



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**EFECTO DE DIFERENTES CONDUCTIVIDADES  
ELÉCTRICAS EN EL DESARROLLO VEGETATIVO Y  
RENDIMIENTO DEL FRÉJOL CUARENTÓN (*Phaseolus  
vulgaris* L.), PROVINCIA DE SANTA ELENA**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Requisito parcial para la obtención del título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**Autor:** Oscar José Magallanes Bailón.

**LA LIBERTAD, 2022**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**EFECTO DE DIFERENTES CONDUCTIVIDADES  
ELÉCTRICAS EN EL DESARROLLO VEGETATIVO Y  
RENDIMIENTO DEL FRÉJOL CUARENTÓN (*Phaseolus  
vulgaris* L.), PROVINCIA DE SANTA ELENA**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Requisito parcial para la obtención del título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**Autor:** Oscar José Magallanes Bailón.

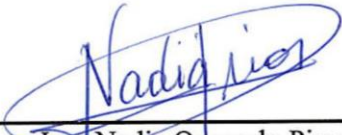
**Tutora:** Ing. Clotilde Andrade Varela, MSc.

**LA LIBERTAD, 2022**

## TRIBUNAL DE GRADO

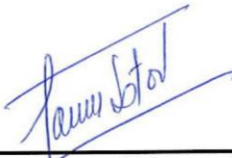
Trabajo de Integración Curricular presentado por **OSCAR JOSÉ MAGALLANES BAILÓN** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 07/10/2021



---

Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph. D  
**DIRECTORA DE CARRERA**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



---

Blgo. Javier Soto Valenzuela, Ph. D  
**PROFESOR ESPECIALISTA**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



---

Ing. Clotilde Andrade Varela, MSc  
**PROFESORA TUTORA**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



---

Lcda. Ana Villalta Gómez  
**DELEGADA DE LA PROFESORA**  
**GUÍA DE LA UIC**  
**SECRETARIA**

## **AGRADECIMIENTOS**

En este apartado quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que de una u otra forma me han apoyado en el transcurso de mi vida profesional, y más concretamente en la culminación de este trabajo de investigación. Mis agradecimientos van dirigidos a las siguientes personas:

A mi querida madre que con su esfuerzo y dedicación supo guiarme por el camino del bien y apoyarme en los momentos que más necesite.

A todos los que conforman la Facultad de Ciencias Agrarias, por los conocimientos adquiridos durante mi estancia académica.

A mis compañeros de grupo, Michelle, Allison y Ángel, con quienes compartí vivencias, y nos mantuvimos unidos para superar las adversidades que se nos presentaron. Así mismo, a mi amiga incondicional Aida Tumbaco por su ayuda para culminar esta investigación.

Finalmente, a mi tutora, la Ing. Clotilde Andrade Varela, MSc; por su colaboración, quien con su paciencia, dirección y enseñanza hizo posible el desarrollo de este trabajo.

## **DEDICATORIA**

Todo gran esfuerzo necesita de dedicación propia y la orientación de personas mayores, en especial de aquellas que se encuentran muy cerca de nuestro corazón. Dedico humildemente este trabajo a mi querida madre por su constante apoyo, amor y consejos; quien siempre me ha dicho, que con esfuerzo y perseverancia se alcanzan nuestras metas.

## RESUMEN

El fréjol es de gran importancia socioeconómica y alimenticia debido a su alta demanda, generación de empleo y por ser una fuente significativa de nutrientes; uno de los factores que afectan su capacidad productiva es la salinidad. En ese sentido, el propósito del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes conductividades eléctricas (CE) en el desarrollo vegetativo y rendimiento del fréjol cuarentón. El experimento se realizó bajo cobertura y se utilizó un diseño completamente aleatorizado de cuatro tratamientos con cinco repeticiones, probando cuatro niveles de CE (0.15, 10.22, 23.30 y 28.40 dS/m). Se evaluó la longitud de la raíz (cm), días a floración, altura de inserción de la primera flor, número de flores (60, 65 y 70 días dds), rendimiento y la incidencia y severidad de plagas. La salinidad disminuyó la tasa de crecimiento de la raíz, provocó retrasos en los días a floración y redujo el número de flores en las plantas de fréjol. La altura de inserción de la primera flor estadísticamente no fue afectada por los tratamientos; en relación al rendimiento las flores se vieron afectadas por la salinidad provocando abortos florales, especialmente en el T4 (28.40 dS/m). En la incidencia y severidad las plagas afectaron de manera similar a todos los tratamientos. Se concluye, que a pesar de las altas conductividades eléctricas a las que fueron sometidas las unidades experimentales, además de la alta incidencia y severidad de insectos-plaga, se obtuvo 15, 12 y 8 vainas en los tratamientos 1, 2 y 3 respectivamente.

**Palabras claves:** fréjol cuarentón, desarrollo vegetativo, conductividad eléctrica, incidencia y severidad.

## **ABSTRACT**

Beans are of great socioeconomic and nutritional importance due to their high demand, employment generation and for being a significant source of protein; one of the factors that affect their productive capacity is salinity. In this sense, the purpose of the present work was to evaluate the effect of different electrical conductivities (EC) on the vegetative development and yield of quarantine beans. The experiment was carried out under cover and a completely randomized design of four treatments with five replications was used, testing four levels of EC (0.15, 10.22, 23.30 and 28.40 dS/m). Root length (cm), days to flowering, first flower insertion height, number of flowers (60, 65 and 70 days dds), yield, and pest incidence and severity were evaluated. Salinity decreased root growth rate, caused delays in days to flowering and reduced the number of flowers on bean plants. The height of insertion of the first flower was statistically unaffected by the treatments; in relation to yield, the flowers were affected by salinity causing floral abortion, especially at T4 (28.40 dS/m). The incidence and severity of pests affected all treatments in a similar way. It is concluded that in spite of the high electrical conductivities to which the experimental units were subjected, in addition to the high incidence and severity of insect pests, 15, 12 and 8 pods were obtained in treatments 1, 2 and 3, respectively.

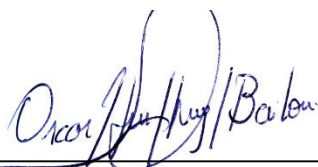
**Keywords:** quarantine bean, vegetative development, electrical conductivity, incidence and severity.

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado **“EFECTO DE DIFERENTES CONDUCTIVIDADES ELÉCTRICAS EN EL DESARROLLO VEGETATIVO Y RENDIMIENTO DEL FRÉJOL CUARENTÓN (*Phaseolus vulgaris* L.), PROVINCIA DE SANTA ELENA”** y elaborado por **Oscar José Magallanes Bailón**, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

### Transferencia de derechos autorales.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".



---

Oscar José Magallanes Bailón



# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>Problema Científico:</b> .....	<b>3</b>
<b>Objetivos</b> .....	<b>3</b>
Objetivo General:.....	3
Objetivos Específicos: .....	3
<b>Hipótesis:</b> .....	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>4</b>
<b>1.1 Conceptos generales del fréjol</b> .....	<b>4</b>
1.1.1 Origen y domesticación .....	4
1.1.2 Clasificación taxonómica.....	4
<b>1.2 Descripción morfológica</b> .....	<b>4</b>
1.2.1 Raíz .....	4
1.2.2 Tallo .....	5
1.2.3 Hojas .....	5
1.2.4 Flor.....	5
1.2.5 Frutos .....	5
<b>1.3 Hábito de crecimiento</b> .....	<b>5</b>
1.3.1 Tipo I: determinado arbustivo.....	6
1.3.2 Tipo II: indeterminado arbustivo .....	6
1.3.3 Tipo III: indeterminado postrado .....	6
1.3.4 Tipo IV: indeterminado trepador .....	6
<b>1.4 Fenología</b> .....	<b>7</b>
<b>1.5 Requerimiento hídrico</b> .....	<b>8</b>
<b>1.6 Factores que afectan su crecimiento</b> .....	<b>9</b>
<b>1.7 Efecto de la salinidad en las plantas</b> .....	<b>11</b>
1.7.1 Estrés hídrico .....	12
1.7.2 Estrés osmótico .....	12
1.7.3 Estrés iónico.....	12
1.7.4 Estrés oxidativo.....	13
<b>1.8 Mecanismos de respuesta de las plantas</b> .....	<b>13</b>
<b>1.9 Conductividad eléctrica (CE)</b> .....	<b>14</b>
<b>1.10 Agua de mar</b> .....	<b>15</b>

1.10.1 Composición química .....	15
1.10.2 Aplicaciones en el área agrícola .....	15
<b>1.11 Mejoramiento genético del fréjol y su línea de tiempo en Ecuador .....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1 Caracterización del área .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2 Material biológico y condiciones experimentales .....</b>	<b>18</b>
<b>2.3 Materiales, equipos e insumos .....</b>	<b>19</b>
2.3.1 Materiales.....	19
2.3.2 Equipos .....	19
2.3.3 Insumos .....	20
<b>2.4 Diseño experimental .....</b>	<b>20</b>
2.4.1 Tratamientos .....	20
2.4.2 Delineamiento experimental .....	21
<b>2.5 Conducción del experimento .....</b>	<b>21</b>
2.5.1 Análisis químico de agua de mar .....	21
2.5.2 Extracción de sustrato .....	22
2.5.3 Protocolo de siembra .....	22
2.5.4 Selección y extracción de plántulas .....	23
2.5.5 Trasplante de plántulas .....	23
2.5.6 Dilución de agua de mar .....	23
2.5.7 Riego .....	24
2.5.8 Control fitosanitario de plagas y enfermedades.....	25
<b>2.6 Parámetros evaluados .....</b>	<b>25</b>
2.6.1 Morfológicos.....	25
2.6.2 Fitosanitarios.....	26
<b>2.7 Análisis estadístico de los resultados.....</b>	<b>28</b>
<b>CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>29</b>
<b>3.1 Efectos en los parámetros morfológicos del fréjol.....</b>	<b>29</b>
3.1.1 Longitud de la raíz .....	29
3.1.2 Días a floración .....	30
3.1.3 Altura de inserción de primera flor.....	31
3.1.4 Número de flores (60, 65 y 70 dds) .....	33
3.1.5 Rendimiento .....	35
<b>3.2 Parámetros fitosanitarios.....</b>	<b>35</b>
3.2.1 Identificación de plagas .....	35

3.2.2 Incidencia.....	39
3.2.3 Severidad .....	41
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>43</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>43</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>43</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación taxonómica del fréjol.....	4
<b>Tabla 2.</b> Etapas de desarrollo o fenología del cultivo de fréjol .....	8
<b>Tabla 3.</b> Principales plagas y enfermedades del cultivo de fréjol. Continúa.....	9
<b>Tabla 4.</b> Reducción del rendimiento de cultivos por efecto de la salinidad (CE). Continúa .....	11
<b>Tabla 5.</b> Mecanismos de respuesta de las especies vegetales a la salinidad.....	14
<b>Tabla 6.</b> Composición química del agua de mar. ....	15
<b>Tabla 7.</b> Características del fréjol INIAP-414 "Cuarentón" .....	19
<b>Tabla 8.</b> ANDEVA. ....	20
<b>Tabla 9.</b> Conductividades eléctricas definidas para los tratamientos. ....	20
<b>Tabla 10.</b> Delineamiento experimental del ensayo.....	21
<b>Tabla 11.</b> Conductividad eléctrica y pH de las diluciones de agua de mar. ....	22
<b>Tabla 12.</b> Dilución de agua de mar para un volumen de 500 mL.....	23
<b>Tabla 13.</b> Programación de riego del fréjol arbustivo para condiciones de la zona de estudio. ....	24
<b>Tabla 14.</b> Escala de grados de severidad para pulgones y otros insectos plaga. ....	28
<b>Tabla 15.</b> ANDEVA de la variable longitud de la raíz.....	29
<b>Tabla 16.</b> ANDEVA de la variable días a floración. ....	30
<b>Tabla 17.</b> ANDEVA de la variable altura de inserción de la primera flor. ....	31
<b>Tabla 18.</b> ANDEVA de la variable número de flores a los 60, 65 y 70 dds.....	33
<b>Tabla 19.</b> Promedios de porcentajes de incidencia de minador, araña roja y pulgones por tratamiento. ....	39
<b>Tabla 20.</b> Promedios mensuales de porcentajes de incidencia de minador, pulgón y araña roja.....	40
<b>Tabla 21.</b> Promedios de severidad de minador, pulgón y araña roja por tratamiento. ....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Hábito de crecimiento del fréjol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	7
<b>Figura 2.</b> Fenología del cultivo de fréjol. ....	7
<b>Figura 3.</b> Requerimiento hídrico del fréjol arbustivo. ....	9
<b>Figura 4.</b> Línea de tiempo del mejoramiento genético del fréjol en el Ecuador. ....	17
<b>Figura 5.</b> Ubicación de lugar del experimento. ....	18
<b>Figura 6.</b> Esquema del DCA para el ensayo.....	21
<b>Figura 7.</b> Kc del cultivo de fréjol.....	24
<b>Figura 8.</b> Determinación de la longitud de la raíz. ....	25
<b>Figura 9.</b> Imagen original de la hoja (a), segmento de AF (b) y segmento de AFA (c).....	27
<b>Figura 10.</b> Longitud de la raíz de los tratamientos .....	30
<b>Figura 11.</b> Promedio de días a floración de los tratamientos. ....	31
<b>Figura 12.</b> Promedio de altura de inserción de la primera flor por tratamiento. ....	32
<b>Figura 13.</b> Número de flores a los 60 dds.....	33
<b>Figura 14.</b> Número de flores a los 65 dds.....	34
<b>Figura 15.</b> Número de flores a los 70 dds.....	34
<b>Figura 16.</b> Larvas en el envés de la hoja (a) y galerías (b). Fotografías tomadas por el autor. .....	35
<b>Figura 17.</b> Colonia de <i>T. urticae</i> en el envés de la hoja (a) y picaduras en el área foliar (b). Fotografías tomadas por el autor. ....	36
<b>Figura 18.</b> Colonia de pulgones en el envés de la hoja (a) y abarquillamiento de hojas (b). Fotografías tomadas por el autor. ....	37
<b>Figura 19.</b> Manchas cloróticas en hoja de fréjol (a) y picaduras en el tallo (b). Fotografías tomadas por el autor .....	38

## ÍNDICE DE ANEXOS

**Tabla 1A.** Longitud de la raíz, días a floración, altura de inserción de la primera flor y número de flores (60, 65 y 70 dds).

**Tabla 2A.** Análisis de varianza de la variable longitud de la raíz (cm).

**Tabla 3A.** Análisis de varianza de la variable días a floración.

**Tabla 4A.** Análisis de varianza de la variable altura de inserción de la primera flor.

**Tabla 5A.** Análisis de varianza de la variable número de flores a los 60 dds.

**Tabla 6A.** Análisis de varianza de la variable número de flores a los 65 dds.

**Tabla 7A.** Análisis de varianza de la variable número de flores a los 70 dds.

**Tabla 8A.** Incidencia de minador, araña roja y pulgones por tratamiento.

**Tabla 9A.** Análisis de varianza de incidencia de minador por tratamiento.

**Tabla 10A.** Análisis de varianza de incidencia de araña roja por tratamiento.

**Tabla 11A.** Análisis de varianza de incidencia de pulgones por tratamiento.

**Tabla 12A.** Incidencia mensual de minador, araña roja y pulgones.

**Tabla 13A.** Análisis de varianza de la incidencia mensual de minador.

**Tabla 14A.** Análisis de varianza de la incidencia mensual de araña roja.

**Tabla 15A.** Análisis de varianza de la incidencia mensual de pulgones.

**Tabla 16A.** Severidad de minador, araña roja y pulgones.

**Tabla 17A.** Análisis de varianza de la severidad de minador.

**Tabla 18A.** Análisis de varianza de la severidad de araña roja.

**Tabla 19A.** Análisis de varianza de la severidad de pulgones.

**Figura 1A.** Siembra de semillas de fréjol en bandejas plásticas.

**Figura 2A.** Plántulas de fréjol a los 8 y 15 días después de la siembra.

**Figura 3A.** Plantas de fréjol a los 37 y 42 días después de la siembra.

**Figura 4A.** Botón floral y flor de fréjol.

**Figura 5A.** Agallas y protuberancias en la raíz producidas por nemátodos.

**Figura 6A.** Interfaz del programa CLIMWAT versión 2.0.

**Figura 7A.** Interfaz del programa CROPWAT versión 8.

**Figura 8A.** Interfaz del programa ImageJ versión 1.53K.

**Figura 9A.** Análisis químico de diluciones de agua de mar.

# INTRODUCCIÓN

## Antecedente

El fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una planta dicotiledónea anual de origen americano, perteneciente a la familia de las Fabáceas, cuya distribución se encuentra en los cinco continentes y ocupa el octavo lugar entre las leguminosas más sembradas en el planeta (Torres *et al.*, 2013). Es un alimento muy importante en la soberanía y seguridad alimentaria de muchos países, por su precio accesible y también por ser una fuente de nutrientes como proteínas y hierro; así como también de vitaminas y compuestos bioactivos que previenen el cáncer (Garcés, 2011). En consecuencia, la producción de fréjol a nivel mundial presenta una alta demanda y es generadora de fuentes de empleo e ingresos económicos.

La superficie sembrada para el cultivo de fréjol en el mundo se estima en 32 millones de ha con una producción de 32,1 millones de t; donde los principales productores son: India (4,9 millones de t), Birmania (4,6 millones de t), Brasil (2,9 millones de t), Estados Unidos (1,4 millones de t), China y Tanzania (1,2 millones de t cada uno) y México con una producción cercana a los 1,2 millones de t (CEDRSSA, 2020).

En Ecuador se cultivan dos tipos de fréjol: voluble y arbustivo. La producción se concentra en Unidades Productivas Agropecuarias (UPAS), cuyas dimensiones fluctúan entre 0 y 20 ha; donde se practica como monocultivo o en asociación con el maíz, ya sea para cosecha de grano tierno o seco (Endara, 2019). Según ESPAC (2020) la producción anual de fréjol seco y tierno se estima en 11.873 y 12.152 toneladas métricas respectivamente; siendo Bolívar, Los Ríos, Chimborazo, Imbabura, Cotopaxi y Guayas las provincias con mayor producción de esta leguminosa.

En la provincia de Santa Elena la producción de fréjol no se encuentra muy arraigada, debido a las limitaciones de origen biótico (plagas y enfermedades) y abiótico (suelo y clima) que impiden el crecimiento y desarrollo del cultivo. Santa Elena por ser una zona semiárida presenta riesgos potenciales a sequías, salinidad y altas temperaturas, las cuales inciden negativamente en las necesidades hídricas de las especies vegetales (Lino, 2019; Santana, 2019). Al mismo tiempo, los problemas fitosanitarios de plagas y enfermedades que perduran en la actualidad, han contribuido con los bajos rendimientos e imposibilitan una agricultura sostenible (Barzola, 2017 citado por Santana, 2019). Todo esto, sumado al uso de semillas no certificadas han hecho que el pequeño productor opte por el establecimiento

de otros cultivos como las hortalizas y gramíneas, especialmente el maíz; considerando que tienen una mejor respuesta adaptativa a las inclemencias del clima y condiciones adversas proporcionadas por el suelo (Núñez *et al.*, 2017; Santana, 2019).

Una alternativa para romper el ciclo de plagas y disminuir el brote de enfermedades en general, es la rotación de cultivos, que consiste en la alternancia de diferentes especies vegetales de forma sucesiva, en un mismo terreno por un tiempo determinado; el cual sigue un orden establecido, como, por ejemplo, gramínea – leguminosa – hortaliza (Enciso *et al.*, 2019).

Por otro lado, a fin de reducir las afectaciones tanto por factores bióticos como abióticos, existen protocolos para seleccionar variedades tolerantes en función del perfil genético (Blair, Cortes y This, 2015). Considerando que es importante la obtención de materiales con un alto nivel de tolerancia a la salinidad y estrés hídrico, la identificación de caracteres morfológicos y fisiológicos asociados a estas condiciones, pueden ser una razón para seleccionar genotipos con dicho carácter en cultivos agroalimentarios (Montero *et al.*, 2019).

### **Justificación**

El simple hecho de que el cultivo de fréjol sea sensible ante ambientes salinos, tal como son las condiciones de Santa Elena, se debe utilizar como base; una herramienta que permita formular estrategias y desarrollar tecnologías para mejorar la resistencia al estrés hídrico y salinidad.

Por lo mencionado, se hace menester evaluar el comportamiento agronómico de genotipos de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.), bajo el efecto de diferentes conductividades eléctricas en el desarrollo vegetativo; con la finalidad de obtener materiales que se adapten a las zonas de producción de la provincia de Santa Elena. Así como también, contribuir con la ruptura del ciclo de plagas, favorecer los rendimientos de los cultivos y garantizar la soberanía y seguridad alimentaria de la población; sobre todo en familias de escasos recursos económicos que no pueden acceder fácilmente a proteínas de origen animal (Peralta *et al.*, 2012).



**Problema Científico:**

¿Será posible que las semillas de fréjol que se emplean en las zonas de producción del país se adapten a la salinidad y a las condiciones climáticas de la Península de Santa Elena?

**Objetivos*****Objetivo General:***

- ❖ Evaluar el efecto de diferentes conductividades eléctricas en el desarrollo vegetativo y rendimiento de plantas de fréjol “cuarentón”.

***Objetivos Específicos:***

1. Evaluar el comportamiento agronómico de las plantas de fréjol de acuerdo a las variables morfológicas.
2. Valorar el rendimiento de las plantas de fréjol expuestas a diferentes conductividades eléctricas.
3. Identificar la conductividad eléctrica que permita el desarrollo óptimo de las plantas de fréjol cuarentón.
4. Determinar la incidencia y severidad de plagas en los tratamientos.

**Hipótesis:**

El desarrollo vegetativo de las plantas se ve afectado desfavorablemente por la conductividad eléctrica más alta.

# CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

## 1.1 Conceptos generales del fréjol

### 1.1.1 Origen y domesticación

El fréjol es una planta anual herbácea, cuyo centro primario de origen se localiza en Mesoamérica, precisamente en México, donde se encuentra la mayor diversidad genética del género *Phaseolus sp.* (Ortega, 2016). Su domesticación y posterior establecimiento como cultivo ocurrió entre 7000 a 8000 años a.C.; pasando de su forma silvestre como modelo de guía a una establecida en mata, logrando así pues, convertirse en una de las leguminosas más importante para la alimentación (Flores *et al.*, 2018).

### 1.1.2 Clasificación taxonómica

De acuerdo con Conabio (2007) citado por Bazurto (2019) la clasificación taxonómica del cultivo de fréjol es la siguiente:

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica del fréjol.

Clasificación taxonómica	
<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Fabales
<b>Familia</b>	Fabaceae
<b>Género</b>	<i>Phaseolus</i>
<b>Especie</b>	<i>vulgaris</i>
<b>Nombre científico</b>	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.

**Fuente:** Conabio (2007) citado por Bazurto (2019)

## 1.2 Descripción morfológica

### 1.2.1 Raíz

La planta de fréjol presenta un sistema radicular superficial que alcanza los primeros 20 cm de profundidad y está constituido por la raíz primaria, raíces secundarias y sobre estas las raíces terciarias (FAO, 2018). En las raíces secundarias y terciarias se desarrollan nódulos

de forma poliédrica, cuyo diámetro fluctúa entre 2 y 5 mm; estos son producidos por bacterias nitrificantes del género *Rhizobium sp.*, las cuales son atraídas por los compuestos fenólicos secretados por las plantas (Ventura *et al.*, 2018). Estas bacterias fijan el nitrógeno atmosférico y lo disponibilizan para las especies vegetales (FAO, 2018).

### **1.2.2 Tallo**

El tallo es herbáceo, delgado y cilíndrico formado por una sucesión de nudos y entrenudos (Rodríguez, 2017). Presenta diferentes hábitos de crecimiento en dependencia de la variedad, que son: erecto, prostrado o semiprostrado (Burbano, 2019).

### **1.2.3 Hojas**

Según Rodríguez (2017), el fréjol tiene dos tipos de hojas, simples y compuestas; éstas están insertas en los nudos del tallo y de las ramas. Las hojas simples aparecen durante la embriogénesis, se desarrollan en el segundo nudo del tallo y se caen antes de que la planta esté completamente desarrollada (FAO, 2018). Mientras que las hojas compuestas aparecen a partir del tercer nudo, son alternas, de tres folíolos, un peciolo y un raquis; poseen tamaño variable dependiendo de la variedad o cultivar (Ventura *et al.*, 2018).

### **1.2.4 Flor**

La flor es típica papilionácea (forma de mariposa). Su formación comprende dos etapas muy diferenciadas: el desarrollo del botón floral y la apertura total de la flor (Rodríguez, 2017). El botón floral puede originarse de dos maneras, la primera en las inserciones de un racimo y la segunda en el desarrollo floral de yemas de una axila en su estado inicial (Bazurto, 2019). En la etapa final o apertura total la corola de la flor sobresale aun estando cerrada, las bractéolas cubren solamente el cáliz y la flor se abre después de la antesis (Rodríguez, 2017).

### **1.2.5 Frutos**

Los frutos son tipo vaina, de forma, tamaño y de color variable, dependiendo de la variedad (Ortubé y Aguilera, 1994 citado por Mamani, 2016). La vaina puede ser lisa o con pequeñas vellosidades y está compuesta por dos valvas unidas por dos suturas: ventral y dorsal (FAO, 2018).

## **1.3 Hábito de crecimiento**

Acorde al hábito de crecimiento que presentan los vegetales, el cultivo del fréjol ostenta cuatro tipos, que son:

#### **1.3.1 Tipo I: determinado arbustivo**

- El tallo principal y las ramas próximas finalizan en una inflorescencia; cuando esto ocurre el crecimiento en estas partes se detiene (Pucuji, 2016).
- El tallo es robusto con una cantidad variable de entrenudos, generalmente de 5 a 10.
- La altura en las plantas varía entre 30 y 50 cm; aunque se han dividido plantas enanas con alturas de 15 a 25 cm (Ventura *et al.*, 2018).
- La floración es rápida y la maduración en las vainas ocurre al mismo tiempo.

#### **1.3.2 Tipo II: indeterminado arbustivo**

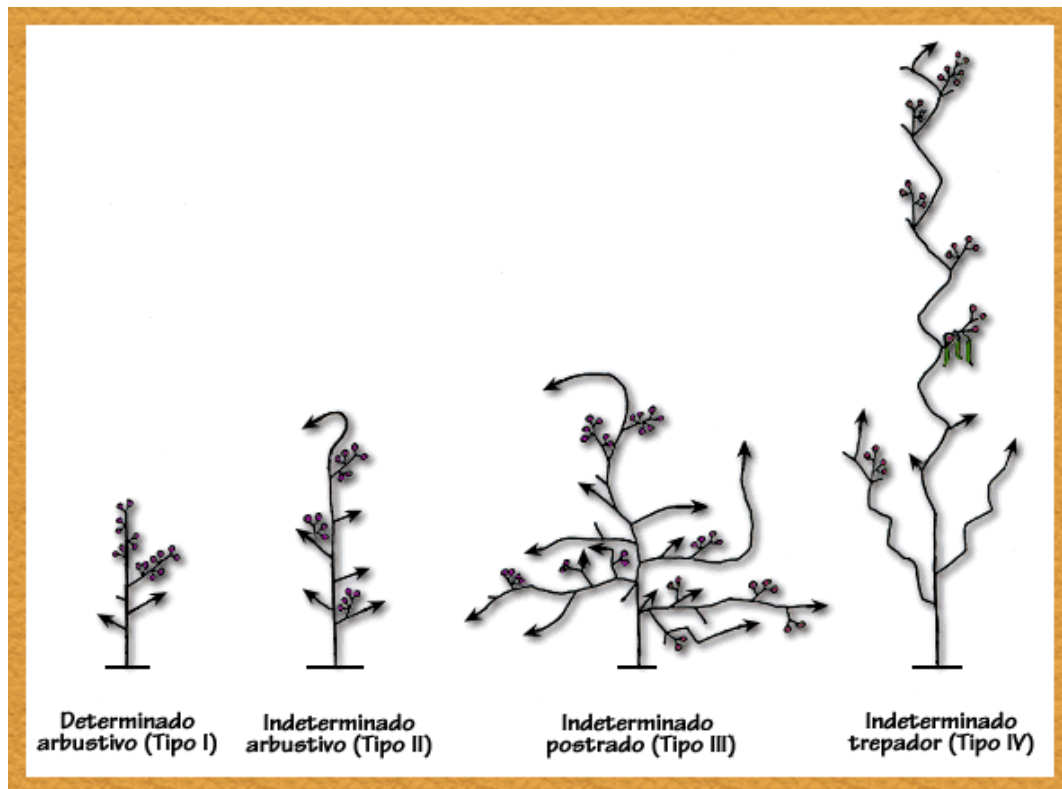
- El crecimiento del tallo principal y de las ramas continúa durante la etapa de floración, aunque a un ritmo más lento.
- El crecimiento en la planta es erecto, y existe un menor número de ramas.
- Presenta mayor número de entrenudos que el hábito de crecimiento tipo I (12 entrenudos).

#### **1.3.3 Tipo III: indeterminado postrado**

- Son plantas de crecimiento postrado o semipostrado cuyas ramificaciones están bien desarrolladas.
- En este tipo de plantas la altura es superior a los tipos I y II (aproximadamente 80 cm). Así mismo, el número de ramas y longitud de los entrenudos son mayores a los anteriormente mencionados (Pucuji, 2016).
- Las plantas pueden ostentar variaciones en el crecimiento, tomando una aptitud trepadora cuando están asociadas a un tutor o estructura de soporte (Ventura *et al.*, 2018).

#### **1.3.4 Tipo IV: indeterminado trepador**

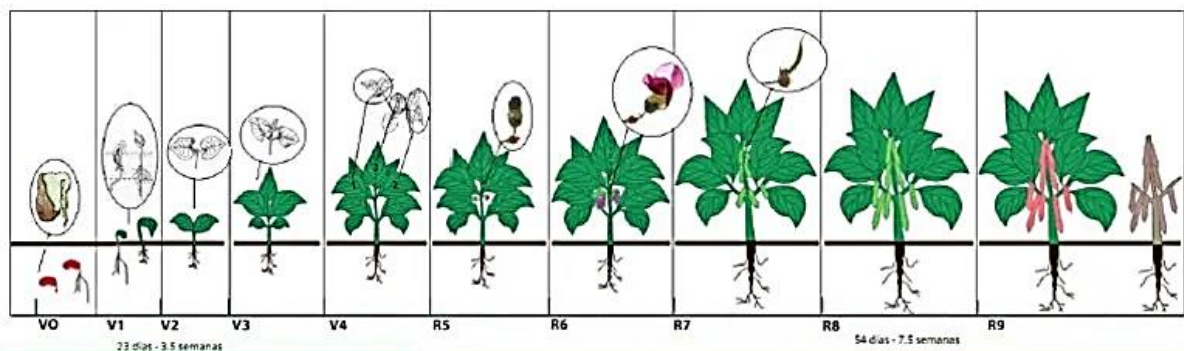
- Por lo general, el tallo posee de 20 a 30 nudos y alcanza dos metros de altura, siempre y cuando la planta esté acondicionada con un soporte.
- La etapa de floración es más prolongada que en otros hábitos de crecimiento, lo que hace que en un mismo tiempo determinado la planta presente otras etapas como, formación de vainas, llenado de vainas y maduración (Ventura *et al.*, 2018).



**Figura 1.** Hábito de crecimiento del fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.)

#### 1.4 Fenología

El ciclo de vida del cultivo de fréjol comprende fases bien marcadas; cuya duración depende de la variedad, hábito de crecimiento y de las condiciones climáticas del lugar (Mamani, 2016). Su fenología consta de diez etapas, dentro de las cuales cinco son vegetativas (V) y las otras cinco corresponden al estado reproductivo (R) (Ventura *et al.*, 2018).



**Figura 2.** Fenología del cultivo de fréjol.

Las etapas mencionadas anteriormente se describen a continuación en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Etapas de desarrollo o fenología del cultivo de fréjol

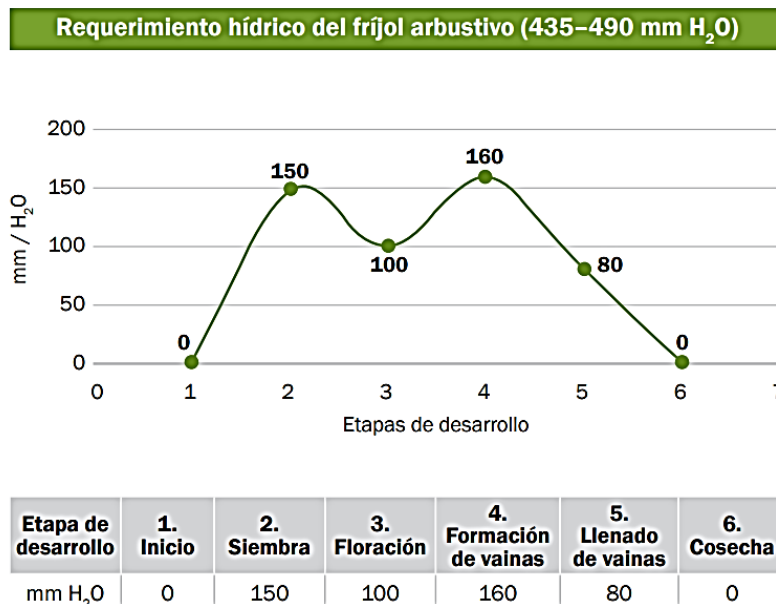
Estados	Etapas	Descripción
<b>Vegetativo</b>	V0 Germinación	Absorción de agua por parte de la semilla, emergencia de la radícula y su transformación en raíz primaria.
	V1 Emergencia	Se endereza el hipocótilo, aparecen los cotiledones a nivel del suelo, se separan y el hipocótilo comienza a desarrollarse.
	V2 Hojas primarias	Las hojas primarias se encuentran desplegadas en su totalidad.
	V3 Primera hoja trifoliada	La primera hoja trifoliada se encuentra abierta y plana.
	V4 Tercera hoja trifoliada	La tercera hoja trifoliada se encuentra desplegada y se puede diferenciar con claridad diferentes estructuras (tallos, ramas y otras hojas trifoliadas)
<b>Reproductivo</b>	R5 Prefloración	Aparece el primer botón; en variedades determinadas el desarrollo de los botones florales se da mucho antes e inicia en el último nudo del tallo o rama, mientras que variedades indeterminadas se observan en los nudos inferiores.
	R6 Floración	Apertura de la primera flor y corresponde al primer botón floral formado.
	R7 Formación de vainas	Aparición de la primera vaina.
	R8 Llenado de vainas	Comienza el llenado de vainas (crecimiento de semillas); luego estas pierden su color verde obteniendo el tono distintivo de la variedad.
	R9 Maduración	En esta etapa las vainas inician su decoloración y secado, y empieza la defoliación de la planta.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de la información de Ventura *et al.* (2018)

### 1.5 Requerimiento hídrico

Al igual que en la mayoría de los cultivos, el requerimiento hídrico para el cultivo de fréjol es variable, ya que depende de múltiples factores como, las condiciones edafoclimáticas, el manejo agronómico, el periodo vegetativo y el hábito de crecimiento de la variedad elegida (Vergara *et al.*, 2017). Para el caso del fréjol arbustivo al cual corresponde la variedad INIAP – 414 “Yunguilla” conocida popularmente como “cuarentón”; Arcos *et al.* (2019) dan a

conocer que el requerimiento hídrico para fréjoles con este hábito de crecimiento fluctúa entre 435 y 490 mm de agua.



**Figura 3.** Requerimiento hídrico del fréjol arbustivo.

**Fuente:** Arcos *et al.* (2019)

### 1.6 Factores que afectan su crecimiento

Dentro de la serie de factores que afectan al cultivo de fréjol, y en efecto su producción, independientemente de la variedad, se encuentran los de origen biótico y abiótico. Las plagas y enfermedades conforman los principales factores bióticos, dado que producen una gama de afectaciones en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo. Lo que conlleva a unos bajos rendimientos y pérdidas en la calidad del grano (Bazurto, 2019).

A continuación, en la Tabla 3 se presenta las principales plagas y enfermedades del cultivo de fréjol.

**Tabla 3.** Principales plagas y enfermedades del cultivo de fréjol. Continúa

Plagas y enfermedades	Descripción y sintomatología
Gusano trozador ( <i>Agrotis ipsilon</i> )	Es de color oscuro y vive en el suelo, las larvas son las que mastican y cortan las plántulas. Los daños aparecen en las primeras semanas después de la siembra.
Trips ( <i>Frankliniella</i> sp.)	Se sitúan en el haz y envés de las hojas, succionan la savia produciendo deformaciones por la toxicidad de su saliva.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de la información de Malla (2018) y Endara (2019)

**Tabla 3.** Continuación.

Plagas y enfermedades	Descripción y sintomatología
Mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> )	Prolifera en épocas de sequía; los adultos y otros estadios inmaduros como, pupas y ninfas succionan la savia de los tejidos. Es transmisor del BGMV. El follaje se vuelve de color amarillo moteado, se produce una defoliación severa y posteriormente la muerte de las plantas.
Lorito verde ( <i>Empoasca</i> sp.)	Incide en épocas de verano. El daño se da cuando en el proceso de alimentación inyecta su saliva, ésta es fitotóxica y genera síntomas parecidos de geminivirus.
Minador ( <i>Liriomyza</i> sp.)	El daño ocasionado es a nivel foliar, las larvas forman galerías a lo largo de las nervaduras. Las afectaciones empiezan por las hojas más viejas o inferiores, posteriormente avanza hacia la parte superior de la planta.
Roya ( <i>Uromyces phaseoli</i> )	Enfermedad producida por patógeno muy agresivo, sus síntomas aparecen desde los primeros estadios de la planta, se disemina fácilmente con las corrientes de aire.
Antracnosis ( <i>Colletotrichum</i> spp.)	En las hojas aparecen como lesiones de color púrpura a lo largo de las nervaduras hasta volverse negras y en vainas se producen deformaciones
Mancha angular ( <i>Phaeoisariopsis griseola</i> )	Incide en climas templados a fríos. Las lesiones iniciales tienen bordes angulares en ambos lados de la hoja, pero en el envés se logra apreciar las manchas grisáceas y esporas del hongo.
Virus del mosaico dorado del frijol (BGMV)	Las plantas afectadas muestran un menor tamaño y ostentan un característico mosaico amarillo intenso en las áreas foliares.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de la información de Malla (2018) y Endara (2019)

En el Ecuador, el virus del mosaico dorado, la roya (*Uromyces phaseoli*) y la antracnosis (*Colletotrichum lindemut*), son las enfermedades más frecuentes en el fréjol, y ocasionan pérdidas de hasta un 46 % de la producción. Mientras que, la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), lorito verde (*Empoasca* sp.) y los minadores (*Liriomyza trifolii* y *Agromyza* sp.) constituyen las plagas más importantes; estas proliferan en el verano y son vectores de múltiples enfermedades (Ortega, 2016; Bazarro, 2019).

Por otro lado, los problemas en torno a factores abióticos son relacionados a la salinidad del suelo, déficit de agua y temperaturas extremas, ya que imponen limitaciones en cada una de las etapas fenológicas del cultivo (Méndez y Vallejo, 2019). Estas condiciones generan cambios anatómicos, morfológicos y funcionales en las plantas, algunos en relación al estrés hídrico, tales como: reducción de la turgencia celular, aumento de la densidad de estomas y



tricomas, reducción de la conductividad estomática e incremento de tamaño de los vasos del xilema (Chaves y Gutiérrez, 2017). Las etapas más sensibles de las plantas son las que comprende el estado reproductivo, puesto que desencadena el aborto masivo de botones florales y de vainas, el cual posteriormente se refleja con una baja producción de legumbres y de granos (Torres *et al.*, 2019).

En México, los factores abióticos han generado pérdidas considerables en la producción de varios cultivos, incluyendo el fréjol. Solo para el año 2009, las pérdidas se estimaron en un 22% de la producción nacional, lo que generó daños a la economía y un incremento significativo en la cantidad de importaciones al país (Treviño y Rosas, 2013). Ecuador por su parte, presenta bajos rendimientos en comparación al rendimiento potencial del cultivo (2000 kg/ha), los cuales son atribuidos a factores como: la deficiencia hídrica, salinidad y la baja fertilidad de los suelos (Torres *et al.*, 2013).

### 1.7 Efecto de la salinidad en las plantas

Los efectos de la salinidad en las plantas dependen del grado de tolerancia de cada especie y variedad, de igual modo, del estado de desarrollo de la misma (Courel, 2019). La acumulación de sales en el suelo, generalmente dado por los iones  $Cl^-$  y  $Na^+$  provocan la inhibición o retraso en la emergencia, un menor desarrollo de las plantas, necrosis en las áreas foliares, disminución de la capacidad productiva y la posterior muerte de la planta antes de completar su ciclo de vida (Courel, 2019).

**Tabla 4.** Reducción del rendimiento de cultivos por efecto de la salinidad (CE). Continúa

Reducción del rendimiento	0%	10%	25%	50%	100%
Cultivos	Conductividad eléctrica del extracto de saturación (dS/m)				
Algodón	7.7	9.4	13.0	17.0	27.0
Maíz	1.7	2.5	3.8	5.9	10.0
Maíz forrajero	1.8	3.2	5.2	8.6	15.0
Haba	1.6	2.6	4.3	6.8	12.0
Fréjol	1.0	1.5	2.3	3.6	6.3
Melón	2.2	3.6	5.7	9.1	16.0

Fuente: Lino (2019)

**Tabla 4.** Continuación.

<b>Reducción del rendimiento</b>	<b>0%</b>	<b>10%</b>	<b>25%</b>	<b>50%</b>	<b>100%</b>
<b>Cultivos</b>	<b>Conductividad eléctrica del extracto de saturación (dS/m)</b>				
Pepino	2.5	3.3	4.4	6.3	10.0
Pimiento	1.5	2.2	3.3	5.1	8.6
Tomate	2.5	3.5	5	7.6	13.0
Limón	1.7	2.3	3.3	4.8	8.0

**Fuente:** Lino (2019)

La cantidad excesiva de sales puede provocar tres tipos estrés y en consecuencia, presentarse un cuarto, dado por la combinación de éstos en plantas totalmente expuestas a condiciones salinas (Lamz y González, 2013). Los tipos de estrés son: hídrico, osmótico, iónico y oxidativo.

### **1.7.1 Estrés hídrico**

Según Otárola y Arias (2020), es una reacción de las plantas ante la disminución del agua disponible en el entorno, el cual es dado por un desequilibrio entre la transpiración y la absorción de agua, ya sea en consecuencia de la baja disponibilidad de agua o por la acción de factores abióticos como la temperatura, salinidad y presión atmosférica. Esto conlleva a la pérdida de turgencia de los tejidos, el cierre estomático y a la reducción de la tasa de crecimiento en plantas afectadas (Mago, Pire y García, 2021).

### **1.7.2 Estrés osmótico**

Las altas concentraciones de sales incrementan las fuerzas potenciales que retienen el agua en la solución del suelo, lo que dificulta la extracción de agua por parte de las raíces (Agüero, 2018). Bajo esta condición, se alteran las actividades celulares y se crea un desbalance nutritivo debido a la influencia de los elementos  $Cl^-$  y  $Na^+$ , los cuales interfieren con la nutrición mineral y el metabolismo celular (Agüero, 2018; Rodríguez, *et al.*, 2019).

### **1.7.3 Estrés iónico**

Esta restricción está asociada con la acumulación excesiva de los elementos  $Cl^-$  y  $Na^+$  en los tejidos vegetales (Núñez *et al.*, 2017). Las sales se concentran periódicamente en las hojas más viejas de la planta, lo que conlleva a la manifestación de lesiones en el tejido foliar; esto ocurre porque la cantidad de sales excede la capacidad de la célula para

compartimentar sales en la vacuola (Lamz y González, 2013). Además, se conoce su influencia en varios procesos metabólicos, incluyendo la actividad enzimática presente en la fotosíntesis; así mismo conduce a la deficiencia nutricional de minerales, en especial la del ion  $K^+$  (Rodríguez, *et al.*, 2019).

#### **1.7.4 Estrés oxidativo**

Dado por la combinación de los tres tipos de estrés ya mencionados, se produce cuando existe un desequilibrio entre la producción de especies reactivas de oxígeno/nitrógeno (ROS/RNS por sus siglas en inglés) y la capacidad del organismo para contrarrestar sus acciones, mediante un sistema de defensa antioxidante (Galina, Ortíz y Guerrero, 2018). Particularmente, numerosos estudios han evidenciado que los incrementos de las oxidaciones, se originan en plantas bajo condiciones de uno o varios factores como: salinidad, sequías, altas y bajas temperaturas y alta intensidad lumínica o foto – inhibición (Tommasino, 2018).

Las sustancias ROS y RNS desempeñan una doble función en las plantas, por un lado, como moléculas de señalización de estrés, y por el otro, promoviendo daños oxidativos en las plantas e incluso la muerte celular; demostrando que el control de sus concentraciones mediante el sistema de defensa antioxidante, puede ocurrir por dos mecanismos, el primero ejerciendo un control sobre los niveles de ROS y RNS para fines de señalización, y el segundo se encarga de la desintoxicación de estas moléculas durante los sucesos de estrés (Reyes, 2018). Los sistemas antioxidantes encargados de los procesos de desintoxicación, pueden ser de dos tipos: enzimáticos y no enzimáticos, las principales enzimas que intervienen son el ascorbato peroxidasa (APX), superóxido dismutasa (SOD) y catalasa (CAT) (Reyes, 2018; Tommasino, 2018).

#### **1.8 Mecanismos de respuesta de las plantas**

Según Paco y Choque (2020), las plantas poseen dos tipos de mecanismos para resistir la salinidad, que son la evasión y tolerancia; el primero consiste en evitar la acumulación de sales y el segundo en no perder la capacidad productiva estando bajo la influencia de un nivel determinado de salinidad.

En la Tabla 5 se presentan los mecanismos de respuesta de las plantas a la salinidad según varios autores (Levit, 1980; Mahajan y Tuteja, 2005; Hasegawa, 2013; Shabala, 2013; Almeida *et al.*, 2014 y Flowers *et al.*, 2015 citados por Orosco *et al.*, 2018).

**Tabla 5.** Mecanismos de respuesta de las especies vegetales a la salinidad.

<b>Evasión</b>	<b>Tolerancia</b>
<p><i>Reabsorción por el xilema y la retranslocación:</i> el transporte del agua con minerales vía xilema depende de la transpiración, de modo que, es necesario regular en este proceso la selección de los iones (sistema selectivo), para evitar la entrada de cloro y sodio a las raíces o su circulación hacia el xilema y posterior acumulación en la parte aérea de la planta.</p> <p><i>Compartimentación de iones:</i> los iones sodio y cloro son retenidos en vacuolas del citoplasma, y los que son transportados hacia el xilema, son reabsorbidos en la planta.</p> <p><i>Exclusión:</i> se impide la absorción de los iones cloro y sodio en la membrana citoplasmática de la raíz; pero preferentemente se absorbe el ion calcio.</p> <p><i>Extrusión:</i> consiste en el bombeo de las sales desde la parte aérea de la planta hacia la rizósfera, para evitar la acumulación de los iones de sodio y la deficiencia de potasio, y por tanto el estrés iónico.</p> <p><i>Suculencia:</i> resultado del incremento de tamaño de las vacuolas de las células mesófilas, las cuales se llenan de agua. Esta condición genera estructuras gruesas, carnosas y suculentas.</p>	<p><i>Osmorregulación:</i> puede ser de dos tipos, el primero impidiendo la deshidratación, a través de la compartimentación de los iones salinos en las hojas adultas de la planta. Esto permite la rehidratación y devolución de la turgencia de las mismas y se reinicia el crecimiento celular; y el segundo tolerando la deshidratación, es decir, las plantas sobreviven en niveles bajos de turgencia, en esta condición las células se mantienen en un estado de no crecimiento.</p> <p><i>Acumulación de iones:</i> se almacena la mayor parte de iones salinos en las vacuolas de las hojas, para mantener sus concentraciones por debajo del nivel tóxico en el hialoplasma y orgánulos, así mismo sintetizar osmolitos y utilizarlos para regular la presión osmótica a nivel celular.</p> <p><i>Acumulación de solutos orgánicos.</i> Bajo condiciones salinas, las plantas producen y almacenan compuestos orgánicos en el citoplasma tales como: sorbitol, glicerol, prolina, sacarosa, entre otros.</p>

**Fuente:** Levit (1980); Mahajan y Tuteja (2005); Hasegawa (2013); Shabala (2013); Almeida *et al.* (2014) y Flowers *et al.* (2015) citados por Orosco *et al.* (2018)

### **1.9 Conductividad eléctrica (CE)**

Es una variable que mide la capacidad de un material para transferir la corriente eléctrica, está estrechamente relacionada a la salinidad debido a que la cantidad de iones que se

encuentran disueltos aumentan los valores en ambas, es decir son directamente proporcionales (Visconti y De Paz, 2018). Según el Sistema Internacional de Unidades se expresa en siemens por metro (S/m), sin embargo para mayor precisión se utiliza  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en condiciones ambientales de  $25^\circ\text{C}$  (Solís, Zúñiga y Mora, 2018).

## **1.10 Agua de mar**

### **1.10.1 Composición química**

La composición química del agua de mar está influenciada por una gama de mecanismos de transporte químico, la cual ha dado como resultado que la cantidad de cada elemento constituyente (sales minerales) ostente variaciones. Los ríos y el viento transportan materiales disueltos y partículas químicas hacia los océanos. Así mismo, la disolución de materiales provenientes de la corteza en el fondo marino contribuye con la salinidad en el agua de mar.

Actualmente, a través de instrumentos analíticos se ha podido establecer los principales elementos químicos que constituyen el agua mar. Según Natasha y Lalasari (2017), el agua de mar contiene en su gran mayoría los siguientes elementos:

**Tabla 6.** Composición química del agua de mar.

<b>Elementos</b>	<b>Composición química (g/L)</b>
	<b>Agua de mar</b>
<b>Cloruro (<math>\text{Cl}^-</math>)</b>	31.8
<b>Sulfato (<math>\text{SO}_4^{2-}</math>)</b>	2.60
<b>Potasio (<math>\text{K}^+</math>)</b>	0.40
<b>Sodio (<math>\text{Na}^+</math>)</b>	16.20
<b>Magnesio (<math>\text{Mg}^{2+}</math>)</b>	5.40
<b>Calcio (<math>\text{Ca}^{2+}</math>)</b>	1.21

**Fuente:** Natasha y Lalasari (2017)

### **1.10.2 Aplicaciones en el área agrícola**

Aunque el agua de mar podría significar una posible opción para cubrir las necesidades hídricas en los cultivos, ésta no está exenta de problemas; ya que su uso puede traer consigo efectos negativos en el metabolismo de las plantas y contribuir con el detrimento de los

suelos. Sin embargo, en la actualidad su utilización constituye una de las principales vías en ensayos dirigidos a la obtención de líneas tolerantes a la salinidad.

Los métodos de evaluación y selección empleados en el fitomejoramiento se basan en distintos criterios de apreciación de los cambios fisiológicos que inciden en las plantas expuestas a condiciones extremas. Las afectaciones en la germinación, en el desarrollo vegetativo, supervivencia, rendimiento y en los caracteres tanto bioquímicos como anatómicos, usando soluciones salinas (agua de mar,  $NaCl$  o mezcla de  $CaCl_2$ ) en macetas con suelos de alto contenido de sales, son la base de los diversos métodos (González, González y Ramírez, 2002). La importancia de utilizar estos métodos en los programas de mejora recae en que aceleran significativamente el proceso de selección, minimizan la cantidad de material a evaluar y aumentan la productividad de los fitomejoradores. De la misma manera permite acelerar la adaptación y aumentar por replicación las colecciones de líneas tolerantes a la salinidad (González, González y Ramírez, 2002).

### ***1.11 Mejoramiento genético del fréjol y su línea de tiempo en Ecuador***

El mejoramiento genético en plantas o fitomejoramiento es el arte de preservar, mejorar o cambiar la estructura genética de individuos mediante una serie de actividades o técnicas, cuyo propósito es obtener variedades con la condición requerida o de interés (Bravo, 2017; Nakayama *et al.*, 2018). Generalmente, en las especies vegetales el mejoramiento genético juega un papel fundamental en el aumento de la productividad y la obtención de genotipos resistentes a las condiciones ambientales desfavorables y enfermedades (Bravo, 2017).

El interés por obtener variedades tolerantes a las condiciones adversas ha crecido en los años, ya sea utilizando métodos tradicionales de mejoramiento como la selección natural o mediante organismos genéticamente modificados (GMO, por sus siglas en inglés). Para el caso del fréjol, en el Ecuador los programas de fitomejoramiento del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) se caracterizan por el alto rendimiento, resistencia y adaptabilidad de las variedades liberadas, las cuales son producto de cruzamientos entre especies determinadas, como por ejemplo: ( $ICA\ 24 \times ICA\ 10009$ )  $\times$  *Mulato Gordo* (Peralta I. *et al.*, 2012 citado por Bravo, 2017).

En la siguiente figura se detalla la línea de tiempo del mejoramiento genético del fréjol en el Ecuador.

# MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL FRÉJOL EN EL ECUADOR

**1963 - 1978  
INICIO**

Las E.E. Santa Catalina, Pichilingue y Boliche realizaron colecciones de germoplasma e introducción de material proveniente del CIAT para su evaluación.



**1979  
PRIMERA VARIEDAD**

Entrega de la variedad INIAP Bayito mejorada por selección por parte de la E.E. Boliche.

**1988  
ENTREGA DE CUATRO  
VARIIDADES**

El Programa de Leguminosas de la E.E. Santa Catalina entrega variedades mejoradas por selección (dos arbustivas y dos volubles).



**1990 - 2000  
EVALUACIÓN DE  
POBLACIONES DE  
FRÉJOL**

Se evalúan poblaciones provenientes del CIAT y se liberan variedades mejoradas para el Austro con la participación de la E.E. Chuquipata

**2001 - 2006  
APOYO AL  
FITOMEJORAMIENTO**

Apoya al fitomejoramiento la Universidad de Wageningen (Holanda) con el enfoque de resistencia duradera.



**2003 - 2012  
PROYECTOS: BEAN  
Y PULSES**

Se suma a las Universidades Estatal de Michigan y de Cornell con el proyecto Bean/Cowpea - CRSP y con el proyecto Pulses CRSP.



**Figura 4.** Línea de tiempo del mejoramiento genético del fréjol en el Ecuador.

**Fuente:** Elaborado por el autor a partir de la información de Peralta *et al.* (2012)

## CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Caracterización del área

El presente ensayo se realizó bajo cobertura y se ubicó en el cantón La Libertad, provincia de Santa Elena, a 11 msnm; cuyas coordenadas geográficas son: latitud -2.245103, y longitud -80.916609. La temperatura media interanual es de 22 °C y la pluviometría promedio de los últimos años de 100 mm (De La Cruz, 2017; Valenzuela y Grijalva, 2020).



*Figura 5.* Ubicación de lugar del experimento.

**Fuente:** Instituto Geográfico Militar (2018) y Bing Satélite (2022)

### 2.2 Material biológico y condiciones experimentales

El genotipo de fréjol que se utilizó para el desarrollo del experimento fue adquirido de las principales tiendas comerciales y corresponde a la variedad de hábito de crecimiento arbustivo INIAP-414 (Yunguilla), conocido popularmente como “cuarentón”. El fréjol cuarentón ostenta las siguientes características:



**Tabla 7.** Características del fréjol INIAP-414 "Cuarentón"

<b>Características importantes</b>	
Hábito de crecimiento	Tipo 1
Altura de la planta	45 cm
Color de la flor	Blanca
Largo de la vaina	13 cm
Forma del grano	Alargado plano
Floración	45 días
Días a la cosecha	En verde a 80 días y en seco a 95 días
Núm. de vainas por plantas	11
Núm. de granos por vaina	4 a 5
Adaptación	1400 a 2400 m.s.n.m.
Problemas fitosanitarios	Resistencia intermedia a la roya y resistente a antracnosis

**Fuente:** Peralta *et al.* (2014)

## **2.3 Materiales, equipos e insumos**

### **2.3.1 Materiales**

- Bandejas plásticas para germinar.
- Fundas plásticas negras.
- Cinta métrica.
- Papel filtro.
- Agua de mar.
- Sustrato.
- Jarra dosificadora.

### **2.3.2 Equipos**

- Calibrador Vernier.
- Horno o estufa.
- Balanza.
- Bomba manual para fumigar.
- Impresora Cannon.

### 2.3.3 *Insumos*

- Agua bidestilada.
- Hipoclorito de sodio al 20%.
- Creolina.
- Semillas.

### 2.3.4 *Software*

- Climwat.
- Cropwat.
- ImageJ®.

## 2.4 **Diseño experimental**

Se evaluó el desarrollo vegetativo de las plántulas de fréjol cuarentón bajo el efecto de diferentes dosis de conductividad eléctrica determinadas a partir de las diluciones con el agua de mar. Los tratamientos fueron evaluados estadísticamente por medio de un diseño completamente aleatorizado (DCA), el cual consistió en utilizar 4 tratamientos con 5 repeticiones, los cuales dieron un total de 20 unidades experimentales.

**Tabla 8.** ANDEVA.

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
<b>Tratamientos (t-1)</b>	3
<b>Error experimental t(r-1)</b>	16
<b>Total (t*r)-1</b>	19

### 2.4.1 *Tratamientos*

Los tratamientos definidos para el ensayo, cuyo único factor de estudio: la conductividad eléctrica (CE), se definen a continuación:

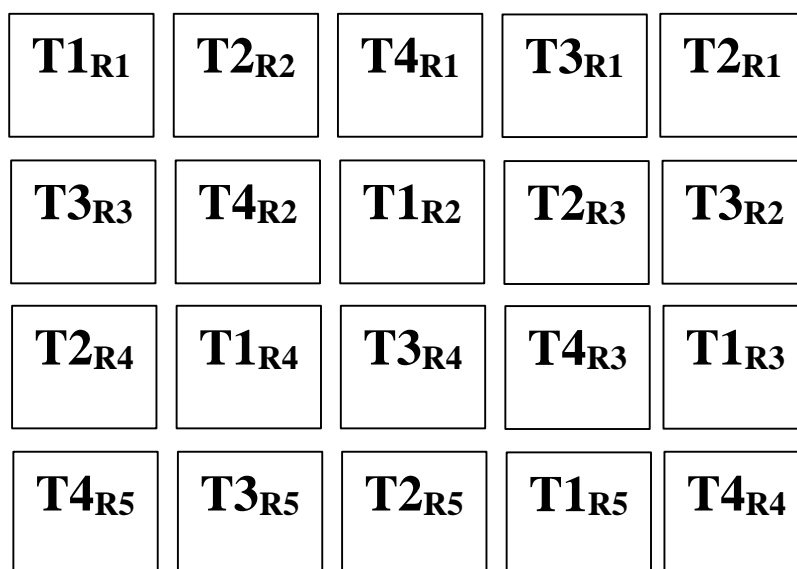
**Tabla 9.** Conductividades eléctricas definidas para los tratamientos.

<b>Tratamientos</b>	<b>Simbología</b>	<b>CE ( dS/m)</b>
T1	CE0	0.15*
T2	CE1	10.22
T3	CE2	23.30
T4	CE3	28.40

## 2.4.2 Delineamiento experimental

**Tabla 10.** Delineamiento experimental del ensayo.

Diseño Experimental	DCA
Tratamientos	4
Repeticiones	5
Total de unidades experimentales	20
Número de plántulas por unidad experimental	1
Número de fundas por tratamiento	5
Total de plántulas por tratamiento	5
Total de plántulas por el experimento	20



**Figura 6.** Esquema del DCA para el ensayo.

## 2.5 Conducción del experimento

### 2.5.1 Análisis químico de agua de mar

Para la ejecución del experimento, se tomó una muestra de agua de mar (20 L) a 20 millas náuticas frente a las costas del cantón Salinas, provincia de Santa Elena, misma que fue diluida con agua bidestilada en porcentajes de 20, 40 y 50% de un volumen total de 500 mL. Posteriormente, se realizó el envío al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) para su respectivo análisis físico – químico.

De acuerdo al análisis realizado por el INIAP – Boliche, las diluciones presentan las siguientes características:

**Tabla 11.** Conductividad eléctrica y pH de las diluciones de agua de mar.

<b>Simbología</b>	<b>%C</b>	<b>CE ( dS/m)</b>	<b>pH</b>
CE0	0%	0.15*	≈ 7*
CE1	20%	10.22	7.7
CE2	40%	23.30	8.1
CE3	50%	28.40	7.9

\* Valores provistos por la empresa donde se adquirió el H<sub>2</sub>O bidestilada.

La cantidad remanente de la muestra fue almacenada en un bidón para su conservación y posterior uso en el ensayo.

### **2.5.2 Extracción de sustrato**

El sustrato que se empleó en el experimento fue tierra agrícola, la cual se extrajo de los predios del Centro de Producción y Prácticas “Río Verde”, ubicado en el kilómetro 35 de la Vía Guayaquil – Salinas, cuyas coordenadas geográficas son: latitud -2.304865 y longitud -80.698966.

El suelo presenta una clase textural franco – arcillo – arenosa en proporción 50 (% arena) – 16 (% limo) – 34 (% arcilla), con una C.E. de 1.98 dS/m (no salino); posee un valor pH de 7.9 y un porcentaje de materia orgánica inferior a 1.4% (Balmaseda y Ponce de León, 2019; Cruz, 2019).

### **2.5.3 Protocolo de siembra**

El protocolo de siembra que se utilizó en el experimento, fue el empleado por Gómez (2017) en una investigación, el cual se detalla:

- Se desinfectaron las bandejas plásticas con hipoclorito de sodio al 20% durante 45 min, luego se lavó y enjuagó con agua y detergente para remover los restos de hipoclorito.
- Se procedió a sumergir las semillas de fréjol en 40 mL de creolina por 12 min, después se enjuagó tres veces con agua destilada y se secó con papel filtro.

- Luego, se cortó el papel filtro en formas que estén acorde a la medida de las bandejas plásticas.
- Posteriormente, se humedeció el papel filtro cortado y se colocó dentro de las bandejas. El papel filtro cumple la función de sustrato, reteniendo la humedad durante la germinación; y
- Se ubicaron 40 semillas en cada bandeja plástica, que luego se almacenaron en un cuarto oscuro a condiciones ambientales.

#### 2.5.4 Selección y extracción de plántulas

La selección y extracción de plántulas se ejecutó a partir del sexto día después de la siembra y se fundamentó de las indicaciones dadas por García *et al.* (2016):

- Sistema radicular bien desarrollado, raíz primaria y raíces secundarias
- Hipocótilo con buen desarrollo, sin daños en el tejido; y
- Plúmula bien desarrollada.

#### 2.5.5 Trasplante de plántulas

Previo al trasplante de las plántulas, se llenó en un total de 20 fundas plásticas negras el sustrato extraído del Centro de Prácticas y Apoyo “Rio verde”; las fundas cumplieron la función de macetas (unidades experimentales) durante el ensayo. Luego, se procedió a realizar el trasplante, considerando una plántula por cada funda, para su posterior evaluación.

#### 2.5.6 Dilución de agua de mar

La dilución del agua de mar con agua destilada se ejecutó en función de las 4 concentraciones definidas para el experimento (Tabla 12). El volumen preparado fue de 500 mL.

**Tabla 12.** Dilución de agua de mar para un volumen de 500 mL.

Simbología	%	Descripción
CE0	0	500 mL de $H_2O$ destilada
CE1	20	100 mL $H_2O$ de mar + 400 mL de $H_2O$ destilada
CE2	40	200 mL $H_2O$ de mar + 300 mL $H_2O$ destilada
CE3	50	250 mL $H_2O$ de mar + 250 mL $H_2O$ destilada

### 2.5.7 Riego

La programación de riego se estimó utilizando dos softwares de versión libre, que son: CLIMWAT y CROPWAT. El primero fue empleado para obtener los datos climatológicos de la estación Salinas – General – Ulpiano (estación más cercana a la zona de estudio); y el segundo para determinar el Kc, la evapotranspiración del cultivo (ETC) y la programación de riego fijado desde la etapa inicial hasta la cosecha. Para el efecto, se usó la información del tipo de suelo, datos climatológicos del área provistos por el CLIMWAT y la información del cultivo tales como: altura, profundidad radicular, fenología, etc.

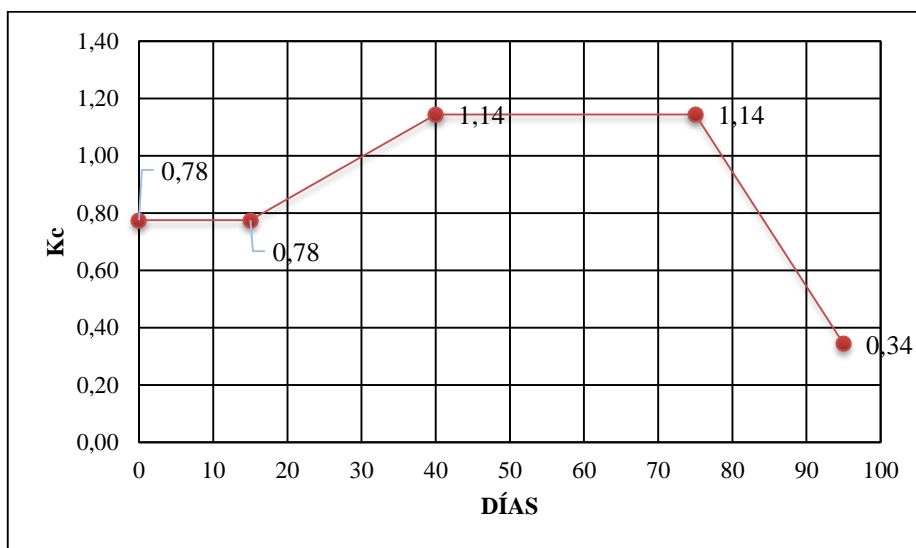


Figura 7. Kc del cultivo de fréjol.

Tabla 13. Programación de riego del fréjol arbustivo para condiciones de la zona de estudio.

Fecha	Día	Etap	Precip.	Ks	ETa	Agot.	Lám.Net	Déficit	Pérdida	Lam.Br.
			mm	fracc.	%	%	mm	mm	mm	mm
11-sep	3	Ini	0.0	1.00	100	60	8.1	0.0	0.0	11.6
15-sep	7	Ini	0.0	1.00	100	56	9.4	0.0	0.0	13.4
20-sep	12	Ini	0.0	1.00	100	56	11.7	0.0	0.0	16.8
26-sep	18	Des	0.0	1.00	100	55	14.1	0.0	0.0	20.2
2-oct	24	Des	0.0	1.00	100	48	14.7	0.0	0.0	20.9
9-oct	31	Des	0.0	1.00	100	49	18.1	0.0	0.0	25.8
17-oct	39	Des	0.2	1.00	100	51	22.0	0.0	0.0	31.4
25-oct	47	Med	0.0	1.00	100	51	22.6	0.0	0.0	32.3
2-nov	55	Med	0.0	1.00	100	53	23.3	0.0	0.0	33.3
9-nov	62	Med	0.0	1.00	100	47	20.9	0.0	0.0	29.8
16-nov	69	Med	0.0	1.00	100	49	21.4	0.0	0.0	30.6
24-nov	77	Fin	0.0	1.00	100	53	23.2	0.0	0.0	33.1
3-dic	86	Fin	0.0	1.00	100	49	21.4	0.0	0.0	30.5

El volumen de agua de riego a aplicar se estimó mediante la siguiente expresión modificada de Pereira *et al.* (2019):

$$Vol = 1000 \times Ap \times LN$$

Donde:

*Vol*: Volumen de agua a aplicar en mL.

*Ap*: Área de la maceta en m<sup>2</sup>.

*LN*: Lámina neta de riego en mm.

Posteriormente, para iniciar con la aplicación de las diferentes dosis de CE, se ajustó el riego a una frecuencia de 3 días y un volumen de 100 mL por planta. Las aplicaciones iniciaron en el estadio V4 (tercera hoja trifoliada) y tuvieron una duración de 4 semanas.

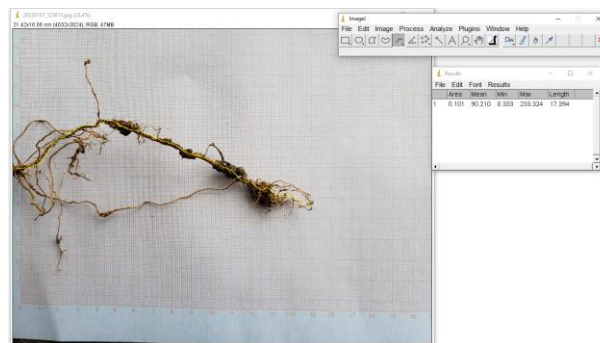
### 2.5.8 Control fitosanitario de plagas y enfermedades

En el control fitosanitario se realizó un monitoreo por semana y se efectuó aplicaciones de creolina en dosis de 30 mL/L de agua cada siete días. La dosis se eligió arbitrariamente, ya que la creolina al ser un compuesto de origen natural no posee efectos adversos en el medio ambiente. Las pequeñas cantidades aplicadas son biodegradadas por volatilización al entrar en contacto con el aire y los rayos solares. Por otro lado, en el control de enfermedades fúngicas; se aplicó una infusión elaborado con 100 g de ajo y 2 L de agua; cuya frecuencia de aplicación fue una vez por semana.

## 2.6 Parámetros evaluados

### 2.6.1 Morfológicos

**Longitud de la raíz (cm):** para valorar la longitud de la raíz se seleccionó dos plantas por tratamiento, luego con la cámara del móvil sobre una hoja milimetrada, se capturó la imagen de las raíces y, mediante el procesador de imágenes ImageJ® se calculó las longitudes.



**Figura 8.** Determinación de la longitud de la raíz.

**Días a floración:** se registró los días a la floración cuando las plantas de cada tratamiento presentaron aperturas florales.

**Altura de inserción de la primera flor:** la altura fue determinada utilizando una cinta métrica fijada en 1 cm, midiendo desde el nivel del suelo hasta la inserción de la primera flor.

**Número de flores:** se efectuaron tres lecturas a los 60, 65 y 70 dds (días después de la siembra) por tratamiento, mismas que empezaron cuando el 50% de las plantas presentaron aperturas florales.

**Rendimiento:** se realizó el pesaje de los granos y se promedió por tratamiento en gramos por metro cuadrado.

### 2.6.2 Fitosanitarios

**Identificación de plagas:** acorde con su presencia y sintomatología presentada en las unidades experimentales se realizó la identificación de insectos plaga.


**Incidencia:** para valorar la incidencia de plagas se empleó la expresión matemática utilizada por Castillo y Jiménez (2020):

$$Inc (\%) = \frac{N^{\circ} \text{ de plantas u \acute{o}rganos afectados}}{\text{Total de plantas u \acute{o}rganos muestrados}} \times 100$$


**Severidad:** se midió la severidad en las áreas foliares de las plantas afectadas y en la infestación de insectos plaga.

#### Áreas foliares

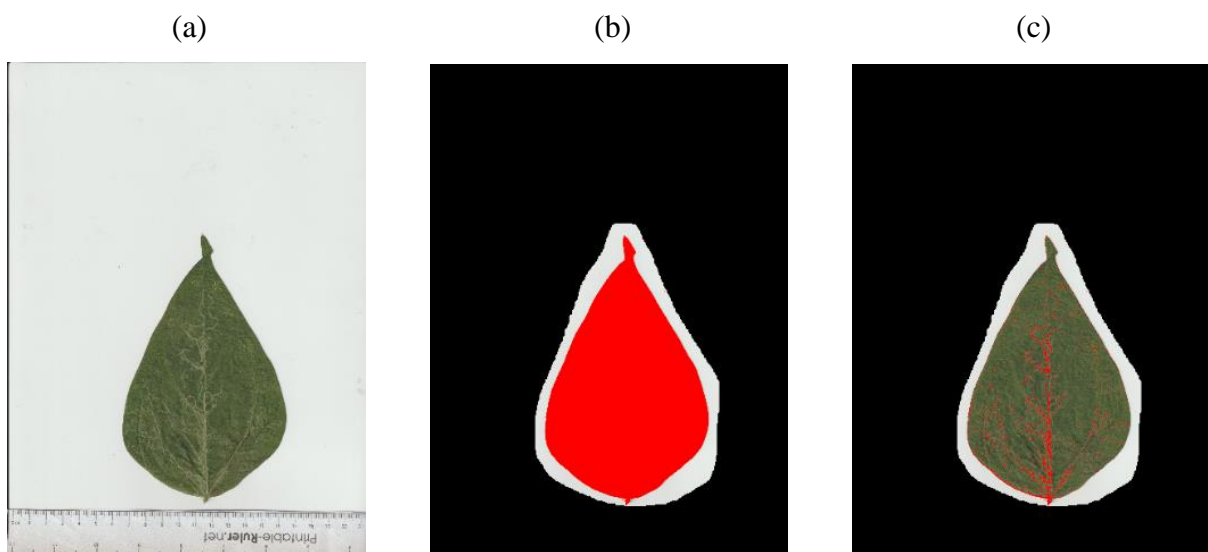
Mediante el procesador de imágenes ImageJ® se midió el área foliar (AF, en cm<sup>2</sup>) y área foliar afectada (AFA, en cm<sup>2</sup>) en las hojas que presentaron síntomas. Ambas superficies son necesarias para determinar el porcentaje de severidad. Para ese fin se empleó la metodología propuesta por los autores Saucedo *et al.* (2015) y González (2018):

- Colectar las hojas afectadas elegidas al azar e imprimir una regla digital.
- Escanear en una sola imagen las hojas y la regla de referencia; esto es indispensable para ajustar la escala.
- Importar las imágenes digitales al software ImageJ® y establecer la escala haciendo clic en el icono ; nos situamos en la regla de referencia, damos clic en un punto, marcamos 1 cm y soltamos para efectuar los cambios.



- Desplegar el apartado *Analyze* y seleccionar *Set Scale*. Se abrirá una ventana en la que se define la escala acorde a la medida tomada con la regla de referencia (en este caso 1 cm) y aceptar.
- Seleccionar y delimitar el área circundante a la hoja, haciendo clic en el icono  y marcar. Los cambios se guardarán soltando el clic.
- Abrir el panel *Edit*, dar clic en *Clear Outside* y realizar la segmentación de imágenes utilizando los umbrales en los espacios de color (*Image/Adjust/ColorThreshold*). Después, transformar el espacio de color RGB de la imagen al espacio color HSB (*Hue, Saturation* y *Brightness*, por sus siglas en inglés) hasta mejorar la representación de los píxeles; en este caso lograr que el color rojo enmarque toda el área de la hoja, y dar clic en *Select*.
- Ir a *Analyze/Measure* y dar clic; aparece una ventana donde se muestra AF (Figura 9b).
- Para la segmentación de AFA se realiza una segunda transformación en los espacios de color, con el objetivo de marcar las partes afectadas, y después medimos con la opción (*Analyze/Measure*) (Figura 9c).
- Por último, se estimó la severidad (S) con la expresión matemática propuesta por Nutter, Esker y Netto (2006):

$$S = \frac{AFA}{AF} \times 100$$



**Figura 9.** Imagen original de la hoja (a), segmento de AF (b) y segmento de AFA (c).

## Infestación de insectos plaga

Para medir in situ la severidad de infestación de insectos plaga, se empleó la escala diagramática propuesta por Vargas y Cubillo (2010) citado por Silva (2020):

**Tabla 14.** Escala de grados de severidad para pulgones y otros insectos plaga.

Grado	# individuos por unidad de muestreo	Descripción
0	0	Ausente
1	1 a 25	Bajo
2	26 a 50	Bajo – medio
3	51 a 75	Medio – alto
4	Mayor a 76	Muy alto

**Fuente:** Vargas y Cubillo (2010) citados por Silva (2020)

Por último, el porcentaje de severidad se determinó utilizando la fórmula general de Vanderplank (1968) citado por Castillo y Jiménez (2020):

$$S = \frac{\sum i}{N(Vmax)} \times 100$$

Donde:

*S*: Porcentaje de severidad

$\sum i$ : Sumatoria de los valores observados

*N*: Número de plantas muestreadas

*Vmax*: Valor máximo de la escala

## 2.7 Análisis estadístico de los resultados

Los datos de incidencia y severidad de plagas fueron transformados con la función arcoseno, esto se realizó con el fin de ajustarlos a la normalidad. Se ejecutó el análisis de varianza (ANDEVA) y comparación de medias de Tukey para todas las variables cuantitativas, con un nivel de confianza del 95%, mediante el software Infostat ® versión 2020e.

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de haber realizado el análisis estadístico de los datos adquiridos en el periodo de experimentación, donde se evaluó el efecto de diferentes conductividades eléctricas en el desarrollo vegetativo y rendimiento del fréjol cuarentón, y la incidencia y severidad de insectos plaga, se presentan los siguientes resultados:

### 3.1 Efectos en los parámetros morfológicos del fréjol

#### 3.1.1 Longitud de la raíz

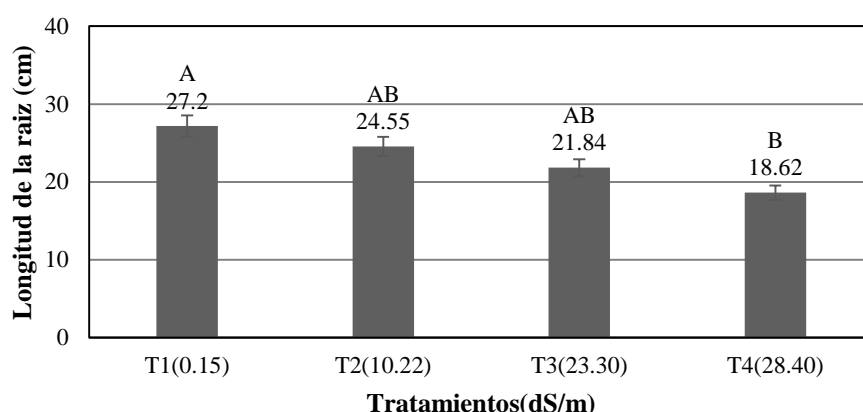
En la Tabla 15 se puede apreciar el ANDEVA de la variable longitud de la raíz, el cual indica que existen diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos. Al mismo tiempo, se observa que el coeficiente de variación fue de 6.77%, lo que demuestra que es admisible para las condiciones donde se realizó el experimento.

**Tabla 15.** ANDEVA de la variable longitud de la raíz

F.V.	GL	FC	P-VALOR
Tratamientos	3	11.11	0.0207
Error	4		
Total	7		
CV(%)	6.77		

CV: Coeficiente de variación; Alfa: 0.05

De acuerdo, a la Figura 10 la variable longitud de la raíz presentó un valor máximo de 27.2 cm, el cual corresponde al tratamiento 1 (testigo), mientras que los tratamientos 2 y 3 fueron estadísticamente similares con 24.55 y 21.84 cm cada uno, por último, el tratamiento 4 presentó el valor más bajo con 18.62 cm. Estos resultados concuerdan con la investigación de Can *et al.* (2017) quienes observaron una reducción en el crecimiento de la raíz de la planta de fréjol, a medida que se aumentaron las concentraciones de sales en las aplicaciones. Esto podría explicarse por el estrés hídrico que se presentan en los tejidos de crecimiento, la turgencia celular y a los cambios en la permeabilidad de las membranas (López *et al.*, 2018). Por el contrario, Quintana *et al.* (2016) hallaron un aumento en el sistema radicular con la aplicación de 20 mM de *NaCl*, este comportamiento representa una ventaja para la obtención de agua por parte de las plantas, y, por tanto, en la superación del estrés osmótico.



**Figura 10.** Longitud de la raíz de los tratamientos

### 3.1.2 Días a floración

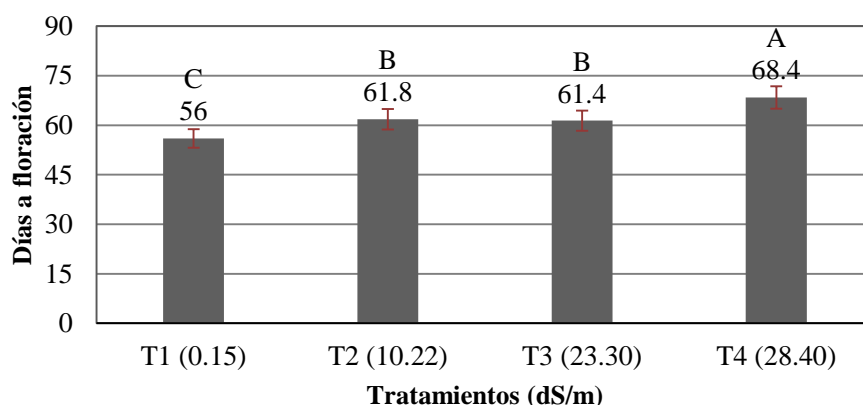
En la Tabla 16 se muestra el ANDEVA de la variable días a floración, el cual señala que existen diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos. Además, el coeficiente de variación fue de 4.26%, mismo que indica que es aceptable para las condiciones donde se llevó a cabo el ensayo.

**Tabla 16.** ANDEVA de la variable días a floración.

F.V.	GL	FC	P-VALOR
Tratamientos	3	18.54	<0.0001*
Error	16		
Total	19		
CV(%)	4.26		

CV: Coeficiente de variación; Alfa: 0.05

Los valores promedios de los tratamientos expuestos en la Figura 11 denotan que el testigo (T1) fue el que floreció en menor tiempo a los 56 dds, seguido de los tratamientos 2 y 3, que no difieren estadísticamente con 61.8 y 61.4 dds cada uno, en relación al tratamiento 4 fue el que más demoró en florecer, la floración inició a los 68.4 dds. Estos resultados coinciden con la investigación de Furtado *et al.* (2014), los cuales reportaron un retraso en la floración de frejol caupí (*Vigna unguiculada* L.) expuesto a diferentes conductividades eléctricas del agua de riego. De la misma manera, en el trabajo de Kpinkoun *et al.* (2019) donde evaluaron el efecto de cinco concentraciones de NaCl en una variedad de ají (*Capsicum frutescens* L.). Ellos informan que al aumentar las concentraciones de NaCl se reduce significativamente la producción de flores y frutos.



**Figura 11.** Promedio de días a floración de los tratamientos.

El fréjol es extremadamente sensible a la salinidad. Muchos autores afirman que a partir de 1 dS/m sufre daños considerables (Mass, 1990 citado por Quintana *et al.*, 2016). La salinidad afecta cada aspecto fisiológico del fréjol y de las plantas en general, debido a su influencia en varios procesos como: fotosíntesis, ajuste osmótico, conductancia estomática, actividad enzimática, producción de proteínas y balance hormonal; así mismo puede influir de manera negativa en el transporte de iones y agua, generando toxicidad iónica y un desbalance nutricional (Orosco *et al.*, 2018 citado por Pérez *et al.*, 2021). Finalmente, incide en las etapas fenológicas, prolongando el tiempo de duración de cada una de ellas (Gaibor, 2019).

### 3.1.3 Altura de inserción de la primera flor

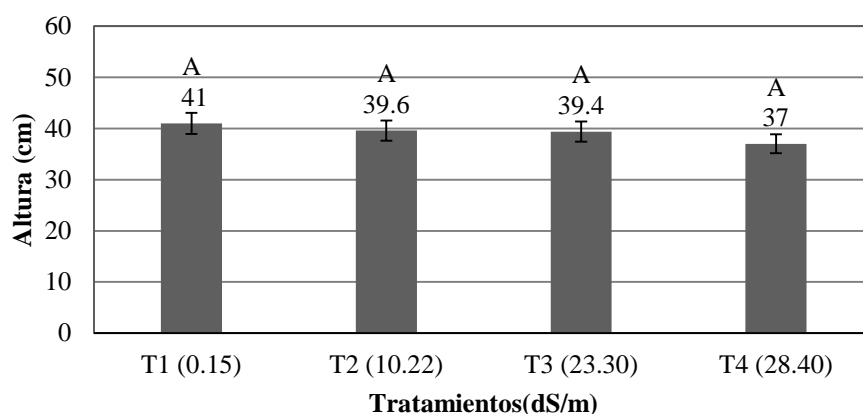
Según el ANDEVA de la variable altura de inserción de la primera flor presentado en la Tabla 17, se puede observar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos ( $p > 0.05$ ). Adicionalmente, el coeficiente de variación fue de 11.37%, lo indica que es admisible para las condiciones donde se ejecutó el ensayo.

**Tabla 17.** ANDEVA de la variable altura de inserción de la primera flor.

F.V.	GL	FC	P-VALOR
Tratamientos	3	0.69	0.5698
Error	16		
Total	19		
CV(%):	11.37		

CV: coeficiente de variación; Alfa: 0.05

No obstante, el testigo (T1) presentó una altura media de 41 cm, mientras que los otros tratamientos 2, 3 y 4 mostraron valores entre 37 y 39.6 cm, los cuales son inferiores a los presentados por el tratamiento T1 (Figura 12).



**Figura 12.** Promedio de altura de inserción de la primera flor por tratamiento.

La reducción de la tasa de crecimiento de las plantas en condiciones salinas es producida por el efecto del potencial osmótico negativo en la solución del suelo, que en consecuencia disminuye la absorción de agua y disponibilidad de elementos esenciales (Pérez *et al.*, 2021). Así pues, el aumento de la presión osmótica causada por el exceso de sales, puede alcanzar niveles donde las plantas no tendrían suficiente fuerza de succión para superar el potencial osmótico, y, por tanto, absorber agua y nutrientes debido al estrés hídrico; esta condición se denomina como sequía fisiológica (Alves *et al.*, 2011 citado por Schossler *et al.*, 2012).

Trabajando con plantas de camote (*Ipomoea batatas* L.) Rodríguez, Posadas y Quiroz (2014) informan que altas dosis de sales reducen la absorción de elementos como fósforo, magnesio y potasio en un 25 y 28% respectivamente. Por su parte, Cardona *et al.* (2017) realizando un ensayo en plantas de mora, señala que concentraciones salinas de 120 mM disminuyen la absorción del ion  $Ca^{2+}$ , a su vez que favorece la absorción de sodio. Esto ocurre debido a la competencia entre los nutrientes por los transportadores, los cuales en la mayoría de los casos no muestran una especificidad por un ion en particular; así mismo depende de la concentración de iones del nutriente en la solución del suelo y de la interacción con otros iones, la cual puede ser antagonista o sinérgica (INTAGRI, 2018).

En líneas generales, se conoce que en el proceso de absorción realizado por las raíces los elementos Na y Cl bloquean la absorción de elementos como el Ca, K, Mg y N (Rodríguez, Posadas y Quiroz, 2014), los cuales son esenciales, ya que participan en el crecimiento y la reproducción como componentes estructurales o funcionales.

### 3.1.4 Número de flores (60, 65 y 70 dds)

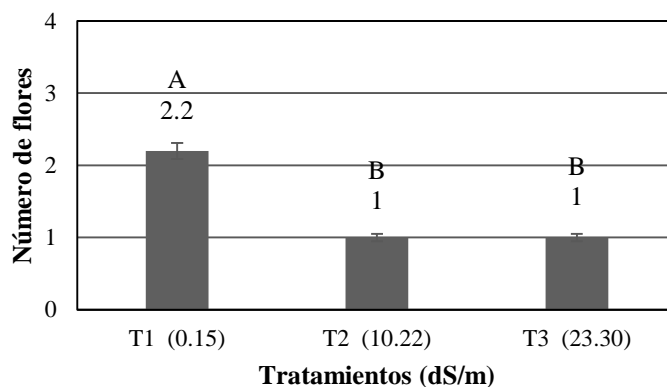
En la Tabla 18 se presenta el ANDEVA de la variable número de flores, donde se puede verificar que existen diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ) para los 60, 65 y 70 dds. Se resalta el día 60 de evaluación por presentar la diferencia significativa más alta en la F calculada con un valor de 36.00. En cuanto, a los coeficientes de variación de los días evaluados mostraron valores comprendidos entre 18 y 21%, los cuales se consideran aceptables.

**Tabla 18.** ANDEVA de la variable número de flores a los 60, 65 y 70 dds.

F.V.	GL	FC	P-VALOR
60 dds	2	36.00	<0.0001
65 dds	2	11.64	0.0016
70 dds	3	4.67	0.0158
CV (%):	60 dds: 18.44	65 dds: 20.64	70 dds: 20.73

CV: coeficiente de variación; dds: días después de la siembra; Alfa:0.05

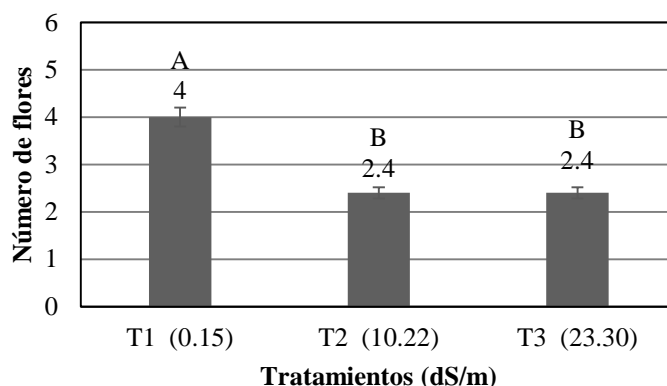
En la Figura 13 se puede verificar que cuando se realizó la evaluación de número flores a los 60 dds, se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos 1, 2 y 3; donde el testigo (T1) con la conductividad eléctrica más baja obtuvo el mayor número de flores con un total 2.20 flores por tratamiento en promedio, mientras que los tratamientos 2 y 3 estadísticamente fueron iguales y apenas alcanzaron en ambos casos 1 flor por tratamiento en promedio.



**Figura 13.** Número de flores a los 60 dds.

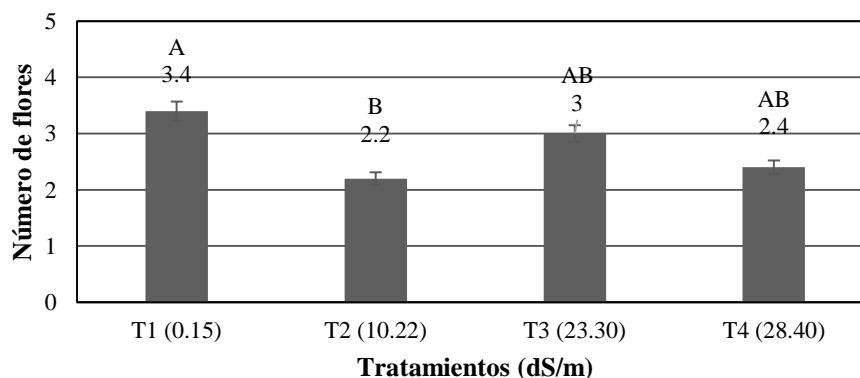
En relación a los 65 dds, se puede observar que existen diferencias significativas entre los tratamientos, donde el testigo (T1) obtuvo el mayor promedio en el número de flores con 4

flores por tratamiento, mientras que los tratamientos 2 y 3 fueron estadísticamente similares alcanzando en promedio 2.4 flores por tratamiento cada uno (Figura 14).



**Figura 14.** Número de flores a los 65 dds.

Cabe señalar que tanto a los 60 como 65 días después de la siembra, el tratamiento 4 (conductividad eléctrica más alta) no presentó inflorescencias, debido a ello no fue considerado en los anteriores análisis de varianza. En la Figura 15 se denota que cuando se ejecutó la evaluación del número de flores a los 70 dds, se encontró diferencias significativas entre los tratamientos; siendo el testigo el que presentó mayor número con un total de 4 flores en promedio, seguido de los tratamientos 3 y 4, que no difieren estadísticamente con 3 y 2.4 flores en promedio cada uno, en relación al tratamiento 2, este ostentó el menor número con 2.2 flores en promedio.



**Figura 15.** Número de flores a los 70 dds.

Los resultados indican que a medida que se aumenta la conductividad eléctrica, se reduce el número de flores por tratamiento. Ibrahim (2018) evaluó el impacto de varios niveles *NaCl* en plantas de haba (*Vicia faba*). Sus resultados son similares a los del presente trabajo, donde los niveles altos de salinidad provocaron una reducción en las variables de rendimiento tales



como: número de flores, número de vainas y granos por vaina. De la misma manera en un estudio realizado por Furtado *et al.* (2014) reportaron derivaciones coincidentes al evaluar diferentes dosis de conductividades eléctricas en plantas fréjol caupí. El desprendimiento o reducción del número de flores en plantas bajo condiciones salinas, puede ser causado por la falta de una absorción óptima de agua y nutrientes (estrés osmótico); además, se conoce que las sales afectan la meiosis durante la producción de las células sexuales (gametos), más comúnmente en la esterilidad masculina (Saini, 1997 citado por Alam *et al.*, 2016).

### 3.1.5 Rendimiento

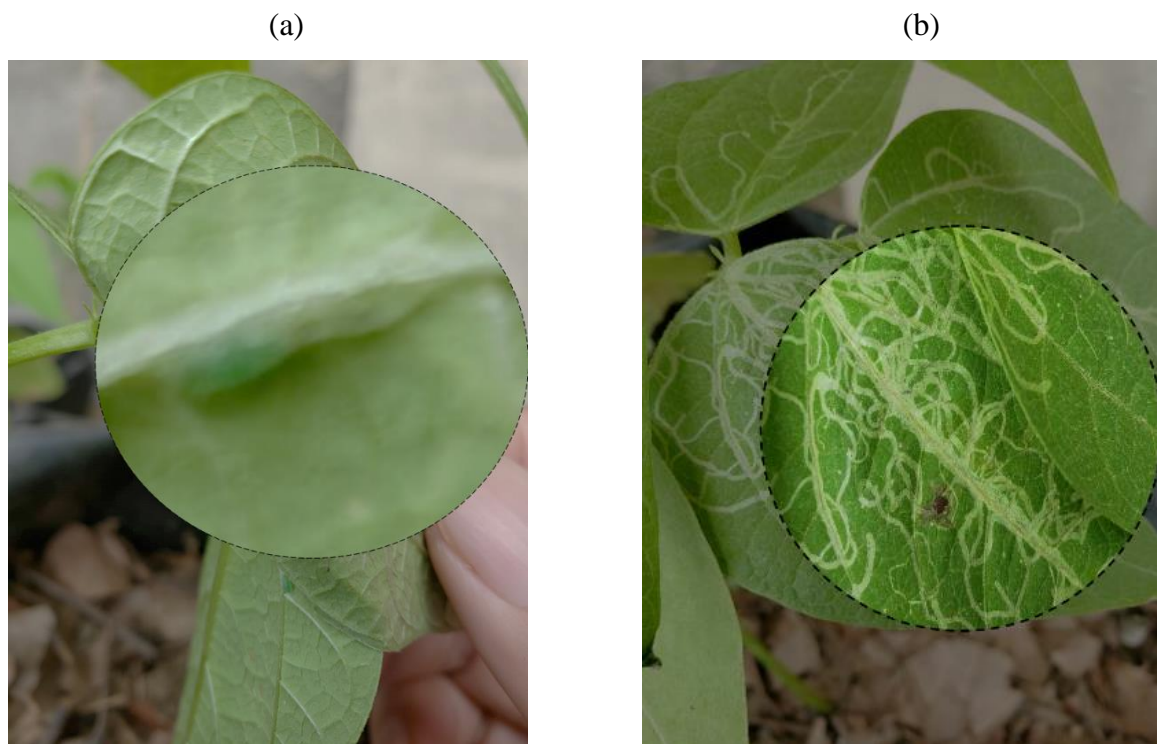
Debido a los retrasos en la floración, abortos florales y a la alta incidencia y severidad de insectos plaga en la etapa de formación de vainas, no se pudo valorar el rendimiento. Sin embargo, se llegó a la etapa de llenado de vainas en los tratamientos 1, 2 y 3 con 15, 12 y 8 vainas respectivamente.

## 3.2 Parámetros fitosanitarios

### 3.2.1 Identificación de plagas

**Nombre común:** Minador

**Nombre científico:** *Liriomyza* sp.



**Figura 16.** Larvas en el envés de la hoja (a) y galerías (b). Fotografías tomadas por el autor.

En la Figura 16a se puede observar la presencia de minador en el envés de la hoja de una unidad experimental, éstos presentan tonalidades que van desde el amarillo brillante hasta el verde amarillento, y sus dimensiones oscilan entre 3 y 4 mm de longitud y 1 mm de ancho. Estas características mencionadas concuerdan con CIPF (2018) el cual señala que las larvas del género de moscas *Liriomyza* sp. alcanzan una longitud de 3 mm y ostentan un color crema o amarillo cuando están en su segundo estadio de desarrollo. El principal daño observado son las galerías u horadaciones de formas irregulares en toda el área foliar de las hojas (Figura 16b), las cuales en su mayoría se visualizaron en el estrato medio de las plantas. Olivares *et al.* (2019) y De Oro *et al.* (2021) señalan que en su estadio larval el género *Liriomyza* sp. se alimenta de la parte externa de las hojas, produciendo minas o galerías serpenteantes; estos daños reducen la capacidad fotosintética de las plantas, además permiten la entrada de fitopatógenos. La preferencia de este insecto fitófago por el estrato medio se debe a la menor exposición de las condiciones adversas que pudieran incidir en el estrato superior, con ello las moscas minadoras garantizan la protección de sus descendientes, además de asegurar el alimento (Escobar, Peña y Luis, 2021).

**Nombre común:** Araña roja

**Nombre científico:** *Tetranychus urticae*

(a)



(b)



**Figura 17.** Colonia de *T. urticae* en el envés de la hoja (a) y picaduras en el área foliar (b). Fotografías tomadas por el autor.

En la Figura 17a se muestra una colonia de *T. urticae* (araña roja) en el envés de la hoja de una unidad experimental. El tamaño de cada individuo es menor a 1 mm<sup>2</sup>, su cuerpo es ovalado de color marrón y posee tres pares de patas, que son largas de color rosa pálido o crema. Lo manifestado coincide con Moreno (2018), quien expresa que la araña roja en su estadio larval posee un cuerpo de forma esférica de 0.15 mm de longitud aproximadamente, su color puede variar de acuerdo a su alimentación y puede ser verde claro, marrón o verde oscuro; además presenta manchas en el dorso del tórax y posee tres pares de patas.

El daño observado son las picaduras en el área foliar producto de su alimentación, estas tienen forma de puntos blancos (Figura 17b); eventualmente estas afectaciones se hicieron más severas, transformándose en manchas cloróticas e incluso provocando defoliaciones. Similares daños fueron descritos por Casuso, Smith y López (2020), quienes indican que aparte de estas afectaciones, las plantas presentan enanismo, marchitamiento y necrosis en sus órganos.

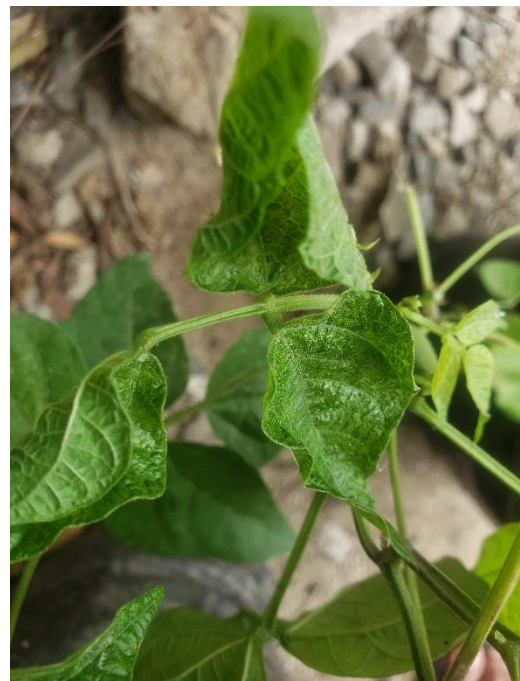
**Nombre común:** Pulgón negro

**Nombre científico:** *Aphis fabae*

(a)

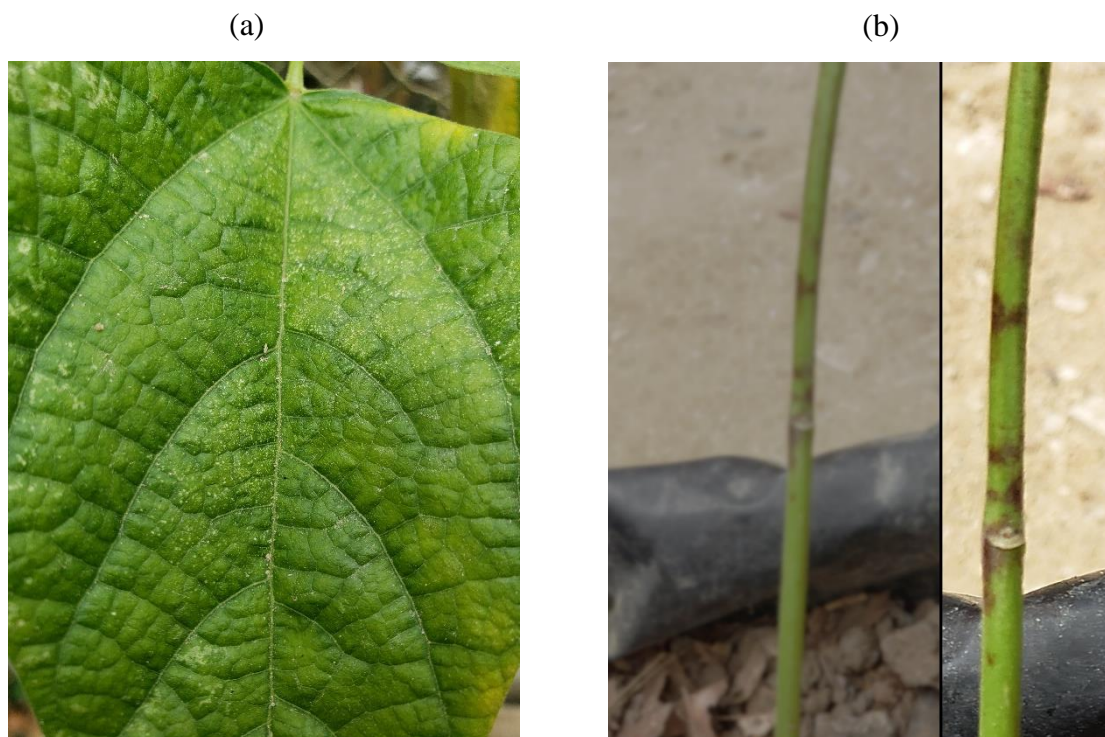


(b)



**Figura 18.** Colonia de pulgones en el envés de la hoja (a) y abarquillamiento de hojas (b). Fotografías tomadas por el autor.

En la Figura 18a se puede visualizar una hoja infestada por una colonia de pulgón. Los individuos observados miden cerca de 2 a 3 mm de longitud, poseen un cuerpo ovalado de color negro, patas largas y delgadas, y unas pequeñas antenas. Estas descripciones coinciden con Aldana (2010) citado por Meza (2018) quien manifiesta que la especie de pulgones *A. fabae* son de color ocre amarillento o negro, poseen un cuerpo periforme que mide entre 0.5 y 6 mm de longitud, tienen patas largas y finas, y un par de antenas cortas.



**Figura 19.** Manchas cloróticas en hoja de fréjol (a) y picaduras en el tallo (b). Fotografías tomadas por el autor

Este insecto herbívoro forma colonias que se sitúan en las hojas, flores y brotes tiernos de las plantas, donde succionan la savia de los tejidos para alimentarse (Barboza, 2017). Los daños que se pudieron constatar son: abarquillamiento de las hojas, manchas cloróticas y picaduras en las ramas y tallo de las plantas (Figura 18b, 19a y 19b). Estas observaciones concuerdan con Pedraza (2015) y Meza (2018) quienes además indican que suelen ser vectores de más del 60% de virus que causan enfermedades en las plantas. Entre los virus más citados están: Closterovirus amarillo de remolacha (BYV), Virus del mosaico del pepino (CMV), Virus del mosaico común del fréjol (BCMV) y Virus del mosaico necrótico del fréjol (BCMNV) (Meza, 2018; Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2021).

### 3.2.2 Incidencia

#### 3.2.2.1 Por tratamiento

Se resume en la Tabla 18 los valores promedios originales y transformados de incidencia de minador, pulgón y araña roja por tratamiento; con la prueba de rangos de Tukey efectuada, no se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en los tratamientos.

**Tabla 19.** Promedios de porcentajes de incidencia de minador, araña roja y pulgones por tratamiento.

Tratamientos	Minador	Pulgón	Araña roja
	$\bar{x}_T$	$\bar{x}_T$	$\bar{x}_T$
T1	0.54 a (26.67)	0.54 a (26.67)	0.61 a (33.33)
T2	0.68 a (40)	0.61 a (33.33)	0.61 a (33.33)
T3	0.54 a (26.67)	0.68 a (40)	0.75 a (46.67)
T4	0.61 a (33.33)	0.75 a (46.67)	0.75 a (46.67)
CV (%)	18.65	23.37	17.91

Datos transformados según la función arcoseno. Valores entre paréntesis representan los promedios originales. Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas según Tukey ( $p > 0.05$ );  $\bar{x}_T$ : Promedio de tratamiento; T1: 0.15 dS/m; T2: 10.22 dS/m; T3: 23.33 dS/m y T4: 28.40 dS/m; CV: Coeficiente de variación.

Por lo tanto, se asume estadísticamente que la incidencia de minador, pulgón y araña roja, en promedio, siguió la misma tendencia en todos los tratamientos. Al respecto, Chen *et al.* (2019) señala que la incidencia de insectos fitófagos no depende de un solo factor biótico o abiótico en particular, si no de varios factores integrados. En la interacción con el agro ecosistema, los insectos están influenciados por las condiciones climáticas y sus variaciones en la humedad relativa, temperatura, fotoperiodo, luminosidad, entre otros; así mismo dependen de la relación con el organismo vegetal, sus enemigos naturales y en menor proporción otros insectos (Giraldo, 2020).

#### 3.2.2.2 Por mes

En la Tabla 19 se puede visualizar los promedios mensuales originales y transformados de incidencia de minador, araña roja y pulgones; con la prueba de rangos de Tukey realizada, no se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ) en el minador; mientras que en los otros insectos plaga (pulgón y araña roja) si se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ).

**Tabla 20.** Promedios mensuales de porcentajes de incidencia de minador, pulgón y araña roja.

Meses	Minador	Pulgón	Araña roja
	$\bar{x}M$	$\bar{x}M$	$\bar{x}M$
Septiembre	0.52 a (25)	0.52 b (25)	0.57 b (30)
Octubre	0.63 a (35)	0.63 ab (35)	0.68 ab (40)
Noviembre	0.63 a (35)	0.79 a (50)	0.79 a (50)
CV (%)	18.65	17.45	17.91

Datos transformados según la función arcoseno. Valores entre paréntesis representan los promedios originales. Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas según Tukey ( $p > 0.05$ );  $\bar{x}M$ : Promedio mensual; C.V: Coeficiente de variación.

En promedio, estadísticamente la incidencia de minador ostentó valores similares en los tres meses de evaluación. Mientras que, en el pulgón, la mayor incidencia fue reportada en el mes de noviembre con el 50%, seguido del mes de octubre con el 35%, por último, el mes de septiembre con el 25%. En relación a la araña roja, en promedio, la mayor incidencia fue del 50% y se observó en el mes de noviembre, mientras que la menor incidencia se presentó en el mes de septiembre con el 30%.

Con lo antes mencionado, se puede indicar que el mes de noviembre fue el de mayor incidencia de insectos plagas. Cabe recalcar que en la península de Santa Elena este mes pertenece al periodo seco (García *et al.*, 2017), donde las condiciones ambientales son idóneas para la proliferación de muchas especies de insectos herbívoros. Autores como Pérez (2014), Baltazar (2016) y Ramírez y García (2021) señalan que, insectos fitófagos como el minador, el pulgón y la araña roja proliferan mayormente en épocas secas con temperaturas cálidas.

En términos generales, se conoce la influencia directa de los factores climáticos en el comportamiento de los insectos; es bien sabido que la temperatura desempeña un rol importante en su ciclo de vida, más concretamente en la reproducción (Skendžić *et al.*, 2021). Asin y Pons (2001) evaluaron el efecto de las altas temperaturas en el crecimiento y reproducción de tres especies de pulgones asociados al cultivo de maíz. Ellos reportan una disminución en la vida útil y reproductiva cuando se incrementó la temperatura.

Otro de los factores limitantes son las precipitaciones; los huevos, larvas e insectos con cuerpos pequeños como, pulgones, ácaros y mosca blanca, pueden ser arrastrados por las fuertes lluvias (Skendžić et al., 2021). En este contexto, Perales (2019) observó una disminución de pulgones amarillos (*M. sacchari/sorghii*) en el cultivo de sorgo, dado por el efecto mecánico de las precipitaciones.

### 3.2.3 Severidad

#### Minador, pulgón y araña roja

En la Tabla 20 se muestran los promedios originales y transformados de severidad de minador, pulgón y araña roja; mediante la prueba de rangos de Tukey, no se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos evaluados.

**Tabla 21.** Promedios de severidad de minador, pulgón y araña roja por tratamiento.

Tratamientos	Minador	Pulgón	Araña roja
	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$
T1	0.27 a (7.06)	0.37 a (13.33)	0.42 a (17.22)
T2	0.32 a (10.02)	0.44 a (18.33)	0.33 a (10.62)
T3	0.36 a (12.73)	0.50 a (23.33)	0.44 a (17.88)
T4	0.26 a (6.56)	0.54 a (26.67)	0.38 a (13.84)
CV (%)	12.15	18.51	20.18

Datos transformados según la función arcoseno. Valores entre paréntesis representan los promedios originales. Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas según Tukey ( $p > 0.05$ );  $\bar{x}$ : Promedio de tratamiento; T1: 0.15 dS/m; T2: 10.22 dS/m; T3: 23.33 dS/m y T4: 28.40 dS/m; C.V: Coeficiente de variación.

Las aplicaciones de diferentes conductividades eléctricas no ocasionaron efecto alguno sobre la severidad con la que atacaron los insectos plaga, posiblemente sea por el tiempo de duración de las aplicaciones. Por lo que se asume, que el patrón de comportamiento mostrado en la severidad se debe a las condiciones climáticas que se presentaron en los meses de evaluación.

De acuerdo con Acuña, Navarro y Madariaga (2020) los factores climáticos influyen en la propagación y dinámica poblacional de insectos plaga, así mismo, causan modificaciones en su comportamiento, desarrollo, incidencia y severidad. Campos (2019) indica que los incrementos de la severidad en los ataques de insectos fitófagos, como el caso de la araña

roja, están establecidos por factores como, temperatura y precipitaciones, los cuales en condiciones requeridas permiten su proliferación y adecuado desarrollo. Ante esta realidad, Ogecha *et al.* (2019) evaluaron la severidad de insectos herbívoros (áfidos, trips, mosca blanca, entre otros) en el cultivo de fréjol de varias zonas agroecológicas al oeste de Kenia, ellos observaron un incremento significativo de daños durante el periodo con menos precipitaciones.



## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### ***Conclusiones***

- En el comportamiento agronómico el tratamiento 1 (0.15 dS/m) ostentó una mejor respuesta en las variables longitud de la raíz (27.2 cm), días a la floración (56 dds), altura de inserción de la primera flor (41 cm) y número de flores (tres en promedio) que, en los otros tratamientos, cabe resaltar que el tratamiento 4 (28.40 dS/m) presentó los valores más bajos en las variables mencionadas.
- A pesar de las altas conductividades eléctricas a las que fueron sometidas las unidades experimentales, y a la alta incidencia y severidad de insectos plaga, se obtuvo 15, 12 y 8 vainas en los tratamientos 1, 2 y 3 respectivamente.
- La conductividad eléctrica del tratamiento 2 (10.22 dS/m) permitió el desarrollo óptimo de las plantas de fréjol cuarentón, en relación al testigo (0.15 dS/m).
- Con respecto a la incidencia y severidad de insectos plaga se debe resaltar que todos los tratamientos fueron afectados de manera similar, sobre todo en el mes de noviembre donde se presentó la mayor incidencia.

### ***Recomendaciones***

- Continuar las investigaciones sobre tolerancia al estrés hídrico en fréjol con las semillas obtenidas en el presente estudio a nivel de campo.
- Seleccionar a la cosecha las plantas de fréjol que tengan un comportamiento óptimo con una reducida aplicación del agua de riego.
- Para el control de insectos plaga durante su incidencia y severidad en el cultivo de fréjol, se recomienda realizar un muestreo aleatorio para evitar la aplicación indiscriminada de agroquímicos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acuña, I., Navarro, P. and Madariaga, M. (2020) ‘Plagas agrícolas y cambio climático: desafíos y manejo’, *112*, p. 5.

Agüero, Y. M. (2018) *Hongos micorrízicos arbusculares como mitigadores del estrés salino: respuesta fisiológica, bioquímica y crecimiento de variedades de albahaca*. Doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Alam, M. A., Juraimi, A. S., Hamid, A. A., Aslani, F. and Hakim, M. A. (2016) ‘Salinity-induced changes in the morphology and major mineral nutrient composition of purslane (*Portulaca oleracea* L.) accessions’, *Scientific journal Biological Research*, 49, pp. 1–19. <https://doi.org/10.1186/s40659-016-0084-5>

Arcos, J., Rojas, D., Guerrero, C. and Prado, V. (2019) Recomendaciones para la producción de grano de frijol biofortificado en Colombia. Disponible en: [http://lac.harvestplus.org/wp-content/uploads/2020/04/manual\\_produccion\\_siembra\\_frijol\\_biofortificado.pdf](http://lac.harvestplus.org/wp-content/uploads/2020/04/manual_produccion_siembra_frijol_biofortificado.pdf).

Asin, L. and Pons, X. (2001) ‘Effect of High Temperature on the Growth and Reproduction of Corn Aphids (Homoptera: Aphididae) and Implications for Their Population Dynamics on the Northeastern Iberian Peninsula’, *Environmental Entomology*, 30(6), pp. 1127–1134. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-30.6.1127>.

Balmaseda, C. and Ponce de León, D. (2019) ‘Características de los suelos del Centro de Producción y Prácticas Río Verde, Santa Elena, Ecuador’, *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 4(3), pp. 18–26. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3279873>

Baltazar, H. (2016) ‘Factores climáticos que influyen en la diversidad de insectos en *Spartium junceum* L. (Fabales: Fabaceae)’, *Revista Prospectiva Universitaria*, 13(1), pp. 30–48. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2016.13.382>.

Barboza, S. (2017) *Ocurrencia estacional de insectos plaga y sus enemigos naturales en haba (*Vicia faba* L.) en Cajamarca*. Pregrado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cajamarca. Available at: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1688>.

Bazurto, M. B. (2019) *Manejo agronómico del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), bajo condición de humedad a capacidad de campo en la zona de Mocache*. Pregrado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Blair, M., Cortes, A. and This, D. (2015) ‘Identification of an erecta gene and its drought adaptation associations with wild and cultivated common bean’, *Scientific journal Plant Science*, 242, pp. 250–259. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2015.08.004>.

Bravo, O. R. (2017) *Evaluación morfo-agronómica y productiva de 18 cultivares de Fréjol Arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.), en el cantón Caluma, provincia Bolívar*. Pregrado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. Universidad Estatal de Bolívar.

Burbano, P. J. (2019) *Evaluación de tres variedades de fréjol caupí *Vigna unguiculata* L. con tres distancias de siembra*. Pregrado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Guayaquil.

Campos, O. G. (2019) Manejo Integrado de la Araña Roja del Café *Oligonychus yothersi* (McGregor) (Acari:Tetranychidae). Centro de Investigaciones en café. Disponible en: <https://www.anacafe.org/uploads/file/626dbd79c07e482eae83dc85a6fe1c10/Boletin-Febrero-2019-02.pdf>

Cardona, W. A., Gutiérrez, J. S., Monsalve, O. I. and Bonilla, C. R. (2017) ‘Efecto de la salinidad sobre el crecimiento vegetativo de plantas de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) micorrizadas y sin micorrizar’, *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11(2), pp.253-266. <https://dx.doi.org/10.17584/rcch.2017v11i2.6109>

Castillo, T. and Jiménez, E. (2020) ‘Incidencia y severidad de enfermedades asociadas al cultivo de plátano (*Musa paradisiaca* L.) en Rivas, Nicaragua’, *Revista La Calera*, 20(35), pp. 132–139. <https://doi.org/10.5377/calera.v20i35.10319>.

Casuso, N., Smith, H. and López, L. (2020) ‘La Araña roja, *Tetranychus urticae*: Ciclo de vida’, *Revista EDIS*, 2020(4), p. 2. <https://doi.org/10.32473/edis-in1287-2020>.

CEDRSSA (2020) Mercado del frijol, situación y prospectiva. Disponible en: <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/53Mercado%20del%20frijol.pdf>.

Chaves, N. and Gutiérrez, M. (2017) ‘Respuestas al estrés por calor en los cultivos. II. Tolerancia y tratamiento agronómico’ *Revista Agronomía Mesoamericana*, 28 (1), pp. 255-271. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21904>.

Chen, C., Harvey, J., Biere, A. and Gols, R. (2019) ‘Rain downpours affect survival and development of insect herbivores: the specter of climate change?’, *Ecology*, 100(11), p. e02819. <https://doi.org/10.1002/ecy.2819>.

CIPF (2018) NIMF 27 Protocolos de diagnóstico para plagas reglamentadas PD 16: Género *Liriomyza*. Disponible en: [https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2018/02/DP\\_16\\_2016\\_Es\\_2018-01-15\\_RevLRG.pdf](https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2018/02/DP_16_2016_Es_2018-01-15_RevLRG.pdf).

Courel, G. F. (2019) Guía de estudio: Suelos salinos y sódicos. Cátedra de Edafología. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Universidad Nacional de Tucumán. Disponible en: <https://www.edafologia.org/app/download/9026474176/Suelos+Salinos+y+s%C3%B3dicos+2019.pdf?t=1563476239>.

Cruz, M. M. (2019) *Capacidad de uso de las tierras del centro de producción y prácticas Río Verde*. Pregrado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Estatal Península de Santa Elena.

De La Cruz, J. L. (2017) *Evolución de la trama urbana en la ciudad de La Libertad, Santa Elena*. Pregrado. Facultad de Arquitectura. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

De Oro, R. F., Sánchez, T., Rubiano, J. and Sierra, P. (2021) *Principales plagas del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el Cesar, Colombia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.nbook.7404593>.

- Enciso, C. R., Vera, P. A., Santacruz, A. R. and Bogado, G. A. (2019) *Guía técnica cultivo de cebolla*. Lorenzo, Paraguay. Disponible en: [https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt\\_02.pdf](https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_02.pdf).
- Endara, A. M. (2019) *Determinación de la Eficiencia Energética del cultivo de frejol, bajo dos densidades y tres fertilizaciones en el CADET – Tumbaco*. Pregrado. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Central del Ecuador.
- ESPAC (2020) Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2020. Disponible en: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2019/Boletin%20Tecnico%20ESPAC\\_2019.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2019/Boletin%20Tecnico%20ESPAC_2019.pdf)
- FAO (2018) *Legumbres. Pequeñas semillas, grandes soluciones*. Panamá. Disponible en: <http://www.fao.org/3/ca2597es/CA2597ES.pdf>.
- Garcés, F. R. (2011) ‘Modelo de ponto crítico para estimar danos causados pela mela na cultura do feijoeiro’, *Revista Ciencia y Tecnología*, 4(1), pp. 1–4. <https://doi.org/10.18779/cyt.v4i1.99>.
- Flores, M. J, García, A., García, J. R., Kohashi, J. and Ybarra M. (2018) ‘Diferencias fenológicas, morfológicas y de componentes del rendimiento entre una forma silvestre y domesticada de frijol común’, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(1), pp. 137–149. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i1.854>.
- Furtado, G. de F., De Sousa, J. R., Azevedo, D., Gonçalves, E. M. and Marques, J. R. (2014) ‘Pigmentos fotossintéticos e produção de feijão *Vigna unguiculada* L. Walp sob salinidade e adubação nitrogenada’, *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 9(2), pp. 291–299.
- Gaibor, J. C. (2019) “*Comportamiento de la planta de arroz (Oryza sativa L.) según su estado fenológico a distintos niveles de salinidad*”. Pregrado. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Estatal de Babahoyo.
- Galina, M. A. (2018) ‘Estrés oxidativo y antioxidantes’, *Revista Avances en Investigación Agropecuaria*, 22 (1), p. 14.
- García, J. I., Ruiz, N. A., Lira, R. H., Vera, I. and Méndez, B. (2016) ‘Técnicas para evaluar germinación, vigor y calidad fisiológica de semillas sometidas a dosis de nanopartículas’. Disponible en: <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1025/334>
- García, I., Romero, P., Jiménez, S. and Jordá, L. (2017) ‘Evolución climática en la costa de Ecuador por efecto del cambio climático’, *Revista DYNA*, 84(203), pp. 37–44. <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n203.59600>
- Giraldo, M. (2020) ‘Control natural factores abióticos’, in Benavides Machado, P. and Góngora, C.E. (eds) *El Control Natural de Insectos en el Ecosistema Cafetero Colombiano*. *Revista Cenicafé*, pp. 18–35. [https://doi.org/10.38141/10791/0001\\_2](https://doi.org/10.38141/10791/0001_2).

Gómez, A. (2017) *Estudio de diferentes concentraciones de creolina en el control de Fusarium Spp en semillas de sandía bajo condiciones controladas*. Pregrado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Estatal Península de Santa Elena.

González, A. M. (2018) 'Image J: una herramienta indispensable para medir el mundo biológico', *Revista Folium*, 1, pp. 1-17

González, L. M., González, M. C. and Ramírez, R. (2002) 'Aspectos generales sobre la tolerancia a la salinidad en las plantas cultivadas', *Revista Cultivos Tropicales*, 23(1), pp. 27-37.

Hernández, L., Montalvo, E., Nolasco, Y., Gutiérrez, P., González, H. and Velázquez, J. J. (2019) 'La Araña roja en yaca: bioecología y eficacia biológica de acaricidas' *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(6), pp. 1393-1403. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1825>.

Ibrahim, A. (2018) *Growth enhancement and alleviation of deleterious effects induced by salt stress in Faba Bean (Vicia Faba) by PGPB*. Master. Faculty of Graduate Studies. An-Najah National University.

INTAGRI (2018) Sinergismos y Antagonismos entre Nutrientes. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/sinergismos-y-antagonismos-entre-nutrientes>

Kpinkoun, J. K., Amoussa, A. M., Mensah, A. C., Komlan, F. A., Kinsou, E., Lagnika, L. and Gandonou, C. B. (2019) 'Effect of salt stress on flowering, fructification and fruit nutrients concentration in a local cultivar of chili pepper (*Capsicum frutescens* L.)', *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 11, pp. 1–7. <https://doi.org/10.5897/IJPPB2019.0284>.

Lamz, A. and González, M. C. (2013) 'La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata', *Revista Cultivos Tropicales*, 34(4), pp. 31–42.

Lino, J. (2019) *Comportamiento espacial y temporal de la salinidad de suelos y aguas del centro de apoyo Manglaralto UPSE*. Pregrado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Mago, M., Pire, R. and 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), pp. 49–64. <https://doi.org/10.21855/ecociencia.81.449>.

Malla, J. G. (2018) *Evaluación del rendimiento de fréjol (Phaseolus vulgaris L.) INIAP 484 Centenario, en siembra directa bajo fertilización química, orgánica más Rhizobium sp.* Pregrado. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Central del Ecuador.

Mamani, F. I. (2016) *Evaluación agronómica de seis variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.), con la incorporación de dos tipos de abonos orgánicos en el cantón Capiñata – Inquisivi*. Pregrado. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés.

Méndez, C. and Vallejo, M. A. (2019) ‘Mecanismos de respuesta al estrés abiótico: hacia una perspectiva de las especies forestales’, *Revista mexicana de ciencias forestales*, 10(56), pp. 33–64. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i56.567>.

Meza, J. (2018) *Evaluación de insecticidas orgánicos y químicos para el control del pulgón negro (Aphis fabae S.) en el cultivo de haba (Vicia faba L.) en San Mateo Atenco, Edo. de México*. Pregrado. Centro Universitario Tenancingo. Universidad Autónoma del Estado de México.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2021) *Guía de gestión integrada de plagas: Leguminosas*. España: © Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Disponible en: [https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/leguminosas\\_web\\_2\\_tcm30-559335.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/leguminosas_web_2_tcm30-559335.pdf).

Montero, N., Sierra, A. and Sisne, M. L. (2021) ‘Distribución en la planta de *Liriomyza trifolii* (burgess) en producciones protegidas de tomate, Ciego de Ávila’, *Revista Universidad & Ciencia*, 10(1), pp. 231–239.

Montero, V., Gutiérrez, G. M., Mireles, A. I., Aguirre, C. L., Acosta, J. A. and Ruiz, J. E. (2019) ‘Efectos fisiológicos del estrés hídrico en variedades de frijol tolerantes a la sequía’, *Revista Acta universitaria*, 29. <https://doi.org/10.15174/au.2019.1816>.

Moreno, J. L. (2018) *Aplicación de Spirodiclofen, Cyhexatin, Abamectina y Fenazaquin para el Control de Tetranychus urticae “arañita roja” en Fragaria ananassa “fresa” en Carquín Bajo - Huaura*. Pregrado. Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

Nakayama, D. H., González, M. C., Samudio, A., Britos, R. M., Mussi, C., Cantero, F. A., Venancio, J. and Peralta, I. (2018) *Fitomejoramiento participativo del KA’A HE’ E*. Paraguay. Disponible en: <https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/Manual-Fitomejoramiento.pdf>.

Natasha, N. C. and Lalasari, L. H. (2017) ‘Calcium extraction from brine water and seawater using oxalic acid’, 1805, p. 070002. <https://doi.org/10.1063/1.4974443>.

Núñez, M., Amico, J. D., Pérez, M. and Betancourt, M. (2017) ‘Estrés hídrico y salino en cítricos. Estrategias para la reducción de daños’, *Revista Cultivos tropicales*, 38(4), pp. 65–74.

Nutter, F. W., Esker, P. D. and Netto, R. A. C. (2006) ‘Disease Assessment Concepts and the Advancements Made in Improving the Accuracy and Precision of Plant Disease Data’, *European Journal of Plant Pathology*, 115(1), pp. 95–103. <https://doi.org/10.1007/s10658-005-1230-z>.

Ogecha, J. O., Arinaitwe, W., Muthomi, J. W., Aritua, V. and Obanyi, J. N. (2019) ‘Incidence and Severity of Common Bean (Phaseolus vulgaris L.) Pests in Agro-Ecological Zones and Farming Systems of Western Kenya’, *East African Agricultural and Forestry Journal*, 83(1), pp. 191–205. <https://doi.org/10.1080/00128325.2019.1599151>.

Olivares, N., Guzmán, A., Rodríguez, F. and Moran, A. (2019) 'Reconocimiento de la mosca minadora de las chacras', *Ficha Técnica INIA*, 48, p. 2.

Orosco, B. E., Núñez, H. G., Pérez, L., Valencia, M., Trejo, L. I., Díaz, F. R., Ruiz, J. E. and Abraham, M. R. (2018) 'Tolerancia a salinidad en plantas cultivadas: una visión agronómica', *Revista Agro Productividad*, 11(7), pp. 51-57.

Ortega, K. A. (2016) *Identificación de proteínas involucradas en estrés biótico y abiótico en variedades comerciales del fréjol común (Phaseolus vulgaris) de Ecuador*. Pregrado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Guayaquil.

Ortubé, J. and Aguilera, C. (1994) *Recomendaciones técnicas para el cultivo del fréjol en el oriente boliviano*. Santa Cruz: CIAT, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. Disponible en: <http://catalog.hathitrust.org/api/volumes/oclc/41917566.html>

Otárola, J. C. and Arias, D. (2020) 'Efectos del estrés hídrico en crecimiento y desarrollo fisiológico de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.', *Revista Colombia forestal*, 23(1), pp. 20–34. <https://doi.org/10.14483/2256201X.14786>.

Paco, V. and Choque, W. (2020) 'Influencia de la salinidad sobre el desarrollo de seis especies forrajeras en dos técnicas de implementación, cuenca baja del Río Lauca', *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(2), pp. 110–127. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2020.080200110>.

Pedraza, A. K. (2015) *Análisis espacial de trips y Uromyces transversalis en el cultivo del gladiolo en la región de villa guerrero, Tenancingo y Ocuilan del Estado de México*. Pregrado. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma del Estado de México.

Perales, D. (2019) *Caracterización del pulgón amarillo del sorgo (Melanaphis sacchari/sorghii zehntner), en el cultivo de sorgo (Sorghum bicolor L.) Moench, en el Estado de Morelos*. Doctorado. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Peralta, E., Mazón, N., Murillo, A. and Pinzón, J. (2012) 'Línea del tiempo. Mejoramiento genético del fréjol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en Ecuador'. Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/382>

Peralta, E., Murillo, A., Mazón, N. and Rodríguez, D. G. (2014) 'Catálogo de variedades mejoradas de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) para los valles y estribaciones de la Sierra Ecuatoriana: Incluye huella digital y razas'. Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2712>

Pereira, J.V., Viana, T. V., De Sousa, G. G., Chagas, K. L., De Azevedo, B. M. and Pereira, C. C. (2019) 'Physiological responses of lima bean subjected to salt and water stresses', *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23, pp. 959–965. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n12p959-965>.

Pérez, G., Peñuelas, O., Núñez, M., Martínez, L., López, I., Reyes, Y. and Argente, L. (2021) 'El estrés salino en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L). papel de los oligogalacturonidos como protectores de las plantas', *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44, pp. 283-291

Pérez, M. O. (2014) *Control biológico de ácaros (Tetranychus urticae) en el cultivo de fresa variedad albión con depredadores naturales en asociación de fruticultores Tungurahua*. Maestría. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Ambato.

Pucuji, W. J. (2016) *Evaluación del manejo agronómico y reacción a enfermedades de variedades mezcla de fréjol (Phaseolus vulgaris L.) allphas y chacras de Cotacachi*. Pregrado. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Central del Ecuador.

Quintana, W.A., Pinzón, E. H. and Torres, D. F. (2016) ‘Evaluación del crecimiento de fríjol (Phaseolus vulgaris L.) cv. Ica Cerinza, bajo estrés salino’, *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 19(1), pp. 87-95. <https://doi.org/10.31910/rudca.v19.n1.2016.113>.

Ramírez, D. and García, F. (2021) ‘Manejo del minador de la hoja (*Leucoptera coffeella*) en el cultivo de café en Costa Rica’, *Revista Agronomía Costarricense*. <https://doi.org/10.15517/rac.v45i2.47775>.

Reyes, D. Y. (2018) *Actividad antioxidante y productividad en Ocimum basilicum L. y Solanum tuberosum L. acondicionadas con vermicomposta*. Maestría. Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales Centro Universitario Tenancingo. Universidad Autónoma del Estado de México.

Rodríguez, A., Posadas, A. and Quiroz, R. (2014) ‘Rendimiento y absorción de algunos nutrimentos en plantas de camote cultivadas con estrés hídrico y salino’, *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 20(1), pp. 19–28. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2013.01.001>.

Rodríguez, M. (2017) *Respuesta agroproductiva de cuatro cultivares comerciales de Phaseolus vulgaris L. en época tardía*. Pregrado. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.

Rodríguez, N. D., Torres, C.N., Chaman, M.E. and Hidalgo, J. E. (2019) ‘Efecto del estrés salino en el crecimiento y contenido relativo del agua en las variedades IR-43 y amazonas de *Oryza sativa* “arroz” (Poaceae)’, *Revista Araldoa*, 26(3) p. 12. <http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26305>

Santana, J. A. (2019) *Evaluación de cambios morfológicos en explantes in vitro de tomate Lycopersicon esculentum Mill., regulados por la edad fisiológica*. Pregrado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Sauceda, C. P., Lugo, G. A., Villaseñor, H. E., Partida, L. and Reyes, A. (2015) ‘Un método preciso para medir severidad de roya de la hoja (*Puccinia triticina* Eriksson) en trigo’, *Revista fitotecnia mexicana*, 38(4), pp. 427–434.

Schossler, T., Machado, D., Zuffo, A. M., Andrade, F. and Piauilino, A. (2012) ‘Salinidade: Efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas’ *Revista Enciclopédia Biosfera*, 8(15), pp, 1563-1578.

Silva, R. D. (2020) *Efecto de tres fungicidas orgánicos para el manejo de la fumagina (Sooty moulds) en el cultivo de melón (Cucumis melo L.) Daule – Guayas*. Pregrado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Agraria del Ecuador.



Skendžić, S., Zovko, M., Živković, I. P., Lešić, V. and Lemić, D. (2021) 'The Impact of Climate Change on Agricultural Insect Pests', *Insects*, 12(5), p. 440. <https://doi.org/10.3390/insects12050440>.

Solís, Y., Zúñiga, L. A. and Mora, D. (2018) 'La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica', *Revista Tecnología en Marcha*, 31(1), pp. 35-46. <https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3495>.

Tommasino, E. A. (2018) Utilización del estrés oxidativo y la defensa antioxidante para la caracterización e identificación temprana de genotipos de *Cenchrus ciliaris* L. tolerantes al estrés abiótico. Doctorado. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.

Torres, D., García, L., Veitía, N., Martirena, A., Collado, R., Rivero, L., Torres, S. and Acosta, M. (2019) 'Efecto del tratamiento térmico a altas temperaturas sobre la germinación in vitro de semillas de *Phaseolus vulgaris* cv. "ICA Pijao"', *Revista Biotecnología Vegetal*, 19(3), pp. 215–223.

Torres, E., Quisphe, D., Sánchez, L., Reyes, M., González, B., Torres, A., Cedeño, A. and Haro, A. (2013) 'Caracterización de la producción de frijol en la provincia de Cotopaxi Ecuador: Caso comuna Panyatug', *Revista Ciencia y Tecnología*, 6(1), pp. 23-31.

Treviño, C. and Rosas, R. (2013) 'El frijol común: factores que merman su producción', *Revista La Ciencia y el Hombre*, 26(1), pp. 55-59.

Valenzuela, J. and Grijalva, A. (2020) *Análisis de vulnerabilidad socioeconómica ante eventos climáticos en los cantones Santa Elena y la Libertad*. Maestría. Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias Oceánicas. Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Ventura, R., Clará, A., Bruno, O. and Parada, J. (2018) Cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Guía Técnica Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal*. Disponible en: <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/BROCHURE%20CENTA%20CHAPARASTIQUE.pdf>

Vergara, A. Mercado, T., Jarma, A. and Gatti, K. (2017) 'Requerimiento Hídrico de *Gmelina arborea* en etapa de vivero bajo condiciones controladas', *Revista Floresta e Ambiente*, 24. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.012915>.

Visconti, F. and De Paz, J. (2018) 'Cómo conocer la salinidad del suelo mediante medidas de conductividad eléctrica.', *Levante Agrícola: Revista Internacional de cítricos*, (441), pp. 98–103.

## ANEXOS

**Tabla 1A.** Longitud de la raíz, días a floración, altura de inserción de la primera flor y número de flores (60, 65 y 70 dds).

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Longitud de la raíz	8	0.89	0.81	6.77
Días a floración	20	0.78	0.73	4.26
Altura de inserción 1era flor	20	0.11	0	11.37
Número de flores a los 60 dds	15	0.86	0.83	18.44
Número de flores a los 65 dds	15	0.66	0.6	20.64
Número de flores a los 70 dds	20	0.47	0.37	20.73

**Tabla 2A.** Análisis de varianza de la variable longitud de la raíz (cm).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	81.17	3	2.06	11,11	0.0207
Tratamientos	81.17	3	27.06	11,11	0.0207
Error	9.74	4	2.44		
Total	90.91	7			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=6,35263

**Tabla 3A.** Análisis de varianza de la variable días a floración.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	386.6	3	128.87	18.54	<0.0001
Tratamientos	386.6	3	128.87	18.54	<0.0001
Error	111.2	16	6.95		
Total	497.8	19			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=4.77027

**Tabla 4A.** Análisis de varianza de la variable altura de inserción de la primera flor.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	41.35	3	13.78	0.69	0.5698
Tratamientos	41.35	3	13.78	0.69	0.5698
Error	318.4	16	19.9		
Total	359.75	19			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=8.07193

**Tabla 5A.** Análisis de varianza de la variable número de flores a los 60 dds.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	4.8	2	2.4	36	<0.0001
Tratamientos	4.8	2	2.4	36	<0.0001
Error	0.8	12	0.07		
Total	5.6	14			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.43566

**Tabla 6A.** Análisis de varianza de la variable número de flores a los 65 dds.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	8.53	2	4.27	11.64	0.0016
Tratamientos	8.53	2	4.27	11.64	0.0016
Error	4.4	12	0.37		
Total	12.93	14			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.02171

**Tabla 7A.** Análisis de varianza de la variable número de flores a los 70 dds.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	4,55	3	1,52	4,67	0,0158
Tratamientos	4,55	3	1,52	4,67	0,0158
Error	5,2	16	0,33		
Total	9,75	19			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.03156

**Tabla 8A.** Incidencia de minador, araña roja y pulgones por tratamiento.

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
Minador	12	0.31	0.06	18.65
Araña roja	12	0.33	0.08	17.91
Pulgones	12	0.29	0.03	23.37

**Tabla 9A.** Análisis de varianza de incidencia de minador por tratamiento.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	0.04	3	0.01	1.22	0.363
Tratamientos	0.04	3	0.01	1.22	0.363
Error	0.1	8	0.01		
Total	0.14	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.28902

**Tabla 10A.** Análisis de varianza de incidencia de araña roja por tratamiento.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	0.06	3	0.02	1.33	0.3308
Tratamientos	0.06	3	0.02	1.33	0.3308
Error	0.12	8	0.01		
Total	0.18	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.31920

**Tabla 11A.** Análisis de varianza de incidencia de pulgones por tratamiento.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	0.08	3	0.03	1.11	0.3991
Tratamientos	0.08	3	0.03	1.11	0.3991
Error	0.18	8	0.02		
Total	0.26	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.39382

**Tabla 12A.** Incidencia mensual de minador, araña roja y pulgones.

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
Minador	12	0.23	0.06	18.65
Araña roja	12	0.5	0.39	14.63
Pulgones	12	0.56	0.46	17.45

**Tabla 13A.** Análisis de varianza de la incidencia mensual de minador.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	0.03	2	0.02	1.33	0.3111
Meses	0.03	2	0.02	1.33	0.3111
Error	0.11	9	0.01		
Total	0.14	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.21822

**Tabla 14A.** Análisis de varianza de la incidencia mensual de araña roja.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	0.09	2	0.04	4.49	0.0443
Meses	0.09	2	0.04	4.49	0.0443
Error	0.09	9	0.01		
Total	0.18	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.19678

**Tabla 15A.** Análisis de varianza de la incidencia mensual de pulgones.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	0.14	2	0.07	5.67	0.0255
Mes	0.14	2	0.07	5.67	0.0255
Error	0.11	9	0.01		
Total	0.26	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.22205

**Tabla 16A.** Severidad de minador, araña roja y pulgones.

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
Minador	8	0.730	0.520	12.15
Araña roja	8	0.35	0	20.18
Pulgones	12	0.45	0.24	18.51

**Tabla 17A.** Análisis de varianza de la severidad de minador.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	0.01	3	0.005	3.56	0.1259
Tratamientos	0.01	3	0.005	3.56	0.1259
Error	0.01	4	0.001		
Total	0.02	7			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.14966

**Tabla 18A.** Análisis de varianza de la severidad de araña roja.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	0.01	3	4.50E-03	0.72	0.5907
Tratamientos	0.01	3	4.50E-03	0.72	0.5907
Error	0.02	4	0.01		
Total	0.04	7			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.32153

**Tabla 19A.** Análisis de varianza de la severidad de pulgones.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	0.05	3	0.02	2.17	0.1691
Tratamientos	0.05	3	0.02	2.17	0.1691
Error	0.06	8	0.01		
Total	0.11	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.22388



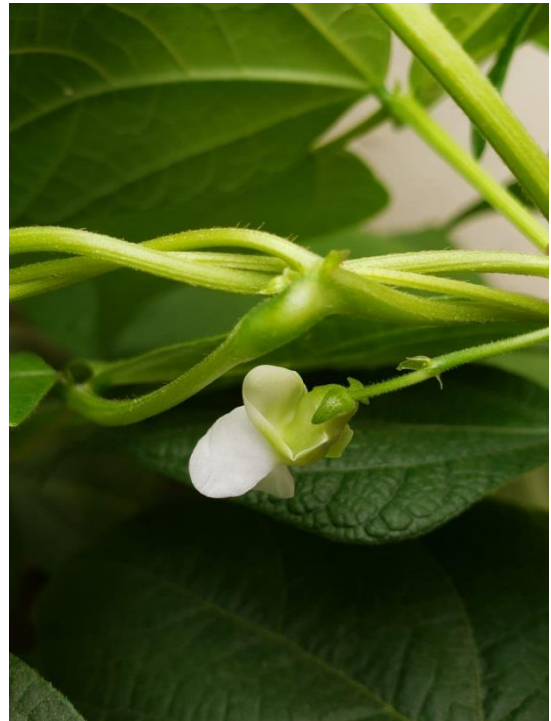
*Figura 1A.* Siembra de semillas de fréjol en bandejas plásticas.



*Figura 2A.* Plántulas de fréjol a los 8 y 15 días después de la siembra.



*Figura 3A.* Plantas de fréjol a los 37 y 42 días después de la siembra.



*Figura 4A.* Botón floral y flor de fréjol.





**Figura 5A.** Agallas y protuberancias en la raíz producidas por nemátodos.

 The screenshot shows the CLIMWAT 2.0 software interface. On the left, there is a map of Ecuador with several white dots representing weather stations. On the right, a list of stations is displayed with columns for station number, latitude, longitude, elevation, station name, and country. A dialog box titled "Export Stations in CROPWAT format" is open in the foreground, showing options to export data to a folder. The dialog box includes a file explorer view showing the "Program Files (x86)" folder with "CLIMWAT 2.0 for CROPWAT V2.0" and a "support" subfolder. The "Export PEN and CLI files" button is highlighted.
 

26	-79,35	0,3	300	LA-CONCORDIA	ECUADOR
27	-89,55	-0,9	250	EL-PROGRESO-(GAL.)	ECUADOR
28	-89,4	-0,9	6	SAN-CRISTOBAL-(GALAPAGOS)	ECUADOR
29	-79,36	-0,55	260	PUERTO-ILA	ECUADOR
30	-79,63	0,96	8	ESMERALDAS-TACHINA	ECUADOR
31	-79,2	-0,93	223	SAN-JUAN-LA-MAMA	ECUADOR
32	-79,2	-0,25	660	STO.-DGO.-DE-LOS-COLORAD	ECUADOR
33	-80,43	-1,03	44	PORTO-VIEJO-GRANJA	ECUADOR
34	-77,95	-1,5	950	EL-PUYO	ECUADOR
35	-77,9	-1,85	970	SANGAY	ECUADOR
36	-78,4	-1,4	1843	BANOS	ECUADOR
37	-78,56	-1,2	2530	AMBATO-CHACHOAN	ECUADOR
38	-78,55	-1,15	2805	PILLARO	ECUADOR
39	-78,38	-1,06	3615	PISAPIAMBO	ECUADOR
40	-78,5	-1,3	2360	BATATE	ECUADOR
41	-78,66	-1,63	2796	RIOBAMBA-CHIMBORAZO	ECUADOR
42	-78,85	1,26	40	SAN-LORENZO	ECUADOR
43	-78,96	-1,61	2600	SAN-SIMON	ECUADOR
44	-79,83	-1,8	7	BABAHUYO-I.MARIA	ECUADOR
45	-79,7	-1,15	40	BALZAR-C. ROBUSTA	ECUADOR
46	-79,95	-1,85	20	DAULE	ECUADOR
47	-79,46	-1,1	73	PICHILINGUET	ECUADOR
48	-79,55	-1,8	7	ISABEL-MARIA	ECUADOR
49	-80,98	-2,2	8	SALINAS-GENERAL-ULPIANO	ECUADOR
50	-77,5	-2,38	510	FAISHA	ECUADOR
51	-78,95	-2,35	2562	CUNCA-RICAURTE	ECUADOR
52	-78,93	-2,55	3140	CANAR	ECUADOR
53	-78,16	-2,48	910	SUCUA	ECUADOR
54	-79,88	-2,15	9	GUAYACUIL-SIMON-BOLIVAR	ECUADOR
55	-79,6	-2,11	13	HILAGO	ECUADOR
56	-79,41	-2,2	35	SAN-CARLOS-INGEN	ECUADOR
57	-79,7	-2,3	17	TAURA	ECUADOR
58	-80	-3,26	6	PUERTO-BOLIVAR	ECUADOR
59	-79,96	-3,25	10	MACHULA-GENERAL-M.-SERRA	ECUADOR
60	-79,78	-3,3	15	PASAJE	ECUADOR
61	-79,33	-3,33	1599	SANTA-ISABEL	ECUADOR
62	-79,61	-3,66	1150	CANUMA	ECUADOR
63	-79,55	-4,3	1550	CAYAMANGA	ECUADOR
64	-79,2	-4,03	2040	LOJA-LA-ARIELIA	ECUADOR
65	-79,93	-4,36	430	MACARA-J.M.-VELASCO-I.	ECUADOR
66	-75,23	-9,73	100	GUAYABAMBA	PERU
67	-75,45	-8,23	1552	HUANCABAMBA	PERU

**Figura 6A.** Interfaz del programa CLIMWAT versión 2.0.

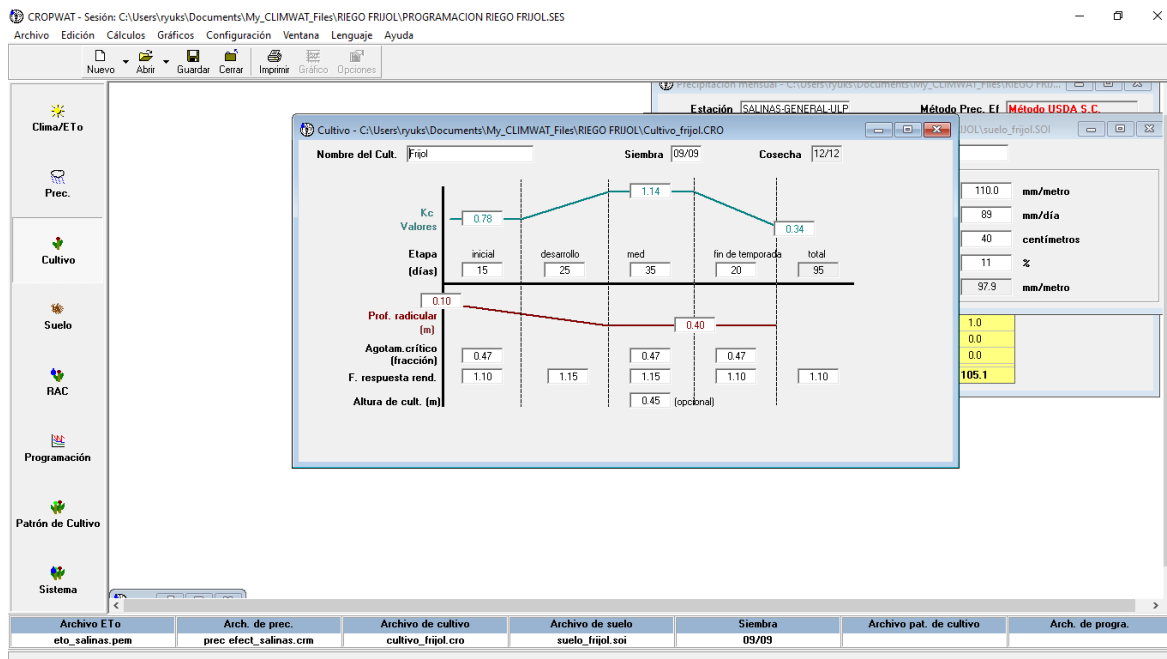


Figura 7A. Interfaz del programa CROPWAT versión 8.

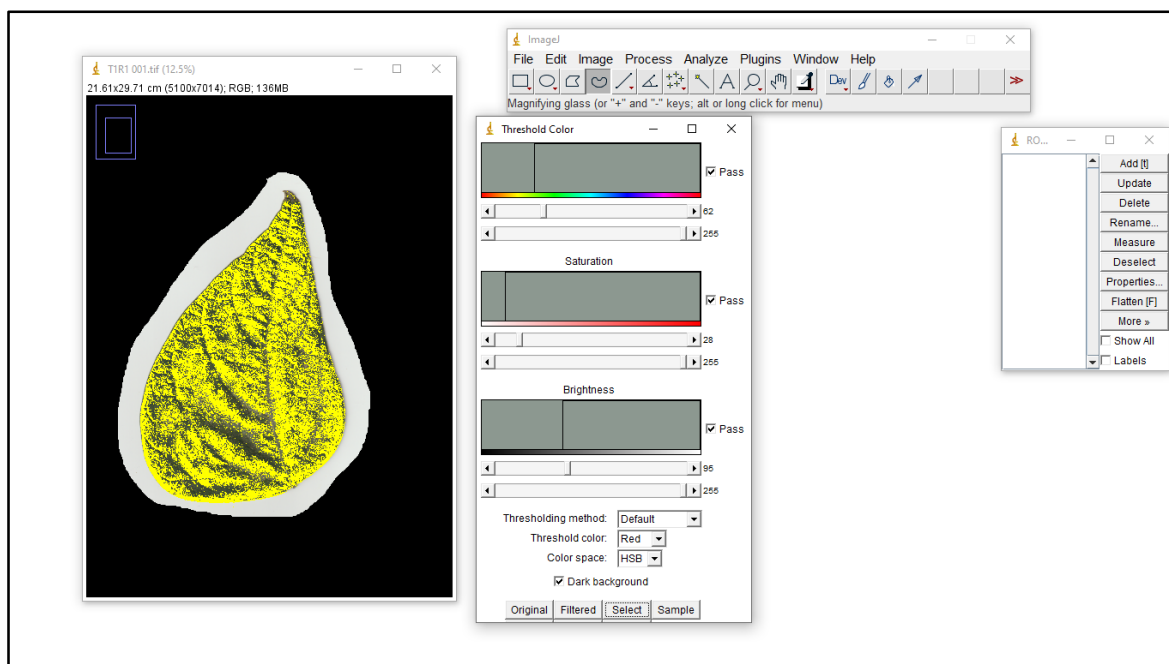


Figura 8A. Interfaz del programa ImageJ® versión 1.53K.



**ESTACION EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR**  
**"DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**  
 Km. 26 Vía Duran - Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi - Guayas - Ecuador  
 Teléfono: 042724260 fax: 042724261 e-mail: labsuelos.ecls@iniap.gob.ec



DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA			
Nombre:	<u>OSCAR JOSÉ MAGALLANES BAILON</u>	Nombre:	<u>S/N</u>	Informe No.	0048	Factura No.	8353
Dirección:	<u>LIBERTAD</u>	Provincia:	<u>SANTA ELENA</u>	Responsable Muestreo:	CLIENTE	Fecha Análisis	15/06/2021
Ciudad:	<u>SANTA ELENA</u>	Cantón:	<u>SALINAS</u>	Fecha muestreo:	<u>31/05/2021</u>	Fecha Emisión	15/06/2021
Teléfono:	<u>0959562835</u>	Parroquia:	<u>SALINAS</u>	Fecha Ingreso:	04/06/2021	Fecha Impresión	21/06/2021
Fax:	<u>N/E</u>	Ubicación:	<u>20 MILLAS FRENTE A LA COSTA</u>	Condiciones Ambientales:		T °C:	22 %H : 60

**INFORME DE ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUAS**

N° Laboratorio	Identificación del Lote	uS/cm	meq/L				meq/L				pH	RAS(°)	PSI(°)	%Na	Clase
		CE	Ca	Na	Mg	K	* CO <sub>3</sub>	* HCO <sub>3</sub>	* SO <sub>4</sub>	* Cl					
<b>2669 A</b>	100 CC H2O MAR + 400 CC H2O DESTILADA	10220,0	4,07	69,58	17,74	6,69					7,7	21	23	76,14	<b>C6 S4</b>
<b>2670 A</b>	200 CC H2O MAR + 300 CC H2O DESTILADA	23300,0	8,63	186,24	41,52	4,92					8,1	37	35	78,78	<b>C6 S4</b>
<b>2671 A</b>	250 CC H2O MAR + 250 CC H2O DESTILADA	28400,0	11,05	219,05	51,32	5,59					7,9	39	36	77,84	<b>C6 S4</b>
<b>2672 A</b>	300 CC H2O MAR + 200 CC H2O DESTILADA	33700,0	13,36	270,92	65,63	6,38					8,2	43	38	77,43	<b>C6 S4</b>

OBSERVACIONES:

<b>** INTERPRETACIÓN</b>	
AGUAS SALINAS	AGUAS SODICAS
C1 : Aguas de salinidad baja	S1: Aguas de contenido bajo de sodio
C2: Aguas de salinidad moderada	S2: Aguas medianas en sodio
C3: Aguas de salinidad mediana a alta	S3: Aguas de contenido alto de sodio
C4: Aguas de salinidad alta	S4: Aguas de contenido muy alto de sodio
C5: Aguas de salinidad muy alta	
C6: Aguas de salinidad excesiva	

<b>Procedimiento de Ensayos en Análisis Químicos de Aguas</b>			
Determinación	Procedimiento de Ensayo	Método de Referencia	Técnica
Potencial de Hidrógeno (pH)	PEE-LS-01	Método EPA 150.2	Electrométrica
Conductividad Eléctrica (C.E)	PEE-LS-02	Standard Methods 2510B /EPA 120.1	
Sodio (Na)	PEE-LS-03	Método EPA 273.1	Absorción Atómica
Potasio (K)	PEE-LS-04	Método EPA 258.1	
Calcio (Ca)	PEE-LS-05	Método EPA 215.1	
Magnesio (Mg)	PEE-LS-06	Método EPA 242.1	

*Figura 9A.* Análisis químico de diluciones de agua de mar.