



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

**EFEECTO DE DIFERENTES CONDUCTIVIDADES ELÉCTRICAS  
EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE MAÍZ (*Zea mays*) EN  
SANTA ELENA, ECUADOR**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Requisito parcial para la obtención del título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**Autor:** Robert Cristhian Ortiz Zambrano

**LA LIBERTAD, 2021**



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

**EFFECTO DE DIFERENTES CONDUCTIVIDADES ELÉCTRICAS  
EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE MAÍZ (*Zea mays*) EN  
SANTA ELENA, ECUADOR**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Requisito parcial para la obtención del título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**Autor:** Robert Cristhian Ortiz Zambrano

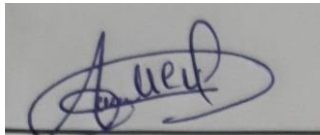
**Tutor:** Ing. Clotilde Andrade Varela

**LA LIBERTAD, 2022**

## TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **ROBERT CRISTHIAN ORTIZ ZAMBRANO** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 8/09/2022



---

Ing. Verónica Andrade Yucailla, PhD.

**DIRECTORA DE CARRERA**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



---

Ing. Carlos Eloy Balmaseda Espinoza

**PROFESOR ESPECIALISTA**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



---

Ing. Clotilde Andrade Varela

**PROFESORA TUTORA**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



---

Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph.D

**PROFESOR GUÍA DE LA UIC**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



---

Lic. Ana Villalta Gómez, Msc

**ASISTENTE ADMINISTRATIVO**

**SECRETARIA**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento se dirige principalmente a Dios, quien ha forjado mi camino y me ha corregido, ayudado a aprender de mis errores y me ha hecho la persona que soy, con ganas de salir adelante y ser mejor día a día.

A mis padres por su gran ayuda a lo largo de los años, muchos de mis logros se los debo a ustedes, incluido éste.

A mi tutora ing. Clotilde Andrade Varela, que en la presente tesis y en el transcurso de los semestres me ha brindado su ayuda e impartido gran parte de sus conocimientos.

A la UPSE por permitirme ser parte de su prestigiosa institución, a mis profesores y a todas las personas que de alguna manera u otra aportaron en mis conocimientos.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación es dedicado a mi familia.

A mis padres, mi mamá por siempre brindarme su amor, consejos constantes y apoyo económico para poder concluir mis estudios de tercer nivel, a mi papá por darme los valores suficientes para forjar mi carácter y así poder alcanzar grandes objetivos

A mi hermana por estar siempre presente y siendo también un apoyo moral en mi vida.

A Nagelly que ha sido una compañera incondicional y un gran soporte para mí vida en estos años de aprendizaje.

## **RESUMEN**

La prueba de conductividad eléctrica permite estimar la integridad de la membrana celular, pues el efecto de la misma conlleva al rápido deterioro de las semillas. Ante lo señalado, en el presente estudio se llevaron dos experimentos: uno bajo condiciones controladas mediante un Diseño Completamente al Azar (DCA), para evaluar el efecto de diferentes dosis de conductividad eléctrica (C.E.), en la germinación del maíz híbrido “Trueno”, mientras el segundo ensayo, en condiciones de campo hasta la etapa de floración, para comparar el comportamiento de los genotipos, los que fueron seleccionados en las más altas CE y los provenientes del testigo sin CE, mediante una prueba de T para observaciones pareadas. Las variables experimentales fueron porcentaje de germinación en ambiente controlado y altura de planta, número de hojas por planta, hasta la floración en condiciones de campo. Los resultados demostraron, en ambiente controlado que las semillas con C.E. (33700.0 us/cm) sobrevivieron, alcanzando un 97% de germinación mientras que el testigo sin C.E. alcanzó el 100%. Cuando las plántulas, se las llevó a campo; los resultados de la variable altura de planta y número de hojas reflejaron diferencias estadísticas significativas, alcanzando un 193.5 cm y 11.9 hojas (con C.E); versus 160.2 cm y 11.3 unidades (sin C.E.). El monitoreo realizado hasta la etapa de floración (95 días) demuestra que la metodología de someter la semilla de maíz (Trueno), a altas conductividades eléctricas, mejora genéticamente a esta especie, para soportar condiciones de salinidad de suelo.

Palabras claves: Germinación, Conductividad eléctrica, Estrés hídrico, Salinidad

## **ABSTRACT**

The electrical conductivity test allows estimating the integrity of the cell membrane, since its effect leads to the rapid deterioration of the seeds. Given the above, in the present study two experiments were carried out: one under controlled conditions by means of a Completely Random Design (DCA), to evaluate the effect of different doses of electrical conductivity (EC), in the germination of the hybrid maize "Trueno", while the second trial, under field conditions until the flowering stage, to compare the behavior of the genotypes, those that were selected in the highest EC. and those from the control without EC, through a T test for paired observations. The experimental variables were germination percentage in a controlled environment and plant height, number of leaves per plant, until flowering under field conditions. The results showed, in a controlled environment, that the seeds with EC (33700.0 us/cm) survived, reaching 97% germination while the control without EC reached 100%. When the seedlings were taken to the field; the results of the variable plant height and number of leaves reflected significant statistical differences, reaching 193.5 cm and 11.9 leaves (with EC); versus 160.2 cm and 11.3 units (without EC). The monitoring carried out until the flowering stage (95 days) shows that the methodology of subjecting the corn seed (Trueno), to high electrical conductivities, genetically improves this species, to withstand soil salinity conditions.

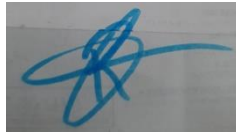
**Keywords:** Germination, Electrical conductivity, Effect, Stress, Salinity

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente trabajo de integración curricular titulado “**EFFECTO DE DIFERENTES CONDUCTIVIDADES ELÉCTRICAS EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE MAÍZ (*Zea mays*) EN SANTA ELENA, ECUADOR**” y elaborado por Robert Cristhian Ortiz Zambrano, 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”.



-----  
Firma del estudiante



## ÍNDICE GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>14</b>
<b>Problema Científico:.....</b>	<b>15</b>
<b>Objetivo General: .....</b>	<b>15</b>
<b>Objetivos Específicos:.....</b>	<b>15</b>
<b>Hipótesis: .....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>17</b>
<b>1.1.- Conceptos generales .....</b>	<b>17</b>
<b>1.2.- Proceso de germinación en maíz .....</b>	<b>17</b>
<b>1.3.- Humedad adecuada y uniforme. ....</b>	<b>18</b>
<b>1.4.- Temperatura adecuada y uniforme. ....</b>	<b>18</b>
<b>1.5.- Contacto adecuado y uniforme de la semilla con el suelo.....</b>	<b>18</b>
<b>1.6.- Descripción botánica .....</b>	<b>19</b>
<b>1.7.- Ciclo vegetativo .....</b>	<b>19</b>
<b>1.7.1.- Floración .....</b>	<b>20</b>
<b>1.7.2.- Fructificación .....</b>	<b>20</b>
<b>1.7.3.- Madurez fisiológica.....</b>	<b>20</b>
<b>1.8.- Requerimientos hídricos del maíz .....</b>	<b>20</b>
<b>1.8.1.- Exceso de agua en el cultivo de maíz.....</b>	<b>21</b>
<b>1.9.- Requerimientos edáficos del cultivo de maíz .....</b>	<b>22</b>
<b>1.9.1.- Acidez y salinidad en el cultivo de maíz.....</b>	<b>22</b>
<b>1.10.- Características morfológicas de semillas de maíz, variedad trueno .....</b>	<b>22</b>
<b>1.11.- Fertilización del cultivo de maíz.....</b>	<b>23</b>
<b>1.11.1.- Nitrógeno (N).....</b>	<b>23</b>
<b>1.11.2.- Fósforo (P) .....</b>	<b>24</b>
<b>1.11.3.- Potasio (K) .....</b>	<b>25</b>
<b>1.12.- Indicadores de calidad del suelo.....</b>	<b>25</b>
<b>1.12.1. Propiedades físicas .....</b>	<b>26</b>
<b>1.12.2. Capacidad hídrica del suelo .....</b>	<b>26</b>
<b>1.12.3. Propiedades químicas .....</b>	<b>26</b>
<b>1.12.4.- pH (potencial de hidrógeno).....</b>	<b>27</b>
<b>1.13.- Conductividad Eléctrica (CE) .....</b>	<b>27</b>

1.13.1.- Efectos de la salinidad en la germinación y desarrollo de las semillas. .....	28
1.13.2.- Estrés hídrico.....	30
1.14.- Nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas.....	31
1.14.1.- Nitrógeno .....	31
1.14.2.- Fosforo .....	32
1.14.3.- Potasio .....	33
1.14.4.- Azufre.....	33
1.14.5.- Calcio.....	33
1.14.6.- Magnesio .....	34
1.14.7.- Hierro .....	34
1.14.8.- Zinc.....	34
1.14.9.- Manganeso .....	35
1.14.10.- Boro .....	35
1.14.11. Cobre .....	35
<b>CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>36</b>
2.1.- Ubicación del experimento.....	36
2.2.- Materiales .....	36
2.2.1. Material genético .....	36
2.2.2 Materiales de laboratorio .....	36
2.2.3 Materiales de campo .....	36
2.3.- Manejo del experimento.....	37
2.3.1.- Tratamiento de semillas .....	37
2.3.2 Preparación de materiales para la siembra .....	37
2.3.3.- Siembra de material genético en campo .....	37
2.4.- Diseño experimental .....	37
2.4.1.- Tratamientos .....	38
2.4.2.- Diseño experimental a nivel de campo .....	38
2.5.- Variables experimentales en laboratorio.....	39
2.5.1.- Porcentaje de germinación.....	39
2.5.2.- Índice de velocidad de germinación .....	39
2.5.3.- Porcentaje de semillas sobrevivientes en los tratamientos bajo condiciones controladas .....	39

<b>2.6.- Variables experimentales en campo.....</b>	<b>39</b>
<b>2.6.1.- Altura de la planta (cm) .....</b>	<b>40</b>
<b>2.6.2. Número total de hojas por planta .....</b>	<b>40</b>
<b>2.6.3. Comportamientos fenológicos hasta la floración .....</b>	<b>40</b>
<b>CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>41</b>
<b>3.1. Determinación del efecto de diferentes conductividades eléctricas en la germinación y desarrollo de la semilla del maíz (<i>Zea mays</i>). .....</b>	<b>41</b>
<b>3.1.1. Variables experimentales en laboratorio .....</b>	<b>41</b>
<b>3.1.2. Variables experimentales en campo .....</b>	<b>44</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>50</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>50</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>51</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>52</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>56</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Distribución de los grados de libertad. ....	38
<b>Tabla 2.</b> Tratamientos de estudio en ambiente controlado. ....	38
<b>Tabla 3.</b> Análisis de la varianza variable germinación. ....	41
<b>Tabla 4.</b> Análisis de la Varianza índice de velocidad de germinación (I.V.G.).....	42
<b>Tabla 5.</b> Semillas sobrevivientes por tratamientos. ....	43
<b>Tabla 6.</b> Prueba de t student en altura de plantas. ....	45
<b>Tabla 7.</b> Prueba de t student numero de hojas por plantas. ....	46
<b>Tabla 8.</b> Estadíos vegetativos del maíz con C.E. ....	47
<b>Tabla 9.</b> Estadíos vegetativos del maíz sin C.E. ....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Porcentajes de germinación.....	42
<b>Figura 2.</b> Porcentajes del índice de velocidad de germinación.....	43
<b>Figura 3.</b> Porcentajes de semillas sobrevivientes. ....	44
<b>Figura 4.</b> Medias de altura de plantas. ....	45
<b>Figura 5.</b> Medias de numero de hojas.....	47

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Tabla 1A.</b> Número de semillas germinadas a los 4 días. ....	56
<b>Tabla 2A.</b> Análisis de la varianza de germinación a los 4 días.....	56
<b>Tabla 3A.</b> Numero de semillas germinadas a los 8 días. ....	56
<b>Tabla 4A.</b> Análisis de la varianza de germinación a los 8 días.....	57
<b>Tabla 5A.</b> Medias de porcentajes de germinación a los 8 días. ....	57
<b>Tabla 6A.</b> Análisis de la varianza índice de velocidad de germinación (I.V.G.).....	57
<b>Tabla 7A.</b> Altura de planta (cm). ....	58
<b>Tabla 8A.</b> Medidas de altura de planta (cm).....	58
<b>Tabla 9A.</b> Numero de hojas (Unidad).....	59
<b>Tabla 10A.</b> Medias de numero de hojas (Unidad). ....	59

<b>Figura 1A.</b> Distribución de semillas en tappers.....	59
<b>Figura 2A.</b> Tratamientos de germinación en ambiente controlado.....	60
<b>Figura 3A.</b> Germinación de semillas. ....	60
<b>Figura 4A.</b> Distribución de tratamientos en campo. ....	61
<b>Figura 5A.</b> Desarrollo vegetativo de la planta. ....	61
<b>Figura 6A.</b> Floración de la planta en campo.....	62
<b>Figura 7A.</b> Planta germinada con C.E. poco o nada de estrés hídrico.....	62
<b>Figura 8A.</b> Planta germinada Sin C.E. con estrés hídrico. ....	63
<b>Figura 9A.</b> Planta germinada sin C.E. con necrosis. ....	63

## INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* ssp.) es una especie monoica, que se caracteriza por tener la inflorescencia femenina (mazorca) y la masculina (espiga) separadas, pero en la misma planta, su cultivo es de mucha importancia económica para la productividad ecuatoriana, gracias a las diferentes condiciones de temperatura, humedad ambiental, luminosidad y suelos que se posee en la costa, sierra y oriente donde son sembrados (Cedeño, 2010).

La importancia de este cereal, abarca un campo amplio dentro del desarrollo de la población, debido a que se aprovecha al máximo el material vegetal; así podemos mencionar que los tallos tiernos se los pueden chupar y cuando están secos se usan para forraje de ganado, construcción de chozas, combustible y abono. Además las brácteas que cubren la mazorca son utilizadas en la elaboración de humitas y también se puede elaborar artesanías (Alvarez, 2007).

En promedio los rendimientos de maíz duro en el litoral ecuatoriano son bajos, debido principalmente al empleo de un deficiente manejo tecnológico, pues existen híbridos que pueden superar en el orden del 30 al 60% en comparación a los rendimientos obtenidos por las variedades cuando son sembradas bajo las mismas condiciones (Cedeño, 2010)

En el territorio ecuatoriano, especialmente en zonas cálidas existen espacios con condiciones climáticas y suelos apropiados para el cultivo de maíz y según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el último censo en la Península de Santa Elena, estimó un total de 5.147 ha sembradas de maíz en el 2012 (Martinez, 2012); sin embargo, el promedio de productividad en variedades es de 3.2 t/ha; mientras en híbridos es de 6.5 t/ha, resultando que se lo considera bajo, si lo comparamos con otros países que superan las 8 t/ha (Zamora, 2019).

La calidad de la semilla tiene valor fundamental en el redimiendo de cualquier cultivo, por eso es primordial seleccionar entre la simiente diferentes lotes; semilla de buena calidad y ser sembradas en condiciones no óptimas, o podría ser guardada por un período más largo de tiempo en comparación con lotes de menor vigor, característica muy importante a tomar en cuenta en este proceso (Perisse, 2002).

La prueba de conductividad eléctrica permite estimar la integridad de la membrana celular. La pérdida de la misma y las subsiguientes conllevan al rápido deterioro de las semillas. En este contexto, la evaluación de la conductividad eléctrica del exudado de las semillas debería ser una medida de su deterioro y, en consecuencia, de la calidad de ellas, para propósitos de siembra (Méndez, 2011).

### **Problema Científico:**

¿Qué efecto tiene la conductividad eléctrica en la germinación y posterior desarrollo de semillas de maíz?

### **Objetivo General:**

Evaluar el efecto de diferentes conductividades eléctricas en la germinación y desarrollo de semillas de maíz (*Zea mays*) en Santa Elena, Ecuador.

### **Objetivos Específicos:**

- Establecer las características fenotípicas de las semillas en las conductividades más altas hasta la emergencia del coleóptilo.
- Determinar la conductividad eléctrica que permita germinar al menor número de semillas de maíz.
- Seleccionar a los genotipos de maíz que logren sobrevivir en las conductividades eléctricas más altas.
- Evaluar las etapas fenológicas de las plantas de maíz que fueron seleccionadas en las conductividades eléctricas más altas

**Hipótesis:**

La semilla de maíz sobrevive a las altas conductividades eléctricas y se desarrollan en campo superando estrés hídrico a causa de la salinidad.



# **CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

## **1.1.- Conceptos generales**

El maíz pertenece a los tres primordiales cereales elaborados en el planeta junto con el trigo y el arroz, además es un cultivo cosmopolita, lo que le permitió realizarse en un sinfín de condiciones climáticas, edáficas, sociales y ecológicas. Varios son los componentes que influyen sobre la productividad del maíz, iniciando propiamente a partir de la organización del cultivo hasta su cosecha. En este sentido, al disponer de una inmediata y uniforme germinación y emergencia del maíz, está establecido el primer escenario para poder hacer el rendimiento potencial finalmente del periodo de producción (Mejia, 2003).

## **1.2.- Proceso de germinación en maíz**

La germinación no es más que la reanudación de la actividad enzimática bajo condiciones favorables de humedad y temperatura, lo que promueve una aceleración en la separación y elongación celular hasta que al final surge el embrión por medio de la cubierta de la semilla de maíz. El proceso de germinación se desencadena como resultado de la absorción de agua por medio de la cubierta de la semilla, a esa fase se le da el nombre de imbibición, a lo largo de la cual la semilla absorbe un 30 % de su peso seco en agua previo a iniciar a germinar. Una absorción menor a la indicada puede producir que se detenga o retrase el proceso germinativo gracias a un secado veloz del área en donde está la semilla (Matilla, 2008).

Los indicadores visuales de la germinación son:

- 1) Emergencia de la radícula, este fenómeno tarda de 2 a 3 días en sitios cálidos y con una idónea humedad, sin embargo, puede además tardar hasta una o 2 semanas una vez que se poseen suelos secos y/o más frescos ( $<10\text{ }^{\circ}\text{C}2$ );
- 2) Emergencia del coleóptilo, puede pasar en uno o diversos días dependiendo de la temperatura del suelo, esta composición vegetal dura es la delegada de abrir

paso por medio del suelo para la emergencia de la planta, en ventaja de la elongación del mesocotilo;

- 3) Emergencia de las raíces seminales laterales. Cuando las condiciones de temperatura (32 a 35 °C) y humedad son adecuadas, las tres estructuras pueden emerger casi el mismo día. En suelos frescos la aparición del coleóptilo y las raíces seminales laterales se puede retrasar hasta por más de una semana después de que emerge la radícula.

### **1.3.- Humedad adecuada y uniforme.**

La humedad del suelo puede estar alrededor de la funcionalidad de campo. El reparto de la humedad va a estar en función de las propiedades físico-químicas del suelo, patrones de labranza, condiciones climáticas e irregular hondura de siembra. Para la mayor parte de las condiciones se ofrece una hondura de 3 a 5 centímetros, empero la siembra puede desarrollarse todavía más fuerte (6.5 a 7.5 cm), si es donde pudimos encontrar la humedad uniforme.

### **1.4.- Temperatura adecuada y uniforme.**

Temperaturas menores a 10 °C ocasionan una lenta y/o irregular germinación, por lo cual es importante evadir en lo más alto las modalidades de plantar bajo estas condiciones de temperatura. Por otro lado, las temperaturas altas son causantes de una germinación instantánea (5 a 7 días), constantemente y una vez que cuenten con la humedad idónea. La desuniformidad de temperaturas en el sector donde se deposita la semilla podría ser gracias a la textura, color y drenaje del suelo, la cobertura de residuos en el lote o la hondura de siembra. Se considera como temperatura base 10 °C, sin embargo de 18-20 °C es óptimo para la germinación y 25-33 °C para el desarrollo del cultivo (Chávez, S., y Mesías, D., 2018).

### **1.5.- Contacto adecuado y uniforme de la semilla con el suelo**

Un contacto uniforme entre el suelo y la semilla posibilita de forma inmediata y uniforme la imbibición o absorción de agua. Se debería eludir que se tengan terrones, rocas y una desmesurada proporción de residuos que obstruyan el contacto de la humedad.

### **1.6.- Descripción botánica**

El maíz (*Zea mays* ssp.) es una especie monoica, que se caracteriza por tener la inflorescencia femenina (mazorca) y la masculina (espiga) separadas, pero en la misma planta. Es una especie abierta (alógama), la polinización ocurre con la transferencia del polen, por el viento, desde la espiga a los estigmas (cabellos) de la mazorca, por lo consiguiente el sistema radicular se desarrolla inicialmente a partir de la semilla (raíces primarias), las mismas que se van degenerando paulatinamente y son sustituidas por otras secundarias o adventicias, que forman un sistema radicular denso, a modo de cabellera, que se extiende a una profundidad variable y las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, se disponen alternadamente en dos filas a lo largo del tallo. El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones, está formado por entrenudos separados por nudos más o menos distantes (Roma, 2015).

### **1.7.- Ciclo vegetativo**

El ciclo vegetativo del maíz comienza con la germinación bajo condiciones de campo adecuadas, la semilla absorbe agua entre un 30 a 35% de su peso y comienza el crecimiento. Posterior a esto comienza la etapa de emergencia, comprende desde que emerge la radícula hasta la aparición del coleóptilo sobre el suelo (Fassio et al., 1998) tiene una duración aproximadamente entre 6 a 8 días. Después de germinar el maíz, empieza el periodo de crecimiento en el cual aparece una nueva hoja cada tres días, a los 20 días la planta debería tener 5 a 6 hojas formadas alcanzando su plenitud foliar en aproximadamente 4 a 5 semanas (Acosta, 2009).

### **1.7.1.- Floración**

Se considera la fase de floración el momento en que la panoja se encuentra emitiendo polen (la emisión suele durar de 5 a 8 días dependiendo de la temperatura y humedad), y el alargamiento de los estilos. La polinización ocurre cuando los granos de polen se depositan sobre los estilos, un grano de polen capturado requiere 24 horas para crecer dentro del estilo hasta el óvulo donde ocurre la fertilización y el óvulo es fecundado (Kogan, 1990).

### **1.7.2.- Fructificación**

Con la fecundación de los óvulos por el polen se inicia el proceso de fructificación, una vez realizada la fecundación, los estilos de la mazorca, cambian de color y se secan. Empiezan a formarse los granos y aparece en éstos el embrión. El fruto consiste, en los granos que se encuentran dentro de la mazorca, de color blanco, amarillo o morado y en su interior se halla el endospermo, está cubierto por el pericarpio y el embrión o germen (semilla). Los frutos quedan agrupados formando hileras alrededor de un eje grueso o zuro (Delgado, 2016).

### **1.7.3.- Madurez fisiológica**

La madurez fisiológica significa que el grano ha alcanzado su máximo peso seco o máxima acumulación de materia seca. En esta etapa se caracteriza por una activa deshidratación; y el síntoma visible es la formación de una abscisión marrón o negra en la zona de inserción del grano a la mazorca. El promedio de humedad del grano es de 30 a 35%, sin embargo, esto puede variar entre cultivares y condiciones ambientales. El grano para almacenarse requiere de una humedad de 13 a 14% (Fassio, 1998).

## **1.8.- Requerimientos hídricos del maíz**

Ospina, (2015) señala que el agua constituye entre el 80% y 95% del componente celular de los tejidos en el crecimiento del maíz; sirve de solvente, medio de transporte, generadora de turgencia y reguladora de la temperatura por transpiración; además es necesaria para los procesos fisiológicos que ocurren desde la siembra hasta la madurez fisiológica de la planta; durante este periodo el cultivo requiere entre 400 y 650 mm de agua, bien repartidos durante el ciclo del cultivo, cuando los mayores requerimientos de agua se presentan durante la germinación, la floración y el llenado de granos, con valores medios que van de 4,8 a 5,4 mm/día. La eficiencia de uso del agua es de alrededor de 45 kg de materia seca/ha/mm de agua consumida, lo que significa que para producir 1 kg de materia seca la planta requiere entre 200 y 300 litros de agua (Rivetti, 2007).

### **1.8.1.- Exceso de agua en el cultivo de maíz**

Un exceso de humedad puede dañar drásticamente los cultivos. En temporada de lluvias, el agua se acumula en las parcelas y si el terreno no tiene un buen drenaje, se presentan condiciones de anoxia (falta de oxígeno) en el sistema radical y en cuestión de días las hojas cambian a color amarillo y su crecimiento se reduce notablemente, el exceso de agua en el sustrato provoca estrés de tipo secundario perjudicial para las plantas; cuando el suelo está saturado de agua, el aire de los poros del suelo es desplazado por ésta y el oxígeno (O<sub>2</sub>) disuelto es rápidamente absorbido por microorganismos y plantas. El coeficiente de difusión del O<sub>2</sub> en ambientes húmedos es bajo: va desde 1 cm<sup>3</sup> /s hasta 10<sup>-5</sup> cm<sup>3</sup> /s es por esta razón que los suelos encharcados tienen poca capacidad de aportar O<sub>2</sub> a las raíces. Esta falta de suministro afecta al crecimiento de forma directa e indirectamente, a través de cambios físico – químicos que la falta de O<sub>2</sub> provoca sobre las propiedades del suelo, y también a la planta (directamente) porque necesita el O<sub>2</sub> para respirar. Una de las características de los suelos por falta de O<sub>2</sub> es la disminución del potencial de óxido reducción. El potencial redox normal se encuentra entre +400 y +700 mV, pero en un suelo inundado pasa a ser negativo y los compuestos del suelo que están oxidados se pueden reducir y así cambiar sus propiedades como el nitrato, manganeso (Mn), hierro (Fe), sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) entre otros. Las plantas sensibles a la carencia de O<sub>2</sub> se caracterizan por

varios síntomas relativamente visibles; disminución de la tasa de crecimiento, epinastia (Cueva Loachamin, A. M., 2019).

## **1.9.- Requerimientos edáficos del cultivo de maíz**

El suelo ideal para el cultivo de maíz debe ser profundo más de un metro, fértil, permeable, con buen drenaje, textura franca, estructura granular, de buena capacidad de retención de agua, libre de inundaciones y encharcamientos, alto contenido de materia orgánica (sobre 3%). El cultivo de maíz requiere suelos ligeramente ácidos por lo que el pH óptimo es de 5,5 a 6,5 para su desarrollo y crecimiento (Cueva, 2019).

### **1.9.1.- Acidez y salinidad en el cultivo de maíz**

El maíz es moderadamente sensible a la salinidad del suelo. La conductividad eléctrica que tolera va de 1 a 4 mmho/cm. La salinidad constituye un problema del suelo para el cultivo del maíz, en razón a que las plantas reducen su desarrollo debido a una disminución del potencial osmótico y, en consecuencia, del potencial hídrico del suelo; también se presenta toxicidad específica, normalmente asociada con la absorción excesiva de sodio (Na<sup>+</sup>) y de cloruro (Cl<sup>-</sup>), la salinidad genera un desequilibrio nutricional como consecuencia de la interferencia de los iones salinos con los nutrientes esenciales. El primer síntoma de estrés por salinidad es el marchitamiento, ya que el cultivo sufre una sequía fisiológica al no poder mover el agua del suelo a las raíces contra el gradiente de potencial osmótico. Después de la exposición inicial al cloruro de sodio (NaCl), el calcio (Ca) es desplazado de las membranas, lo que hace que las plantas sean más sensibles a la sal cuando los niveles de Ca son bajos. En suelos salinos, la elongación de las hojas es inmediatamente inhibida y el ácido abscísico se acumula en sus zonas de crecimiento (Cueva, 2019).

## **1.10.- Características morfológicas de semillas de maíz, variedad trueno**

- Híbrido doble.
- Excelente calidad de grano.
- Muy bajo porcentaje de acame de raíz y tallo.

- Muy buena uniformidad de mazorca y excelente cierre de punta.
- Semilla bioactiva, tratada con cruiser.

### **1.11.- Fertilización del cultivo de maíz**

Para lograr que las plantas alcancen un rendimiento lo más cercano posible al potencial y sean capaces de absorber y aprovechar al máximo los nutrientes es indispensable realizar un análisis de suelo que permita conocer el pH del suelo, el contenido de materia orgánica, nivel de salinidad del suelo y la cantidad de nutrientes que aporta el suelo a los cultivos y calcular las respectivas dosis. Estos deben aplicarse a través de una mezcla que debe contener la cantidad requerida de todos los elementos con que se va a fertilizar, para una adecuada fertilización es necesario realizar el análisis químico del suelo por lo menos dos meses antes de la siembra (Cueva, 2019).

#### **1.11.1.- Nitrógeno (N)**

El N es el macronutriente fundamental para el crecimiento vegetativo del cultivo de maíz, se le considera el nutriente limitante para el desarrollo de la planta. Las plantas de maíz pueden asimilar el N en forma de  $(\text{NO}_3^-)$  y  $\text{NH}_4^+$  en la solución del suelo. Como la absorción de N depende del crecimiento radicular, el mejor momento para la aplicación del N es cuando la planta tiene 40 cm de alto y la mitad de sus hojas visibles, en el caso del N, un 20 a 30% de la dosis debe estar contenido en la mezcla que se aplicará a la siembra, mientras que el 70 a 80% restante debe aplicarse al estado de siete hojas del maíz. La parcialización del N se realiza para reducir las pérdidas que ocurren por lixiviación y volatilización. La cantidad total por aplicar va a depender en gran medida del rendimiento que se espera obtener (Santiago, 2011).

El maíz necesita absorber entre 1.5 y 2.2 kg N/ha por cada 1000 kg de grano producido. La acumulación de N en la biomasa aérea del maíz oscila entre 200 y 350 kg/ha con tasas de acumulación diarias entre 2.5 y 4 kg N/ha/día. Los síntomas de deficiencia de N son las descritas a continuación:

- Se produce una disminución progresiva del área foliar de hasta el 60%, además las hojas se mantienen verdes durante menos tiempo.
- Las plantas deficientes de N son más pequeñas, los tallos son finos y entrenudos más cortos, aunque no afecta el número de hojas producidas.
- Se puede producir un desfase entre la polinización y la aparición de estigmas, lo que produce una mayor tasa de mazorcas abortadas.
- Clorosis en las hojas adultas, con distintas tonalidades de verde, dependiendo de las variedades (se transporta de hojas adultas a más jóvenes debido a su movilidad).
- Disminución de tamaño celular y disminución de síntesis de proteínas, lo que hace que los granos presenten menos materia seca, se reduce el peso del grano hasta en un 30% debido a un menor periodo de llenado.
- Las plantas de maíz presentan una coloración purpúrea causada por la acumulación de pigmentos antocianos debido al aumento de la concentración de azúcares.

### **1.11.2.- Fósforo (P)**

El P no presenta movilidad en el suelo, por lo que debe realizarse una fertilización localizada con el total de la dosis a la siembra. Para facilitar la absorción por parte de las raíces, el P debe aplicarse ubicándolo a 7 u 8 cm al lado de la hilera de siembra y 1 o 2 cm por debajo de la semilla. El P es indispensable para el crecimiento aéreo de la planta, el desarrollo de las raíces y el rendimiento en grano. Ante un déficit de P las plantas de maíz muestran hojas de color verde oscuro, con bordes y puntas de color rojizo, y un sistema radical reducido (Chile, 2011).

El volumen de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a aplicarse en la fertilización debe calcularse en base a los análisis de suelo efectuado previamente. Si el suelo posee suficiente P, igualmente debe realizarse una fertilización con 50 a 60 kg/ha para mantener un nivel adecuado de este nutriente (Cropcheck, 2011).



### **1.11.3.- Potasio (K)**

El potasio es absorbido del suelo en forma iónica ( $K^+$ ), su función está relacionada con diversos procesos metabólicos. Es vital en la fotosíntesis; cuando hay deficiencias, ésta se reduce e incrementa la respiración, por lo que disminuye la acumulación de carbohidratos, como consecuencia adversa en el crecimiento y producción de la planta. El potasio está presente en todo el tejido vegetal; es un componente importante de los suelos fértiles. Es absorbido en grandes cantidades por las plantas, más que cualquier otro, a excepción del nitrógeno y en algunos casos del calcio. (Tisdale y Nelson, 1987).

La dinámica de la liberación del potasio se da por las raíces de las plantas en crecimiento, que producen una rápida disminución en la concentración de K de la solución del suelo cercana a ellas (García, 2008). El K es muy importante para el vigor de los tallos y el buen crecimiento de la parte aérea del maíz. Síntoma de deficiencia de Fósforo en maíz (*Zea mays* L.). Fuente: Angélica Cueva, 2017 8 manifiesta en un amarillamiento de los bordes de las hojas inferiores. Además, se produce un debilitamiento de las raíces y una fragilidad en la caña hacia la madurez.

### **1.12.- Indicadores de calidad del suelo**

El uso y aplicación de indicadores de calidad, es una tarea compleja debido a la diversidad natural del suelo y a la multitud de procesos físicos, químicos, bioquímicos y microbiológicos que tienen lugar en él; así como, a la elevada heterogeneidad espacial y temporal de este recurso natural (Vargas, 2010).

Se han propuesto un gran número de indicadores potenciales de la calidad de los suelos. El estado microbiológico y bioquímico sirve en procesos de recuperación de suelos en ecosistemas naturales y agro - ecosistemas, y además son más sensibles a los cambios, por lo que pueden describir la calidad del suelo en un contexto más amplio. Las propiedades físicas y químicas han sido utilizadas para evaluar la productividad del suelo desde un punto de vista agronómico (García, 2012).

### **1.12.1. Propiedades físicas**

La condición física de un suelo determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes. Son importantes para definir el comportamiento de los cultivos y el uso de maquinaria (Leanne, 2020).

Vargas (2010) manifiesta que la estructura, textura, densidad aparente, estabilidad de agregados, infiltración, capacidad de almacenamiento de agua y conductividad hidráulica son características físicas propuestas como indicadores de calidad de un suelo, ya que regulan el crecimiento de las raíces y el movimiento del agua a través del perfil.

### **1.12.2. Capacidad hídrica del suelo**

La capacidad de retención de agua utilizable por las plantas por parte del suelo es una propiedad ligada a las condiciones físicas de este, directamente relacionada con la estructura y textura; evaluarla equivale a determinar la cantidad de agua capilar que puede almacenar el suelo. Para ello se recurre a dos puntos de referencia: la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitamiento (Traxco, 2014).

**Capacidad de campo:** Es la cantidad de agua que retiene el suelo después de la saturación hídrica y posterior drenaje gravitatorio, la determinación exacta del punto en que cesa el drenaje gravitatorio se ha unificado para los procedimientos analíticos y por ello la definición científica de capacidad de campo es el “porcentaje de humedad del suelo que es retenido a una presión de un tercio de bar”.

### **1.12.3. Propiedades químicas**

El pH, conductividad eléctrica, carbono orgánico total y soluble, capacidad de intercambio catiónico, macro y micronutrientes extraíbles, y metales pesados son propiedades químicas propuestas como indicadores ligados a las relaciones suelo-planta y la disponibilidad de nutrientes para los cultivos y microorganismos (Martínez, 2008).

#### **1.12.4.- pH (potencial de hidrógeno)**

Según el Centro Internacional de la Agricultura Tropical (1993) la determinación del pH se basa en la medida de la actividad de hidrogeno ( $H^+$ ) en la solución del suelo. El pH está definido como el logaritmo negativo, en base 10 de la actividad del  $H^+$  o el logaritmo recíproco de la actividad del  $H^+$ :

$$pH = -\log_{10} [H^+] = \log_{10} 1/[H^+]$$

El pH del suelo es uno de los parámetros que mejor refleja las propiedades químicas de un suelo. Es un factor que determina: a) distintas solubilidades de los elementos nutritivos requeridos por los cultivos; b) distinto desarrollo de los microorganismos; c) velocidad de los procesos de humificación y de mineralización; y d) la capacidad de adsorción de cationes en el complejo de cambio. El pH es un factor que determina la disponibilidad de muchos de los elementos nutricionales necesarios para el crecimiento de las plantas (Teliz, 2018).

#### **1.13.- Conductividad Eléctrica (CE)**

Es una medida indirecta de la cantidad de sales que contiene un suelo, su resultado se expresa en mili-mhos/cm o dS/cm. La facilidad con que una planta puede aprovechar el agua en el suelo depende no solamente del contenido de agua en el suelo, también de la concentración de sales disueltas en la solución del suelo CIAT (1993). La salinidad indica la concentración de iones presentes en el suelo, hay que tener en cuenta que muchos iones como el Na, aluminio, cloro son tóxicos y si se encuentran en altas concentraciones pueden ser letales para el cultivo. Los suelos con conductividad eléctrica alta impiden el buen desarrollo de las plantas, ya que contiene una elevada

cantidad de sales. Cada cultivo es capaz de sobrevivir en rangos algo diferentes de conductividad, dependiendo del tipo de sales que tiene el suelo (Agrosal, 2010).

Según Viloria y Natera (2011), manifiestan que la conductividad eléctrica permite la pérdida de la membrana e integridad citoplasmática de la semilla lo que indica las consideraciones respectivas por el rápido deterioro de la misma con fines productivos a la siembra, razón por la cual sugiere realizar las pruebas para estandarizar su manejo al igual que la soya y las vainitas y aceptar los retos para mejorar la productividad del maíz.

Por otro lado, los autores Quinchimba e Isabel (2018), describen que las semillas vigorosas restablecen su membrana a mayor velocidad con un menor exudado que las de menor vigorosidad, pero estas últimas producen una mayor liberación (lixiviación) de electrolitos (iones), durante la inhibición en el agua desionizada. De tal manera que la alta conductividad eléctrica es el resultado de la aparición de la exudación de iones procedentes de la estructura celular o subcelular, por lo que, las pruebas de conductividad eléctrica tratan de cuantificar indirectamente la degradación desorganizada de la membrana para alcanzar una medición objetiva de los procesos biológicos muy complejos para un analista mediante pruebas tradicionales.

Según Cepeda, A., *et al* (2014), la salinidad afecta el desarrollo de las plantas reduciendo la productividad agrícola por el déficit hídrico, la toxicidad por el efecto de los iones y el desequilibrio nutritivo que produce en las plantas. Sin embargo, en el estudio de “Respuesta de lechuga a la conductividad eléctrica con riego superficial y subirrigación” manifiesta que la alta concentración de C.E. en la solución nutritiva en su ensayo, no afectó la concentración de nitrógeno ni de fósforo, pero que si eleva la concentración foliar del potasio (K).

### **1.13.1.- Efectos de la salinidad en la germinación y desarrollo de las semillas.**

Para Láinez Orrala (2021), la salinidad afecta directamente a las semillas en los procesos metabólicos y fisiológicos de germinación, sus afectaciones están

íntimamente relacionadas con los genotipos utilizados y las condiciones ambientales donde se desarrollan.

González Montenegro (2021), señala que las semillas expuestas a germinación en condiciones de salinidad, disminuyen su capacidad de absorber agua, las longitudes radicales disminuyen a medida que aumentan las concentraciones salinas, así mismo, la concentración de sales reduce la velocidad de germinación afectando el proceso de división y el alargamiento celular.

Agüero (2018) señala que las plantas cultivadas en condiciones de salinidad disminuyen su capacidad de absorber agua, presentan un desbalance nutricional, toxicidad, cambios fisiológicos y una reducción en el crecimiento, entre otros. La salinidad es un problema para la agricultura, fundamentalmente para las regiones áridas y semiáridas, con un contenido alto de salinidad en el suelo y precipitaciones insuficientes para su lixiviación.

Lamz y González (2013) señalan que dependiendo del grado de tolerancia, el estrés salino afecta las diferentes funciones de la planta, como la fotosíntesis y la producción de hormonas vegetales, lo que impide el crecimiento y desarrollo de la planta, reducción de la tasa de germinación, provoca un desbalance nutricional ocasionando un desequilibrio metabólico, lo que afecta considerablemente la producción de los cultivos y al fracaso total de las cosechas, para ello es necesario el mejoramiento genético y la variabilidad genética existente.

Según Garsaball *et al.*, (2007), describe que para identificar una semilla de buena calidad y tolerante al estrés salinos se debe exponer las semillas a diferentes pruebas con productos comerciales para simular en laboratorio el estrés salinos especialmente al cloruro de sodio y al sulfato de sodio. De esta manera se puede obtener semillas con capacidad de germinar y producir una plántula en condiciones de estrés salinos a fin de conseguir un potencial genético para la tolerancia a la sal, al menos en esta etapa del ciclo de vida.

Así mismo, Tomalá Beltrán (2015), en su estudio “Efecto de diferentes concentraciones de agua de mar en el crecimiento y germinación de genotipos de tomate”, señala que el agua de mar podría ser utilizado como sustrato en el proceso de germinación y desarrollo de la semilla, ya que inoculada en este medio, permite a las proteínas activar sus mecanismos excretorios de sal al exterior de la célula, para equilibrar la necesidad de sales que la planta necesita para su crecimiento y desarrollo adecuado.

### **1.13.2.- Estrés hídrico**

Una de las limitaciones a nivel agrícola y baja producción es causada por el déficit hídrico, existen cultivos que no son tolerantes al estrés hídrico, especialmente afecta su fase de desarrollo por los diferentes cambios morfológico, fisiológico y celular que sufre el organismo vegetal, esto va a depender de la valorización del estrés y su duración, así como los cambios ambientales que se produzcan en el transcurso (Florido y Bao, 2014).

Por otra parte, Ojeda et al. (2013) señalan que el estrés hídrico es uno de los factores más comunes que influyen en los cultivos, en todas las etapas, presentando bajo porcentaje de germinación y producción, por lo que retrasan la disponibilidad de agua y afectan los procesos metabólicos necesarios para la germinación.

De acuerdo con Florido y Bao (2014), manifiestan que frente a estas condiciones la planta se adapta evolutivamente para poder desarrollarse, modificando diversos procesos morfológico, fisiológico y celular, durante la etapa de germinación esta reduce la imbibición lo que retrasa su germinación y se reduce la biomasa la planta, así como el crecimiento en la parte radicular.

La planta está constituida por más del 80% por lo que dificulta su desarrollo frente al estrés hídrico, pero el proceso es lento, lo que genera una forma de adaptación morfológica anatómica y celular, logrando así un ajuste osmótico, pero afecta la

expansión radicular y foliar. Otra adaptación de la planta, es fisiológica que consiste en el cierre de estomas, evitando la transpiración de la planta (Moreno, 2009).

#### **1.14.- Nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas**

Las plantas absorben los nutrientes minerales del suelo a través de las raíces. El suelo es un sustrato físico, químico y biológico complejo. Constituye un material heterogéneo formado por una fase sólida, una fase líquida y gaseosa, ellas interactúan con los elementos minerales. Las partículas inorgánicas de la fase sólida actúan como reserva de K, Ca, magnesio (Mg) y Fe, al igual que compuestos orgánicos que contienen N, P, y azufre (S), entre otros elementos. La solución del suelo (fase líquida) contiene iones minerales disueltos y actúa como medio para el movimiento de los iones hacia la superficie radical. Los gases como; oxígeno (O), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) están disueltos en la solución del suelo, en las raíces son intercambiados a través de los espacios aéreos que existen entre las partículas del suelo (Sanchez, 2007).

Los nutrientes minerales esenciales para las plantas son aquellos necesarios para la ocurrencia de un ciclo de vida completo, los que están involucrados en funciones metabólicas o estructurales en las cuales no pueden ser sustituidos y cuya deficiencia se asocia a síntomas específicos (Bertsch, 1998). Macronutrientes; necesarios en grandes cantidades, se encuentran divididos en primarios y secundarios. Los *nutrientes primarios* son N, P y K. Los *nutrientes secundarios* son Mg, S y Ca.

- a) Micronutrientes o microelementos: requeridos en cantidades ínfimas para el crecimiento correcto de las plantas son el Fe, Mn, zinc (Zn), cobre (Cu), molibdeno (Mo), cloro (Cl) y el boro (B).

##### **1.14.1.- Nitrógeno**

El N tiene una importancia singular para la productividad de las plantas y de los ecosistemas terrestres en general. Al contrario de la mayoría de nutrientes, no existen reservas minerales de N explotable, sino que el N se encuentra en permanente circulación. La mayor parte de N se concentra en la materia orgánica (MO). La 14

mineralización de N es fomentada por temperaturas altas, la humedad, la aireación, un pH alto y a veces por el suministro de fuentes de C, P o S fácilmente accesibles. Las pérdidas de N a través de la erosión, la volatilización de  $\text{NH}_3$ , la lixiviación de  $\text{NO}_3^-$  y la desnitrificación se deben minimizar por medio de la conservación del suelo, un manejo racional del abono orgánico y la sincronización de la mineralización del N con las necesidades del cultivo. Para el efecto, se debe procurar inmovilizar el N en épocas sin cultivo (abono verde).

El N es absorbido del suelo en forma de  $\text{NO}_3^-$  o de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) FAO (2002) y llega a las raíces de la planta a través de “flujo masal”, o transporte en la solución del suelo siguiendo un gradiente hídrico (el N es llevado por flujo transpiratorio de la planta). En la planta forma parte de los aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos, es un componente fundamental en la síntesis de la clorofila, es un componente de vitaminas, derivados de azúcares, celulosa, almidón y lípidos, favorece la multiplicación celular y estimula el crecimiento.

La deficiencia del N en las plantas provoca amarillamiento, sobre todo de las hojas más viejas, y a un retraso general del crecimiento. Las hojas más bajas pueden morir prematuramente mientras la parte superior de la planta permanece verde (algunas veces confundido con falta de humedad). Cuando la carencia de N se desarrolla lentamente, las plantas presentan tallos delgados y leñosos y el exceso de N aumenta la susceptibilidad a plagas y enfermedades, provoca el encamado de cereales y la concentración de sustancias nocivas (nitratos y nitritos) en las plantas.

#### **1.14.2.- Fosforo**

El P es el que suple de 0.1 a 0.4% de extracto seco de la planta (FAO, 2002), juega un papel importante en el metabolismo energético de la planta, porque hace parte de las moléculas AMP, ADP y ATP. También, el P forma parte de otros compuestos como el ácido fítico, importante en la germinación de semillas y en el desarrollo de la raíz. Al existir deficiencia de P las plantas presentan crecimiento retrasado, hojas verdes azuladas, moradas y parduscas a partir de la punta (a menudo también en los tallos), plantas lentas al madurar, permaneciendo verdes, los frutos pueden ser



deformados, los granos pobremente llenos (Flores, 2014).

### **1.14.3.- Potasio**

El K suple del 1 a 4% del extracto de la planta, juega un papel importante en la transferencia de energía. Activa más de 60 enzimas (sustancias químicas que regulan la vida). Por ello, el K juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas provistas con K sufren menos de enfermedades (Cakmak, 1994).

La deficiencia de este nutriente produce un estancamiento en el desarrollo de la planta, los entrenudos de los tallos son cortos y los tallos resultan débiles, la producción de granos y frutos se ve afectada por la disminución de los niveles de almidón, la presenciade K asegura un buen contenido de azúcares, ácidos y aroma (Rodríguez, 2004).

### **1.14.4.- Azufre**

El S es un constituyente esencial de proteínas y también está involucrado en la formación de la clorofila. En la mayoría de las plantas suple del 0,2 al 0,3% (0.05 a 0,5) del extracto, es absorbido por las raíces de las plantas en forma de anión sulfato ( $\text{SO}_4^{-2}$ ), forma parte de las proteínas y vitaminas como la tiamina, biotina y es componente de numerosas enzimas (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2004). La deficiencia de S se manifiesta cuando toda la planta se torna amarilla. Las hojas más altas toman un color amarillento aun siendo jóvenes. La madurez del cultivo se retrasa (FAO, 2002).

### **1.14.5.- Calcio**

El Ca es un nutriente esencial de los compuestos que forman parte de la estructura de la pared celular, como pectato de Ca, el cual une las paredes primarias de las células, le confieren consistencia y cierto grado de rigidez a la pared celular. Preservan la

estructura de las membranas celulares al regular la permeabilidad, la presencia de pectatos protegen los tejidos contra el ataque de hongos.

Además, el Ca actúa como cofactor de algunas enzimas, como las ATPasas, también se encuentra implicado en la fosforilación de proteínas. Su deficiencia impide el desarrollo de la planta, los tejidos meristemáticos de la parte aérea y de la raíz se afectan por división celular incompleta, como consecuencia las hojas y raíces nuevas se desarrollan con deformaciones, las hojas se tornan amarillentas a ennegrecidas y curvadas (manchas marrones), las plantas parecen marchitas.

#### **1.14.6.- Magnesio**

El Mg es el constituyente central de la clorofila, el pigmento verde de las hojas que funciona como un aceptor de la energía provista por el sol; por ello, del 15 al 20% del Mg contenido en la planta se encuentra en las partes verdes. La deficiencia se presenta con decoloración amarillenta entre las venas de las hojas verdes (clorosis típica de franjas; forma parte del pigmento de las plantas verdes, clorofila, necesario para la fotosíntesis), seguido finalmente por manchas y necrosis (muerte de los tejidos) (Reol, 2003).

#### **1.14.7.- Hierro**

El Fe es un elemento necesario en la síntesis de clorofila, forma parte esencial de la fotosíntesis y la respiración y sirve como un catalizador en la división celular y en los procesos de crecimiento. Los síntomas de su deficiencia se manifiestan sobre todo con una clorosis intervenal pronunciada de las hojas jóvenes.

#### **1.14.8.- Zinc**

El Zn es un elemento esencial en la síntesis de proteínas, participa activamente en la formación de almidones y promueve la maduración y producción de la semilla INIFAP (2004). También está implicado en la síntesis de triptófano, precursor de AIA (ácido indol acético), por lo que su deficiencia conduce a una falta de auxinas, con la

disminución de la elongación (Agroestrategias, s.f.). La carencia de este elemento provoca que las plantas tengan un crecimiento retrasado de las hojas, franjas cloróticas (bandas blanqueadas) entre las bandas de la hoja en la parte más baja de la misma. En algunos casos, las hojas tienen un color verde olivo o verde grisáceo.

#### **1.14.9.- Manganeso**

El Mn participa en la síntesis de clorofila y asimilación de  $\text{NO}_3^-$  se transporta vía xilema como  $\text{Mn}^{2+}$  y se almacena como óxido de Mn. Participa en la toma y transporte de N, P, Ca, y Mg y se le atribuye un importante papel en la germinación y madurez fisiológica del grano (Staton, 2017).

#### **1.14.10.- Boro**

El B es un nutriente inmóvil en el interior de la planta. Entre las funciones metabólicas que realiza está la síntesis de hormonas y regulación de auxinas, transporte de carbohidratos, desarrollo apical del tallo, raíz y la polinización y el amarre del fruto y la deficiencia de B provoca hojas deformadas y arrugadas, gruesas y quebradizas, blancas, con manchas irregulares entre las venas. Las zonas de crecimiento de los brotes morirán, con crecimiento tupido cerca de las puntas, el crecimiento en longitud es inhibido con entrenudos acortados. Frutos pequeños y pobremente formados, a menudo con nódulos acorchados y lesiones. Baja producción de semilla debido a una fertilización incompleta.

#### **1.14.11. Cobre**

El Cu participa como coenzima en varios sistemas enzimáticos involucrados en formar y convertir aminoácidos. La deficiencia en las plantas se presenta con marchitamiento en las hojas jóvenes (Intagri, 2017).

## **CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1.- Ubicación del experimento**

El trabajo de investigación se desarrolló en Salinas bajo condiciones de ambiente controlado, cuya ubicación geográfica se señala a continuación:

Latitud -2.21562 y longitud -80.95151, con una altitud de 6 msnm y clima tropical seco.

### **2.2.- Materiales**

#### **2.2.1. Material genético**

El material genético utilizado en el experimento bajo condiciones controladas se trata de semillas certificadas del híbrido “Trueno”

#### **2.2.2 Materiales de laboratorio**

Recipientes plásticos

Creolina Weir

Papel toalla

Agua destilada (testigo)

Agua de mar con diferentes conductividades eléctricas (tratamientos)

#### **2.2.3 Materiales de campo**

Cinta métrica

Libro de campo, computadora

Cámara fotográfica

Calibrador

Calculadora

Tensiómetro

Marcador permanente

Lupa

## **2.3.- Manejo del experimento**

La metodología que se llevó a cabo en el presente trabajo fue:

### **2.3.1.- Tratamiento de semillas**

Se inició con un triple lavado con agua potable para eliminar restos de fungicidas contenidos en las semillas del híbrido. A continuación, se desinfectó todo el material genético incluido el testigo, con una solución de creolina de 10 cm en un litro de agua, contenida en un recipiente, en donde fue agitada la semilla constantemente por un lapso de 30 minutos, finalmente, se dejaron escurrir para posteriormente colocarlas en cada recipiente plástico que simulaban las unidades experimentales.

### **2.3.2 Preparación de materiales para la siembra**

Con la misma solución de creolina, se desinfectaron los recipientes plásticos a continuación, se colocaron a cada una, doble papel toalla según las características del recipiente, posteriormente se agregaron los tratamientos [Conductividad eléctrica (CE)] a cada unidad experimental, excepto al testigo (agua destilada), finalmente se agregaron 50 semillas por cada unidad experimental y se dejó el tiempo necesario hasta que cada tratamiento presentara germinación.

### **2.3.3.- Siembra de material genético en campo**

Las semillas que sobrevivieron a las altas conductividades eléctricas, incluido el testigo, fueron llevadas a campo abierto bajo condiciones controladas en Salinas para luego ser trasplantadas en fundas plásticas para vivero, hasta producción, tiempo durante el cual se evaluaron las características fenológicas.

## **2.4.- Diseño experimental**

Para el ambiente controlado hasta la germinación de semilla y luego desarrollo y producción, se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) y los tratamientos de estudio, fueron analizados estadísticamente a través de la prueba de Significancia de Tukey (0.05) de probabilidades. Mientras que, para el experimento a nivel de campo, una prueba de T para observaciones pareadas, debido a que en la práctica para probar la hipótesis nula de que no hay diferencia entre dos juegos de muestras se aplica esta estadística.

#### 2.4.1.- Tratamientos

La distribución de los tratamientos de acuerdo al DCA se presenta en la tabla 1.

**Tabla 1.** Distribución de los grados de libertad.

DCA con cinco repeticiones	
Fuentes de variación	Grados de libertad
Tratamientos (t -1)	4
Error Exp. T(r-1)	20
Total (t*r) -1	24

Los tratamientos detallados del experimento se reflejan en la tabla 2.

**Tabla 2.** Tratamientos de estudio en ambiente controlado.

Tratamiento	Conductividad eléctrica (CE) uS/cm
T1	10220,0
T2	23300,0
T3	28400,0
T4	33700,0
T5 (testigo)	150

#### 2.4.2.- Diseño experimental a nivel de campo

Una vez germinadas las semillas del testigo y las que sobrevivan a las altas conductividades eléctricas (28400 y 33700uS/cm) fueron llevados a campo y sembradas en dos parcelas; una parcela con el tratamiento testigo y la otra con todas las que sobrevivieron a las conductividades eléctricas.

## **2.5.- Variables experimentales en laboratorio**

### **2.5.1.- Porcentaje de germinación**

Se evaluó en porcentaje cada tres días, a partir de la siembra en las unidades experimentales, esto se llevó a cabo mediante la observación de las semillas.

### **2.5.2.- Índice de velocidad de germinación**

Para la obtención de este dato fue necesario el conteo diario de las semillas para evidenciar la velocidad con la que emergen las radículas a partir de su germinación.

### **2.5.3.- Porcentaje de semillas sobrevivientes en los tratamientos bajo condiciones controladas**

Para la obtención de esta variable se partió con cuarenta semillas en cada unidad experimental en cada repetición, luego fueron contabilizadas solamente las semillas que sobrevivieron hasta el día ocho que finalizó el experimento de germinación, seguidamente, el número de las mismas fue transformado a porcentaje.

## **2.6.- Variables experimentales en campo**

Una vez listas las plántulas que sobrevivieron en ambiente controlado, fueron trasplantadas solamente las diez mejores por cada tratamiento a sustrato (tierra de sembrado en fundas de vivero de 5L.), para luego ser trasplantadas al campo definitivo para el desarrollo de las variables de estudio.

### **2.6.1.- Altura de la planta (cm)**

Se realizó la medición con un flexómetro desde la base del tallo hasta la parte apical de la planta, una vez por semana

### **2.6.2. Número total de hojas por planta**

Se contabilizó la cantidad total de hojas por planta, sin tomar en cuenta las dos primeras falsas, una vez por semana.

### **2.6.3. Comportamientos fenológicos hasta la floración**

En el estudio fenológico se evaluó las plantas que lograron sobrevivir a las conductividades eléctricas, realizándose así, una vez por semana hasta la floración.



## CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSION

### 3.1. Determinación del efecto de diferentes conductividades eléctricas en la germinación y desarrollo de la semilla del maíz (*Zea mays*).

#### 3.1.1. Variables experimentales en laboratorio

Según la **tabla 3** del análisis de varianza aplicando el diseño completamente al azar (DCA) bajo la prueba de significancia de Tukey (0.05), se presentan los resultados de germinación de los diferentes tratamientos en estudio (T1=10220,0 uS/cm; T2=23300,0 uS/cm; T3=28400,0 uS/cm; T4=33700,0 uS/cm y T5=150 uS/cm), se puede observar que el p-valor de los días evaluados son menores al 0.05, con un coeficiente de variación (C.V.), de 3.33 y 1.25 % en los días 4 y 8 respectivamente, por lo que se confirma que existe diferencias estadísticas altamente significativas en los diferentes grados de conductividad eléctrica en relación al tratamiento testigo T5.

**Tabla 3.** Análisis de la varianza variable germinación.

Día 4					
F.V.	SC	GL	CM	F	P-Valor
TRATAMIENTOS	854.56	4	213.64	184.17	< 0.0001
ERROR	23.20	20	1.16		
TOTAL	877.76	24			
C.V.	3.33 %				

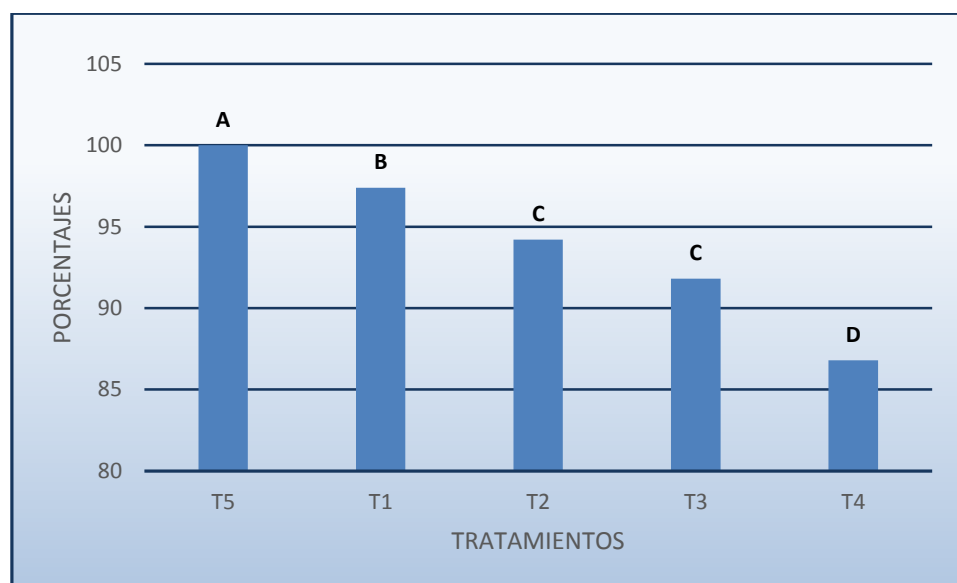
  

Día 8					
F.V.	SC	GL	CM	F	P-Valor
TRATAMIENTOS	85.84	4	21.46	97.55	< 0.0001
ERROR	4.40	20	0.22		
TOTAL	90.24	24			
C.V.	1.25 %				

#### a.- Porcentajes de germinación (%).

El la **Figura 2** se observa la diferencia estadística significativa entre los tratamientos, así mismo, se detallan los porcentajes de germinación con sus respectivas variaciones. En donde T5 testigo al día 8, expresa la máxima germinación con 100 %, seguido de los tratamientos T1 y T2 que presentaron el 97 y 94%; mientras que T3 y T4 al mismo

día de la evaluación alcanzaron el 92 y 87% de germinación respectivamente. En la misma variable se pudo apreciar que a partir del día 8 de la evaluación, se estabilizan los porcentajes germinativos en todos los tratamientos en estudio debido a que se presentó el 100% de germinación en el tratamiento testigo sin haber alteraciones en los otros factores de estudios.



**Figura 1.** Porcentajes de germinación.

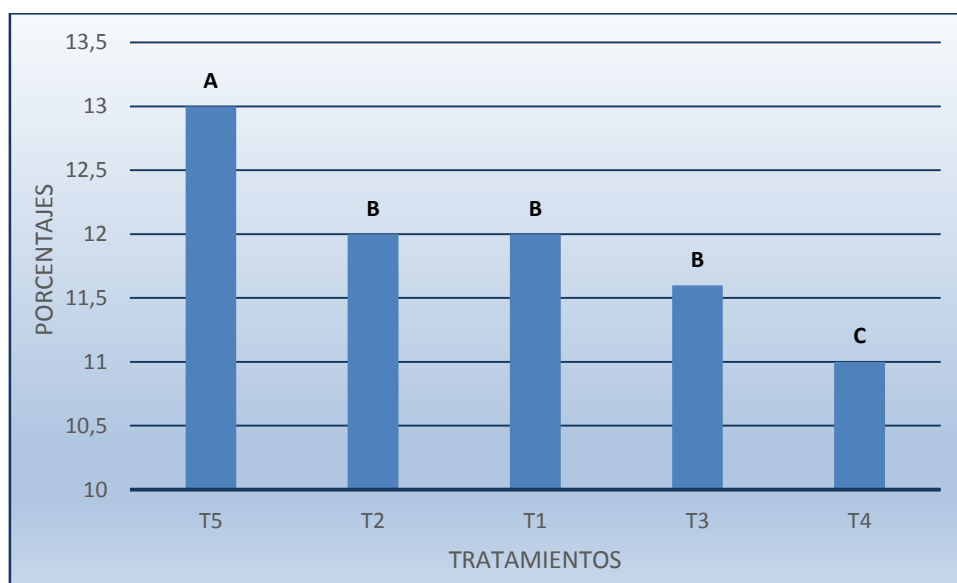
#### b.- Índice de velocidad de germinación.

Al igual que en los porcentajes de germinación, en la **tabla 5** se muestra el análisis del ANDEVA en porcentajes del índice de velocidad de germinación (I.V.G.), al cabo de los 8 días de observación. Los resultados muestran sus diferencias estadísticas significativas de los diferentes tratamientos de C.E. El P-valor encontrado el menor al 0.05 de significancia.

**Tabla 4.** Análisis de la Varianza índice de velocidad de germinación (I.V.G.).

F.V.	SC	GL	CM	F	P-Valor
TRATAMIENTOS	10.64	4	2.66	44.33	< 0.0001
ERROR	1.2	20	0.06		
TOTAL	11.84	24			
C.V.	2.05%				

En la **Figura 2** se expresan los porcentajes del I.V.G. con su valor más altos de 13 % correspondiente al T5 (testigo), seguidamente del T2 con un 12 %, el T1 con 12 % y el T3 con el 11.6 %, cuyos resultados no muestran diferencias estadísticas significativas, mientras que el más influyente al efecto de la conductividad eléctrica fue el T4 con un 11 % al terminar los 8 días de observación.



**Figura 2.** Porcentajes del índice de velocidad de germinación.

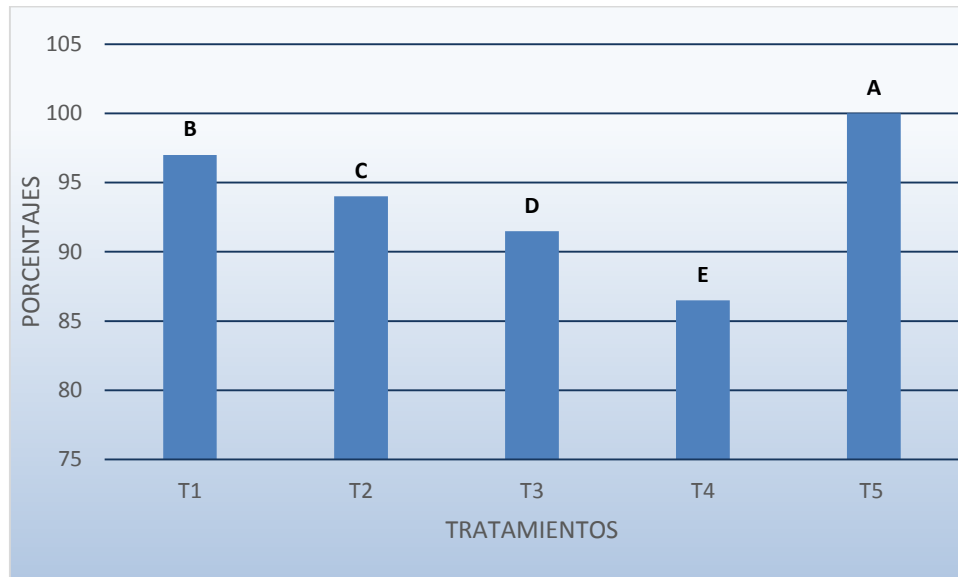
**c.- Porcentaje de semillas sobrevivientes en los tratamientos bajo condiciones controladas.**

**Tabla 5.** Semillas sobrevivientes por tratamientos.

TRATAMIENTO	%
T1	97
T2	94
T3	91.5
T4	86.5
T5	100 %

En la **tabla 6** se observa que a pesar de que en el análisis de varianza se muestran diferencias estadísticas significativas para todos sus tratamientos, los porcentajes de semillas sobrevivientes en cada prueba son bastante considerables, así tenemos que el

T5 testigo refleja el 100% de sobrevivencia versus el T4 que muestra el 86,5% tomando en cuenta que la C.E. es de mayor concentración.



**Figura 3.** Porcentajes de semillas sobrevivientes.

En la **Figura 3**, se muestran de forma ordinal los tratamientos con sus respectivos valores de semillas sobrevivientes. Los porcentajes reflejan las diferencias estadísticas significativas para cada tratamiento.

### 3.1.2. Variables experimentales en campo

#### a.- Altura de la planta (m)

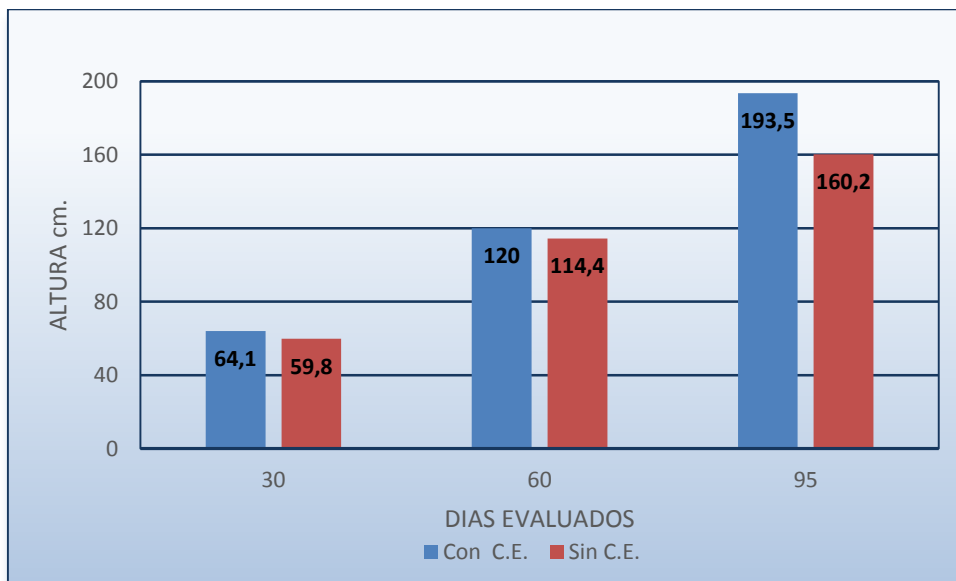
A continuación (Tabla 7), se presenta los resultados del análisis de la prueba de t student para muestras pareadas, donde se observan que a los 30, 60 y 95 días evaluados luego de la plantación, sí existen diferencias estadísticas significativas en los tratamientos en estudio. El valor bilateral encontrado nos demuestra esas diferencias altamente significativas en los tres periodos evaluados. De igual manera se determinan los límites inferiores (LI), límites superiores (LS) y diferencia de medias (Medias dif.), con el 95 % de confianza; sus valores concuerdan que las diferencias de las medias de los tratamientos Con C.E y Sin C.E., se encuentran entre sus respectivos valores del

LI y LS ubicándose a un costado del valor cero, por lo que se confirma en que la variable altura de planta son estadísticamente diferentes en los días observados.

**Tabla 6.** Prueba de  $t$  student en altura de plantas.

Días evaluados	Obs 1	Obs 2	N	Media (dif)	Media 1	Media 2	LI (95%)	LS (95%)	Tc	Bilateral
30			10	4.3	64.1	59.8	2.22	6.38	4.68**	0.0012
60	con C.E.	Sin C.E.	10	5.6	120.0	114.4	1.35	9.85	2.98 *	0.0155
95			10	33.3	193.5	160.2	27.56	39.04	13.12**	0.0001

En la **figura 4** se indican los resultados de las medias de crecimiento de las plantas en los periodos dados. El tratamiento con C.E. se muestra proporcionalmente superior al tratamiento sin C.E. el cual reflejan las diferencias durante las 3 evaluaciones realizadas hasta la floración. Las diferencias entre las observaciones con C.E. y sin C.E. fue de 4.3 cm a los 30 días; mientras que a los 60 días se presentó una diferencia de 5.6 cm, de la misma forma, el resultado a los 95 días de evaluación se encontró una diferencia de 33.3 cm con diferencia estadística altamente significativa en la variable de estudio.



**Figura 4.** Medias de altura de plantas.

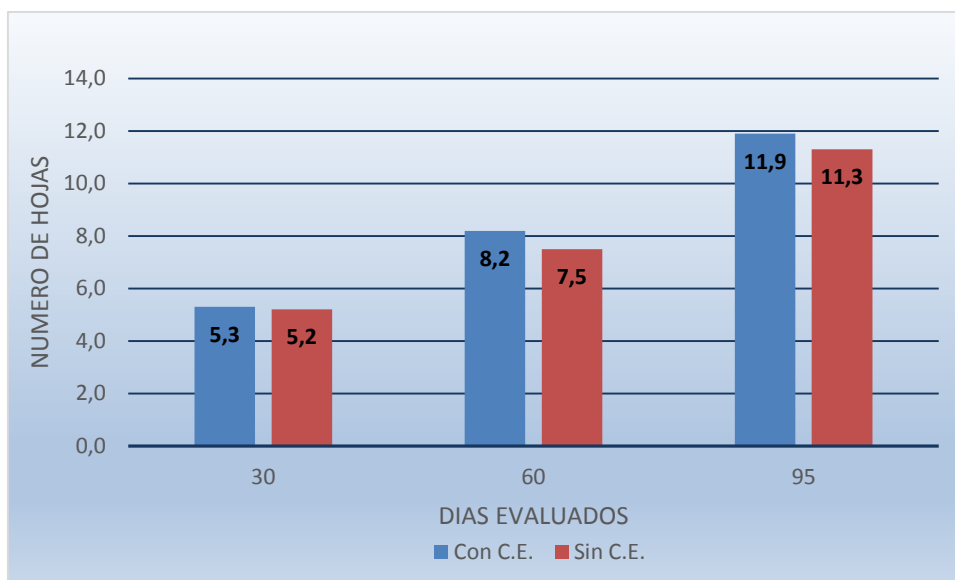
**b.- Número total de hojas por planta.**

Al igual que el análisis de altura de planta, se tabularon los datos de la variable número de hojas. Según **Tabla 8**, se detallan los resultados de los periodos en estudio donde a los 30 y 95 días, no se registra diferencias estadísticas significativas, ya que el valor bilateral encontrado es superior al 0.05 de significancia. Se puede describir que el tratamiento con C.E. es igual y no registra significancia estadística al sin C.E. en el desarrollo de numero de hojas por plantas de maíz hasta su floración. No obstante, se aprecia que, en el periodo de los 60 días, sí expresa diferencias estadísticas significativas por encontrarse el valor bilateral menor al 0.05 de significancia. Los valores resultantes de los días evaluados son verificados y confirmados por sus diferencias de medias (Media dif), valores de LI y LS, encontrándose el valor cero (0), intermedio de sus límites en los periodos de 30 y 95 días mientras que en el periodo de los 60 días el cero (0) se ubica a lado izquierdo de sus valores correspondientes.

**Tabla 7.** Prueba de **t** student numero de hojas por plantas.

Días evaluados	Obs 1	Obs 2	N	Media (dif)	Media 1	Media 2	D.E (dif)	LI (95%)	LS (95%)	T.	Bilateral
30			10	0.1	5.3	5.2	0.57	-0.31	0.51	0.56N.S	0.5911
60	Con C.E.	Sin C.E.	10	0.7	8.2	7.5	0.67	0.22	1.8	3.28*	0.0095
95			10	0.6	11.9	11.3	0.97	-0.09	1.29	1.29N.S	0.0811

En la **figura 5** se muestran las diferencias estadísticas de los factores evaluados en los periodos de 30, 60 y 95 días, cuyos valores cuantitativos del tratamiento Con C.E. es superior al de Sin C.E. Sin embargo, en los periodos de los 30 y 95 días no presenta diferencias estadísticas significativas, mientras que en los 60 días si representa significancia en el desarrollo número de hojas de la planta.



**Figura 5.** Medias de número de hojas.

#### d.- Comportamientos fenológicos hasta la floración

Condiciones, cambios y características en las diferentes etapas fenológicas en el desarrollo del experimento.

**Tabla 8.** Estudios vegetativos del maíz con C.E.

LABORATORIO		EN CAMPO			
Siembra	Germinación	Desarrollo Vegetativo			Floración
3	8	22	40	62	95
Semillas puestas a diferentes sustancias salinas (C.E. de 10.220, 23.300, 28.400, 33.700, uS/cm) Aparición de la actividad enzimática y advenimiento del embrión por la cubierta de la semilla del maíz.	Desarrollo del embrión, aparición de la radícula y crecimiento del coleóptilo y la plúmula. Desarrollo del cotiledón, aparecen primeras hojas falsas de la planta.	Llegada y desarrollo de las hojas verdaderas de características leve o sin estrés en el crecimiento de la planta. Hojas poco amarillentas y verdes de notable resistencia al déficit de agua.			Crecimiento de la enésima hoja. Salida de la panoja (inflorescencia). Luego de 4 a 6 días aparición de los estigmas (barba o cabello del choclo).

**Tabla 9.** Estudios vegetativos del maíz sin C.E.

LABORATORIO		EN CAMPO			
Siembra	Germinación	Desarrollo Vegetativo			Floración
3	8	22	40	62	95
Semillas puestas a sustancias salinas (C.E. 150.00 uS/cm). Aparición de la actividad enzimática y del embrión por la cubierta de la semilla del maíz.	Desarrollo del embrión, aparición de la radícula y crecimiento del coleóptilo y la plúmula. Desarrollo del cotiledón, aparecen primeras hojas falsas de la planta.	Desarrollo de las hojas verdaderas. Estrés en el crecimiento de la planta con enrollamiento de hojas a causa del déficit de agua, de color verde claro y rayas amarillentas desde las punta y bordes a lo largo de la hoja.			Crecimiento de la enésima hoja. Salida de la panoja (inflorescencia). Luego de 4 a 6 días venida de los estigmas (barba o cabello del choclo).

## DISCUSION

El trabajo de investigación ha demostrado que la germinación de maíz de la variedad Trueno sometido a diferentes dosis de salinidad supero el 30 % de tolerancia al estrés salino, así lo demuestra el ANDEVA en las variables porcentajes de germinación, índice de velocidad de germinación y semillas sobrevivientes respectivamente en cada uno de los tratamientos. Esto es relativo a lo que sostiene Garsaball *et al* (2007), quien describe sobre la calidad de la semilla y tolerancia al estrés salino, pues al exponer el genotipo a estas circunstancias para asegurar el potencial genético y la capacidad germinativa, debe tolerar la sal, especialmente si se trata de sulfato y cloruro de sodio, por lo menos en la etapa inicial del ciclo de vida de la plántula.

Mediante las pruebas de germinación en ambiente controlado y bajo el análisis de significancia de Tukey al 0.05 de confianza, los resultados reflejan las diferencias estadísticas significativas para las variables en estudio, como es el caso de la variable porcentaje de germinación en la cual, los tratamientos con alta conductividad eléctrica (T1 a T4), oscilan entre el 97 y 87 % respectivamente, en relación al T5 (testigo) que obtuvo el 100 % en los 8 días evaluados. La investigación desarrollada concuerda con



Quinchimba e Isabel (2018), quienes manifiestan que los altos porcentajes de conductividad eléctrica favorece a los procesos biológicos muy complejos que demuestran índices de tolerancia durante la germinación de la semilla.

La salinidad es uno de los factores que ocasiona la degradación de los suelos agrícolas, no obstante, por su forma de absorción iónica ( $K^+$ ), es aprovechada en grandes cantidades más que cualquier otro elemento nutricional de la planta a excepción del nitrógeno (Tisdale y Nelson, 1987), que produce vigorosidad del tallo y desarrollo aéreo especialmente del maíz (Cueva, 2017). Estos antecedentes son consecuentes al presente ensayo, que provienen de elevadas C.E, luego de haber sometido a las semillas de maíz a altas concentraciones de agua de mar hasta la germinación, posteriormente fueron cultivadas a campo abierto para su comparación con el testigo (sin C.E), utilizando la misma metodología de cultivo. Las plantas con C.E demostraron un mejor comportamiento en las variables altura de planta y número de hojas a los 60 días de evaluación.

Así mismo, las diferencias estadísticas obtenidas en las variables altura y número de hojas por planta, Tabla 7 y 8 respectivamente, como resultado del estudio en campo son corroborados por Cepeda *et al* (2014), donde se expone según sus estudios, que a pesar de los efectos contrapuestos que produce la C.E. en las plantas, debido al sinergismo que se presenta al enaltecer los niveles de concentración de potasio(K), favoreciendo el desarrollo foliar de las plantas, pero disminuyendo la absorción de nitrógeno y fósforo.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

En función de los objetivos se concluye lo siguiente:

- Los genotipos provenientes del híbrido Trueno que fueron sometidos a diferentes C.E. y en ambiente controlado, transcurridos los 8 días de la evaluación, en T4 (33700.0 Us/cm) alcanzaron una germinación del 87% correspondiente al de mayor C.E., versus al tratamiento testigo (T5), sin C.E. que alcanzo el 100% de germinación.
- En la característica índices de velocidad de germinación, los mayores índices fueron alcanzados por T1 y T2 con C.E con un valor de 12%, versus el tratamiento testigo (T5) sin C.E. alcanzó un 13%.
- El desarrollo fenológico de las plantas de maíz provenientes de C.E., hasta los 95 días de la evaluación, se desarrollaron de manera óptima, presentando el color verde característico en las hojas, demostrando de esta manera su resistencia al estrés hídrico versus las plantas sin C.E que sufrieron necrosis y enrollamiento de hojas por la falta de agua.
- La variable altura de planta en los tratamientos con C.E., alcanzó un promedio de 193.5 respecto a las plantas sin C.E., que presentaron un valor 160.2 cm. Así mismo en cuanto al número de hojas, mostró un promedio de 11.9 versus 11.3 unidades respectivamente.
- En la prueba de T al 0.05 de probabilidades se demostró que los tratamientos con C.E. fueron superiores en la mayoría de las variables evaluadas

## **Recomendaciones**

- ❖ Continuar con las investigaciones en estrés hídrico en otras especies de cultivos que no se adapten a las zonas de producción de la provincia de Santa Elena
  
- ❖ Realizar otros estudios para corroborar los resultados de la presente investigación, en ambientes de la provincia de Santa Elena con problemas de estrés hídrico
  
- ❖ Socializar los resultados de la presente investigación en jornadas científicas nacionales

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta (2009) 'DESARROLLO VEGETATIVO DEL MAÍZ'. Available at: <http://andes.center/wp-content/uploads/2019/10/Manual-Ciclo-del-Maiz.pdf>.

Agrosal (2010) *Cómo se evalúa la Salinidad*. Available at: <http://agrosal.ivia.es/evaluar.html> (Accessed: 6 January 2022).

Alvarez (2007) *población de esta región además este cereal es una excelente fuente de hidratos* / *Course Hero*. Available at: <https://www.coursehero.com/file/p7mk11t/poblaci%C3%B3n-de-esta-regi%C3%B3n-adem%C3%A1s-este-cereal-es-una-excelente-fuente-de-hidratos/> (Accessed: 5 January 2022).

Cakmak (1994) *Las Funciones del Potasio en la Nutrición Vegetal* / *Intagri S.C.* Available at: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-funciones-del-potasio-en-la-nutricion-vegetal> (Accessed: 6 January 2022).

Cedeño (2010) 'El rendimiento promedio del maíz'. Available at: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/651/T-UTB-;jsessionid=656650F6FD8C5F5EFF85C6AE8E27E419?sequence=8>.

Cepeda-Guzmán, A., Valdez-Aguila, L. A., Castillo-González, A. M., Ruiz-Torres, N. A., Robledo-Torres, V., & Mendoza-Villarreal, R. (2014). Respuestas de lechuga a la conductividad eléctrica con riego superficial y subirrigación. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(7), 1233-1245.

Chávez, S., & Mesías, D. (2018). *Evaluación de tres métodos para determinar el requerimiento hídrico, del cultivo de maíz (Zea mays. L.) var INIAP 102, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

Cueva (2019) 'Determinación físico - química de un suelo en dos sistemas de labranza y tres niveles de fertilización en maíz (Zea mays L.)', p. 105.

Delgado (2016) *Más sobre el Proceso de Polinización en el Maíz* | Intagri S.C. Available at: <https://www.intagri.com/articulos/cereales/mas-sobre-el-proceso-de-polinizacion-en-el-maiz> (Accessed: 5 January 2022).

García (2012) 'Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso', *Pastos y Forrajes*, 35(2), pp. 125–138.

Garsaball, J. L., Méndez, J. R., & Mayz-Figueroa, J. (2007). Efecto de la salinidad del suelo sobre la germinación de semillas de maíz de diferentes pesos en el oriente venezolano. *Temas Agrarios*, 12(2), 62-73.

González Montenegro, C. E. (2021). *Efecto de diferentes concentraciones de agua de mar en el crecimiento y germinación de semillas híbridas de melón Cucumis melo L* (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021.).

Intagri (2011) *Los Procesos de Germinación y Emergencia en el Cultivo de Maíz* | Intagri S.C. Available at: <https://www.intagri.com/articulos/cereales/procesos-de-germinacion-y-emergencia-en-el-cultivo-de-maiz> (Accessed: 5 January 2022).

Intagri (2013) *Efectos del Exceso de Humedad del Suelo en el Sistema Radical y Absorción de Nitrógeno en el Maíz* | Intagri S.C. Available at: <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/exceso-humedad-del-suelo-en-sistema-radical> (Accessed: 5 January 2022).

Intagri (2017) *El Cobre en la Nutrición Vegetal* | Intagri S.C. Available at: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/el-cobre-en-la-nutricion-vegetal> (Accessed: 6 January 2022).

Kogan (1990) *ETAPA DE POLINIZACION*. Available at: [http://www7.uc.cl/sw\\_educ/cultivos/cereales/maiz/poliniza.htm](http://www7.uc.cl/sw_educ/cultivos/cereales/maiz/poliniza.htm) (Accessed: 5 January 2022).

Leanne (2020) '¿Por qué estudiar las propiedades físicas del suelo?', *Revista Científica Semilla del Este*, 1(1), pp. 22–25.

Laínez Orrala, P. E. (2022). *Efecto de dos bioestimulantes en la producción de mudas de melón, Cucumis melo* (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2022). pag 19.

Martínez (2008) 'CARBONO ORGÁNICO Y PROPIEDADES DEL SUELO', *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8(1), pp. 68–96. doi:10.4067/S0718-27912008000100006.

Martinez (2012) 'III censo agropecuario'. Available at: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/CNA/Tomo\\_CNA.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/CNA/Tomo_CNA.pdf).

Matilla (2008) 'Desarrollo y germinación de las semillas', p. 23.

Mejia (2003) *Cereales y granos | Inpho | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Available at: <https://www.fao.org/in-action/inpho/crop-compendium/cereals-grains/es/> (Accessed: 5 January 2022).

Méndez (2011) 'Relationship among electrical conductivity, pH of soaked-water, seed germination and seedling growth of corn (*Zea mays* L.) under two experimental conditions', *Scientia agropecuaria*, pp. 213–228. doi:10.17268/sci.agropecu.2011.04.03.

Quinchimba, P., & Isabel, P. (2018). *Determinación de los rangos de conductividad eléctrica, para el diagnóstico del porcentaje de germinación en trigo y arroz* (Bachelor's thesis, Quito: UCE).

Perisse (2002) *CARACTERÍSTICAS DE UNA BUENA SEMILLA*. Available at: <http://www.cyta.com.ar/semilla/buenasemilla/buenasemilla.htm> (Accessed: 5 January 2022).

Reol, E.M. (2003) 'Los pigmentos fotosintéticos, algo más que la captación de luz para la fotosíntesis.', p. 12.

Rivetti (2007) 'Producción de maíz bajo diferentes regímenes de riego complementario en Río Cuarto, Córdoba, Argentina. II. Producción de materia seca', *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, p. 12.

Roma (2015) *Las abejas son los diligentes polinizadores de las frutas y cultivos (FAO)*. Available at: <https://www.fao.org/3/y5110s/y5110s03.htm> (Accessed: 5 January 2022).

Sanchez (2007) 'FERTILIDAD DEL SUELO Y NUTRICION MINERAL DE PLANTAS'. Available at: <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FERTILIDAD%20DEL%20SUELO%20Y%20NUTRICION.pdf>.

Santiago (2011) 'MANUAL DE RECOMENDACIONES CULTIVO DE MAÍZ GRANO'. Available at: <https://www.indap.gob.cl/docs/default-source/default-document-library/cultivo-maiz-de-grano.pdf?sfvrsn=0>.

Staton (2017) *El Manganeso en la Nutrición Vegetal* | Intagri S.C. Available at: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/el-manganeso-en-la-nutricion-vegetal> (Accessed: 6 January 2022).

Teliz (2018) *Disponibilidad de Nutrientes y el pH del Suelo* | Intagri S.C. Available at: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/disponibilidad-de-nutrientes-y-el-ph-del-suelo> (Accessed: 6 January 2022).

Tomalá Beltrán, J. A. (2015). *Efecto de diferentes concentraciones de agua de mar en el crecimiento y germinación de genotipos de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.)* (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2015.).

Traxco (2014) *Capacidad de retención de agua del suelo - Agua y cultivos*. Available at: <https://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/retencion-de-agua-del-suelo> (Accessed: 6 January 2022).

Viloria, H., & Natera, J. R. M. (2011). Relación entre la conductividad eléctrica, pH del agua de remojo, germinación de semillas y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) bajo dos condiciones experimentales. *Scientia agropecuaria*, 2(4), 213-228.

Zamora (2019) 'Estudio del efecto de la humedad remanente en el suelo y densidad poblacional de híbridos de maíz (*Zea mays* L.), sembrados en la época seca en la zona de Quevedo.', p. 78.

## ANEXO

### Análisis de las variables en laboratorio

**Tabla 1A.** Número de semillas germinadas a los 4 días.

TRATAMIENTO	(CE) uS/cm	R1	R2	R3	R4	R5
T1	10220,0	35	38	36	38	35
T2	23300,0	34	33	35	34	34
T3	28400,0	30	32	31	29	31
T4	33700,0	23	21	23	22	21
T5 (testigo)	150	38	39	38	40	39

**Tabla 2A.** Análisis de la varianza de germinación a los 4 días.

F.V.	SC	GL	CM	F	P-Valor
TRATAMIENTOS	854.56	4	213.64	184.17	< 0.0001
ERROR	23.20	20	1.16		
TOTAL	877.76	24			
C.V.	3.33				

Test: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 2.3833

Error: 1.1600 gl: 20

TRATAMIENTOS	Medias	n	E. E	
T5	38.8	5	0.48	A
T1	36.4	5	0.48	B
T2	34	5	0.48	C
T3	30.6	5	0.48	D
T4	22	5	0.48	E

Medias com uma letra comum no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Tabla 3A.** Numero de semillas germinadas a los 8 días.

TRATAMIENTO	(CE) uS/cm	R1	R2	R3	R4	R5
T1	10220,0	39	39	38	39	39
T2	23300,0	38	37	38	38	37
T3	28400,0	37	37	36	37	36
T4	33700,0	35	34	35	34	35
T5 (testigo)	150	40	40	40	40	40



**Tabla 4A.** Análisis de la varianza de germinación a los 8 días.

F.V.	SC	GL	CM	F	P-Valor
TRATAMIENTOS	85.84	4	21.46	97.55	< 0.0001
ERROR	4.40	20	0.22		
TOTAL	90.24	24			
C.V.	1.25				

Test: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 2.3833  
 Error: 1.1600 gl: 20

TRATAMIENTOS	Medias	n	E. E	
T5	40.0	5	0.21	A
T1	38.8	5	0.21	B
T2	37.6	5	0.21	C
T3	36.6	5	0.21	D
T4	34.6	5	0.21	E

Medias com uma letra comum no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Tabla 5A.** Medias de porcentajes de germinación a los 8 días.

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T5	100	5	0.58	A
T1	97.4	5	0.58	B
T2	94.2	5	0.58	C
T3	91.8	5	0.58	C
T4	86.8	5	0.58	D

Medias com uma letra comum no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Tabla 6A.** Análisis de la varianza índice de velocidad de germinación (I.V.G.).

F.V.	SC	GL	CM	F	P-Valor
TRATAMIENTOS	10.64	4	2.66	44.33	< 0.0001
ERROR	1.2	20	0.06		
TOTAL	11.84	24			
C.V.	2.05%				

Test: Tukey Alfa = 0.05 DMS = 0.46358  
 Error: 0.0600 gl: 20

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T5	13	5	0.11	A
T2	12	5	0.11	B
T1	12	5	0.11	B
T3	11.6	5	0.11	B
T4	11	5	0.11	C

Medias con una letra comun no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Análisis de las variables en campo

**Tabla 7A.** Altura de planta (cm).

30 días		60 días		95 días	
Con C.E.	Sin C.E.	con C.E.	Sin C.E.	Con C.E.	Sin C.E.
64	57	119	110	195	167
65	62	120	106	196	161
60	59	118	112	201	165
63	53	118	120	190	169
64	64	120	117	187	151
66	63	119	121	201	150
65	60	117	111	189	160
65	61	121	109	192	163
65	59	126	115	193	155
64	60	122	123	191	161

**Tabla 8A.** Medidas de altura de planta (cm).

Días evaluados	Con C.E.	Sin C.E.
30	64.1	59.8
60	120	114.4
95	193.5	160.2

**Tabla 9A.** Numero de hojas (Unidad).

30 días		60 días		95 días	
Con C.E.	Sin C.E.	Con C.E.	Sin C.E.	Con C.E.	Sin C.E.
5	5	8	7	12	11
5	5	8	8	12	12
5	5	8	7	13	12
6	5	9	7	12	12
5	6	9	8	12	10
5	5	8	8	12	10
6	6	8	7	12	11
5	5	8	8	12	12
6	5	8	7	11	11
5	5	8	8	11	12

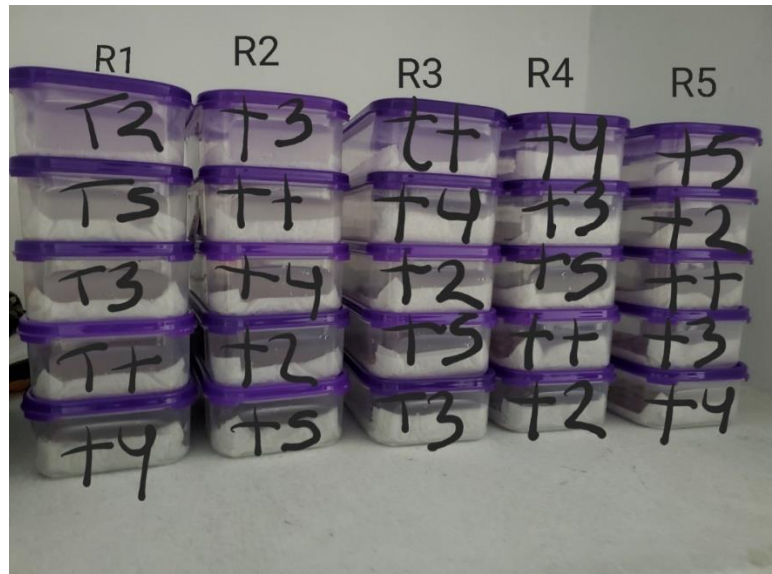
**Tabla 10A.** Medias de numero de hojas (Unidad).

Días evaluados	Con C.E.	Sin C.E.
30	5.3	5.2
60	8.2	7.5
95	11.9	11.3

**Figura 1A.** Distribución de semillas en tappers.



**Figura 2A.** Tratamientos de germinación en ambiente controlado.



**Figura 3A.** Germinación de semillas.



**Figura 4A.** Distribución de tratamientos en campo.



**Figura 5A.** Desarrollo vegetativo de la planta.



**Figura 6A.** Floración de la planta en campo.



**Figura 7A.** Planta germinada con C.E. poco o nada de estrés hídrico.



**Figura 8A.** Planta germinada Sin C.E. con estrés hídrico.



**Figura 9A.** Planta germinada sin C.E. con necrosis.

