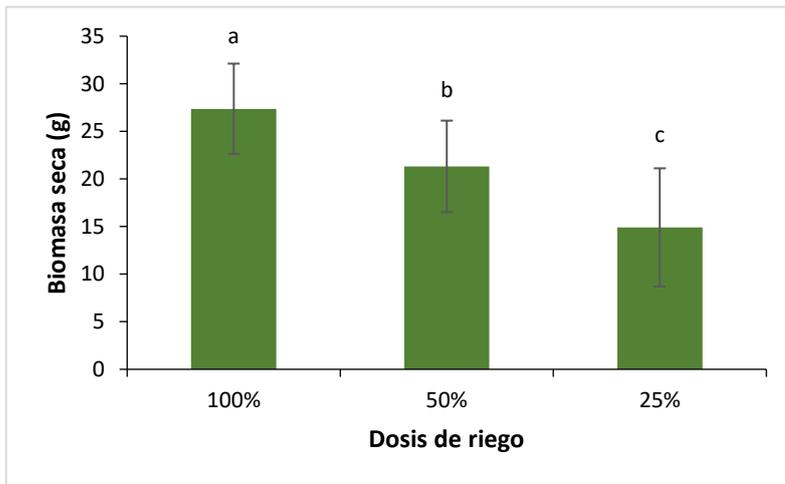
En lo que concierne a biomasa seca por accesión el mejor resultado lo obtuvo la PER1003544 alcanzando un promedio de 28 gr y el menor resultado lo obtuvo la accesión PER1003543 con un promedio de 15 gr.

**Figura 21.** *Biomasa seca por accesión*

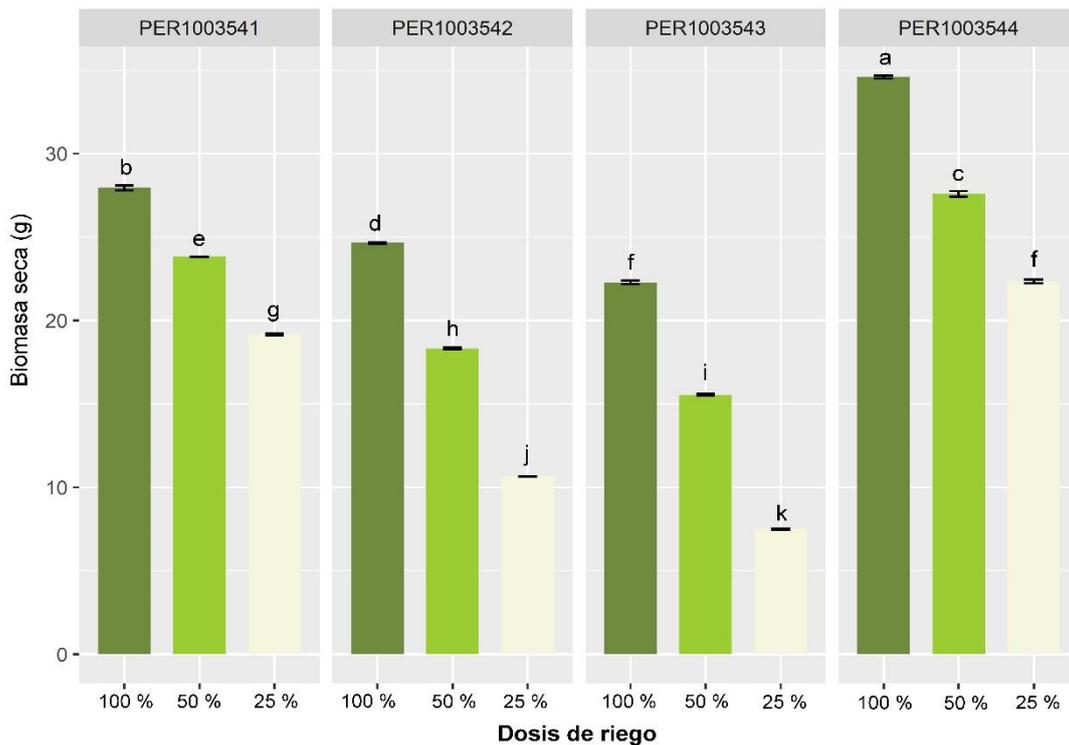


En cuanto a biomasa seca por dosis de riego teniendo en consideración el estrés hídrico, con la dosis de riego al 50% con un promedio de 21gr se ve una disminución y con la dosis de riego al 25% con un promedio de 14gr la disminución es más notable.

**Figura 22.** Biomasa seca por dosis de riego



**Figura 23.** Biomasa seca por cada accesión con distintas dosis de riego



## ÁREA FOLIAR

En cuanto a la tabla N°10. Se observa los resultados del análisis de varianza en cuanto al área foliar, donde muestra que, si hubo diferencias estadísticas significativas entre las distintas accesiones y las distintas dosis de riego.

En cuanto a las accesiones, se encontró diferencias estadísticas significativas, puesto que los datos de significación (p-valor = 0.0001) es inferior al 0.05, esto muestra que área foliar entre accesiones es diferente.

Para la dosis de riego, también se encontró diferencias estadísticas significativas, donde los datos de significación (p-valor = 0.0001) es inferior al 0.05, esto indica que la dosis de riego ayuda a algunas accesiones a mejorar el área foliar, dependiendo de la dosis de riego que se aplique.

En cuanto a la interacción de los factores (accesión x dosis de riego), se encontró significación estadística, ya que el valor de significación (p-valor = 0.0001) es inferior al 0.05 (5%), donde muestra que se tiene interacción entre accesión y dosis de riego, con esto se dice que el área foliar se vio favorecida en algunas accesiones mejor que en otras.

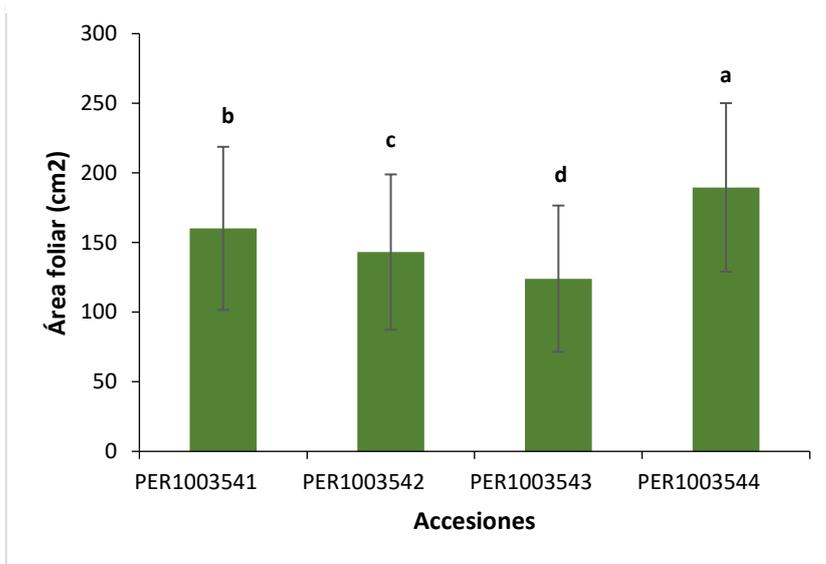
En cuanto a la figura N°25. Se expone el área foliar obtenido por cada accesión con las diferentes dosis de riego (100%, 50%, 25%). Teniendo en cuenta el estrés hídrico con la dosis de riego al 50% resalto la accesión PER1003544 con un promedio de 187.65 cm<sup>2</sup> y con la dosis de riego al 25% resalto la accesión PER1003544 con un promedio de 11895 cm<sup>2</sup> y la que obtuvo menor área foliar fue la accesión PER1003543 con la dosis de riego al 25% alcanzando un promedio de 79.50cm<sup>2</sup>.

**Tabla 10.** *Análisis de varianza (ANOVA) para el área foliar*

Fuente de variación	Suma de cuadros	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Modelo	216340.62	11	19667	109687.98	<0.0001 **
Accesión	34798.87	3	11599.62	64693.04	<0.0001 **
Dosis de riego	177230.44	2	88615.22	494221.89	<0.0001 **
AccesiónxDosis de riego	4311.30	6	718.55	4007.47	<0.0001 **
Error	8.61	48	0.18		
Total	216349.22	59			

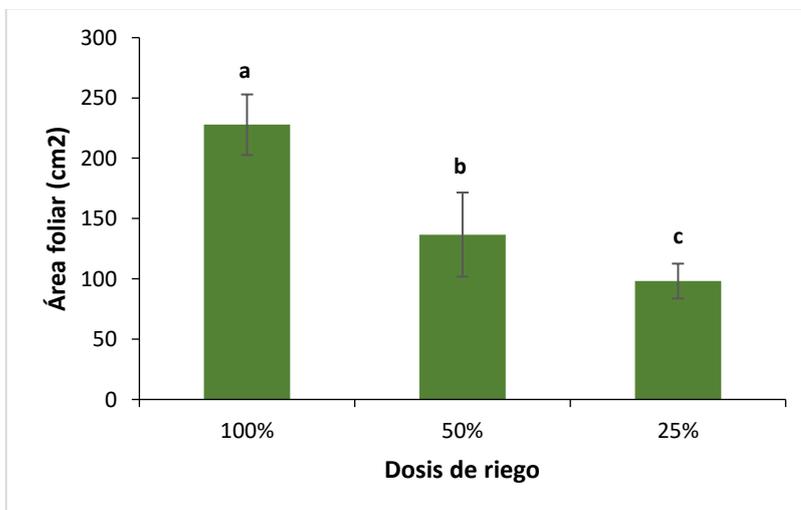
En lo que concierne a área foliar por accesión el mejor resultado lo obtuvo la accesión PER1003544 alcanzando un promedio de 189 cm<sup>2</sup> y el menor resultado lo obtuvo la accesión PER1003543 con un promedio de 124 cm<sup>2</sup>.

**Figura 24.** Área foliar por accesión

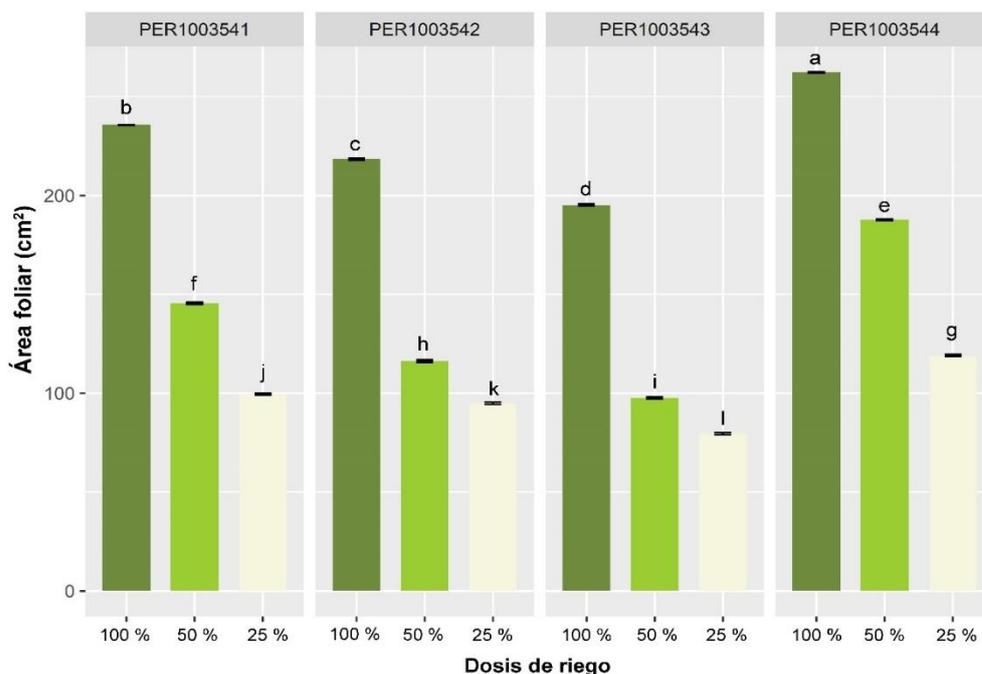


En cuanto a área foliar por dosis de riego teniendo en consideración el estrés hídrico, con la dosis de riego al 50% alcanzando un promedio de 136cm<sup>2</sup> se muestra una disminución en esta variable y con la dosis de riego al 25% con un promedio de 98cm<sup>2</sup> esta disminución es más notoria.

**Figura 25.** Área foliar por dosis de riego



**Figura 26.** Área foliar por cada accesión con distintas dosis de riego



### 3.2. Características fisiológicas

#### CONTENIDO RELATIVO DE CLOROFILA SPAD

En cuanto a la tabla N°11. Se observa los resultados del análisis de varianza en cuanto al contenido relativo de clorofila (SPAD), donde muestra que, si hubo diferencias estadísticas significativas entre las distintas accesiones y las distintas dosis de riego.

En cuanto a las accesiones, se encontró diferencias estadísticas significativas, puesto que los datos de significación ( $p$ -valor = 0.0001) es inferior al 0.05, donde muestra el contenido relativo de clorofila entre accesiones es diferente.

Para la dosis de riego, también se encontró diferencias estadísticas significativas, donde los datos de significación ( $p$ -valor = 0.0001) es inferior al 0.05, esto muestra que la dosis de riego ayuda a algunas accesiones a mejorar el contenido relativo de clorofila, dependiendo de la dosis de riego que se aplique. En cuanto a la interacción de los factores (accesión x dosis de riego), se encontró significación estadística, ya que el valor de significación ( $p$ -valor = 0.0001) es inferior al 0.05 (5%), donde muestra que se tiene interacción entre accesión y dosis de riego, con esto se dice que el contenido relativo de clorofila se vio favorecida en algunas accesiones mejor que en otras.

En cuanto a la figura N°28. Se expone el contenido relativo de clorofila obtenido por cada accesión con las diferentes dosis de riego (100%, 50%, 25%). Teniendo en consideración

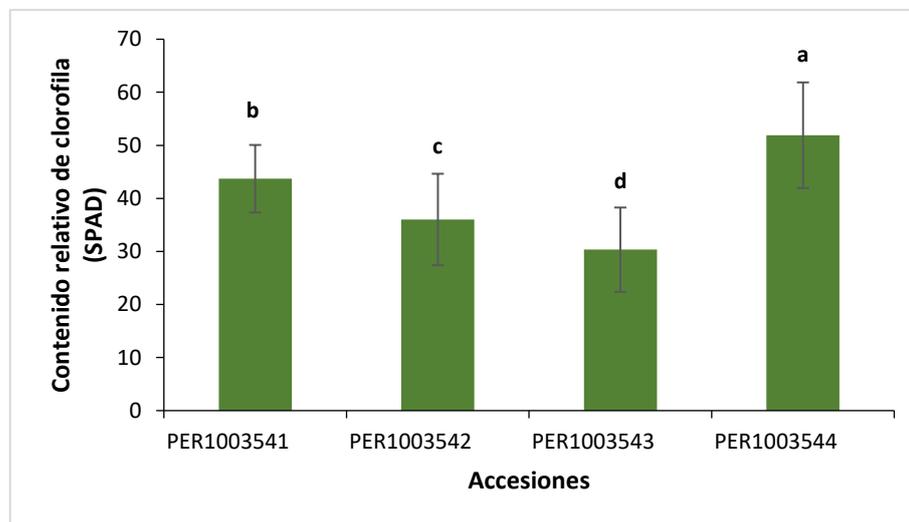
el estrés hídrico con la dosis de riego al 50% resalto la accesión PER1003544 con un promedio de 52.46 y con la dosis de riego al 25% resalto la accesión PER1003544 con un promedio de 39.86 y el que obtuvo el menor contenido relativo de clorofila fue la accesión PER1003543 con la dosis de riego al 25% con un promedio de 21.15.

**Tabla 11.** Análisis de varianza (ANOVA) para el contenido relativo de clorofila SPAD

Fuente de variación	Suma de cuadros	de Grados libertad	de Cuadrado medio	F calculado	p-valor
Modelo	7816.86	11	710.62	2183.50	<0.0001 **
Accesión	3953.83	3	1317.94	4049.58	<0.0001 **
Dosis de riego	3699.90	2	1849.95	5684.26	<0.0001 **
AccesiónxDosis de riego	163.13	6	27.19	83.54	<0.0001 **
Error	15.62	48	0.33		
Total	7832.48	59			

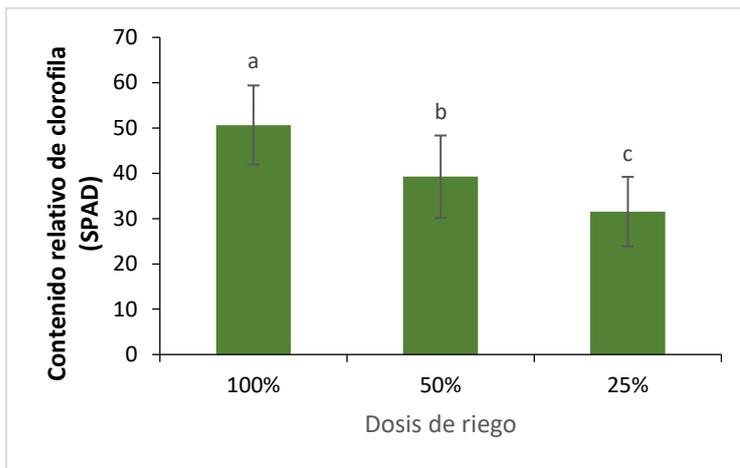
En lo que concierne a contenido relativo de clorofila SPAD por accesión el mejor resultado lo obtuvo la accesión PER1003544 alcanzando un promedio de 51.9 y por último tenemos a la accesión PER1003543 con un promedio de 30.

**Figura 27.** Contenido relativo de clorofila SPAD por accesión

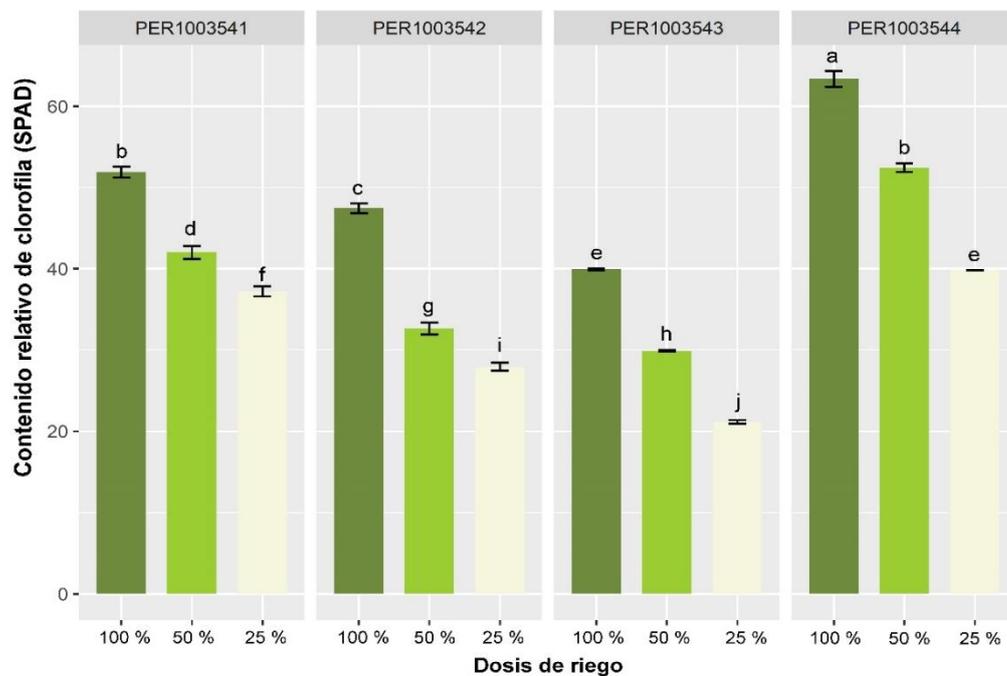


En cuanto al contenido relativo de clorofila SPAD por dosis de riego teniendo en consideración el estrés hídrico, la dosis de riego al 50% alcanzando un promedio de 39 (Spad) se muestra una disminución y con la dosis de riego a 25% con un promedio de 31 (Spad) la disminución es aún más.

**Figura 28.** Contenido relativo de clorofila SPAD por dosis de riego



**Figura 29.** Contenido relativo de clorofila por cada accesión con distintas dosis de riego



## ÍNDICE ESTOMÁTICO

En cuanto a la tabla N°12. Se observa los resultados del índice estomático, donde muestra que, si hubo diferencias estadísticas significativas entre las distintas accesiones y las distintas dosis de riego.

En cuanto a las accesiones, se encontró diferencias estadísticas significativas, puesto que los datos de significación (p-valor = 0.0001) es inferior al 0.05, lo cual muestra índice estomático entre accesiones es diferente.

Para la dosis de riego, también se encontró diferencias estadísticas significativas, donde los datos de significación (p-valor = 0.0001) es inferior al 0.05, esto indica que la dosis de riego ayuda a algunas accesiones a mejorar el índice estomático, dependiendo de la dosis de riego que se aplique.

En cuanto a la interacción de los factores (accesión x dosis de riego), se encontró significación estadística, ya que el valor de significación (p-valor = 0.0001) es inferior al 0.05 (5%), donde muestra que se tiene interacción entre accesión y dosis de riego, con esto se dice que el índice estomático se vio favorecida en algunas accesiones mejor que en otras.

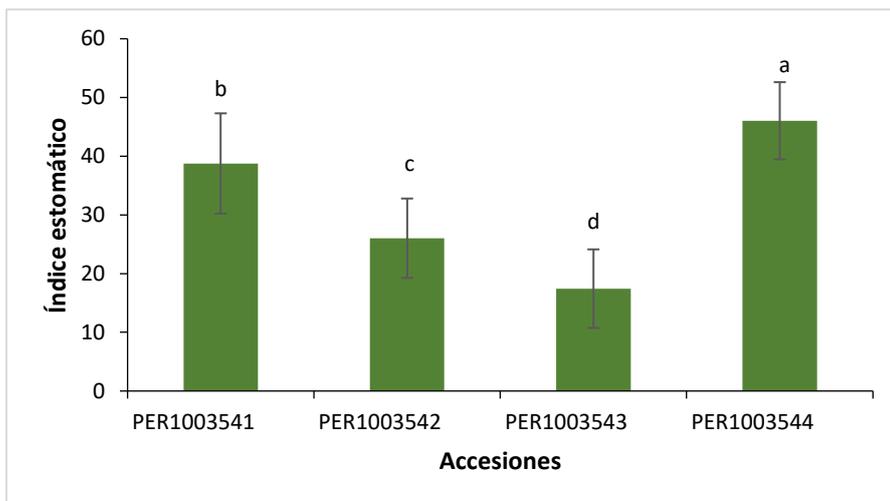
En cuanto a la figura N°31. Se expone el índice estomático obtenido por cada accesión con las diferentes dosis de riego (100%, 50%, 25%). Teniendo en consideración el estrés hídrico con la dosis de riego al 50% resalto la accesión PER1003544 con un promedio de 46.71 y con la dosis de riego al 25% resalto la accesión PER1003544 con un promedio de 37.94 y la que obtuvo el índice estomático mas bajo fue la accesión PER1003543 con un promedio de 10.05.

**Tabla 12.** *Análisis de varianza (ANOVA) para el índice estomático*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	de Cuadrado medio	F calculado	p-valor
Modelo	10245.62	11	931.42	24410.95	<0.0001 **
Accesión	7355.85	3	2451.95	64261.51	<0.0001 **
Dosis de riego	2827.71	2	1413.85	37054.71	<0.0001 **
AccesiónxDosis de riego	62.06	6	10.34	271.09	<0.0001 **
Error	1.83	48	0.04		
Total	10247.45	59			

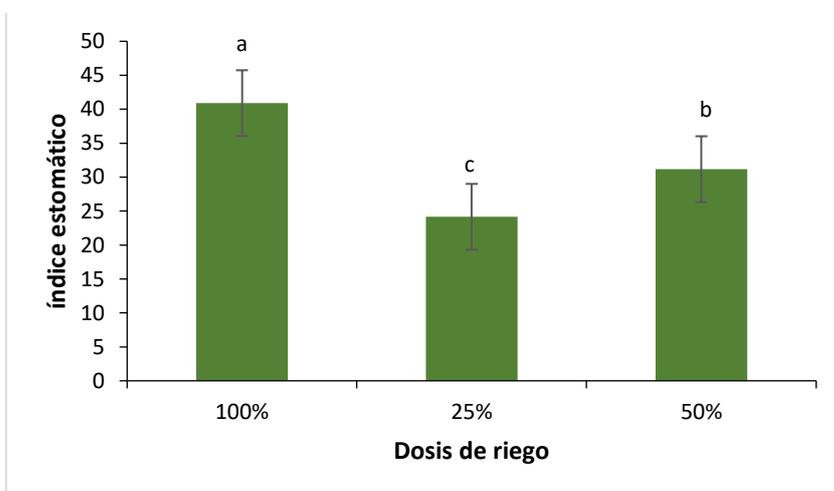
En lo que concierne a índice estomático por accesión el mejor resultado lo obtuvo la accesión PER1003544 alcanzando un promedio de 46 y el menor resultado lo obtuvo la accesión PER1003543 con un promedio de 17.

**Figura 30.** Índice estomático por accesión

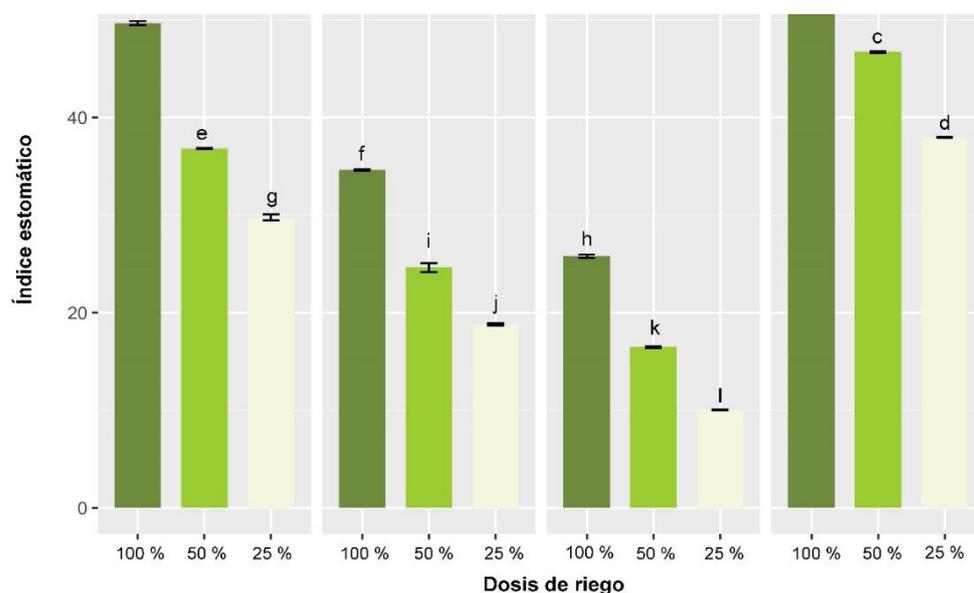


En cuanto al índice estomático por dosis de riego teniendo en consideración el estrés hídrico, con la dosis de riego al 50% con un promedio de 31 se muestra una notable disminución y con la dosis de riego al 25% con un promedio de 24 esta disminución es aún mayor.

**Figura 31.** Índice estomático por dosis de riego



**Figura 32.** Índice estomático por cada accesión con distintas dosis de riego



### DENSIDAD ESTOMÁTICA

En cuanto a la tabla N°13. Se observa los resultados del análisis de la densidad estomática, donde muestra que, si hubo diferencias estadísticas significativas entre las distintas accesiones y las distintas dosis de riego.

En cuanto a las accesiones, se encontró diferencias estadísticas significativas, puesto los datos de significación (p-valor = 0.0001) es inferior al 0.05, lo cual muestra que la densidad estomática entre accesiones es diferente.

Para la dosis de riego, también se encontró diferencias estadísticas significativas, donde los datos de significación (p-valor = 0.0001) es inferior al 0.05, esto indica que la dosis de riego ayuda a algunas accesiones a mejorar la densidad estomática, dependiendo de la dosis de riego que se aplique.

En cuanto a la interacción de los factores (accesión x dosis de riego), se encontró significación estadística, ya que el valor de significación (p-valor = 0.0001) es inferior al 0.05 (5%), donde muestra que se tiene interacción entre accesión y dosis de riego, con esto se dice que la densidad estomática se vio favorecida en algunas accesiones mejor que en otras.

En cuanto a la figura N°34. Se expone la densidad estomática por cada accesión con las diferentes dosis de riego (100%, 50%, 25%). Teniendo en consideración el estrés hídrico

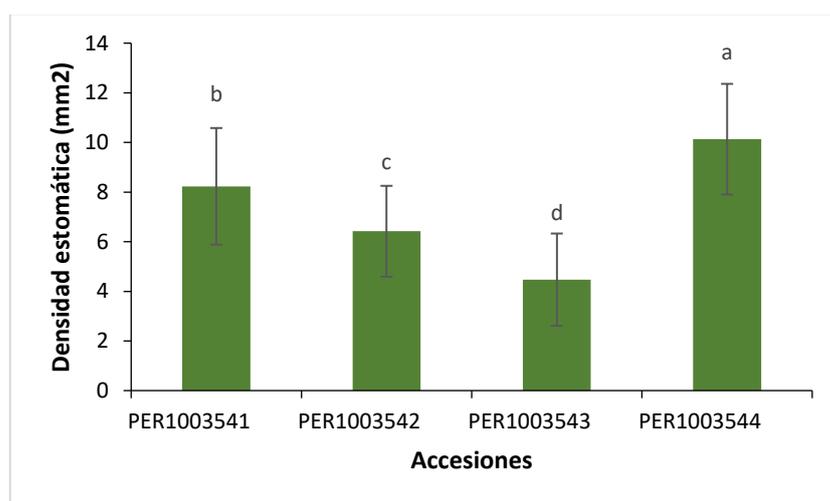
con la dosis de riego al 50% resalto la accesión PER1003544 con un promedio de 9.66 y con la dosis de riego al 25% resalto la accesión PER1003544 con un promedio de 7.76 y la menor densidad estomática lo obtuvo la accesión PER1003543 con la dosis de riego al 25% alcanzando un promedio de 2.16.

**Tabla 13.** *Análisis de varianza (ANOVA) para la densidad estomática*

Fuente de variación	Suma de cuadros	de Grados libertad	de Cuadrado medio	F calculado	p-valor
Modelo	505.39	11	45.94	1387.63	<0.0001 **
Accesión	265.04	3	88.35	2668.25	<0.0001 **
Dosis de riego	235.07	2	117.54	3549.85	<0.0001 **
AccesiónxDosis de riego	5.28	6	0.88	26.59	<0.0001 **
Error	1.59	48	0.03		
Total	506.98	59			

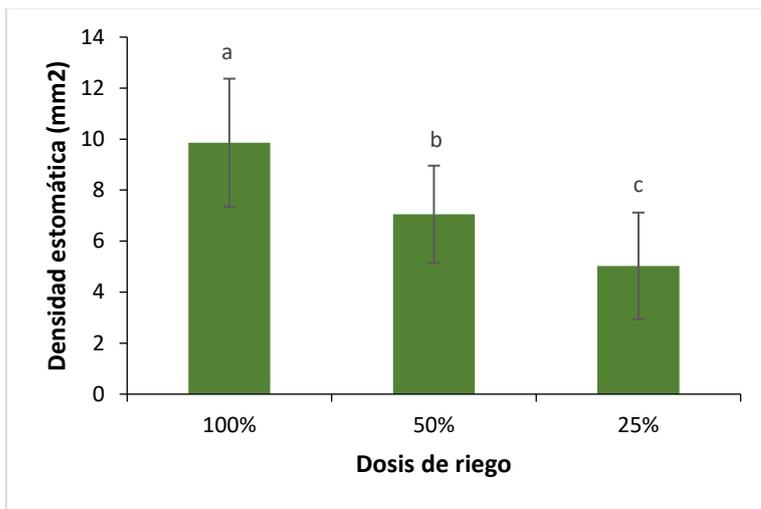
En lo que concierne a densidad estomática por accesión el mejor resultado lo obtuvo la accesión PER100344 alcanzando un promedio de 10 y el menor resultado lo obtuvo la accesión Per1003543 con un promedio de 4.

**Figura 33.** *Densidad estomática por accesión*

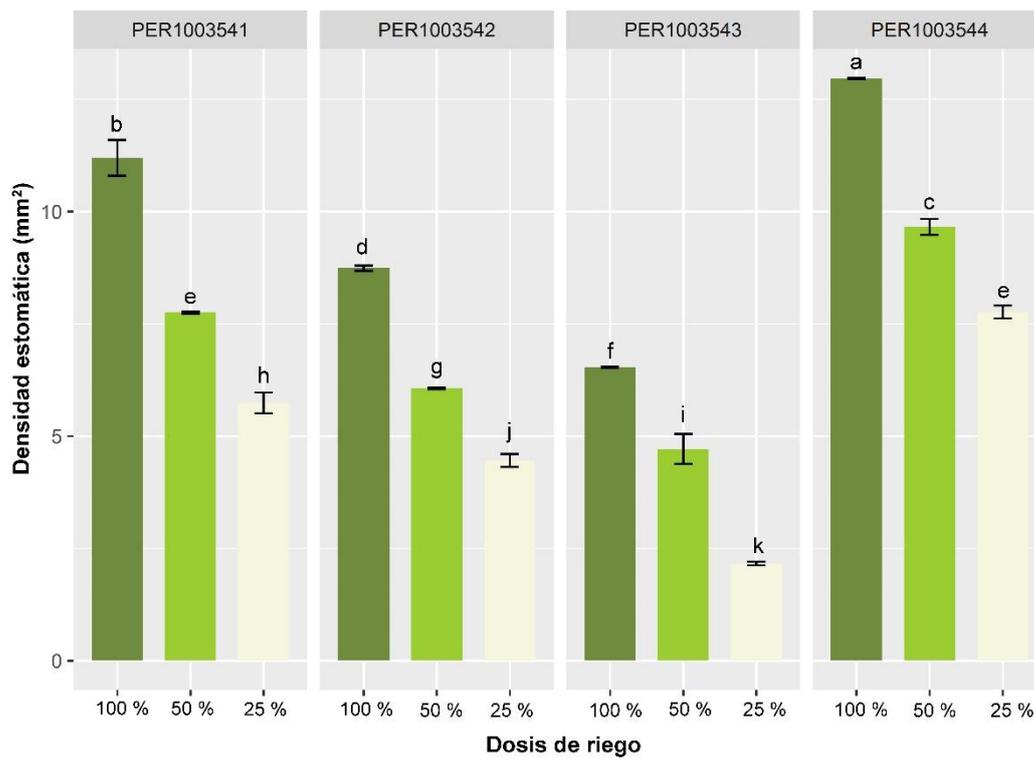


En cuanto a densidad estomática por dosis de riego teniendo en consideración el estrés hídrico, con la dosis de riego al 50% con un promedio de 7 mm<sup>2</sup> se muestra una disminución y con la dosis de riego al 25% con un promedio de 5 dicha disminución es aún mayor.

**Figura 34.** Densidad estomática por dosis de riego



**Figura 35.** Densidad estomática por cada accesión con distintas dosis de riego



## **IV. DISCUSIÓN**

### **Altura de planta**

Se logró observar un efecto significativo de la dosis de riego en cuanto a la altura de planta en todas las accesiones evaluadas. En comparación la dosis de riego 25% y 50%, la dosis de riego al 100% reflejo un mejor rendimiento en términos de altura de planta en el frijol. Estos resultados son similares a los obtenidos por (Geleta et al., 2024) quienes evaluaron (control, estrés por anegamiento y estrés por déficit de humedad) donde el nivel de riego bajo reduce la altura de la planta, esto podría deberse a la reducción del estado hídrico de la planta, en el caso de nuestra investigación el agua fue medido e incorporado cuando nuestra planta entraba a punto de marchitez permanente.

### **Numero de flores por planta**

En cuanto a número de flores por planta, nuestros resultados mostraron que la dosis de riego tuvo un impacto significativo, en la accesión 04 con la dosis de riego al 100% (testigo). Estos resultados son similares a los obtenidos por (Otoro & Hatiye, 2024), quienes evaluaron seis tratamientos de riego en las diferentes etapas del cultivo de judías (frijol), en donde llegaron a la conclusión que un buen suministro de riego durante la fase de floración y de formación de vainas demuestra ser más eficiente, es por ello que en nuestra investigación los mejores resultados se obtuvieron con la dosis de riego al 100%, tal como lo indican dichos autores.

### **Numero de vainas por planta**

Los resultados obtenidos indican diferencias significativas, alcanzando un mayor número de vainas el tratamiento testigo con la dosis de riego al 100%. Estos resultados son similares a los obtenidos por (Fogaça et al., 2023) quienes evaluaron riego deficitario en el cultivo de frijol obteniendo los siguientes resultados en el llenado de vainas, las plantas bajo este tratamiento experimentaron estrés, pérdida de hojas y agotamiento de los intercambios de gases, por tal motivo en nuestra investigación los tratamientos con a dosis de riego más bajo mostraron estrés y bajo número de vainas por planta, como se sabe que en esta etapa se requiere mayor cantidad de agua, es por ello que se vio reflejado los mejores resultados con la dosis de riego más alto.

### **Numero de semillas por vaina**

Con respecto a esta variable se encontró diferencia significativa, alcanzado 6 semillas por planta la accesión 04 con la dosis de riego al 100%. Estos resultados son similares a los obtenidos por (Contreras-Rojas et al., 2024) en donde los resultados mostraron que el número de semillas por vaina y la longitud de la vaina son componentes que tienen una contribución negativa en el rendimiento de vainas por área. Estos resultados sugirieron que caracteres como el peso promedio de las vainas y el número de vainas por planta pueden considerarse como criterios de selección para el mejoramiento genético del rendimiento de vainas en frijol

### **Rendimiento por planta**

Se encontraron diferencias significativas, alcanzando el mayor rendimiento con 37.98 gramos con la accesión 01 y la dosis de riego al 100%. Estos resultados son distintos a los obtenidos por (Bharti et al., 2023) quienes evaluaron rendimiento de vaina verde por planta (205.50 g) esto se vio influenciado por tratarse de la variedad judías verde y esta investigación fue realizada en campo abierto, ya que su desarrollo es más notable.

Cuando nos referimos a rendimiento el estrés hídrico severo es dañino, en este caso un riego controlado moderado y haciendo uso de determinados genotipos puede ser una alternativa para producir frijol de cascara verde con un gran éxito en un escenario de sequía (Campos et al., 2023).

### **Biomasa fresca**

Se encontraron diferencias significativas, alcanzando la mejor biomasa fresca la accesión 04 con la dosis de riego al 100%. Estos resultados son distintos a los obtenidos por (Teshome et al., 2023) quienes evaluaron la biomasa fresca total de judías verdes en la cual mostró una correlación negativa con el nivel de riego, mientras que el tratamiento de riego completo dio como resultado una biomasa fresca total menor, esto se pudo ver influenciado por la condición climática en la cual fue desarrollada.

### **Biomasa seca**

Se encontraron diferencias significativas, alcanzando la mejor biomasa seca la accesión 04 con la dosis de riego a 100%. Estos resultados son similares a los obtenidos por (Mathobo et al., 2017) en donde indican que la disminución de la materia seca bajo déficit hídrico, se debe a la reducción de la capacidad fotosintética que indica un bajo desarrollo de las hojas y por último la reducción de la biomasa.

### **Área foliar**

En cuanto al área foliar, nuestros resultados mostraron que la dosis de riego tuvo un impacto significativo, alcanzando 195.05 cm<sup>2</sup> la accesión 04 con la dosis de riego al 100%. Estos resultados son similares a los obtenidos por (Geleta et al., 2024) quienes evaluaron área foliar con déficit hídrico, tratamiento de encharcamiento y con una dosis control, donde el déficit hídrico disminuyó el área foliar en una tercera parte a comparación del cultivo control.

### **Contenido relativo de clorofila (SPAD)**

Los resultados obtenidos indican diferencias significativas, alcanzando 63.36 del contenido de clorofila con la accesión 04 y la dosis de riego a 100%. Estos resultados son similares a los obtenidos por (Lapiz et al., 2021) en donde indican que el contenido de clorofila, en las plantas que fueron manejadas con elevada dosis de riego fue mayor, a comparación de plantas crecidas bajo estrés hídrico, presentaron un índice de clorofila más bajo.

### **Índice estomático**

Con respecto a esta variable se encontró diferencia significativa, obteniendo los valores más altos la accesión 04 con la dosis de riego 100%. Estos estudios son similares a los obtenidos por (Mutari et al., 2023) quienes evaluaron estrés por sequía en frijol y llegaron a la conclusión que dicho estrés reducía el índice estomático, es por ello que en nuestra investigación los valores más bajos de índice estomático se encuentran con una dosis de riego más bajo y los mejores resultados se encontraron con la dosis de riego más alto, respaldando lo dicho por estos autores.

### **Densidad estomática**

Con respecto a esta variable se encontró diferencia significativa, ocupando los mejores resultados la accesión 04 con la dosis de riego al 100%. Estos resultados son similares a los obtenidos por (Polania et al., 2022) quienes evaluaron estrés hídrico, y tomaron datos de plantas de frijol de la sección basal, media y apical, se ve un mayor aumento de la densidad de estomas (parte apical) en respuesta a la sequía por ser hojas más jóvenes, en nuestra investigación se tomaron datos que abarcan la parte media hasta la apical, pero siempre tiene mucha influencia el estrés hídrico, ya que a menor suministro de agua la densidad de estomas va ser mucho menor.

## **V. CONCLUSIONES**

El estudio indica que las variables morfológicas con mayor alteración por las dosis de riego son altura de planta esto se ve significativamente afectada con la menor dosis de riego. Al aplicar un riego del 50%, se obtuvo una altura promedio de 32 cm, mientras que con un riego del 25%, la altura disminuyó a 25 cm. Esto afirma que una menor cantidad de riego reduce la altura de las plantas, en términos de rendimiento, la accesión PER1003541 destacó notablemente, alcanzando un promedio de 23 gramos por planta con un riego del 50%, en contraste, con un riego del 25%, el rendimiento se redujo a solo 10 gramos por planta. Además, se observaron alteraciones fisiológicas en el contenido relativo de clorofila. Con la dosis de riego del 50%, el contenido fue de 39, mientras que con la dosis del 25%, se redujo a 31. Esto indica que un riego insuficiente también disminuye el contenido de clorofila en las plantas. En conclusión, estos resultados enfatizan la necesidad de un manejo adecuado del riego para optimizar el crecimiento y el rendimiento de las plantas, sugiriendo que una gestión hídrica eficiente es fundamental para el éxito agrícola.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda que los niveles de riego se encuentren de acuerdo al requerimiento del cultivo, teniendo en cuenta las condiciones ambientales, para asegurar el desarrollo fenológico del cultivo en sus distintas etapas. Los resultados defienden esta recomendación, ya que se observó que el nivel de riego del 100% favoreció el desarrollo del cultivo de *Phaseolus vulgaris L* en comparación con el nivel del 50% y 25%.

Se recomienda realizar investigaciones evaluando estrés hídrico, debido a la escasez de agua que se presenta hoy en día, empleando mayor número de accesiones de frijol a nivel de nuestra región de amazonas.

En nuestra región amazonas promover a una mayor producción y consumo del frijol, teniendo en cuenta su alto valor nutritivo en cuanto a proteínas y carbohidratos, además de generar ingresos económicos y ayudar al suelo mediante la fijación de nitrógeno atmosférico.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arruda, I. M., Moda-Cirino, V., Koltun, A., dos Santos, O. J. A. P., Moreira, R. S., Moreira, A. F. P., & Gonçalves, L. S. A. (2018). Physiological, biochemical and morphoagronomic characterization of drought-tolerant and drought-sensitive bean genotypes under water stress. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 24(6), 1059. <https://doi.org/10.1007/S12298-018-0555-Y>
- Ayala-Ramos, M. A., Montaña-Arias, S. A., Terrazas, T., & Grether, R. (2024). Ecological implications of stomatal density and stomatal index in the adult stage of *Mimosa L.* (Leguminosae, Caesalpinioideae). *Protoplasma*, 261(3), 477–486. <https://doi.org/10.1007/s00709-023-01909-8>
- Avci, N., & Aygün, A. (2014). Determinación de la densidad y distribución estomática en hojas de cultivares de avellano turco (*Corylus avellana L.*). *Journal of Agricultural Sciences*, 20 (4), 454-459.
- Bharti, Mal, D., Goutam, E., & Kumar, L. (2023). Performance of French bean (*Phaseolus vulgaris L.*) Genotypes under Trans-Gangetic Plains Region. *Indian Journal Of Agricultural Research*, Of. <https://doi.org/10.18805/IJARE.A-6148>
- Campos, K., Schwember, A. R., Machado, D., Ozores-Hampton, M., & Gil, P. M. (2021). Physiological and Yield Responses of Green-Shelled Beans (*Phaseolus vulgaris L.*) Grown under Restricted Irrigation. *Agronomy 2021*, Vol. 11, Page 562, 11(3), 562. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY11030562>
- Contreras-Rojas, M., Guerra Guzmán, D. G., Salazar Mercado, S. A., & Salazar-Villareal, F. A. (2024). Path analysis of yield and yield components in snap bean (*Phaseolus vulgaris L.*) genotypes. *Euphytica*, 220(3), 36. <https://doi.org/10.1007/s10681-024-03298-2>
- Chavarria Párraga, J. E., Ugando Peñate, M., Sabando García, A. R., Muñoz Parraga, J. P., Bravo Ferrín, R. X., & Villalón Peñate, A. (2019). Necesidades hídricas del frijol caupí (*vigna unguiculata (L) Walp.*). calculadas con el coeficiente de cultivo utilizando lisímetro de drenaje; Ecuador.

- Delouche, J. C. (2002). Germinación, deterioro y vigor de semillas. *Seed News*, 6(6), 60-64.
- Devendra, C., Sevilla, C., & Pezo, D. (2001). Food-Feed Systems in Asia—Review. *Asia-Australasian Journal of Animal Science*, 14(5), 733-745.
- Food and Agriculture Organization. (2022). Cultivos y productos de ganadería. Recuperado de la base de datos FAOSTAT.
- Fogaça, A. M., Castro, A. G. de, & Barbosa, E. A. A. (2023). Physiological and morphological responses of two beans common genotype to water stress at different phenological stages. *Bioscience Journal*, 39, e39053. <https://doi.org/10.14393/BJ-v39n0a2023-59855>
- Geleta, R. J., Roro, A. G., & Terfa, M. T. (2024a). Phenotypic and yield responses of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties to different soil moisture levels. *BMC Plant Biology*, 24(1), 242. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-04856-5>
- Lara, M. H., Reyes-López, D., Bautista-Calles, J., Hernández-Zepeda, J. S., Parraguirre-Lezama, J. C., & Arenas, O. R. (2021). Survival and yield of bean varieties with horizontal resistance to water stress in the Sierra Nororiental de Puebla. *Nova Scientia*, 13(27). <https://doi.org/10.21640/NS.V13I27.2920>
- Lapiz Culqui, Y., Neri, J., Vilca Valqui, N. C., Meléndez Mori, J. B., Huaman Huaman, E., & Oliva, M. (2021). Efecto del estrés hídrico sobre el comportamiento morfo-fisiológico de cinco genotipos de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Científica Pakamuros*, 9(2), 73–86. <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v9i2.183>
- Lirio-Paredes, J., Ogata-Gutiérrez, K., & Zúñiga-Dávila, D. (2022). Effects of Rhizobia Isolated from Coffee Fields in the High Jungle Peruvian Region, Tested on *Phaseolus vulgaris* L. var. Red Kidney. *Microorganisms*, 10(4), Art. 4. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10040823>
- Mago, M., Pire, R., & García, M. (2021). Efecto del déficit hídrico durante la fase juvenil sobre el crecimiento y acumulación de prolina en tres genotipos de *Phaseolus Vulgaris* L. *REVISTA CIENTÍFICA ECOCIENCIA*, 8(1), 49–64. <https://doi.org/10.21855/ECOCIENCIA.81.449>

- Mathobo, R., Marais, D., & Steyn, J. M. (2017). The effect of drought stress on yield, leaf gaseous exchange and chlorophyll fluorescence of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agricultural Water Management*, *180*, 118–125. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.11.005>
- Mohamed, A., Salma, H., Mohamed, H., Ahmed, H., Mohamen, B., Mohamd, M., & Emad, A. (2020). Programación de riego para judías verdes cultivadas en suelos franco arcilloso bajo un sistema de riego por goteo.
- Montero Tavera, V., Gutiérrez-Benicio, G. M., Mireles-Arriaga, A. I., Aguirre-Mancilla, C. L., Acosta-Gallegos, J. A., & Ruiz Nieto, J. E. (2019). Efectos fisiológicos del estrés hídrico en variedades de frijol tolerantes a la sequía. *Acta Universitaria*, *29*, 1–7. <https://doi.org/10.15174/au.2019.1816>
- Mutari, B., Sibiyi, J., Matova, P. M., Gasura, E., & Simango, K. (2023). Drought stress impact on agronomic, shoot, physiological, canning and nutritional quality traits of navy beans (*Phaseolus vulgaris* L.) under field conditions in Zimbabwe. *Field Crops Research*, *292*, 108826. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.108826>
- Ntukamazina, N., Onwonga, R. N., Sommer, R., Mukankusi, C. M., Mburu, J., & Rubyogo, J. C. (2017). Effect of excessive and minimal soil moisture stress on agronomic performance of bush and climbing bean (*Phaseolus vulgaris* L.). <http://www.editorialmanager.com/cogentagri>, *3*(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2017.1373414>
- Otoro, G. G., & Hatiye, S. D. (2024). Field evaluation of haricot bean (*Phaseolus vulgaris* L.) response to supplemental irrigation in Arba Minch area: Southern Ethiopia. *Irrigation and Drainage*, *73*(2), 470–485. <https://doi.org/10.1002/ird.2888>
- Petropoulos, S. A., Fernandes, Â., Plexida, S., Chrysargyris, A., Tzortzakis, N., Barreira, J. C. M., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2020). Biostimulants Application Alleviates Water Stress Effects on Yield and Chemical Composition of Greenhouse Green Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agronomy* 2020, Vol. 10, Page 181, *10*(2), 181. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY10020181>

- Polania, J. A., Salazar-Chavarría, V., Gonzalez-Lemes, I., Acosta-Maspons, A., Chater, C. C. C., & Covarrubias, A. A. (2022). Contrasting Phaseolus Crop Water Use Patterns and Stomatal Dynamics in Response to Terminal Drought. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.894657>
- Santos, R. M. dos, Sánchez-Román, R. M., Grassi Filho, H., Silva, V. M. da, & Pereira, A. de J. (2022). COEFICIENTE DE PRODUTIVIDADE – KY DO FEIJÃO CARIOCA (*Phaseolus vulgaris* L. TAA DAMA.) PARA O MUNICÍPIO DE BOTUCATU-SP. *IRRIGA*, 27(4), 785–794. <https://doi.org/10.15809/irriga.2022v27n4p785-794>
- Teshome, F. T., Bayabil, H. K., Schaffer, B., Ampatzidis, Y., Hoogenboom, G., & Singh, A. (2023). Exploring deficit irrigation as a water conservation strategy: Insights from field experiments and model simulation. *Agricultural Water Management*, 289, 108490. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108490>
- Vásquez García, J., Vilca Valqui, N. C., & Malqui Ramos, R. F. (2023). Manual de manejo agronómico de frijol en regiones andinas.

## ANEXOS

04 accesiones de frijol



Tomando datos de la altura de planta



Midiendo diámetro de tallo



Aparición de la flor



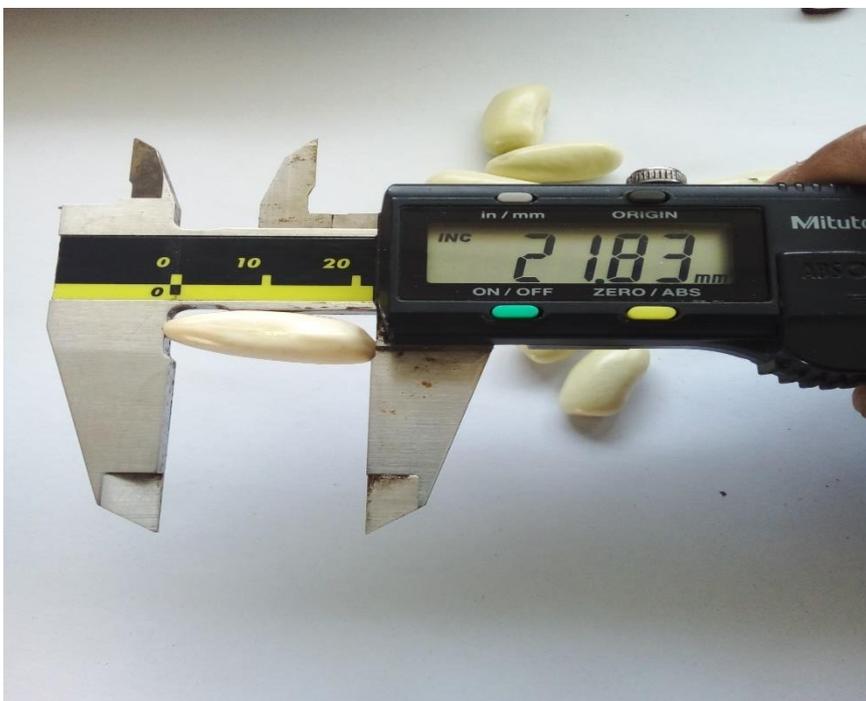
Evaluando contenido relativo de clorofila



Maduración de las vainas de frijol



Tomando datos del diámetro de semilla



Tomando datos del diámetro de vainas



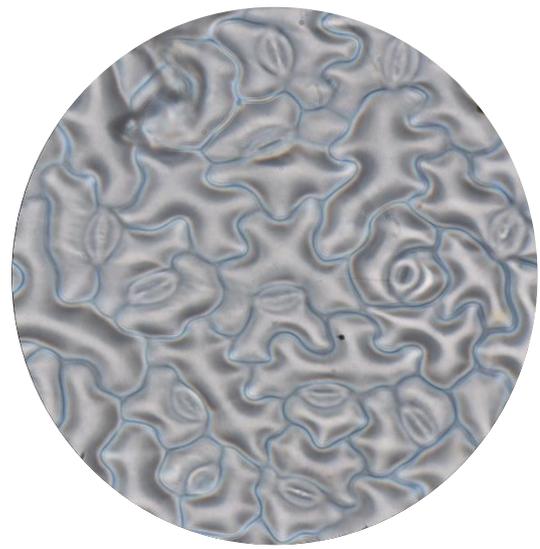
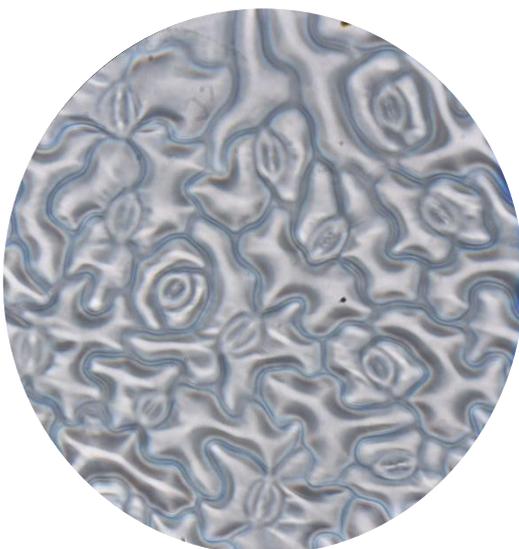
Hojas de frijol para ser evaluados en microscopio



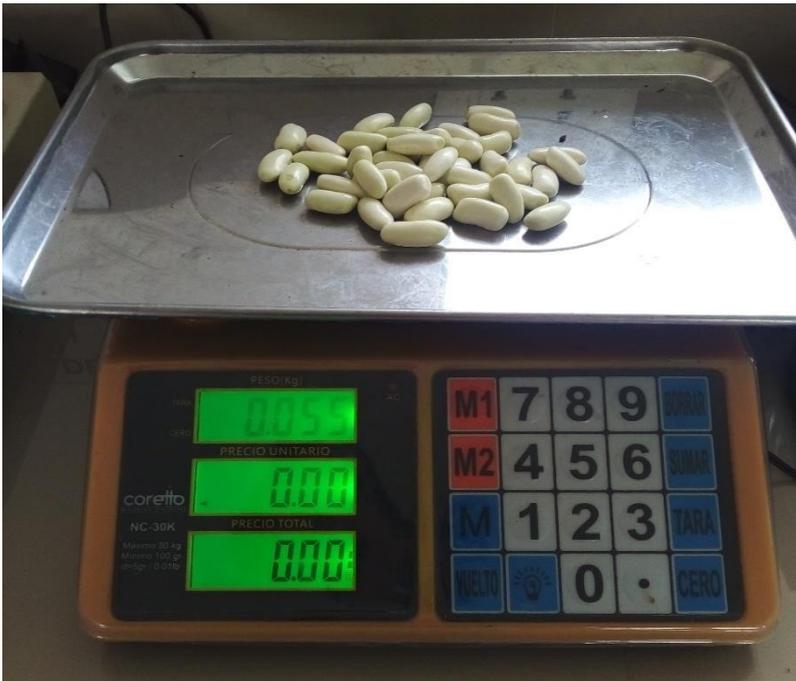
## Evaluación de estomas en el microscopio



## Imágenes observadas en el microscopio



Determinando el peso de las semillas



PER1003541



PER1003542



PER1003543



PER1003544

