



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**CARRERA DE: AGRÍCOLA**

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR  
PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA**

**MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**EFFECTO DEL HIDROGEL Y BIOCHAR SOBRE EL CRECIMIENTO  
TEMPRANO DEL MAIZ (*Zea mays*) BAJO LIMITACIÓN HIDRICA**

**AUTORES:**

**MARÍA ELISABETH MARÍN VALDEZ  
EDWIN RENE MENOSCAL CHICHANDA**

**TUTOR:**

**ING. JAVIER MENDOZA VARGAS, Mg.**

**CALCETA, NOVIEMBRE DEL 2022**

## DECLARACION DE AUTORÍA

**MARIA ELISABETH MARÍN VALDÉZ** y **MENOSCAL CHICHANDA EDWIN RENE**, declaramos bajo juramento que el Trabajo de integración curricular titulado: **EFFECTO DEL HIDROGEL Y BIOCHAR SOBRE EL CRECIMIENTO TEMPRANO DEL MAIZ (*Zea mayz*) BAJO LIMITACIÓN HIDRICA**. Es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las, referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del código orgánico de la economía social de los conocimientos, creatividad e innovación.



.....  
MARÍA E. MARÍN VALDEZ

CC: 1315437861



.....  
EDWIN R. MENOZCAL CHICHANDA

CC: 131074630

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros **MARIA ELISABETH MARIN VALDEZ**, con cedula de ciudadanía 131543786-1 y **EDWIN RENE MENOSCAL CHICHANDA**, con cedula de ciudadanía 131074653-0 autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la **EFFECTO DEL HIDROGEL Y BIOCHAR SOBRE EL CRECIMIENTO TEMPRANO DEL MAIZ (*Zea mays*) BAJO LIMITACIÓN HIDRICA**.cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



.....  
MARÍA E. MARÍN VALDEZ



.....  
EDWIN R. MENOZCAL CHICHANDA

## CERTIFICACIÓN DE TUTOR

**ING. JAVIER MENDOZA VARGAS, MG.** Certifica haber tutelado el Trabajo de integración curricular “**EFFECTO DEL HIDROGEL Y BIOCHAR SOBRE EL CRECIMIENTO TEMPRANO DEL MAIZ (*Zea mayz*) BAJO LIMITACIÓN HIDRICA.**” que ha sido desarrollada por **MARÍA ELISABETH MARÍN VALDEZ y EDWIN RENE MENOSCAL CHICHANDA**, previa a la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO**, de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López

.....  
ING. JAVIER MENDOZA VARGAS, MG

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado “**EFFECTO DEL HIDROGEL Y BIOCHAR SOBRE EL CRECIMIENTO TEMPRANO DEL MAIZ (Zea mayz) BAJO LIMITACIÓN HIDRICA**” que ha sido desarrollado por **MARÍA ELISABETH MARÍN VALDEZ** y **EDWIN RENE MENOSCAL CHICHANDA**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....  
Ing. Sergio Vélez Zambrano. M.Sc

**MIEMBRO**

.....  
Ing. Cristian Valdivieso López. M. Sc

**MIEMBRO**

.....  
Ing. Galo Cedeño García, Mg.sc

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por haberme dado la fortaleza y la sabiduría para poder alcanzar mis metas propuestas

A mis padres Eli Marín y Isabel Valdéz por impulsarme a conseguir mis metas, por su apoyo incondicional en todo momento y en todas las formas, siempre queriendo lo mejor para mí, por brindarme su apoyo económico, su comprensión y dedicación. A mis hermanos que siempre estuvieron ayudándome e impulsándome hasta lograr obtener mi meta propuesta.

A la “Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López” por abrirme las puertas para poder formarme como profesional, a las (autoridades, docentes, etc.) de la carrera de Ingeniería Agrícola, por impartirnos sus conocimientos y ayudarnos en todo momento. A la Ing. Geoconda López la cual siempre estuvo dispuesta ayudar en todo lo que necesitábamos.

**Marín Valdéz María E.**

Agradezco a Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar.

A mis padres, Domitila Chichanda Y Julio Menoscal quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mí apoyo en todo momento.

A la “Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López” que me dio la oportunidad de formarme con un régimen académico de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad.

A nuestros profesores de aula, quienes durante los años de estudio ofrecieron sus ilustradas enseñanzas y a todo el personal de la Carrera de Ingeniería Agrícola por su apoyo incondicional.

**Menoscal Chichanda Edwin R.**

## **DEDICATORIA**

A mis padres que fueron parte fundamental para llegar a obtener este logro, por enseñarme a luchar y a no rendirme hasta lograr lo que quiero, y por todos los sacrificios que hicieron para ayudarme a alcanzar mi meta propuesta.

A mis hermanos que siempre estaban con sus palabras de alientos y dispuestos a colaborar en todo lo que necesitaba, a mis sobrinos para que esto sea un ejemplo y los incentive a cumplir las metas que se propongan en el trayecto de sus vidas.

**Marín Valdéz María E.**



A Dios quien me mantuvo con salud para alcanzar uno de mis objetivos propuestos en mi vida, mis padres quienes me impulsaron, motivaron, sabiendo que más me gustaba el trabajo que el estudio, gracias a ellos hoy puedo decirles este título es de ustedes a mis hermanos brindándome sus consejos y sabiduría para no rendirme, me siento muy feliz saber que logro lo que mis hermanos también alcanzaron.

A una persona especial que siempre me apoyo durante todo el periodo académico por respeto, me mantengo con su nombre guardado dentro de mi corazón y mi mente, a la carrera de ingeniería agrícola quienes me abrieron las puertas después de que venía de otra carrera, con unos grandes docentes y un excelente personal de trabajo, con una gran líder como lo es la Ing. Geoconda apoyando con sus conocimientos, gracias a todas las personas que con sus consejos impartidos me ayudaron afrontar barreras

**Menoscal Chichanda Edwin R.**

## TABLA DE CONTENIDO

### Contenido

DECLARACION DE AUTORÍA.....	ii
<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN .....</b>	<b>iii</b>
CERTIFICACIÓN DE TUTOR .....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA.....	viii
TABLA DE CONTENIDO.....	x
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
<b>CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....</b>	<b>1</b>
1.1.    PLANTEAMIENTO Y FORMULACION DEL PROBLEMA.....	1
1.2.    JUSTIFICACIÓN .....	2
1.3.    OBJETIVOS.....	3
1.3.1.    OBJETIVOS GENERAL.....	3
1.3.2.    OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
<b>CAPITULO II. MARCO TEORICO .....</b>	<b>4</b>
2.1.    MAÍZ (Zea mays) .....	4
2.2.    EFECTO DE LIMITACIÓN O ESTRÉS HÍDRICO EN LAS PLANTAS .....	6
2.3.    GENERALIDADES DE HIDROGEL.....	7
2.3.3.    CARACTERÍSTICAS DE HIDROGEL.....	8
2.3.4.    COMPOSICIÓN DE HIDROGEL.....	8
2.3.5.    CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICA DE LOS RETENEDORES DE AGUA.....	9
2.3.6.    CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA .....	9
2.3.7.    VENTAJAS DE LOS RETENEDORES DE AGUA.....	10
2.4.    BIOCHAR .....	11
2.4.2.    PROCESOS PARA OBTENER BIOCARBÓN.....	12
<b>CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLOGICO .....</b>	<b>16</b>
3.1.    UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO .....	16
3.2.    CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS .....	16
3.3.    MATERIAL VEGETAL .....	16

<b>3.4. FACTORES EN ESTUDIO .....</b>	<b>16</b>
<b>3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>17</b>
<b>3.7. VARIABLES RESPUESTA.....</b>	<b>18</b>
<b>3.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO .....</b>	<b>18</b>
• <b>APLICACIÓN DEL BIOCHAR.....</b>	<b>18</b>
• <b>APLICACIÓN DE HIDROGEL.....</b>	<b>19</b>
<b>3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS.....</b>	<b>19</b>
<b>CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>17</b>
<b>CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>26</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>27</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>32</b>

## CONTENIDOS DE CUADROS Y FIGURAS

<b>Cuadro 1.</b> Tratamientos.....	16
<b>Cuadro 2.</b> Análisis de varianza.....	16
<b>Figura 1.</b> Efecto de hidrogel y biochar sobre el diámetro de tallo de plántulas de maíz a los 12 días después de la siembra.....	17
<b>Figura 2.</b> Efecto de hidrogel y biochar sobre el peso seco de plántulas de maíz a los 12 días después de la siembra.....	18
<b>Figura 3.</b> Efecto de hidrogel y biochar sobre el peso seco radical de plántulas de maíz a los 12 días después de la siembra.....	19
<b>Figura 4.</b> Efecto de hidrogel y biochar sobre el área foliar de plántulas de maíz a los 24 días después de la siembra.....	20
<b>Figura 5.</b> Efecto de hidrogel y biochar sobre el diámetro de tallo de plántulas de maíz a los 24 días después de la siembra.....	21
<b>Figura 6.</b> Efecto de hidrogel y biochar sobre el peso seco de plántulas de maíz a los 12 días después de la siembra.....	22
<b>Figura 7.</b> Efecto de hidrogel y biochar sobre el peso seco radical de plántulas de maíz a los 24 días después de la siembra.....	23
<b>Figura 8.</b> Efecto de hidrogel y biochar sobre el área foliar de plántulas de maíz a los 24 días después de la siembra.....	24
<b>Figura 9.</b> Datos diarios de humedad.....	25

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en el área del vivero de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, con el objetivo de evaluar el efecto del hidrogel y biochar sobre el crecimiento temprano del maíz (*Zea mays*.) bajo limitación hídrica. El experimento se lo llevó a cabo por un lapso de 24 días y la siembra se la hizo en contenedores (macetas), se utilizó un diseño completo al azar (DCA), con seis tratamientos, cuatro réplicas y 24 unidades experimentales. Las dosis evaluadas fueron dos dosis de hidrogel (0,50 y 1 g/planta) y dos dosis de biochar (25 y 50 g/planta). Las variables registradas fueron diámetro del tallo, área foliar, peso seco de plantas y peso seco de raíz a los 12 y 24 días después de la siembra. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) y la separación de medias con prueba de Tukey al 5% de probabilidades de error. Los resultados mostraron que el tratamiento T6 (con riego y sin hidrogel ni biochar) fue el que obtuvo los mejores resultados en comparación con los demás tratamientos. Sin embargo, los tratamientos que contenían hidrogel y biochar, el T4 con (1g de H Y 50g de Bi), en comparación con los tratamientos (T1, T2, T3 y T5), fue el que alcanzó los mejor resultados en todas la variables evaluadas. Los datos de la humedad del suelo fueron tomados diariamente con el instrumento (Soil Moisture Kit), el tratamiento con riego y sin hidrogel (T6) obtuvo mejor resultados en comparación con los otros tratamientos que contenían hidrogel y biochar.

**Palabras claves:** Limitación hídrico, polímeros, *Zea mays*, *retenedores de humedad*

## ABSTRACT

The present investigation was carried out in the nursery area of the Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López", with the objective of evaluating the effect of hydrogel and biochar on the early growth of corn (*Zea mays*.) under water limitation. The experiment was carried out for a period of 24 days and the planting was done in containers (pots), a complete random design (DCA) was used, with six treatments, four replications and 24 experimental units. The doses evaluated were two doses of hydrogel (0.50 and 1 g/plant) and two doses of biochar (25 and 50 g/plant). The recorded variables were stem diameter, leaf area, plant dry weight and root dry weight at 12 and 24 days after sowing. Data were subjected to analysis of variance (ANOVA) and separation of means with Tukey's test at 5% error probabilities. The results showed that treatment T6 (with irrigation and without hydrogel or biochar) was the one that obtained the best results compared to the other treatments. However, the treatments that contained hydrogel and biochar, T4 with (1g of H and 50g of Bi), compared to the treatments (T1, T2, T3 and T5), was the one that achieved the best results in all the variables evaluated.

Soil moisture data were taken daily with the instrument (Soil Moisture Kit), the treatment with irrigation and without hydrogel (T6) obtained better results compared to the other treatments that contained hydrogel and biochar.

**Keywords:** water limitation, polymers, *Zea mays*, moisture retaine

# **CAPÍTULO I. ANTECEDENTES**

## **1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACION DEL PROBLEMA**

La escasez de agua dulce en la actualidad es uno de los problemas ambientales fundamentales presentados en el Informe "Perspectivas del Medio Ambiente Mundial", de forma sencilla se puede decir o indicar que se está alcanzando el límite de extraer agua de la superficie terrestre, pero el consumo no deja de aumentar (Sánchez, 2019). Es por ello que cada vez se hace más necesario plantear nuevas políticas para la gestión del agua, para afrontar la escasez de este recurso que permita fortalecer la agricultura y la seguridad alimentaria (IMTA, 2012).

FAO (2014), menciona que, debido al calentamiento global, existen variaciones en las precipitaciones y temperaturas. Así mismo, INAMHI (2015) indica que Manabí presenta bajas probabilidades de lluvias (60-80%) respecto a las que tenía normalmente o en comparación con años anteriores, debido a esto se ocasiona déficit hídrico y sequías, disminuyendo los caudales de los ríos y del agua, afectando la productividad en los cultivos.

En el año 2018 en la provincia de Manabí, la insuficiencia de lluvias afectó a medio tercio de la producción del maíz, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) anuncio que se reportaron daños en más de 30 000 hectáreas. Debido a la falta de precipitación la mayoría de los terrenos se volvieron áridos, y las plantas, cultivos empezaron a amarillarse, por lo que debieron ser cosechadas antes de tiempo (Velasco, 2018).

La escases o falta de agua afecta la sobrevivencia, el crecimiento y el desarrollo de las diferentes o diversas especies vegetales, esta es una de las primordiales problemáticas que amenazan a la producción agraria que es el principal sustento de las comunidades, es por ello que se buscan diferentes alternativas y formas de manejo de los recursos hídricos de la región para una aplicación racional y sustentable del agua (Andrada y Di Barbaro 2015).

Esta situación problemática ha generado la siguiente interrogante, que a

continuación se describe: ¿La interacción del hidrogel y biochar causa efecto sobre el crecimiento temprano del maíz (*Zea mays*) bajo limitación hídrica?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

En el Ecuador, la gestión del recurso hídrico (agua), debe ser protegida de manera prioritaria y permanente debe ejecutarse la tare de concientización de este recurso en todo el territorio con miras a racionalizar su conservación y el mejor aprovechamiento de la misma. Las plantas para obtener un mejor rendimiento rendir en sus cosechas, necesitan de una aportación constante de agua fácilmente disponible para la raíz. Para lograr combatir la insuficiente indisponibilidad del agua en zonas áridas con bajas probabilidades de precipitaciones y suelos con poca retención de humedad, la utilización de los retenedores de agua (hidrogel) en las plantaciones junto a buenas prácticas agrícolas, se consideran una herramienta útil. Esto ha hecho que el uso de estos polímeros se esté intensificando en la agricultura (Pedroza *et al*; 2015).

Al utilizar los hidrogeles se puede lograr mejorar la estructura del suelo y la aireación del mismo, así el uso de estos polímeros ayuda a la recuperación de las zonas semiáridas o infértiles logrando un mayor aprovechamiento de estos, en varios estudios se ha podido demostrar que los hidrogeles son una posible solución para lograr mantener o incrementar la humedad de las superficies y también se logra la disminución del gasto del agua y fertilizantes (Duarte, *et al.*, 2019).

En la agronomía, el biochar tiene un alto potencial que se le otorga principalmente al aumento y a la disponibilidad de nutrientes en el suelo, esto se puede deber a que este mejora la capacidad de intercambio catiónico, la estructura del suelo y la porosidad, lo que beneficia al hábitat microbiano y, por tanto desarrolla la actividad biológica (García *et al.*, 2021). Además de ayudar a incrementar el agua para una libre disposición de las plantas (Diatta *et al.*, 2020). Y se obtienen mayores beneficios ambientales como la reducción de dosis de químicos o se minimiza su pérdida por lixiviación (García *et al.*, 2021).



Tomando en cuenta estas consideraciones los retenedores de agua son una alternativa de producción para las zonas secas, ya que favorecen el desarrollo de las plantas cuando carecen de precipitaciones.

Además este proyecto aporta a lo propuesto por la ONU (2015) en el documento Transformar nuestro mundo: Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, en su objetivo número 2: “Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible”; en su meta número 2.4: “De aquí a 2030, asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres, y mejoren progresivamente la calidad de la tierra y el suelo”.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVOS GENERAL**

- Evaluar el efecto del hidrogel y biochar sobre el crecimiento temprano del maíz (*Zea mays*.) bajo limitación hídrica

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar el efecto de las dosis de hidrogel y biochar sobre el crecimiento temprano del maíz (*Zea mays*.) bajo limitación hídrica.
- Cuantificar el efecto de las dosis de hidrogel y biochar sobre el crecimiento temprano del maíz (*Zea mays*.) bajo limitación hídrica.
- Medir el efecto de las diferentes dosis de hidrogel y biochar como retenedores de humedad en el suelo del cultivo de maíz (*Zea mays*).

### **HIPÓTESIS**

¿La aplicación de hidrogel y biochar mejora el crecimiento temprano del maíz bajo limitación hídrica?

## CAPITULO II. MARCO TEORICO

### 2.1. MAÍZ (*Zea mays*)

El maíz (*Zea mays* L) es una gramínea que pertenece a la familia de las Poaceae, alcanzan una altura de 2-3 m dependiendo de la variedad del mismo, posee tallos largos, macizos, fuertes y en forma de caña sin ramificaciones, es una planta monoica y su producción es anual, se acomoda a diversas condiciones edafoclimáticas, consta de raíces fasciculadas las cuales ayudan en su anclaje, sus hojas salen de los nudos de forma alterna en todo el tallo y pertenece a los granos más importante de la alimentación de los humano, animales y también para la industria (Morán, 2020).

#### 2.1.1. ORIGEN

El origen del maíz es incierto pues aún hay varia discordancias respecto a los detalles del lugar donde se originó. Se considera que la planta del maíz fue una de las primeros vegetales cultivadas por los agricultores hace entre 7000 y 10000 años. Desde hace años hay evidencia que el cultivo del maíz es uno de los más antiguos que se ha utilizado como alimento humano, se dice que proviene de algunos lugares arqueológicos en México donde se encontraron pequeñas mazorcas de maíz estimadas en más de 5 000 años de antigüedad fueron halladas en las cuevas de los primeros habitantes primitivos (Paliwal, R., 2017).

#### 2.1.2. TAXONOMÍA DEL MAÍZ

- **División:** Angiospermae
- **Clase:** Monocotyledoneae
- **Orden:** Poales
- **Familia:** Poaceae
- **Tribu:** Maydeas
- **Género:** *Zea*
- **Especie:** *mays*

- **Nombre científico:** *Zea mays*
- **Nombre común:** Maíz

### 2.1.3. CARACTERÍSTICA BOTÁNICA DEL MAÍZ

Según Guacho (2014), el cultivo del maíz presenta las siguientes características:

**Raíces:** Son fasciculadas aportan un perfecto anclaje a la planta. En unos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias.

**Tallo:** Es simple, erecto en forma de caña y macizo en su interior, tiene una longitud eminente pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones

**Hojas** Son alargadas, lanceoladas, alternas y paralelinervias de gran tamaño. Se encuentran abrazando al tallo y con presencia de vellosidad en el haz, además los extremos de las hojas son afilados y cortantes.

**Inflorescencia** Es una planta monoica pues en ella se presenta la inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta.

- La inflorescencia masculina es una panícula (llamada espigón o penacho) su coloración es amarilla que posee alrededor de 20 a 25 millones de granos de polen, conjuntamente cada flor que acomoda la panícula contiene tres estambres donde se desarrolla el polen.
- En cambio, la inflorescencia femenina una vez fecundada por los granos de polen se denomina mazorca, aquí se encuentran las semillas (granos de maíz) agrupadas a lo largo de un eje, la mazorca se encuentra cubierta por hojitas de color verde, terminando en una especie de penacho de color amarillo oscuro, formado por estilos.

**Grano** La cubierta de la semilla (fruto) se llama pericarpio, es dura por debajo se encuentra la capa de aleurona que le da color al grano (blanco, amarillo, morado), contiene varias proteínas y en su interior se halla el endospermo con el 85-90% del peso del grano. El embrión está formado por la radícula y la plúmula.

#### **2.1.4. EXIGENCIA DE CLIMA**

El cultivo de maíz requiere de una temperatura de 15 a 20°C para que la semilla llegue a germinar. Además debe de tener bastante incidencia de luz solar y en tiempos en donde los climas son frescos su rendimiento es más bajo. El maíz llega a aguantar temperaturas mínimas de hasta 8°C una vez pasado los 30°C pueden surgir problemas graves debido a la mala absorción de nutrientes minerales y agua. Para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32°C (Pérez, 2010).

#### **2.1.5. CICLO DEL CULTIVO**

Existen variedades de maíces suaves y diversas para cada tipo de zona. Por lo general la mayoría de los agricultores siembran en época de inicio de precipitaciones es decir desde septiembre hasta mediados de enero, obteniendo de esta forma un mayor grado de germinación y producción. El ciclo del cultivo en variedades mejoradas, llega hasta los 270 días; sin embargo, el periodo llega a depender de la variedad y del propósito, si es para choclo o para grano seco (Guacho, 2014).

### **2.2. EFECTO DE LIMITACIÓN O ESTRÉS HÍDRICO EN LAS PLANTAS**

El agua es uno de los primordiales elementos en la vida de las plantas pues este tiene una influencia importante tanto en el crecimiento y productividad. La insuficiente de este recurso en el suelo puede llegar a ocasionar que la transpiración exceda el agua absorbida por las raíces, lo que se conoce como estrés hídrico (Munns y Tester, 2008). La intensidad y permanencia del estrés hídrico interviene en los efectos y la capacidad de las plantas para resistirlo, esto afecta a la planta en diferentes maneras llegando a causar efectos negativos, entre los principales tenemos en el crecimiento está la reducción en la altura, tallo, raíces, área foliar, peso foliar específico y biomasa de la planta. Durante este estado la plántula experimenta un mayor estrés hídrico ya que las especímenes aún no han desarrollado un sistema radicular amplio ni profundo y su acceso al agua que contiene el suelo es limitado. En este lapso se condiciona el establecimiento de las

especies vegetales ya que este estrés hídrico puede provocar la muerte de la planta (Luna *et al.*, 2012).

## **2.3. GENERALIDADES DE HIDROGEL**

### **2.3.1. DEFINICIÓN DE HIDROGEL**

El hidrogel es un polímeros hidro-absorbentes con una distribución muy reticulada tridimensional, con una desplazamiento de absorción especialmente en sus grupos carboxílicos, que generalmente absorben de 100 a 400 veces más de su peso dependiendo de la calidad del agua (Elizondo *et al.*, 2021).

### **2.3.2. CLASIFICACIÓN DE HIDROGELES.**

Pozo (2021) define que los hidrogeles se pueden clasificar en varias formas, pero esto puede llegar a depender de sus características y propiedades las cuales se detalla a continuación:

- De acuerdo a la naturaleza de los grupos laterales

Se clasificarse en neutros o iónicos.

- Por sus características mecánicas y estructurales

Se pueden clasificar en redes afines o redes fantasmas.

- Dependiendo del método de preparación

Red homopolimérica, copolimérica, multipolimérica, o red polimérica interpenetrada.

- En base a la estructura física de la red

En hidrogeles amorfos, estructuras por enlaces de hidrógeno y agregados hidrocoloidales.

Se estima que es un complemento esencial para los suelos con niveles de drenaje naturales altos y pobres en nutrientes, este puede ser aprovechado para hacer un uso más eficiente del agua en el sector agrícola, ya que una de las limitantes en suelos áridos es la poca capacidad que tienen de retener la humedad en el suelo (Idrobo *et al.*, 2010).

### **2.3.3. CARACTERÍSTICAS DE HIDROGEL**

Rojas *et al.* (2006), asegura que los hidrogeles son polímeros preparadas para absorber volumen de soluciones acuosas, su mecanismo no es sólo físico, sino que depende de la naturaleza química del polímero. Los polímeros son moléculas estimadas de gran tamaño, formadas por eslabones orgánicos denominados monómeros, que están unidos mediante enlaces covalentes (Hermida, 2011).

Granados (2013), manifiesta que el hidrogel está constituido de polímeros biodegradables que persisten bajo tierra aproximadamente de siete a diez años, absorben agua apresada ya sea de lluvia o de pozos y canales, esta es liberada entre 30 a 60 días dependiendo de factores como la textura, temperatura ambiental y cantidad de residuo que presente el suelo, además el propósito del hidrogel es mantener la humedad óptima en el suelo para obtener así mayores producciones. En parcelas de riego permite ahorrar hasta 50% de riegos en el cultivo.

Se ha identificado que la propiedad característica del hidrogel es la capacidad de hincharse, de esta forma aumentar su volumen, gracias a la cantidad de absorción de agua, este fenómeno se efectúa cuando está en contacto con el agua, formando así polímeros, Además el Hinchamiento del hidrogel se manifiesta debido a las estructuras reticuladas del agua (Gómez, 2014).

### **2.3.4. COMPOSICIÓN DE HIDROGEL**

Según Laguna y Jarquín (2017), los hidrogeles son polímeros retenedores de humedad están formados por cadenas de poliacrilamidas y de poliacrilatos de sodio, son biodegradables que absorben y retienen grandes cantidades de agua y nutrientes al incorporarse al suelo. Por su estructura permite que cada granulo se expanda hasta 300 veces su peso en agua esto quiere decir que un gramo de hidroretenedor almacena 300 ml de agua, este proceso de retención puede repetirse durante 4 a 7 años.

Desde otra perspectiva la composición de los geles es debido a grupos como: -OH, -COOH, CONH<sub>2</sub>, y -SO<sub>3</sub>H. Esta propiedad de absorber agua les convierte en

materiales de enorme interés, en especial en la agricultura como sistemas de liberación controlada y/o retención de humedad (Escobar *et al.*, 2002).

### **2.3.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICA DE LOS RETENEDORES DE AGUA**

Rodríguez (2016), manifiesta que los hidrogeles o microgeles son macromoléculas intermolecularmente entrecruzadas entre si de tamaño coloidal, funcionalmente tienen la habilidad de hincharse y deshincharse frente a un disolvente adecuado como respuesta ciertos factores externos tales como: Temperatura, pH, Fuerzas iónicas y Campos eléctricos

El mismo autor menciona que la particularidad de los hidrogeles es su carácter hidrófilo es por la presencia en su estructura molecular de grupos funcionales como (OH; grupo hidroxilo-alcohol, COOH, grupo ácido carboxílico, entre otros). Además, la existencia de una malla o red tridimensional en la estructura polímero origina una insolubilidad en agua, este entrecruzamiento puede ser debido a la existencia de fuerzas cohesivas débiles y a enlaces covalentes o iónicos. Otra característica es su baja densidad de entre cruzamiento que determina un tacto suave y consistencia elástica del hidrogel.

Finalmente menciona que el estado de equilibrio de hidrogel hinchado es como resultado del balance entre fuerzas osmóticas originadas por el agua al introducirse en la red macromolecular. El cristal del hidrogel regenera la retención y las reservas de agua, la infiltración, aireación, reduce la compactación y mejora la calidad del sustrato.

### **2.3.6. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA**

Los retenedores de agua tienen como su principal capacidad, administrar y retener agua al suelo, como es el caso del Hidrogel que es capaz de absorber agua y proporcionarla lentamente a las raíces de las plantas mejorando también algunas características del suelo, tales como su capacidad de retención y su disponibilidad del agua, aireación y disminución de compactación. En la actualidad se está

intensificando el uso de estos retenedores en los diversos sectores, como la agricultura y la arquitectura paisajista, logrando reducir el consumo de agua hasta en un 50 % (Rodríguez, 2016).

Según Gómez (2014), el hidrogel al entrar en contacto con el agua comienza su absorción de agua hasta 200 litros de agua por cada kilo. Cuando en la tierra se empieza a perder humedad, el hidrogel comienza a liberar agua, de acuerdo a las necesidades de la raíz, conservándola hidratada, esto sucede en todo tipo de plantas, permitiendo un importante ahorro de agua y una menor frecuencia de riego.

Los retenedores de agua al hidratarse forman una gelatina a la que llamamos hidrogel, específicamente diseñado para la aplicación en el campo. Para hortalizas, cítricos, fruticultura, minimiza los problemas de infertilidad del suelo, escasez de agua, ausencia de fertilizante y erosión del suelo, en los viveros forestales se utilizan los retenedores de agua para el transporte de plántulas, protección al momento del trasplante. Está demostrado que las reforestaciones son más efectivas, al reducir el trasplante y minimizar el secado del sistema radicular, tanto durante el transporte como en la plantación (Rodríguez, 2016).

### **2.3.7. VENTAJAS DE LOS RETENEDORES DE AGUA**

Hernández (2020) manifiesta las ventajas más habituales en el uso del hidrogel y se detallan a continuación:

- Absorbe agua y lo conserva disponible para las plantas en un laxo de 30 días.
- Mantiene su poder de absorción en un tiempo promedio de 5 años.
- Favorece elocuentemente el desarrollo de los cultivos en regiones con escasas de precipitaciones.
- Ayuda a la descompactación de los suelos.
- Conserva el elemento agua.
- Acrecientan las acumulaciones de agua en los suelos.



- Otorga una excelente condición de crecimiento de sembradíos en zonas de alta escases lluvias.

### **2.3.8. APLICACIÓN DE HIDROGEL EN CULTIVOS AGRÍCOLAS**

El hidrogel está siendo usado en la agricultura por sus beneficios económicos como por los agrónomos, se usa en las hortalizas y en los cultivos perennes. Sus propiedades le han permitido ser usado en diferentes áreas como en la biomedicina, y en la agricultura ha sido utilizado como mecanismo para evitar el estrés hídrico en los cultivos (ya que retener agua es sin unas de sus principales características. Los primeros estudios en esta área datan en los años 70 en la germinación y crecimiento de semillas (Fernández *et al.*, 2019).

El uso del hidrogel ha experimentado un importante incremento en diversos cultivos, donde se ha extendido de manera generalizada debido a las adversas condiciones de los suelos en los que actúa. Las dosis que habitualmente se utilizan son las recomendadas por los distribuidores y fabricantes, además de que se debe tomar en cuenta que el volumen de tierra que maneja el plantador (Del Campo *et al.*, 2008).

Los hidrogeles cosecha de lluvia absorben hasta 500 veces su propio volumen, con una capacidad de retención de 370 veces su peso en agua, una disponibilidad de agua de 95 % y 97 %, con una vida productiva de 5 años. Las dosis recomendadas para sustratos, vivero y compost va de 1,0 a 1,5 gramos, en función del tipo de suelo, cultivo y clima, según el fabricante (ImpaQto, 2017).

## **2.4. BIOCHAR**

El biochar o biocarbon es un producto de carbonización de grano fino, que se obtiene a través de la pirólisis de biomasa y residuos biodegradables, y que está caracterizado por un alto contenido de carbono orgánico y una baja susceptibilidad a la degradación (Saletnik *et al.*, 2019). El proceso de pirólisis, junto con el intercambio del carbono en los suelos mediante la aplicación del biocarbon, puede resultar una estrategia conjunta, para ayudar a minimizar los efectos del cambio climático. De hecho, en el último informe del Intergovernmental Panel on Climate

Change, se incorpora por primera vez el biochar como herramienta de mitigación por su capacidad de fijar carbono (IPCC, 2018).

#### **2.4.1. COMPOSICIÓN DEL BIOCHAR**

El biochar está compuesto de carbono, cenizas, materia orgánica volátil entre otros, para que este tenga un alto potencial de carbono deberá tener menos del 80% de materia orgánica volátil, relación O/C menor que el 0,2 y relación H/C menor que 0,4. La materia prima será un factor que incida sobre la composición del biochar al igual que la temperatura a la que se vaya a producir ya que la cantidad de carbono que se encuentre en el biochar va a ser inversamente proporcional al rendimiento del biochar que se tenga, es decir se puede tener del 56-93% de carbono para temperaturas de 300-800°C mientras que en el rendimiento disminuirá del 67-26%, así también el contenido de cenizas aumentará de 0,67-1,26% a medida que la temperatura aumenta (Española, 2014).

#### **2.4.2. PROCESOS PARA OBTENER BIOCARBÓN**

Existen diversos procesos para obtener el biocarbón, como método principal se consideran las tecnologías termoquímicas para convertir la biomasa en fuentes de energía renovable. Éstas pueden ser encasilladas en cuatro categorías generales: pirólisis lenta, pirólisis rápida, pirólisis ultrarrápida y gasificación. La pirólisis sucede en ausencia completa de oxígeno en cambio la gasificación se da con reducida cantidad de él (Escalante *et al.*, 2016).

##### **2.4.2.1. PIRÓLISIS LENTA**

La pirólisis lenta logra producir carbón vegetal de excelente calidad utilizando bajas temperaturas y bajas tasas de calentamiento. El tiempo de residencia del vapor puede ser de alrededor de 5 a 30 minutos en este proceso. Las fracciones orgánicas volátiles presentes en la fase de vapor continúan reaccionando entre sí para producir carbón y algunas fracciones líquidas. La calidad del bioaceite producido en este proceso es muy baja. Un tiempo de residencia más prolongado inicia un mayor agrietamiento para reducir el rendimiento del bioaceite. El proceso adolece de bajos valores de transferencia de calor con un tiempo de retención más prolongado, lo que lleva a mejorar el gasto mediante una mayor entrada de energía. (Zaman *et al.*, 2017).

#### **2.4.2.2. PIROLISIS RÁPIDA**

Es el transcurso mediante el cual el material se calienta ágilmente sin la presencia del oxígeno y a temperaturas altas (650° C). Se utiliza principalmente para la producción de bioaceite ya que los rendimientos en peso de esta fracción están por encima de los que se consiguen alcanzar en la pirólisis convencional (Urien, 2013).

#### **2.4.2.3. GASIFICACIÓN.**

En este proceso en el que la biomasa, especialmente la madera, se quema en una secuencia de dos reacciones. La primera es la transformación de madera a carbón y se le llama carbonización con gasificación de la madera. Esto, básicamente es la misma conversión que ocurre en la pirolisis lenta. Después que el carbón se ha formado, la segunda reacción con más temperatura convierte el carbón a ceniza y es llamada gasificación de carbón. Si hay excesivo oxígeno en aquel momento todo el carbón es consumido y sólo quedan cenizas (McLaughlin *et al.*, 2009).

#### **2.4.3. FACTORES QUE AFECTAN LAS PROPIEDADES DEL BIOCHAR**

**Condiciones en el proceso de pirolisis:** la temperatura es uno de los principales factores que interviene en la fabricación del biochar es de suma importancia que tenga una adecuada temperatura, debido a que si se produce con altas temperaturas podría llegar a producir una mayor cantidad de gases volátiles y poca área superficial, la temperatura adecuada puede ser de 400-600°C (Ahmad *et al.*, 2014). El tiempo de residencia y la velocidad de calentamiento también poseen influencia en el contenido de materia volátil en el biocarbon (Pandey *et al.*, 2020).

**Composición de la materia prima:** este factor tendrá un acontecimiento de manera directa sobre la fabricación de biochar sus efectos serán en la capacidad de secuestro de carbono, composición de carbono, rendimiento y contenido de cenizas (Pandey *et al.*, 2020).

#### **2.4.4. USOS DEL BIOCHAR**

Según Arévalo (2020) el biochar se utiliza para lo siguiente:

- Crecimiento de las plantas: Interviene tanto en el desarrollo de las plantas como en su firmeza sistémica a enfermedades. Las plantas muestran una buena disposición y absorción de nutrientes mediante la aplicación de biochar, dependiendo de la cantidad de biocarbón que se le añada al suelo.
- Como enmienda del suelo: es de suma importancia que el suelo tenga una buena nutrición mineral para obtener un buen rendimiento de los cultivos, siendo la disponibilidad del N y P uno de los factores más limitantes en suelos con pH ácidos.
  - Como abono sólido: aumenta el crecimiento, eficacia y productividad de los cultivos.
    - Como captador de CO<sub>2</sub>.
  - Retención de agua.
  - Como corrector de la acidez del suelo.
  - Mejoramiento de la calidad del suelo: características físicas, químicas y biológicas.
  - Suprimir malos olores: granjas, basureros, pulpa acumulada.

#### **2.4.5. BIOCHAR Y SUS APLICACIONES AMBIENTALES**

Son numerosos los usos conocidos que se le pueden dar a estos biocarbones hoy en día. Su estructura porosa y sus características químicas lo convierten en un material atractivo con el que trabajar a la hora de intentar solventar algunas problemáticas ambientales como: el tratamiento de aguas residuales o contaminadas, al usar el biochar como filtro y retener metales pesados o contaminantes químicos. De igual manera en chimeneas industriales para reducir las emisiones de gases contaminantes. En el sector ganadero, se ha incorporado en las camas de ganado y tratamiento de estiércoles como forma de reducir olores y facilitar su tratamiento (García et al., 2021).

El uso del biochar en la mejora del suelo, junto con su aplicación en los cultivos, se viene estudiando con gran interés en las últimas décadas. Los orígenes del biocarbón, como enmienda orgánica, se datan de la época precolombina en la

Amazonía brasileña, en unos suelos denominados Terra Preta (Tierra negra); su color y propiedades se atribuyen a la carbonización, principalmente de biomasa vegetal. Estos suelos presentan altas concentraciones de nutrientes y fertilidad en general muy superiores al de los suelos adyacentes, además de unas altas concentraciones de carbono muy estables con el paso del tiempo (García et al., 2021).

## **CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLOGICO**

### **3.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO**

La presente investigación se desarrolló entre los meses de abril y mayo del 2022 en el vivero de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, ubicada en el sitio “El Limón”, parroquia Calceta, cantón Bolívar de la provincia de Manabí El lugar está ubicado geográficamente en las coordenadas: latitud 0° 49' 23" sur; longitud 80° 11' 01" oeste; altitud de 15 msnm.

### **3.2. CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS**

Las características edafoclimáticas del área de estudio son: precipitación: 996,7 mm anual<sup>es</sup>, temperatura máxima: 30, 70 °C, temperatura mínima: 21,87 °C, humedad relativa: 82,23 %, Heliofanía: 1043,96 horas.sol<sup>-1</sup>. año<sup>-1</sup>.

### **3.3. MATERIAL VEGETAL**

El material experimental a utilizar fueron semillas de maíz cv. Trueno que es un híbrido doble.

- Se utilizó hidrogel Cosecha de lluvia, las dosis que utilizamos las basamos en lo recomendado por el fabricante.

### **3.4. FACTORES EN ESTUDIO**

#### **Factor A (hidrogel)**

- **A1** 0,50 g /planta
- **A2** 1 g/planta

#### **Factor B (Biochar)**

- **B1** 25g/plan
- **B2** 50g/planta

A continuación en el (cuadro 1) se especificara la combinación de los tratamientos

N°	Código	Combinaciones
1	A1B1	0,50 g de hidrogel+ 25 g de biochar
2	A1B2	0,50 g de hidrogel+ 50 g de biochar
3	A1B3	1 g de hidrogel+ 25 g de biochar
4	A1B4	1 g de hidrogel+ 50 g de biochar
5	Testigo 1	Sin hidrogel, sin biochar
6	Testigo 2	Sin hidrogel, sin biochar + riego

Cuadro 1. Tratamientos

### 3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se estableció con un diseño completamente al azar (DCA) en arreglo factorial A x B, con seis tratamientos, cuatro replicas y 24 unidades experimentales.

ADEVA		
Fuentes de variación		Grados de libertad
Tratamientos	T-1	5
Hidrogel (A)	(A-1)	1
Biochar (B)	(B-1)	1
AXB	(A-1)(B-1)	1
Error experimental	A(r-1)(B-1)	20
Total	rAB-1	23

Cuadro 2. Análisis de Varianza

### 3.6. UNIDAD EXPERIMENTAL

El ensayo se lo realizó en el vivero, se procedió a llenar 96 macetas, luego se organizó los seis tratamientos con sus cuatros replicas respectivamente, para proceder a la siembra. La siembra de las semillas se realizó de forma directa en las macetas, sembrando cuatro semillas por macetas, con un total de 384 plantas, ya una vez emergidas las plántulas se seleccionó la de mejor vigor dejando una planta por macetas danto un total de 96 plantas.

### **3.7. VARIABLES RESPUESTA**

#### **ÁREA FOLIAR (CM<sup>2</sup>)**

Se determinó a los 12 y 24 días después de la emergencia, midiendo las hojas de la planta a lo largo y ancho, con una cinta métrica, el área foliar se lo determino mediante una formula.

$$\text{Ancho de la hoja} * \text{largo de la hoja} * 0,75$$

#### **DIAMETRO DE LA PLANTA**

Este dato se lo tomó a los 12 y 24 días después de la emergencia, se lo determinó midiendo el tallo de la planta con un calibrador.

#### **PESO SECO DE PLANTA (G)**

Se procedió a tomar los datos a los 12 y 24 días después de la emergencia, colocando la muestra en estufa a 65 °C por 48 horas, luego se la peso en una balanza.

#### **PESO SECO RADICAL (G)**

Se determinó a los 12 y 24 días después de la emergencia, colocando la muestra en estufa a 65 °C por 48 horas.

#### **HUMEDAD DEL SUELO**

Este dato se lo tomó diariamente con el instrumento (Soil Moisture Kit). Este consistía en colocar el instrumento en el suelo de la maceta y seguidamente se registraba el dato automáticamente.

### **3.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO**

- **APLICACIÓN DEL BIOCHAR**

Una vez lleno las macetas se procedieron a colocar el biochar en sus respectivas dosis, para luego mezclarlos homogéneamente.



- **APLICACIÓN DE HIDROGEL**

El hidrogel fue aplicado de forma hidratada, mezclándolo con el sustrato y el biochar en las macetas.

- **RIEGO**

El riego se aplicó antes de la siembra a todos los tratamientos, después solo se le aplico el riego al tratamiento control (humedad a capacidad de campo), el cual se tenía que regar dejando pasar un día.

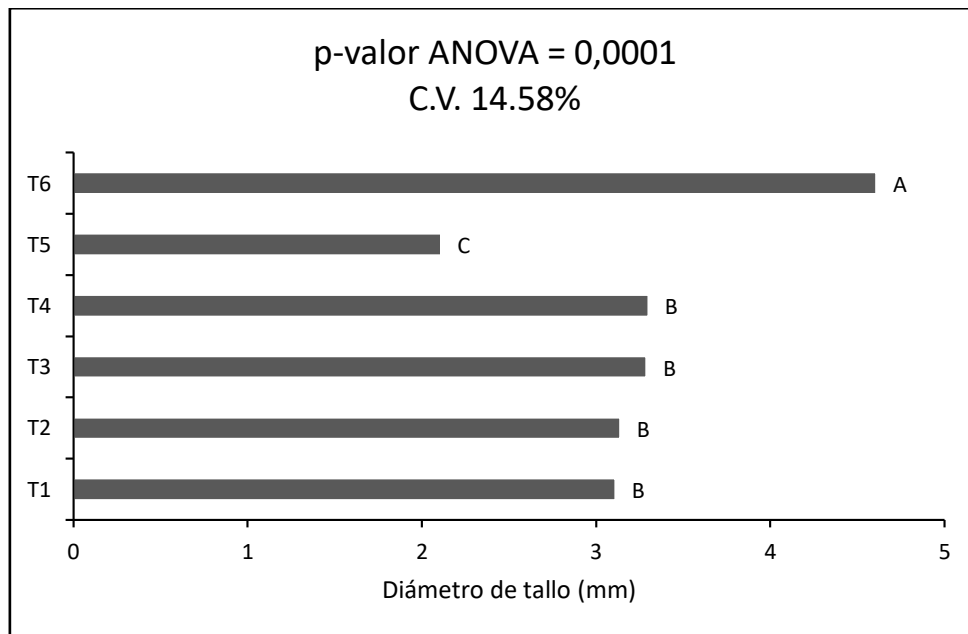
### **3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS.**

Los datos fueron analizados mediante el análisis de varianza y la separación de medias con prueba de Tukey al 5% de probabilidades de error.

## CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. DIÁMETRO DE TALLO

El diámetro de tallo a los 12 días después de la siembra (DDS) fue influenciado significativamente ( $p < 0.05$ ) por los tratamientos evaluados, donde el tratamiento T6 alcanzó el mayor diámetro con 4.61 mm (**Figura 1**). Los tratamientos T1, T2, T3 y T4 (con hidrogel + biochar) alcanzaron diámetros de tallo estadísticamente similares, pero diferentes al tratamiento control T5 (sin riego y sin hidrogel), lo cual indica que los hidrogeles y el biochar ayudan a potenciar el crecimiento del tallo bajo condiciones limitantes de agua (**Figura 1**). Los resultados obtenidos concuerdan con (Głodowska *et al.*, 2016), quienes manifestaron que, el diámetro del tallo de maíz fue más grueso en los tratamientos que contenían las dosis de biochar con respecto al tratamiento control, esto puede atribuirse a que el biochar actúa como mejorador de suelos con alto contenido orgánico y tiene grandes capacidades de retención de agua.

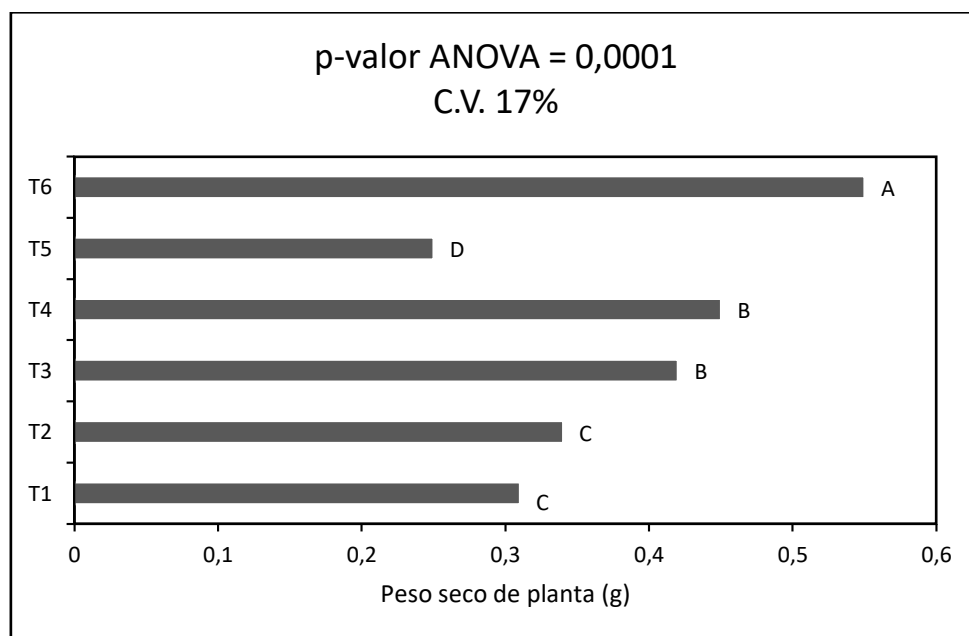


T1 = 0.50 g hidrogel + 25 g biochar; T2 = 0.50 g hidrogel + 50 g biochar; T3 = 1 g hidrogel + 25 g biochar; T4 = 1 g hidrogel + 50 g biochar; T5 = Sin riego y sin hidrogel; T6 = Con riego y sin hidrogel

**Figura 1.** Efecto de hidrogel y biochar sobre el diámetro de tallo de plántulas de maíz a los 12 días después de la siembra.

## 4.2. PESO SECO DE PLANTA

El peso seco de planta a los 12 DDS fue afectado significativamente ( $p < 0.05$ ) por los tratamientos probados, donde el tratamiento con riego y sin hidrogel (T6) logró el mayor crecimiento en acumulación de materia seca con 0.55 g (**Figura 2**). El tratamiento T4, T3, T2 y T1 aumentaron la acumulación de materia seca de planta, con relación al tratamiento control (T5), con un incremento del 44.44, 40.48, 26.47 y 19.35 %, respectivamente (**Figura 2**). Esto concuerda con Villeda (2016), quien demostró que el tratamiento sin Hidrogel pero con riego, presentó el mayor peso promedio de materia seca con relación a los tratamientos que solo contenían Hidrogel. Sin embargo estadísticamente en el ensayo que realizamos logramos probar que, aunque el T6 logro un mayor % de materia seca, los demás tratamiento que contenían hidrogel en combinación con biochar incrementaron el peso de materia seca, en comparación al tratamiento sin riego, sin biochar y sin hidrogel (T5), esto se lo puede atribuir a que el hidrogel y el biochar al combinarse, ayudan a mantener la humedad del suelo para que la planta tenga un mayor aprovechamiento del agua.

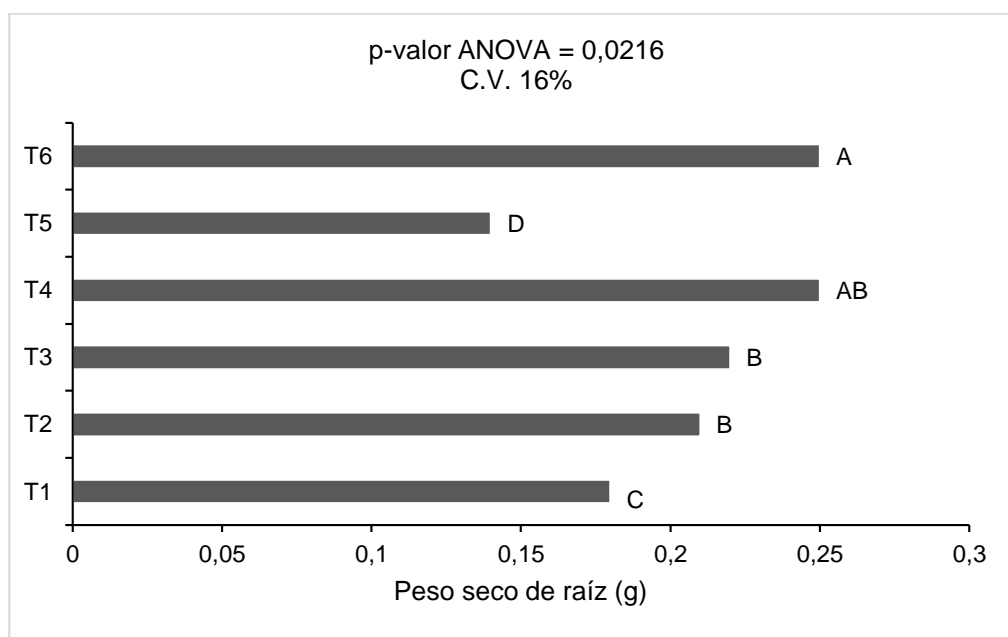


T1 = 0.50 g hidrogel + 25 g biochar; T2 = 0.50 g hidrogel + 50 g biochar; T3 = 1 g hidrogel + 25 g biochar; T4 = 1 g hidrogel + 50 g biochar; T5 = Sin riego y sin hidrogel; T6 = Con riego y sin hidrogel

**Figura 2.** Efecto de hidrogel y biochar sobre el peso seco de plántulas de maíz a los 12 días después de la siembra.

## 4.3. PESO SECO DE LA RAÍZ

El peso seco se raíz a los 12 DDS fue influenciado significativamente ( $p < 0.05$ ) por los tratamientos evaluados, siendo el tratamiento T6 (con riego y sin hidrogel) el que logró el mayor promedio de peso seco radical (**Figura 3**). En cuanto al efecto del hidrogel y el biochar, el tratamiento T4 mostró el mayor incremento de peso radical, con un 12, 16, 28 y 44%, con relación a los tratamientos T3, T2, T1 y T5 (**Figura 3**). En el ensayo se mostró que al mezclar el hidrogel con el biochar se puede ver como incrementa el peso de la raíz en comparación con el testigo. En este sentido varios autores menciona que la relación existente entre el aumento el desarrollo y el peso de la raíz después de la aplicación del biocarbón atribuye su desarrollo prominente a los cambios físicos, químicos y biológicos que genera el biocarbón en el suelo (Tanure *et al.*, 2019).



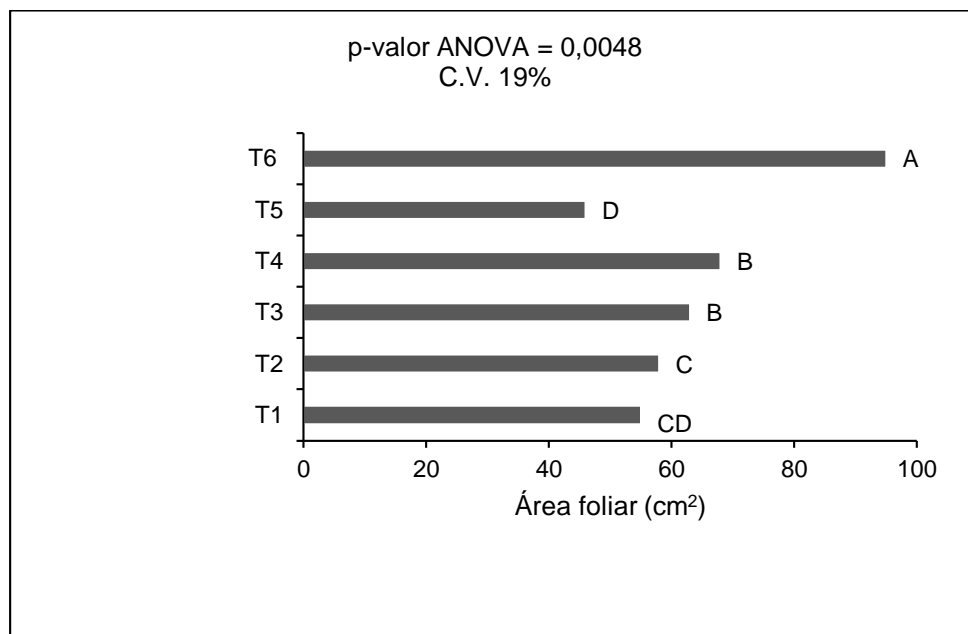
T1 = 0.50 g hidrogel + 25 g biochar; T2 = 0.50 g hidrogel + 50 g biochar; T3 = 1 g hidrogel + 25 g biochar; T4 = 1 g hidrogel + 50 g biochar; T5 = Sin riego y sin hidrogel; T6 = Con riego y sin hidrogel

**Figura 3.** Efecto de hidrogel y biochar sobre el peso seco radical de plántulas de maíz a los 12 días después de la siembra.

#### 4.4. ÁREA FOLIAR

El área foliar a los 12 DDS fue afectado significativamente ( $p < 0.05$ ) por los tratamientos testeados, donde el tratamiento con riego y sin hidrogel (T6) fue el que obtuvo el mayor promedio de área foliar con 95 cm<sup>2</sup> (**Figura 4**). Los tratamientos a base de hidrogel y biochar (T4, T3, T2 y T1) lograron mayor área foliar con relación

al tratamiento control (T5), donde el tratamiento T4 logró el mayor incremento del área foliar con un 7.35, 14.71, 19.12 y 32.35, respectivamente (**Figura 4**). Estos resultados son Similares a lo expuesto por (Iglesias *et al.*, 2018), quien mencionan que en los tratamientos que incorporaron el biochar que fue obtenido mediante el método de la pirolisis rápida, alcanzaron un mayor área de índice foliar con respecto al tratamiento control.



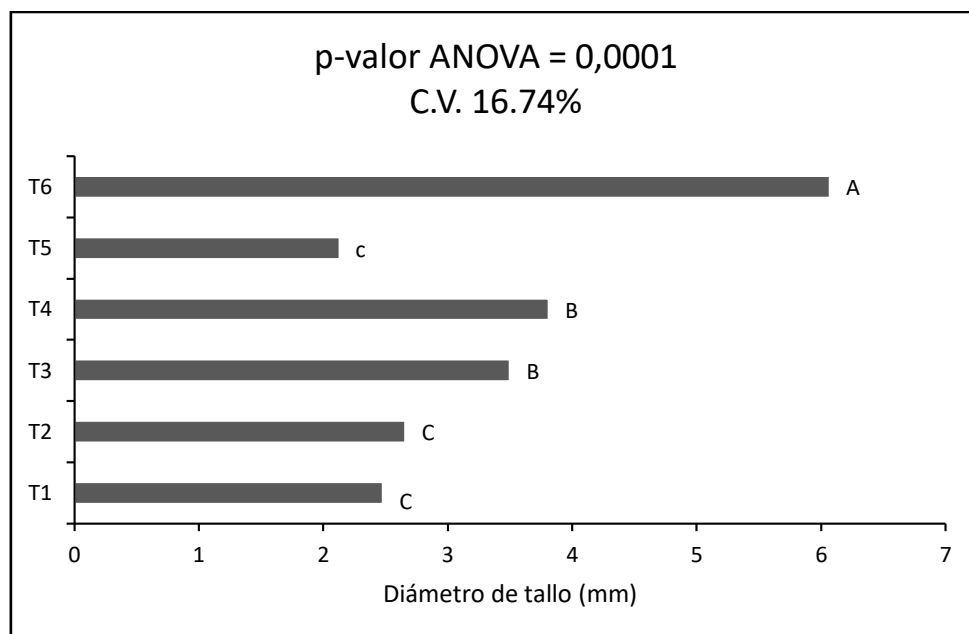
T1 = 0.50 g hidrogel + 25 g biochar; T2 = 0.50 g hidrogel + 50 g biochar; T3 = 1 g hidrogel + 25 g biochar; T4 = 1 g hidrogel + 50 g biochar; T5 = Sin riego y sin hidrogel; T6 = Con riego y sin hidrogel

**Figura 4.** Efecto de hidrogel y biochar sobre el área foliar de plántulas de maíz a los 12 días después de la siembra.

#### 4.5. DIÁMETRO DEL TALLO A LOS 24 DIAS

El diámetro del tallo a los 24 DDS fue influenciado significativamente ( $p < 0.05$ ) por los tratamientos analizados, en donde el tratamiento T6 (con riego y sin hidrogel) obtuvo el mayor diámetro (6,07mm) (**Figura 5**). En cuanto los tratamientos (T4 y T3) los mismos que contenían hidrogel y biochar, aumentaron el diámetro del tallo en relación a los tratamientos T1 y T2 que fueron estadísticamente similares al tratamiento control (T5) (**Figura 5**). Los resultados obtenidos concuerdan con (Situmeang *et al.*, 2015) quienes no encontraron diferencias en el grosor o diámetro del tallo entre el tratamiento control (testigo) y tres dosis de biocarbón o biochar (0, 5, 10 y 15 Mg ha<sup>-1</sup>), por lo cual esto lo atribuyeron a que las dosis de biochar fueron

bajas. Sin embargo, en cuanto al diámetro de tallo, T3 y T4 que tenían hidrogel y biochar fueron mayores con respecto a T5, siendo este resultado similar a lo reportado por (Głodowska *et al.*, 2016), quienes indicaron que el tallo de maíz fue significativamente más grueso con respecto al tratamiento control, en plantas que contenían biocarbón.



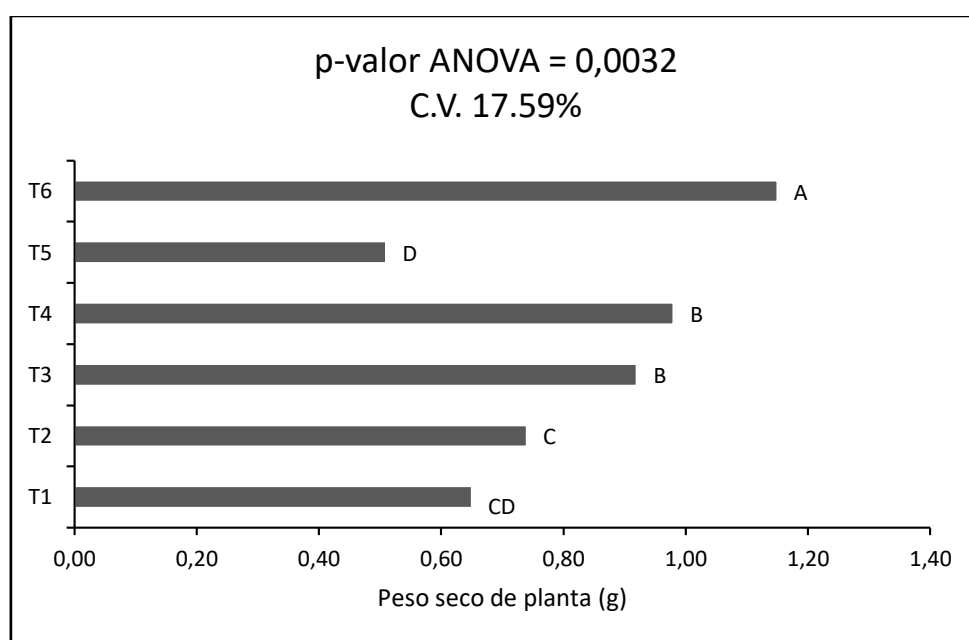
T1 = 0.50 g hidrogel + 25 g biochar; T2 = 0.50 g hidrogel + 50 g biochar; T3 = 1 g hidrogel + 25 g biochar; T4 = 1 g hidrogel + 50 g biochar; T5 = Sin riego y sin hidrogel; T6 = Con riego y sin hidrogel

**Figura 5.** Efecto de hidrogel y biochar sobre el diámetro de tallo de plántulas de maíz a los 24 días después de la siembra.

#### 4.6. PESO SECO DE PLANTA A LOS 24 DIAS

El peso seco de planta a los 24 DDS fue influenciado significativamente ( $p < 0.05$ ) por los tratamientos evaluados, siendo el tratamiento con riego y sin hidrogel (T6) el que alcanzó el mejor promedio en acumulación de materia seca, con un 1,15g (**Figura** Los tratamientos T4, T3, T2, T1 los cuales contenían hidrogel y biochar, mostraron una mayor acumulación de materia seca en comparación al tratamiento (T5), con un 47.96, 44.57, 31.08, 16.39% respectivamente (**Figura 6**). Los resultados ya mencionados discrepan con los resultados obtenidos por Mondragón *et al.*, (2021), mencionaron que el peso seco de la planta no presentó diferencias significativas, entre los tratamientos que contenían Biochar teniendo como valores

lo siguiente: T0 (117.0), T1 (141.5) y T2 (111.3). Tanure *et al.*, (2019) sugieren que los resultados reportados en la literatura no son sólidos, sino por el contrario, son altamente variables y se debe de considerar el tipo o variedad de plantas de maíz, y las propiedades físicas y químicas del biocarbón. Por el contrario Pedroza, *et al.*, (2015) comprobó que los tratamientos que contenían el hidrogel obtuvieron un mayor contenido de humedad edáfica y distribuida de forma más uniforme, lo cual permitió mantener una actividad fotosintética mayor y lograr un mejor rendimiento de biomasa seca en el cultivo de maíz.



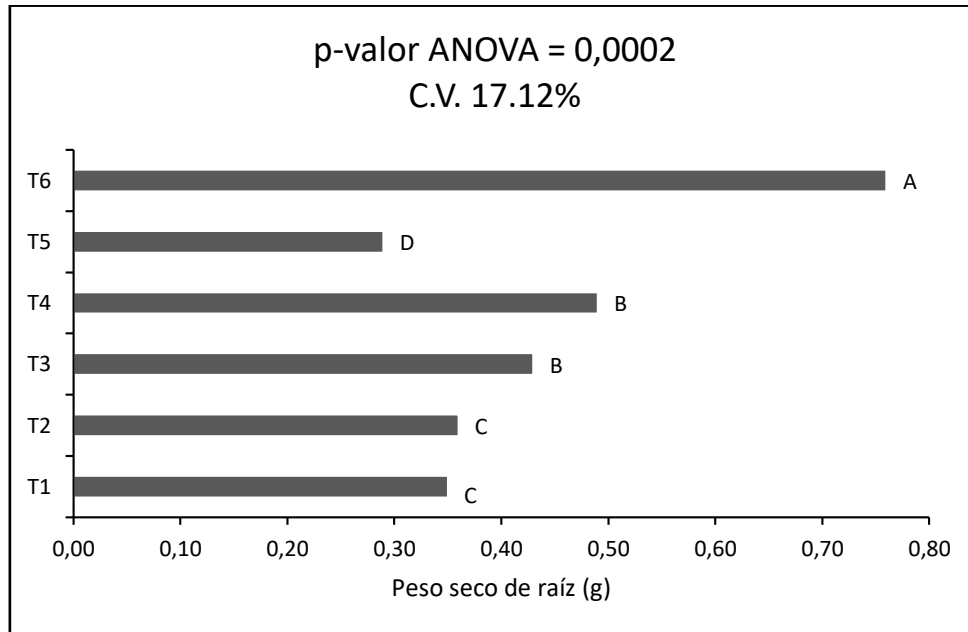
T1 = 0.50 g hidrogel + 25 g biochar; T2 = 0.50 g hidrogel + 50 g biochar; T3 = 1 g hidrogel + 25 g biochar; T4 = 1 g hidrogel + 50 g biochar; T5 = Sin riego y sin hidrogel; T6 = Con riego y sin hidrogel

**Figura 6.** Efecto de hidrogel y biochar sobre el peso seco de plántulas de maíz a los 24 días después de la siembra.

#### 4.7. PESO SECO SE RAÍZ A LOS 24 DÍAS

El peso seco se raíz a los 24 DDS fue afectado significativamente ( $p < 0.05$ ) por los tratamientos testeados, siendo el tratamiento con riego y sin hidrogel (T6) el que alcanzó el mayor promedio de peso seco radical (**Figura 7**). Los tratamientos que contenían hidrogel y el biochar, mostraron un buen promedio de peso seco de la raíz, siendo el tratamiento T4 el que obtuvo el mejor incremento de peso radical, con un 12.24, 26.53, 28.57 y 40.80%, en comparación con los tratamientos T3, T2,

T1 y T5 (**Figura 7**). Lo descrito tiende a relacionarse con lo reportado por Mondragón *et al.*, (2021) quien indica que el peso de las raíces fue significativo en los tratamiento que contenían biochar. Ellos probaron que el biocarbón favorece que la raíz tenga mayor área de exploración por el aumento de la disponibilidad de nutrientes.



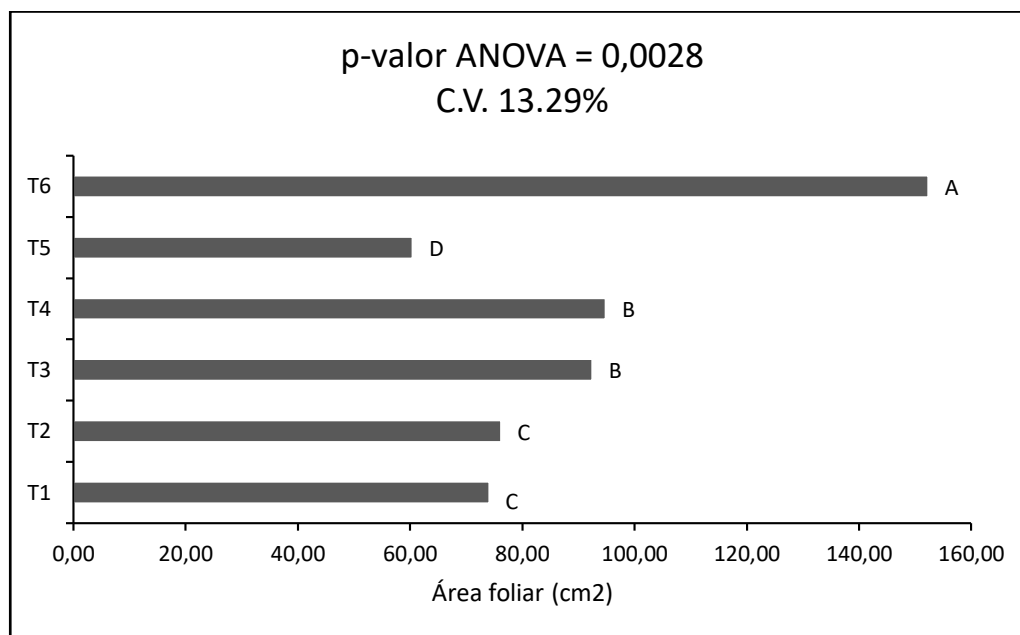
T1 = 0.50 g hidrogel + 25 g biochar; T2 = 0.50 g hidrogel + 50 g biochar; T3 = 1 g hidrogel + 25 g biochar; T4 = 1 g hidrogel + 50 g biochar; T5 = Sin riego y sin hidrogel; T6 = Con riego y sin hidrogel

**Figura 7.** Efecto de hidrogel y biochar sobre el peso seco radical de plántulas de maíz a los 24 días después de la siembra.

#### 4.8. ÁREA FOLIAR A LOS 24 DÍAS

El área foliar a los 24 DDS fue influenciado significativamente ( $p < 0.05$ ) por los tratamientos mostrados, donde el tratamiento T6 (con riego y sin hidrogel) fue el que obtuvo el mayor promedio de área foliar con  $152,36 \text{ cm}^2$  (**Figura 8**). Los tratamientos a base de hidrogel y biochar (T4, T3, T2 y T1) lograron la mayor área foliar en relación al tratamiento control T5 (Sin riego y sin hidrogel), con un incremento del 56,79, 52,87, 26,05 y 22,53% respectivamente (**Figura 8**). Los resultados no concuerdan con Díaz *et al.*, (2014) pues ellos no observaron diferencias entre los tratamientos que contenían hidrogel, estos debido a la diferencia de densidad de plantas en los tratamientos





T1 = 0.50 g hidrogel + 25 g bichar; T2 = 0.50 g hidrogel + 50 g biochar; T3 = 1 g hidrogel + 25 g biochar; T4 = 1 g hidrogel + 50 g biochar; T5 = Sin riego y sin hidrogel; T6 = Con riego y sin hidrogel

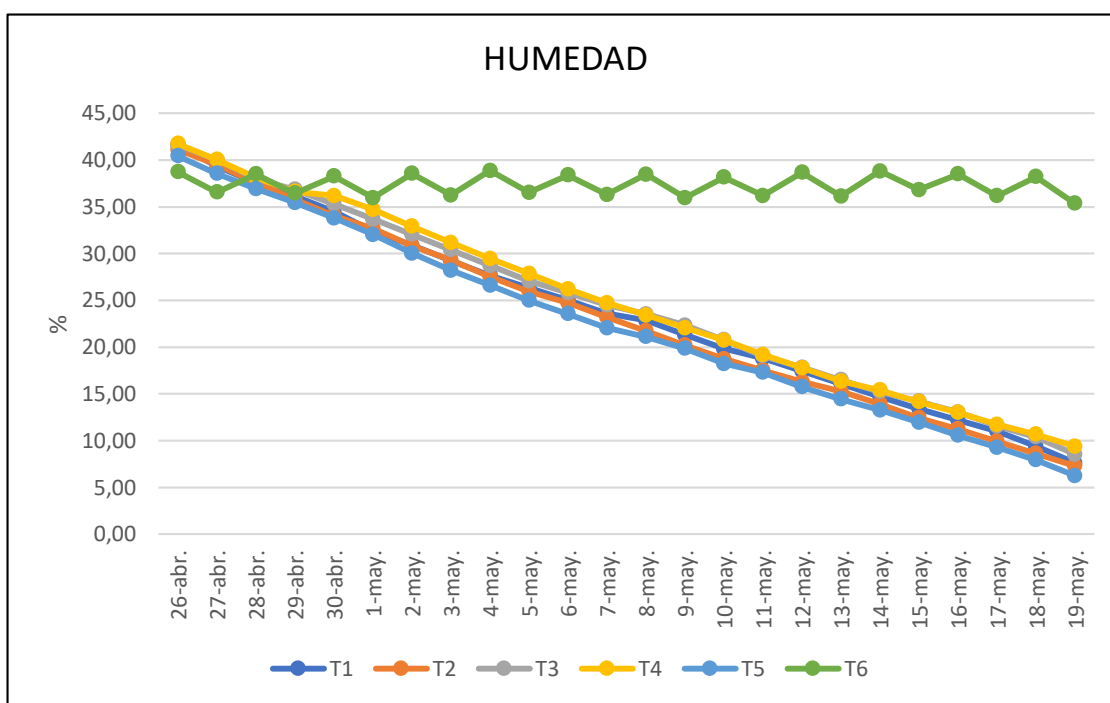
**Figura 8.** Efecto de hidrogel y biochar sobre el área foliar de plántulas de maíz a los 24 días después de la siembra.

#### 4.9. HUMEDAD DEL SUELO

La humedad del suelo diaria, demostró que el tratamiento con riego y sin hidrogel (T6), estuvo arriba de los otros tratamientos, esto debido a que el T6 estuvo en constante riego a diferencia de los otros tratamientos (**Figura 9**).

Los (T1, T2, T3, T4) solo se regaron al inicio y, entre ellos hubo una pequeña diferencia siendo el T4 el mejor, aunque estos estuvieron ligeramente por encima del T5 (Figura 9). Los resultados obtenidos son diferentes a lo reportados por Pedroza, *et al.*, (2015) los cuales obtuvieron diferencias significativas en el contenido de humedad edáfica entre el testigo y las dosis aplicada de hidrogel (12.5 y 25 kg ha<sup>-1</sup>) en las tres fechas de muestreo, pero ellos si implementaron riego complementario. Los resultados alcanzados puede deberse a que en el ensayo que realizamos se utilizaron dosis de hidrogel más bajas a las que ellos implementaron. Rehman *et al.*, (2011) identificó un mayor contenido de humedad del suelo al aplicar hidrogel a una profundidad del suelo de 0 a 15 cm, con respecto al testigo, durante toda la estación de crecimiento del arroz (*Oryza sativa*). Otros autores manifestaron

que el aplicar hasta 5 g L<sup>-1</sup> de hidrogel simulando condiciones de sequía extrema en cultivos de trigo harinero (*Triticum aestivum*) no ayudó a retener la humedad del suelo ni aportó ningún beneficio a la supervivencia y crecimiento de las plantas (Geesing *et al.*, 2004)



**T1** = 0.50 g hidrogel + 25 g bichar; **T2** = 0.50 g hidrogel + 50 g biochar; **T3** = 1 g hidrogel + 25 g biochar; **T4** = 1 g hidrogel + 50 g biochar; **T5** = Sin riego y sin hidrogel; **T6** = Con riego y sin hidrogel

**Figura 9.** Datos diarios de humedad

## **CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

El tratamiento (T6) con riego, sin hidrogel y sin biochar obtuvo los mejores resultados en todas las variables evaluadas.

El tratamiento T4 que contenía la mayor dosis de hidrogel y biochar (1 g H+ 50 g BI), obtuvo un mejor comportamiento en las variables evaluadas, en comparación con los otros tratamientos (T1, T2, T3, T4 y T5).

Al evaluar la humedad del suelo diaria no se encontró diferencias significativas en los tratamientos que contenían las dosis de hidrogel y biochar.

### **5.2. RECOMENDACIÓN**

Los resultados obtenidos no fueron concluyentes ni determinantes, por lo que se recomienda realizar trabajos con dosis de hidrogel y biochar más altas, que el cultivo llegue a su ciclo final y en campo abierto, con la finalidad de determinar si con dosis mayores de hidrogel y el biochar potencia en mayor medida el crecimiento y rendimiento del cultivo del maíz.

## BIBLIOGRAFIA

- Ahmad, M., Rajapaksha, A; Lim, J; Zhang, M; Bolan, N; Mohan, D. (2014). El biocarbón como absorbente para el manejo de contaminantes en el suelo y el agua: una revisión.
- Andrada, H; Di Barbaro, G. 2015. Efecto de la aplicación de copolímeros sobre el cultivo de lechuga. Universidad Nacional de Catamarca. Arg. Volumen 34. p 28.
- Arévalo E. (2020). Valoración de la calidad del suelo mediante la aplicación de biochar de acícula de pino (*Pinus patula*) en la cuenca del "Machángara – Saucay". Consultado el 12/04/2022. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19180/1/UPS-CT008826.pdf>
- Barón C; Barrera R; Boada E; y Rodríguez N. (2007). "Evaluación de hidrogeles para aplicaciones agroforestales" vol. 27, no. 3, pp. 35–44.
- Barón, A; Barrera, I; Boada, L y Rodríguez, G. 2007. Evaluación de hidrogeles para aplicaciones agroforestales. Bogotá, COL. Revista de Ingeniería e Investigación. Vol. 27. p 35-44.
- Del Campo; Aguilera, A; Lindón A; Guillen O. (2008). Influencia del tipo y dosis de hidrogel en las propiedades hidrofísicas de tres suelos forestales de distinta textura. Universidad Politécnica de Valencia. España. Disponible en: [InfluenciaDelTipoYDosisDeHidrogelEnLasPropiedadesH-4249289.pdf](#)
- Diatta A. A., Fike J. H., Battaglia M. L., Galbraith J. M., Baig M. B. (2020). Efectos del biocarbón sobre la fertilidad del suelo y la productividad de los cultivos en regiones áridas. Revista árabe de geociencias, 13 (14).Disponible en: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/11/SR15\\_Chapter4\\_Low\\_Res.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/11/SR15_Chapter4_Low_Res.pdf)
- Duarte, R; Grijalva, M; Robles, F; López, I y Núñez, F. (2019). Déficit de riego y aplicación de hidrogel en la productividad de olivo en regiones desérticas. Revista mexicana de ciencias agrícolas. V.10 (2).
- Elizondo, H; Madrigal, S; Esquivel, M y Vega, J. 2021. HIDROGELES HÍBRIDOS DE QUITOSANO Y POLIETILENGLICOL. Iberoamericana de Polímeros., 22(2), pp. 97-112
- Escalante, A.; Pérez, C; Hidalgo, J; López, J; Campo, E; Valtierra P y Etchevers J. (2016). Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. Terra Latinoamericana . 34: 367-382
- Escobar, J; García, D; Zaldivar, D y Katime, I. 2002. Hidrogeles. Principales características en el diseño de sistemas de liberación controlada de

fármacos. Habana, Cuba. Revista Iberoamericana Polímeros. Vol. 3. p 1-25.

Española, R. (2014). Enmiendas orgánicas de nueva generación: biochar y otras biomoléculas. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 70–120. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Estrada, F; Torres, D; Mendoza, D y Rodríguez, V. 2010. Hidrogeles biopoliméricos potencialmente aplicables en agricultura. MEX. Revista Iberoamericana de Polímeros. Vol. 12. p 76-87.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2014. Anuario Estadístico de la FAO. ISSN 2312-511X. (En línea). Consultado: 29 de junio. 2020. Formato PDF. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i3592s.pdf>.

Fernández, R; Mora, C; Moreira, R y Mendoza D. (2019). Volumen de humedecimiento por la aplicación de hidrogel en suelos de diferentes texturas. *Revista de Ciencias de la Vida*. Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. Disponible en: [https://lagranja.ups.edu.ec/pdf/granja/hidrogel\\_esp.pdf](https://lagranja.ups.edu.ec/pdf/granja/hidrogel_esp.pdf)

García, R., Pizarro, P., Rodríguez, M., Sierra M., Guirado M., Millán R. (2021). Biochar y sus aplicaciones potenciales en el suelo. Consultado el : 23 de mayo del 2022. Formato. PDF. Disponible en: <https://www.tecnicaindustrial.es/wp-content/uploads/Numeros/118/7613/a7613.pdf>

García, R; Pizarro, P; Rodríguez, M; Sierra, M; Guirado, M; Millán M. (2021). Biochar y sus aplicaciones potenciales en el suelo. (En línea). Consultado el: 07/07/2021. Disponible en: <https://www.tecnicaindustrial.es/biochar-y-sus-aplicaciones-potenciales-en-el-suelo/>

Geesing, D y Schmidhalter, U. (2004). “Influencia del poliacrilato de sodio en la capacidad de retención de agua de tres diferentes suelos y efectos sobre el crecimiento del trigo”, *Soil Use Manag.*, vol. 20, págs. 207–209.

Gómez, A. 2014. Aplicación del hidrogel como retenedores de agua en la agroforestería. Tesis. Ing Forestal. UAAAR. México. p 5-18.

Granados, D. 2013. Implementación de hidrogel bajo sistema de agricultura de conservación en parcelas de temporal en el ejido Ignacio Zaragoza. (En línea). Consultado, 02 de ago. 2020. Formato PDF. Disponible en [http://www.pa.gob.mx/publica/rev\\_57/analisis/implementacion%20Denise%20Granados.pdf](http://www.pa.gob.mx/publica/rev_57/analisis/implementacion%20Denise%20Granados.pdf).

Guacho, E. 2014. Caracterización agro-morfológica del maíz (zea mays L.) de la localidad San José de Chazo. (Tesis previa a la obtención del título de ingeniero agrónomo Escuela Superior Politécnica de Chimborazo) Riobamba. EC. Disponible en:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3455/1/13T0793%20.pdf>

- Hermida, E. 2011. Polímeros. (En línea). ARG. Consultado, 02 de ene. 2020. Formato PDF. Disponible en [http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/09\\_Polimeros.pdf](http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/09_Polimeros.pdf).
- Hernández, I. 2020. BAGAZO COMO ALTERNATIVA DE CONSERVACIÓN DE HUMEDAD EN EL CAMPO CAÑERO DEL INGENIO LA MARGARITA, S.A. DE C.V., Orizaba-Córdoba: Universidad Veracruzana.
- Idrobo, H; Rodríguez, A y Díaz, J. 2010. Comportamiento del hidrogel en suelos arenosos. Cali, COL. Revista de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente. Vol. 3. p 33-37.
- IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). 2012. Sequías recurrentes obligan a una mejor gestión de los recursos hídricos. (En línea). Consultado, 29 de junio. 2020. Formato. PDF. Disponible en: [http://www.atl.org.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=5235:fao\\_sequias-recurrentes-obligan-a-una-mejor-gestión-de-los-recursos-hidricos&catid=73:agua-y-agricultura&Itemid=483](http://www.atl.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=5235:fao_sequias-recurrentes-obligan-a-una-mejor-gestión-de-los-recursos-hidricos&catid=73:agua-y-agricultura&Itemid=483)
- INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). (2015). Boletín climatológico anual 2015. (En línea). Disponible en: [http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol\\_anu.pdf](http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol_anu.pdf)
- IMPAQTO, 2017. Cosecha de lluvia. (En línea). Disponible en: <https://www.cosechadelluvia.com/cosecha-de-lluvia-blog/tags/hidrogel>
- Laguna, R y Jarquín, J. 2017. Uso de hidrotenedor de agua en tres texturas de suelo y frecuencias de riego en brotes de yemas en la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* .L) variedad CP 72-2086, Managua 2016. Tesis. Ing Agrónomo. UNA. Managua, Nicaragua. p 1.
- Luna, W; Estrada, H; Jiménez, O y Pinzón L. (2012). Efecto del estrés hídrico sobre el crecimiento y eficiencia del uso del agua en plántulas de tres especies arbóreas caducifolias. Terra Latinoam vol.30 no.4 Chapingo. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792012000400343](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792012000400343)
- Masaquiza, J. (2016). "Valoración del rendimiento de maíz (*Zea mays*) en relación con la aplicación de biodegradantes en el sector la isla, cantón Cumandá. Tesis. Ing Agropecuario. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24084/1/tesis%20005%20Ingenier%C3%ADa%20Agropecuaria%20-%20Juan%20carlos%20Masaquiza%20-%20cd%20005.pdf>

- McLaughlin, H., Anderson, P., Shields, E y Reed, T. (2009). No todos los biochars son iguales, y cómo decirles aparte. Conferencia Norteamericana de Biocarbón. Boulder, Colorado. Consultado el: 22 de mayo 2022. Disponible en: <http://www.biochar-international.org/sites/default/files/All-Biochars--Version2--Oct-2009.pdf>.
- Mera, A; Montaña, C. 2015. Evaluación de arreglos espaciales y densidades poblacionales en híbridos de maíz comercial en zonas de bosque tropical seco durante la época lluviosa. (Tesis previa a la obtención del título de ingeniero Agrícolas y Biológicos Guayaquil) Ec.
- Morán, G. D. R., 2020. Evaluación de la competencia de maleza en el cultivo de maíz duro (*Zea mays* L.) en la zona Ventanas- Los Ríos, Milagro - Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador.
- Munns, R y Tester, M. (2008). Mecanismos de tolerancia a la salinidad. *Rev. Plant Biol.* 59: 651-681.
- Navarro, G. 2009. Agricultura Orgánica y Alternativa. Tesis. Ing Agrónomo. Universidad Autónoma Chapingo (UAC). Chapingo, Texcoco, México. p 271.
- Paliwal, R. (2017). Origen, evolución y difusión del maíz. Consultado el 12/04/2022. Disponible en: Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/x7650s03.htm>
- Pandey, D., Daverey, A. y Arunachalam, K. (2020). Biocarbón: Producción, propiedades y papel emergente como soporte para la inmovilización de enzimas. *Revista de producción más limpia*, 255, 120267. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120267>
- PCC (2018). Capítulo 4 – Fortalecimiento e implementación de la respuesta global. Es: Calentamiento global de 1,5°C. 313–443. Consultado el 12/04/2022.
- Pedroza, A; Yañez, L; Sanchez, E; Samaniego, A. (2015). Efecto del hidrogel y vermicomposta en la producción de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 38 (4) 375 – 381
- Pérez, G. 2010. Clima apropiado para el cultivo de maíz. Consultado, 19 de agosto .2020. Formato PDF. Disponible en: <https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/el-cultivo-del-maiz.pdf>
- Quimiosfera, 99, 19–33. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.10.071>
- Rodríguez, P. 2016. Comportamiento de tres dosis de Hidratantes en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.), en Huerto Organopónico en el Cantón Marcelino Maridueña, provincia del Guayas. Tesis. Ing Agrónomo. UCSG. Guayaquil, Ecuador. p 34-40.
- Rojas, B; Ramírez, M; Aguilera, R; Prin, J y Torres, C. (2006). Los hidrogeles poliméricos como potenciales reservorios de agua y su aplicación en la germinación de semillas de tomate en diferentes tipos de suelos. VEN. *Revista Iberoamericana de Polímeros.* Vol. 7. p 199-210.

- Saletnik B, Zagula G, Bajcar M, Tarapatskyy M, Bobula G., Puchalski C. (2019) Biochar como multifuncional Componente del medio ambiente: una revisión. Aplicación
- Sanchez, D. 2019. Efecto de la poliacrilamida en el rendimiento y volumen de riego en maíz (*Zea mays*) var. opaco mal paso irrigacion majes. Tesis. Ing Agrónomo. Universidad nacional de San Agustín de Arequipa. Perú. p2
- Savala, C. 2008. Vermicompost un abono de alta calidad para mejorar la fertilidad del suelo. (En línea). Consultado, 12 de jul. 2020. Formato PDF. Disponible en <http://www.acss.ws/Upload/XML/Research/114.pdf>.
- Urien, A. (2013). Obtención de biocarbones y biocombustibles mediante pirólisis de biomasa residual. Tesis De Máster. Disponible en: [http://digital.csic.es/bitstream/10261/80225/1/BIOCARBONES\\_CENIM\\_CSI\\_C.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/80225/1/BIOCARBONES_CENIM_CSI_C.pdf)
- Velasco, B. 2018. Manabí fue la provincia más afectada por la falta de lluvias en abril del 2018. El Comercio. EC. Consultado, 29 de junio. 2020. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/manabi-afectacion-lluvias-sequia-ecuador.html>
- Zaman, C; Pal, K; Yehye, A; Sagadevan, S; Shah, T; Adebisi, A; Johan, R. (2017). Pirólisis: una forma sostenible de generar energía a partir de residuos. Pirólisis. Consultado el 12/04/2022. Disponible en: <https://doi.org/10.5772/intechopen.69036>



# **ANEXOS**



**Anexo 1. Instalación del ensayo**



**Anexo 2. Toma diaria de datos de humedad**







**Anexo 3.** Toma de datos a los 12 días



**Anexo 4.** Puesta de los tratamientos en la estufa

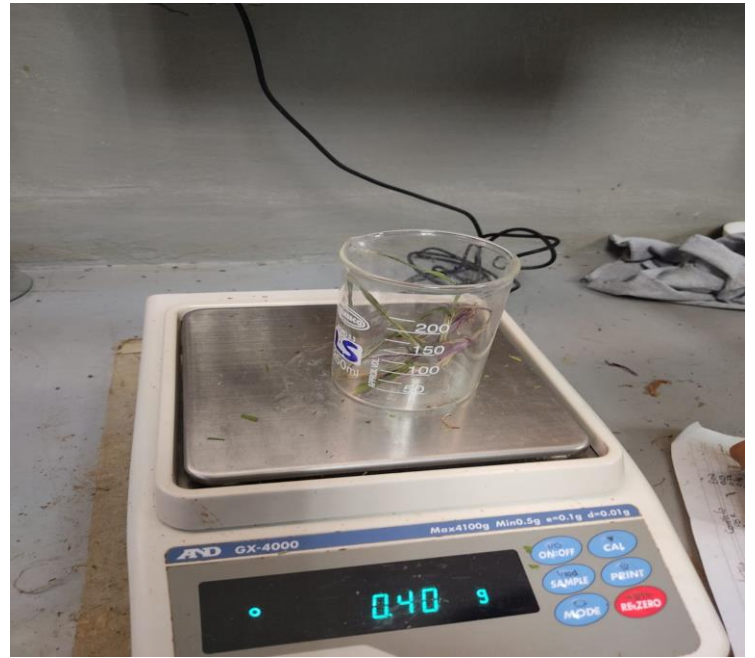




**Anexo 5.** Registro de datos de la biomasa seca del maíz



**Anexo 6.** Toma de datos a los 24 días.



**Anexo 7.** Toma de datos a los 24 días