



IMPACTO DE LA SALINIDAD SOBRE PARÁMETROS DE CRECIMIENTO EN CINCO  
ECOTIPOS DE MANGO MAGDALENA RIVER EN EL CARIBE SECO DE SANTA  
MARTA COLOMBIA

LAYDE JOHANA DE LA VALLE SILVA

UNIVERSIDAD MAGDALENA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA INGENIERÍA AGRONÓMICA  
SANTA MARTA, COLOMBIA  
2020

IMPACTO DE LA SALINIDAD SOBRE PARÁMETROS DE CRECIMIENTO EN CINCO  
ECOTIPOS DE MANGO MAGDALENA RIVER EN EL CARIBE SECO DE SANTA  
MARTA COLOMBIA

LAYDE JOHANA DE LA VALLE SILVA

Trabajo de Grado Como Requisito Para Optar el Título de ingeniero agrónomo

Director (a):  
Nelson Virgilio Piraneque Gambasica  
Codirector  
Sonia Esperanza Aguirre Forero

Línea de Investigación:  
Nutrición vegetal – Relaciones Agua Suelo – Planta – Atmosfera  
Grupo de Investigación:  
Suelo – ambiente y sociedad

UNIVERSIDAD MAGDALENA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA INGENIERÍA AGRONÓMICA  
SANTA MARTA, COLOMBIA  
2020

## **Nota de aceptación**

**Aprobado por el Consejo de Programa en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad del Magdalena para optar al título de Ingeniería Agronómica**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**Santa Marta, \_\_ de \_\_ del \_\_**

## DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a:

Mis padres, **Luis Guillermo De la valle Barrios** y **Ibis Bautista Silva Mejía**, por haberme apoyado en todo momento

Mi hijo, **Jesús Adrián Rivadeneira De la valle** razón de vivir

Mi esposo, **Bryan Alexander Rivadeneira Fernández** por su constante ayuda y colaboración.

Mis amigos **Henry Carvajal Simanca**, **María Quintana** Y **Ciro Estrada** por su acompañamiento y apoyo.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios, por permitirme estar en su presencia amorosa, darme sabiduría y paciencia a lo largo de la preparación profesional.

De igual manera agradezco merecidamente a todas aquellas personas que me orientaron, ayudaron y brindaron su apoyo incondicional durante el desarrollo de la carrera universitaria.

Mis agradecimientos a todos los docentes de la Universidad del Magdalena, por su contribución al crecimiento personal y profesional.

Al director de tesis **Nelson Virgilio Piraneque Gambasica** y a la Codirectora **Sonia Esperanza Aguirre Forero**, por sus orientaciones y paciencia a la hora de revisar los aportes presentados.

A familiares, compañeros de trabajo y amigos, por su colaboración y confianza.

A todos muchas gracias.

## RESUMEN

La salinidad en el suelo es una de las formas de degradación del mismo, la cual está definida como la concentración de sales solubles en el suelo, esta es una limitante que ha afectado las áreas de producción en nuestra zona. Por su parte, el Mango Magdalena River muestra producción creciente en sus áreas, debido a sus estándares de calidad y sus atributos comerciales. El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de la salinidad sobre parámetros de crecimiento en cinco ecotipos de Mango Magdalena River en el caribe seco. Para ello, se aplicaron soluciones salinas con conductividades eléctricas  $<1084 \mu\text{S cm}^{-1}$ ,  $1084 \mu\text{S cm}^{-1}$ ,  $2163 \mu\text{S cm}^{-1}$ ,  $4031 \mu\text{S cm}^{-1}$  y  $7631 \mu\text{S cm}^{-1}$ . El diseño experimental utilizado fue parcelas divididas utilizando prueba de anova-tukey. Los parámetros evaluados fueron diámetro del tallo (DT), longitud del tallo (LT), hojas secas (HS), hojas totales (HT). También se evaluó la relación de los nutrientes con respecto a la época, tratamiento y ecotipos. Como resultado tenemos que el tratamiento 4 cuya CE fue de  $7631 \mu\text{S cm}^{-1}$  tuvo el mejor comportamiento para las variables DT y LT, con medias de 6,16 y 123,93 respectivamente, el Tratamiento 1, evidencio el mejor comportamiento ya que obtuvo el menor número de HS. El ecotipo 4 presentó mejor comportamiento en el contenido de P y B con medias de 1,83 y 2,25. El boro mostró el mejor comportamiento con respecto a la época con una media de 1,54. A medida que aumentaba la conductividad eléctrica el crecimiento se vio afectado en todos los parámetros, mastrando en algunos tratamientos alguna resistencia y afectando significativamente nutrientes como el B, P y Cu. En algunos casos el crecimiento fue favorable debido a las precipitaciones lo cual genero lixiviación de sales, haciendo que las planta escaparan del estrés salino.

**Palabras claves:** Tratamientos, salinidad, Magdalena River, ecotipos, época,

## **ABSTRACT**

The salinity on the ground is one of soil degradation, which is defined as the concentration of soluble salts in the ground it is a limitant which has affected the production areas in our zone. The Mango Magdalena River, shows a growing production in those areas, due to its quality standars and commercial attributes. The objective of this work was to evaluate the salinity effevts on growth parameter in five ecotypes of Mago Magdalena River in the dry caribbean. To this end, saline solutions with electrical conductivities were applied <1084 uS cm-1, 1084 uS cm-1, 2163 uS cm-1, 4031 uS cm-1 y 7631 uS cm-1. The experimentla design used was divided in plots using the anoya-tukey test. The parameters evaluated were stem diameter (DT), stem length (LT), dry leaves (HS), total leaves (HT). The ratio of nutrients to age, treatment and ecotypes were also evaluated. As a result, we have that the treatment 4 of which EC was 7631 uS cm-1, had the best performance for the variables (DT) and (LT), with mean values of 6,16 and 123,93 respectively treatment 1 showed the best behaviour s it obtained less (HS). The ecotype 4 showed better behaviour in the P and B content with averages of 1,83 and 2,25. The boron showed the best performance compared to the time with am conductivity increased, growth was affected in al parameters, showing some resilience in some treatments and significantly affecting nutrients such as B, P and Cu. And some cases growth was led to teaching of salts, causing plants to escaoe from saline stress.

**Keywords:** Treatments, salinity, Magdalena River ecotypes, epoch

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	<b>4</b>
<b>CONTENIDO</b> .....	<b>6</b>
<b>Lista de tablas</b> .....	<b>7</b>
<b>Lista de Figuras</b> .....	<b>8</b>
<b>Lista de símbolos</b> .....	<b>9</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>11</b>
<b>1. PROCESO INVESTIGATIVO</b> .....	<b>12</b>
1.1. Marco teórico .....	<b>12</b>
1.2. Antecedentes .....	<b>15</b>
<b>2 METODOLOGÍA</b> .....	<b>16</b>
2.1. Localización geográfica .....	<b>16</b>
2.2 Material vegetal.....	<b>16</b>
2.3Diseño experimental.....	<b>16</b>
<b>3 RESULTADOS</b> .....	<b>19</b>
3.1Parámetros físicos .....	<b>19</b>
3.2Parámetros químicos .....	<b>24</b>
<b>4 DISCUSIÓN</b> .....	<b>31</b>
<b>5CONCLUSIÓN</b> .....	<b>34</b>
<b>6 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	<b>35</b>

**LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Matriz de correlaciones/p-valor. Variables DT, LT, HS y HT .....29

Tabla 2. Matriz de correlaciones/p-valor. Variables N Total, P, Ca, Mg, K,  
Na, Fe, Mn, Cu, Zn, B y S. ....34

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. DT vs Tratamiento. n=40, error estándar=0.08, p-valor=0.0713 .....	30
Figura 2. DT vs EP. n=25, error estándar=0.11, p-valor<0.0001 .....	30
Figura 3. LT vs Tratamiento. n=40, error estándar=2.59, p-valor=0.0122. ....	31
Figura 4. LT vs EP. n=25, error estándar=3.28, p-valor<0.0001 .....	31
Figura 5. HS vs Tratamiento. n=40, error estándar=0.47, p-valor<0.0001 .....	32
Figura 6. HS vs EP. n=25, error estándar=0.6, p-valor<0.0001. ....	32
Figura 7. HT vs Tratamiento. n=40, error estándar=2.39, p-valor=0.3778. ....	33
Figura 8. HT vs EP. n=25, error estándar=0,6, p-valor=0,0288. ....	33
Figura 9. P vs Tratamiento. n=10, error estándar=0.11, p-valor=0.0812. ....	37
Figura 10. P vs Ecotipos. n=10, error estándar=0.11, p-valor=0.6930. ....	38
Figura 11. P vs Época. n=25, error estándar=0.07, p-valor=0.0002. ....	38
Figura 12. Na vs Tratamiento. n=10, error estándar=148.55, p-valor<0.0001 .....	39
Figura 13. Na vs Ecotipo. n=10, error estándar=148.55, p-valor=0.7939. ....	39
Figura 14. Na vs Época. n=25, error estándar=93.95, p-valor=0.6657. ....	40
Figura 15. Na vs Tratamiento. n=10, error estándar=0.94, p-valor=0.2902 .....	40
Figura 16. Cu vs Ecotipo. n=10, error estándar=0.94, p-valor=0.0704. ....	41
Figura 17. Cu vs Época. n=25, error estándar=0.59, p-valor<0.0001. ....	41
Figura 18. B vs Tratamiento. n=10, error estándar=1.15, p-valor=0.1532 .....	42
Figura 19. Cu vs Ecotipo. n=10, error estándar=0.94, p-valor=0.1207 .....	42
Figura 20. Cu vs Época. n=25, error estándar=0.73, p-valor=0.0163 .....	43

## Lista de símbolos

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>B</b>	Boro
<b>CE</b>	Conductividad Eléctrica
<b>Cm</b>	Centímetro
<b>Cu</b>	Cobre
<b>DT</b>	Diámetro del tallo
<b>EC</b>	Ecotipos
<b>EP</b>	Época
<b>HS</b>	Hojas secas
<b>K</b>	Potasio
<b>LT</b>	Longitud del tallo
<b>M1</b>	Muestra inicial
<b>M4</b>	Muestra final
<b>Na</b>	Sodio
<b>P</b>	Fosforo
<b>T0</b>	Tratamiento testigo
<b>T1</b>	Tratamiento uno
<b>T2</b>	Tratamiento dos
<b>T3</b>	Tratamiento tres
<b>T4</b>	Tratamiento cuatro
<b>T5</b>	Tratamiento cinco
<b><math>\mu\text{S cm}^{-1}</math></b>	Microsiemens sobre centímetro

## INTRODUCCIÓN

El cultivo del mango es originario de Asia, sin embargo, Colombia es también una gran proveedora de mango, así se evidencia a lo largo de sus dieciséis departamentos, siendo el Tolima, uno de los principales productores. Esta especie, originaria de la India, está distribuida por todo el sudeste de Asia y el archipiélago malayo; se ha adaptado en diferentes pisos térmicos y nichos ecológicos. Se cultiva desde el nivel del mar hasta los 1.650 m de altitud. Su adaptación es tal que se ha generado el llamado mango “criollo” o naturalizado colombiano, gracias a la polinización cruzada que ha dado origen a más de 200 ecotipos o subpoblaciones (García, et al., 2009).

Otro departamento que es matriz de grandes variedades de Mango, es el Magdalena, gran productor de mango de azúcar y de hilaza. El Mango es un cultivo que se da en forma permanente, su principal característica es que es una planta silvestre, sin embargo, hoy su área tecnificada ha crecido casi en 100%. Otra característica importante de este fruto es que es climatérico, en otras palabras, se madura una vez cosechado, siendo su estado verde o pintón el apropiado para llegar al mercado y poder almacenarse durante algunos días, logrando que la maduración solo se dé en el momento de la comercialización (Ospino Rangel, 2016).

La salinidad por su parte, es una realidad que está degradando los suelos, el gran contenido de sustancias de cloruro de sodio está alterando el crecimiento de las plantas que como el mango ha incrementado en los últimos años su producción, pero que con el problema de la salinidad necesita de nutrientes que le ayuden a promover su crecimiento y por ende brindar una mejor cosecha en su producción. A partir de esto, surge la necesidad de conocer los rangos en que estas plantas resisten estas condiciones de salinidad, para ellos se evaluaron los efectos de la salinidad sobre parámetros de crecimiento de cinco ecotipos de mango Magdalena River en el Caribe seco de Santa Marta.

## 1. PROCESO INVESTIGATIVO

### 1.1 MARCO TEÓRICO

Los suelos sódicos son aquellos que se originan cuando el ion monovalente sodio desplaza otras bases del complejo de adsorción y se fija a esta estructura superficial, en un nivel de concurrencia que sobrepasa el 15 % entre los cationes intercambiables (Szabolcs, I.1994), las altas concentraciones de sodio en los suelos no sólo perjudican las plantas directamente, sino también degradan la estructura del suelo, disminuyendo la porosidad y la permeabilidad del agua Jenks, M. A. y otros (2005), estos suelos, que se caracterizan por presentar propiedades físicas y químicas desfavorables para el crecimiento y desarrollo de los cultivos que en ellos se desarrollan, necesitan prácticas especiales para su mejoramiento y manejo (Summer, E. M. y otros, 1993).

El mal drenaje también es una causa de salinidad y puede ser debido a un alto nivel freático o una baja permeabilidad del suelo, que no permite el lavado de sales. Por lo tanto, la eficiencia de lavado en vez de ser una solución, ayuda a que se acumulen más sales en el suelo. Esto ha llevado que muchas regiones donde se ha implementado el riego estén hoy salinizadas porque no se hicieron las obras de drenaje, situación común en las áreas bajo riego en Colombia (IDEAM, 2002).

Por otra parte, un estudio realizado en 10 fincas evidenció que en estas tierras se usan aguas para riego provenientes de los ríos Sevilla y Río frío, de canales de drenajes y de pozos profundos o agua del subsuelo. En las cuales se tomaron muestras tanto del agua de riego como del suelo "se encontraron suelos sódicos con drenaje deficiente y altos valores de pH, que oscilaba entre el 8,8 y 9,6". (Betin. T, 2017)

Según el origen, la salinidad en el suelo puede ser explicada por dos vías. La primera es la vía natural, ya sea por la cercanía al mar y la altura sobre el nivel del mar, la intemperización y la existencia de sales también son causas primarias de salinidad que se agudizan en condiciones heterogéneas de micro topografía mientras que las propiedades físico-químicas del perfil del suelo, como la textura, la estructura, la porosidad, la permeabilidad, la capacidad de retención de humedad y de intercambio catiónico, juegan un papel importante. De ahí que en regiones áridas y semiáridas esta situación es predominante, incluso, en áreas con mejores promedios anuales de precipitación, como en los climas trópicos secos y templados secos, la presencia de períodos secos más largos, puede condicionar la ocurrencia de procesos de salinización (Álvarez, A. y otros 2008). La segunda causa, es el resultado de las incorrectas prácticas agrícolas del suelo y el mal manejo del agua para el riego, lo cual permite la movilidad de las sales dentro del suelo y el transporte de las mismas a nuevos sitios. Esto es conocido como proceso de salinidad antrópica o secundaria, convirtiéndose la salinización de los suelos en una consecuencia del desarrollo de la sociedad humana (Álvarez, A. y otros 2008).

En cuanto al efecto que ejerce la salinidad en las plantas podemos considerar el estrés salino el cual causa reducción en el crecimiento y en el desarrollo de las plantas porque estas pueden sufrir tres tipos de estrés. Asimismo, se plantea que, como consecuencia de la combinación de estos estreses, un cuarto estrés se manifiesta en plantas expuestas a condiciones de salinidad. Estos son detallados a continuación:

1. Inducción de estrés hídrico.

2. Toxicidad ion específica, debido a la alta concentración de sodio y cloruro.
3. Desbalance nutricional, debido a los altos niveles de sodio y cloruro que reducen la captación de  $K^+$ ,  $NO^-$ ,  $PO_4^{3-}$  etc.
4. Incremento de la producción de especies reactivas de oxígeno que dañan las macromoléculas (Nawaz y otros, 2010).

En cuanto a la inducción de estrés hídrico, son muchas las discusiones generadas en cuanto los efectos provocados por la salinidad en el potencial hídrico ( $\psi$ ) de las plantas, llegando a la conclusión de que los componentes del  $\psi$  se afectan en condiciones de alta salinidad. La presencia en exceso de solutos en la solución del suelo produce una disminución del potencial osmótico ( $\psi \pi$ ) y, consecuentemente, del  $\psi$ . Por tanto, el balance hídrico de la planta en general se encuentra afectado, ya que, para mantener un gradiente entre el suelo y las hojas, que permita continuar con la absorción de agua, se debe generar un potencial hídrico mucho más negativo que el de la solución del suelo (Cristo E, y otros 2001).

Recapitulando el efecto que ocasiona el estrés osmótico en la célula y por tanto en el desarrollo de la planta, Munns (2005), ha resumido la secuencia de respuestas fisiológicas de una planta que está expuesta a niveles altos de salinidad. El encogimiento primeramente de las células en los primeros segundos o minutos. Horas después, las células restauran su forma original, pero se reduce la velocidad de la tasa de elongación. Días después, los cambios en la habilidad para la división y elongación celular entonces llevan a una disminución en la tasa de expansión y tamaño final; el crecimiento de las hojas es generalmente más sensible que el de las raíces. Semanas después, las plantas que acumulan sales a una tasa alta pueden empezar a perder las hojas más viejas.

Los procesos metabólicos inducidos por estrés hídrico incluyen una disminución de la fotosíntesis, la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS por sus siglas en inglés) y la producción de hormonas vegetales como el ácido abscísico (Bartels, D. y otros, 2005). En consecuencia, el estrés osmótico provocado por el bajo  $\psi$  en el suelo, reduce los rendimientos de una amplia variedad de cultivos en el mundo (Munns, R. 2005).

Varios resultados pueden ejemplificar los efectos del estrés osmótico o lo que es consecuencia del mismo el estrés hídrico en plantas cultivadas. En este caso, algunos estudios han planteado que el efecto osmótico provocado por la salinidad, restringe la absorción de agua por las raíces, lo que repercute en el estado hídrico de toda la planta de arroz (Morales D, y otros 2004).

Santa Marta, es una ciudad ubicada al nivel del mar donde los problemas de salinidad son frecuentes, sumado a esto está el mal uso del suelo que hacen los seres humanos regando con insecticidas no aptos los sembradíos de diferentes árboles frutales entre los cuales se encuentran el mango.

Por tratarse de un producto exportable como fruta fresca y de industrialización, el cultivo de mango se considera de importancia a nivel nacional y consecuentemente a nivel local, por lo tanto, es de suma importancia buscar alternativas que permitan incrementar la producción y calidad de frutos para atender la demanda del mercado extranjero y aumentar ese porcentaje de participación en exportaciones a nivel mundial.

En la Costa Caribe Colombiana, los pocos cultivos existentes se encuentran en la ciudad capital del Magdalena – Santa Marta, y en los municipios de Ciénaga, Valledupar y en Zambrano principalmente (SAG, 2006).

## 1.2 ANTECEDENTES

En pro de enriquecer la información, se hace necesario indagar sobre otras investigaciones relativas al caso de estudio, es así como se encontró una investigación realizada por: Flores Estrada en el año 2014, la cual título: “Evaluación de un fertilizante foliar orgánico y uno químico aplicados en dos etapas de desarrollo en la producción de mango variedad tommy atkins; Río Hondo, Zacapa”. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar en el cultivo de mango (*Mangifera indica*; *Anacardiaceae*), variedad Tommy Atkins, un fertilizante foliar orgánico y uno químico aplicados en dos etapas de desarrollo, y su efecto en la producción y crecimiento del fruto. La evaluación se realizó en la aldea Jesús María, Río Hondo, Zacapa, finca “Los Trapiches”. El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar, en un arreglo bifactorial.

Las variables de respuesta evaluadas fueron: producción de frutos, diámetro de fruto, calibre, rendimiento, costos e ingresos. Con base en los resultados obtenidos se concluye que los fertilizantes evaluados influyeron de la misma manera sobre la producción de frutos, en el rendimiento total de cajas por hectárea exportables y el desarrollo de diámetro en tamaños de exportación calibre 14's.

Además, se determinó que el fertilizante foliar orgánico influye en el rendimiento con tamaños de exportación de primera 6's, 8's, 9's asperjándolo en la etapa de desarrollo “canica” a los 30 y 40 días después de la floración. En términos económicos, el costo de aplicación del fertilizante foliar orgánico es menor comparado con el químico, por ello el tratamiento de fertilizante orgánico aplicado a los 30 y 40 días después de la floración es recomendado por presentar el mayor beneficio neto, aplicando 1 cc por litro de agua a razón de 5 litros de solución por árbol (Flórez Estrada, 2014).

Otro interesante antecedente estuvo relacionado con la investigación realizada por: Lamz Piedra, y González Cepero en el año 2013, la cual denominaron: “La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal, solución inmediata para Cultivos Tropicales. Dicen los autores que la salinidad de los suelos afecta la producción de alimentos a escala mundial, mostrando una tendencia a aumentar en los próximos años a nivel mundial, así como para el territorio cubano, donde este fenómeno medioambiental, independientemente de las condiciones climáticas, ha acarreado procesos de degradación de los suelos, perjudicando los rendimientos de cultivos de gran interés en la economía nacional. El estrés salino provocó cambios fisiológicos y bioquímicas en el metabolismo de las plantas, que determinaron su subsistencia, así como su productividad en estas condiciones, para lo cual las plantas desarrollaron mecanismos de tolerancia.

El mejoramiento genético, ofreció un aumento, tanto en la recuperación de áreas subutilizadas, como en los rendimientos en aquellas zonas donde la salinidad es un factor limitante, lo cual se trabaja por diversas vías. Teniendo en cuenta que la selección de plantas tolerantes a la salinidad es un proceso determinadamente largo, se trabajó en la búsqueda de indicadores eficientes para la selección temprana de genotipos con mejor comportamiento agronómico. Estos aspectos son abordados en este trabajo enfocando el mejoramiento como una herramienta eficaz para la selección de genotipos de diferentes cultivos con mejor comportamiento ante el estrés salino (Lamz Piedra y otros, 2013).

## 2. METODOLOGÍA

**2.1 Localización geográfica:** El trabajo se realizó en el centro de desarrollo agrícola y forestal de la Universidad del Magdalena (Figura 2), Ubicada en el distrito de Santa Marta, departamento del Magdalena; en una zona de vida de Monte espinoso tropical (me-T), según Holdridge, con coordenadas geográficas 74° 11' 5,33" de longitud oeste y 11° 13' 28,98" de latitud norte, 7 m de altura sobre el nivel del mar, y 28 °C de temperatura promedio anual (IDEAM, 2002)

**2.2 Material Vegetal.** Para obtener los materiales evaluados, se visitaron diferentes municipios del Magdalena, trasladando muestras representativas del mango Magdalena River, de tal manera que, el ecotipo 1, provino de Curumani, el ecotipo 2 de Bonda, el ecotipo 3 de Calabazo, el ecotipo 4 de Ciénaga y el ecotipo 5 de Guachaca.

### 2.3 Diseño experimental:

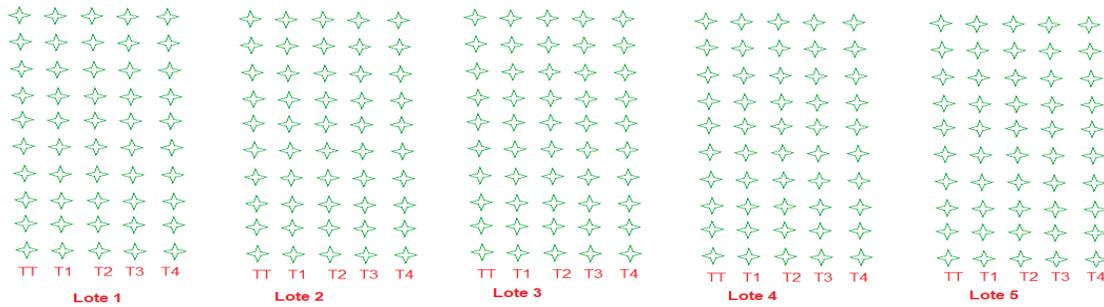
Los tratamientos fueron distribuidos en campo en un diseño de parcelas divididas.

El estudio fue descriptivo y se llevó a cabo mediante los siguientes procesos: La práctica inicio el día 12 de agosto del 2019. Diariamente, se prepararon cinco tratamientos de agua salinizada así:

- T0: Control. La conductividad Eléctrica (C.E) debía ser menor a 1084  $\mu\text{S cm}^{-1}$
- T1: Tratamiento 1: la C.E aproximada a 1084  $\mu\text{S cm}^{-1}$
- T2: C.E aproximada a 2143  $\mu\text{S cm}^{-1}$
- T3: C.E aproximada a 4031  $\mu\text{S cm}^{-1}$
- T4: C.E aproximada a 7631  $\mu\text{S cm}^{-1}$

Los tratamientos fueron preparados en el laboratorio con una mezcla de agua de la pluma y agua destilada para aproximar la salinidad a los rangos requeridos y conformar el tratamiento control.

Para los demás tratamientos se tomó agua de la pluma y se le agregó sal hasta lograr las respectivas conductividades. Luego se trasladaban las sustancias salinizadas a la granja (centro de desarrollo agrícola) de la universidad en donde se contaban con 5 lotes de mango de hilacha. Se trajeron cinco muestras de cada ecotipo, donde se logró traer para su estudio 50 muestras en cada lote (figura 2).



**Figura 2.** Distribución de los tratamientos en campo

*Fuente: equipo de ejecución del proyecto*

### **Tratamientos sobre los lotes**

A cada planta se le aplicaban 500ml de agua salinizada previamente preparada durante 4 meses.

Inicio 12 de agosto

Final: 7 de diciembre de 2019.

### **Muestreos**

con periodicidad quincenal, se midió el diámetro del tallo, longitud del tallo, número de hojas secas y número de hojas totales para un total de 8 muestreos durante los 4 meses.

Para el seguimiento de la precipitación durante la aplicación de tratamientos, se contó con datos suministrados por METEABLU, página web con modelos climáticos que se acercan mucho a la realidad dada la falta de información en la zona de estudio (figura 3).

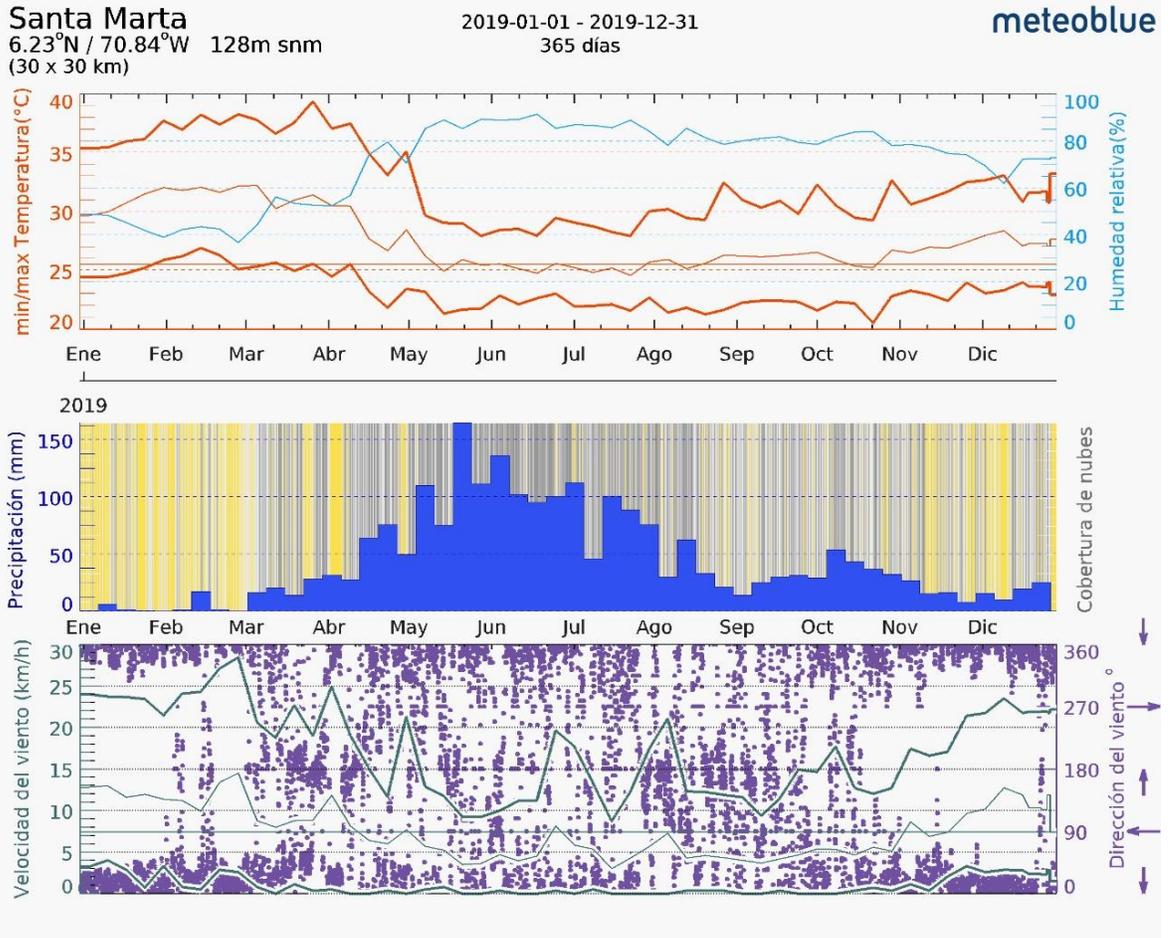


Figura No.3. Comportamiento de la temperatura, precipitación, humedad relativa y velocidad del viento durante el estudio

En cuanto al aspecto metodológico, se utilizó la metodología descrita por (Alcudia Aguilar et al., 2017) consistente en el empleo de un diseño experimental de parcelas divididas, siendo los tratamientos el agua con diferentes concentraciones salinas.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Parámetros físicos

Los resultados de la tabla 1 tenemos los valores de la correlación de Pearson en la diagonal inferior y los p-valor en la diagonal superior para las variables DT, LT, HS y HT (Ver tabla 1).

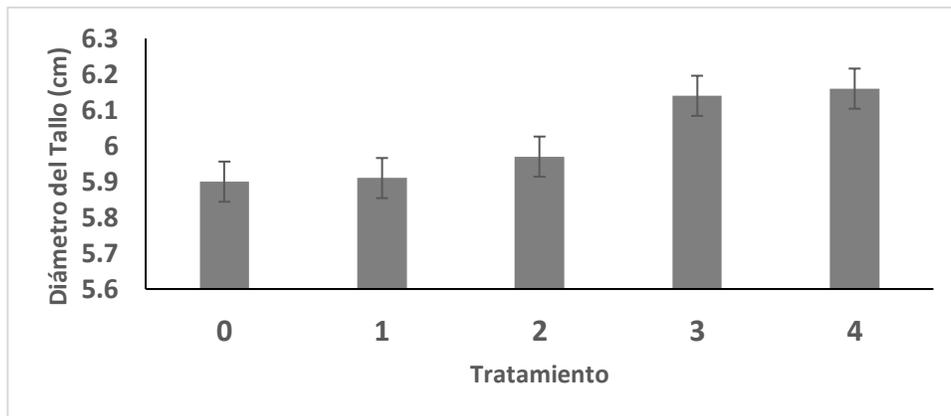
Tabla 1. Matriz de correlaciones/p-valor. Variables DT, LT, HS y HT. \*Significativo al 5%, \*\*Muy Significativo al 1%, \*\*\*Muy muy significativo al 0.1%, \*\*\*\*Realmente muy significativo al 0,01%

Pearson\P-valor	DT	LT	HS	HT
DT	1	<0.0001****	<0.0001****	0.1480
LT	0.5436	1	<0.0001****	0.0056**
HS	0.4065	0.2979	1	0.0695
HT	0.1027	0.1950	-0.1286	1

El análisis de correlación mostró con alto nivel de significancia ( $p < 0,0001$ ), asociación positiva entre las variables DT y LT ( $r = 0,5436$ ), DT y HS ( $r = 0,4065$ ), DT y HT ( $r = 0,1480$ ), LT y HS ( $r = 0,2979$ ) y entre LT y HT ( $r = 0,1950$ ). Igualmente, permitió determinar asociación negativa entre las variables HS y HT ( $r = -0,1286$ )

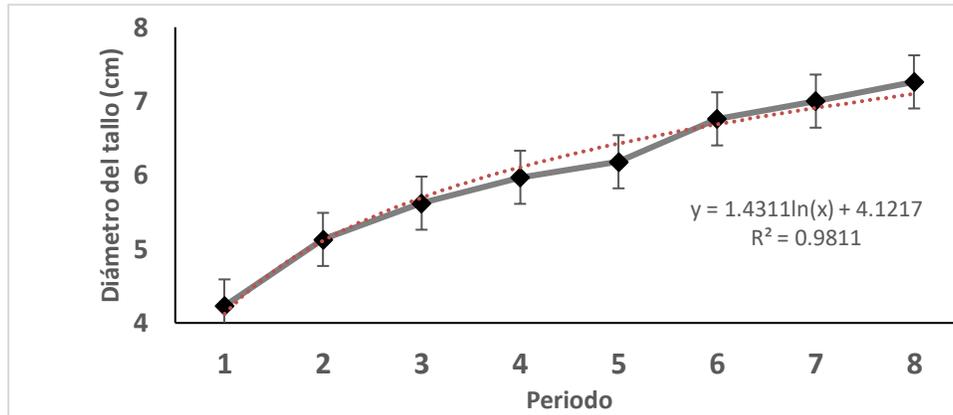
El valor medido del DT no presentó diferencias significativas entre las medias de las dosis utilizadas en la prueba de anova-tukey para los tratamientos ( $p\text{-valor} = 0.0713$ ). En las medias de los Tratamientos 3 y 4 tuvieron el mayor desempeño del crecimiento del DT mientras que los tratamientos 0, 1 y 2 mantuvieron un menor desempeño (ver figura 1).

Figura 1. DT vs Tratamiento.  $n = 40$ , error estándar = 0.08,  $p\text{-valor} = 0.0713$ .



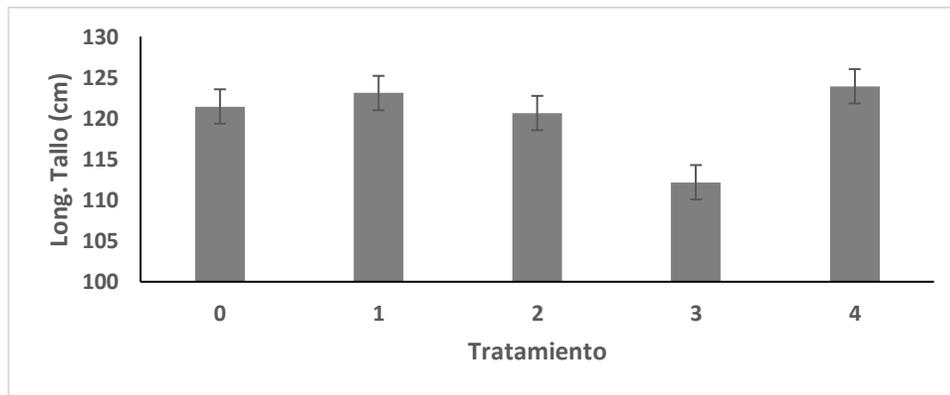
El comportamiento de los DT tuvo un crecimiento logístico, en el cual empezó a aumentar a mayores cantidades de dosis visto en la prueba de anova-tukey para los EP ( $p$ -valor $<0.0001$ ). Se pudo observar que, luego de EP (un mes) de aplicación de la condición de estrés, las medidas del DT comenzaron a disminuir en los tratamientos (ver figura 2).

Figura 2. DT vs EP.  $n=25$ , error estándar=0.11,  $p$ -valor $<0.0001$ .



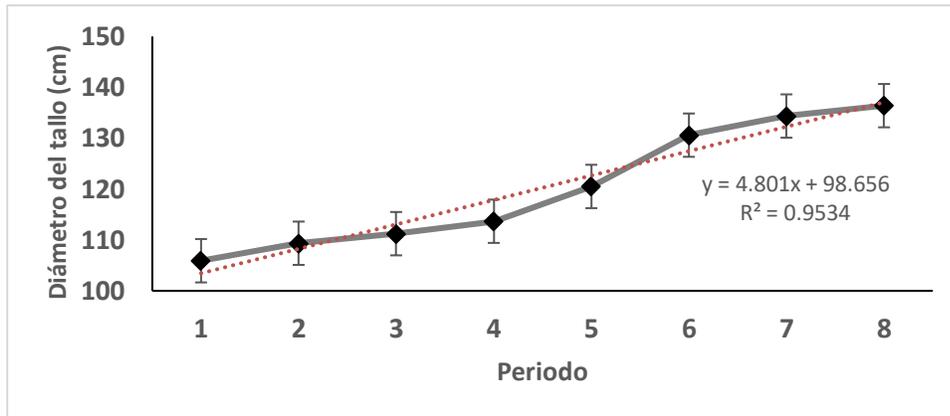
El valor medido del LT presento diferencias significativas entre las medias de las dosis utilizadas en la prueba de anova-tukey para los tratamientos ( $p$ -valor= 0.0122). En las medias de los tratamientos 1 y 4 tuvieron el mayor desempeño del crecimiento del DT mientras que los tratamientos 0 y 2 tuvieron un desempeño medio y el tratamiento 3 mantuvo un menor desempeño (ver figura 3).

Figura 3. LT vs Tratamiento.  $n=40$ , error estándar=2.59,  $p$ -valor=0.0122.



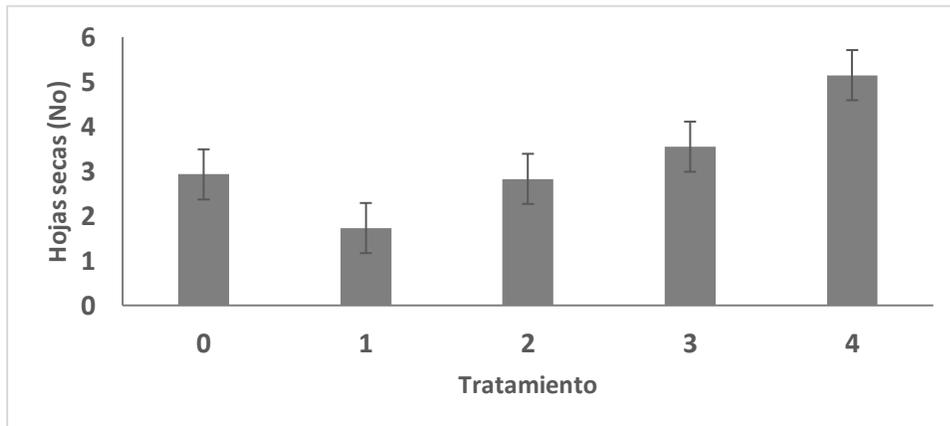
El comportamiento del crecimiento del LT tuvo un crecimiento lineal, en el cual aumentó durante los 3 EP, pero luego de EP 4 empezó a aumentar a mayores cantidades de dosis visto en la prueba de anova-tukey para los EP (p-valor<0.0001). Se pudo observar que, luego de EP 5 de aplicación de la condición de estrés, las medidas del LT comenzaron a aumentar en los tratamientos (ver figura 4).

Figura 4. LT vs EP. n=25, error estándar=3.28, p-valor<0.0001.



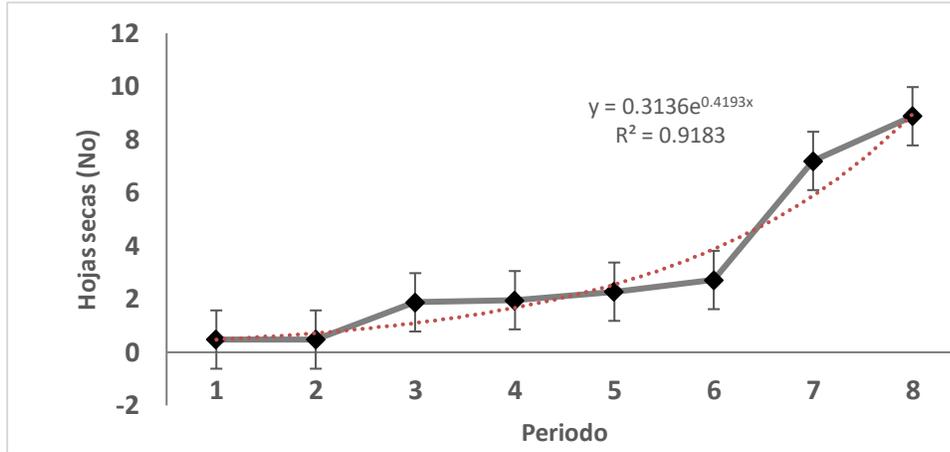
El valor medido del HS presento diferencias significativas entre las medias de las dosis utilizadas en la prueba de anova-tukey para los tratamientos (p-valor<0.0001). En la media del tratamiento 4 se mostró mayor número de hojas secas (HJ) debido al efecto de la dosis empleada (ver figura 5).

Figura 5. HS vs Tratamiento. n=40, error estándar=0.47, p-valor<0.0001.



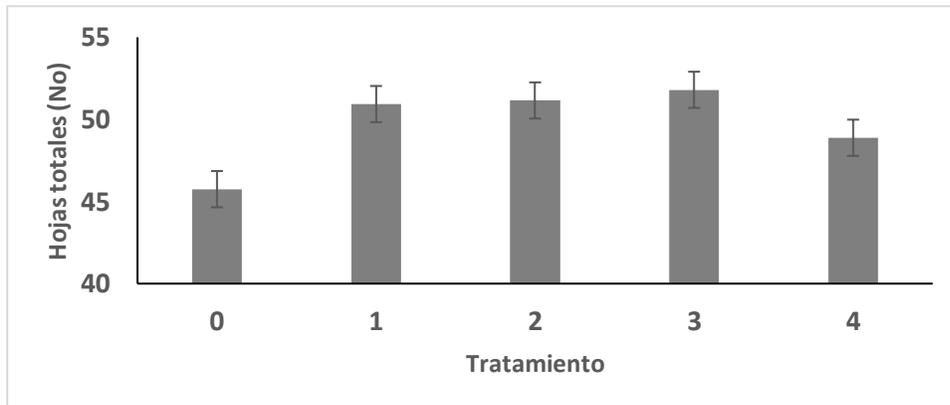
El comportamiento del crecimiento del HS tuvo un crecimiento exponencial, en el cual el EP 1 (2 semanas) disminuyó, luego se mantuvo constante durante EP 2 y 3 (4 a 6 semanas), pero luego de EP 3 empezó a aumentar a mayores cantidades de dosis visto en la prueba de anova-tukey para los EP ( $p$ -valor $<0.0001$ ). Se pudo observar que, luego de EP 6 (doce semanas) de aplicación de la condición de estrés, las medidas del HS comenzaron a aumentar en los tratamientos (ver figura 6).

Figura 6. HS vs EP.  $n=25$ , error estándar=0.6,  $p$ -valor $<0.0001$ .



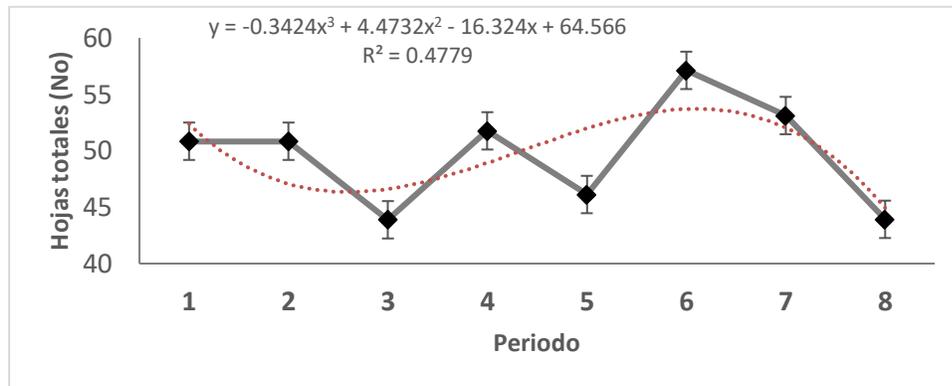
El valor medido del HT no presento diferencias significativas entre las medias de las dosis utilizadas en la prueba de anova-tukey para los tratamientos ( $p$ -valor= 0.3778). En las medias de los tratamientos 1, 2 y 3 tuvieron el mayor desempeño del crecimiento del HT mientras que el tratamiento 4 se obtuvo un desempeño medio y el tratamiento 0 mantuvo un menor desempeño (ver figura 7).

Figura 7. HT vs Tratamiento.  $n=40$ , error estándar=2.39,  $p$ -valor=0.3778.



El comportamiento del crecimiento del HT tuvo un crecimiento polinómico de tipo cubico, en el cual disminuyo durante los 3 primeros EP (seis semanas), pero luego de EP 3 empezó a aumentar a mayores tasas y luego disminuyo nuevamente en EP 6 (doce semanas) visto en la prueba de anova-tukey para los EP (p-valor=0.0288). Se pudo observar que, luego de EP 3 a 6 (seis a doce semanas) de aplicación de la condición de estrés, las medidas del HT comenzaron a aumentar en los tratamientos (ver figura 8).

Figura 8. HT vs EP. n=25, error estándar=0,6, p-valor=0,0288.



### 3.2 Parámetros químicos

Los resultados de la tabla 2, muestran los valores de la correlación de Pearson en la diagonal inferior y los p-valor en la diagonal superior (Ver tabla 2).

Tabla 2. Matriz de correlaciones/p-valor. Variables N Total, P, Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Cu, Zn, B y S. \*Significativo al 5%, \*\*Muy Significativo al 1%,

\*\*\*Muy muy significativo al 0.1%, \*\*\*\*Realmente muy significativo al 0,01%

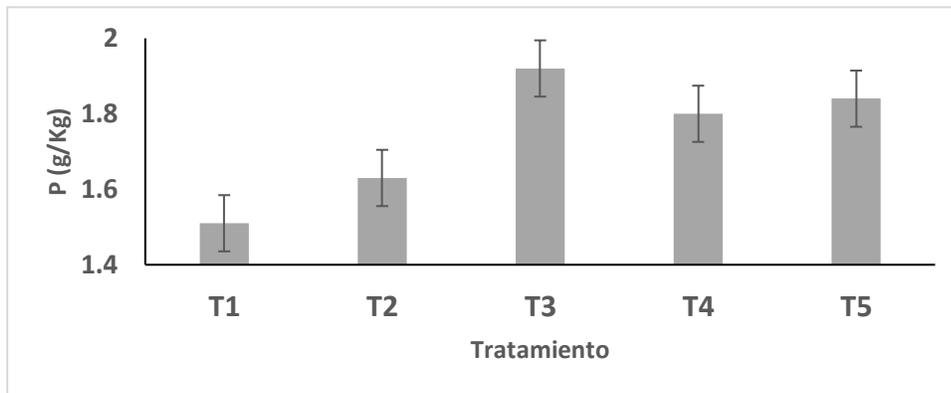
Pearson\P-valor	N Total (g/kg)	P (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	K (g/kg)	Na (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	B (mg/kg)	S (g/kg)
N-Total(g/kg)	1	2.2E-04***	0.09	0.55	0.0022**	0.5	0.02*	0.81	0.17	0.48	0.03*	0.01**
P(g/kg)	0.5	1	0.98	0.42	0.01**	0.31	0.11	0.08	2.4E-04***	0.11	0.02*	0.98
Ca(g/kg)	0.24	0.0029	1	0.52	0.95	0.76	0.04*	0.12	0.13	0.22	0.07	0.69
Mg(g/kg)	-0.09	0.12	-0.09	1	0.44	0.66	1.9E-07****	0.03*	0.09	2.8E-04***	0.52	0.73
K(g/kg)	0.42	0.39	-0.01	0.11	1	0.7	0.1	0.27	0.05*	0.22	0.91	0.14
Na(mg/kg)	0.1	0.15	-0.04	-0.06	0.06	1	0.2	0.11	0.37	0.88	0.9	0.97
Fe(mg/kg)	-0.33	-0.23	-0.29	0.66	-0.24	0.18	1	1.7E-08****	0.2	1.9E-06****	0.83	0.84
Mn(mg/kg)	-0.03	-0.25	-0.22	0.3	-0.16	0.23	0.7	1	0.12	2.5E-04***	0.36	0.05*
Cu(mg/kg)	0.2	0.5	-0.21	0.24	0.28	0.13	0.18	0.22	1	0.0017**	0.01**	0.86
Zn(mg/kg)	0.1	0.23	-0.18	0.49	-0.18	0.02	0.62	0.5	0.43	1	0.69	0.71
B(mg/kg)	0.31	-0.32	0.26	-0.09	-0.02	0.02	-0.03	0.13	-0.34	-0.06	1	0.71
S(g/kg)	0.37	0.0035	-0.06	0.05	0.21	-0.0047	-0.03	0.28	0.03	-0.05	0.05	1

Los valores de la matriz (ver tabla 2), mostró una relación positiva moderada entre N total y los siguientes nutrientes P de ( $r=0,5$ ), K de ( $r=0.42$ ), B de  $0.31$  ( $r=0.42$ ) y S es  $0.37$  ( $r=0.42$ ). por el contrario, N total y Fe evidenció relación negativa de ( $r=-0.33$ ).

Con respecto a los valores de P, este mostró una relación positiva entre P y K es  $0.39$  ( $r=0.39$ ) y P y Cu es  $0.5$  ( $r=0.5$ ), los siguientes nutrientes también estuvieron enmarcados por una relación positiva entre ellos como; Mg y Mn es  $0.3$  ( $r=0.3$ ), K y Fe es  $0.28$  ( $r=0.28$ ), Mg y Fe es  $0.66$  ( $r=0.66$ ), Fe y Mn es  $0.7$  ( $r=0.7$ ), Fe y Zn es  $0.66$  ( $r=0.62$ ), Mn y Zn es  $0.5$  ( $r=0.5$ ), Mn y S es  $0.28$  ( $r=0.28$ ), Cu y Zn es  $0.43$  ( $r=0.43$ ) y Mg y Zn es  $0.49$  ( $r=0.49$ ). También se evidenció relación negativa entre P y B es  $-0.32$  ( $r=-0.32$ ) Ca y F es  $-0.29$  ( $r=-0.29$ ) Cu y Zn es  $-0.34$  ( $r=-0.34$ ).

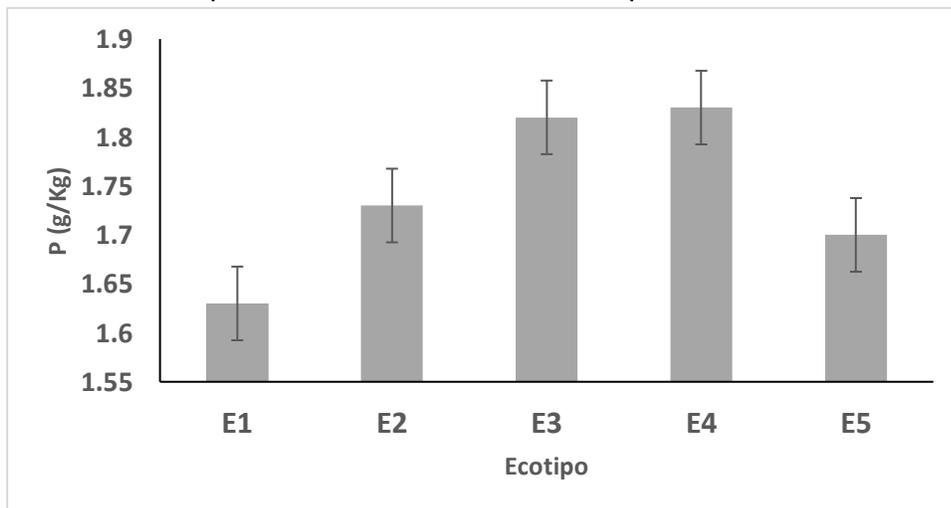
El valor medido del P no presento diferencias significativas entre las medias de los tratamientos utilizados en la prueba de anova-tukey para los tratamientos ( $p$ -valor= $0.0812$ ). En las medias de los tratamientos T3 tuvo el mayor desempeño del contenido del P mientras que los tratamientos T4 y T5 mantuvieron un desempeño medio y el tratamiento T1 y T2 tuvieron un menor desempeño (ver figura 9).

Figura 9. P vs Tratamiento.  $n=10$ , error estándar= $0.11$ ,  $p$ -valor= $0.0812$ .



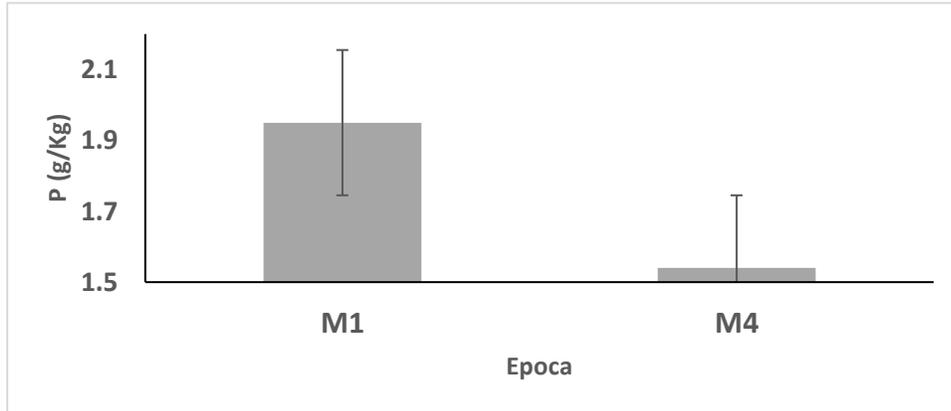
El valor medido del P no presento diferencias significativas entre las medias de los ecotipos utilizados en la prueba de anova-tukey para los ecotipos ( $p$ -valor= $0.6930$ ). En las medias de los ecotipos E3 y E4 tuvieron el mayor desempeño del contenido del P mientras que los ecotipos E2 y E5 mantuvieron un desempeño medio y ecotipo E1 tuvo un menor desempeño (ver figura 10).

Figura 10. P vs Ecotipos.  $n=10$ , error estándar= $0.11$ ,  $p$ -valor= $0.6930$ .



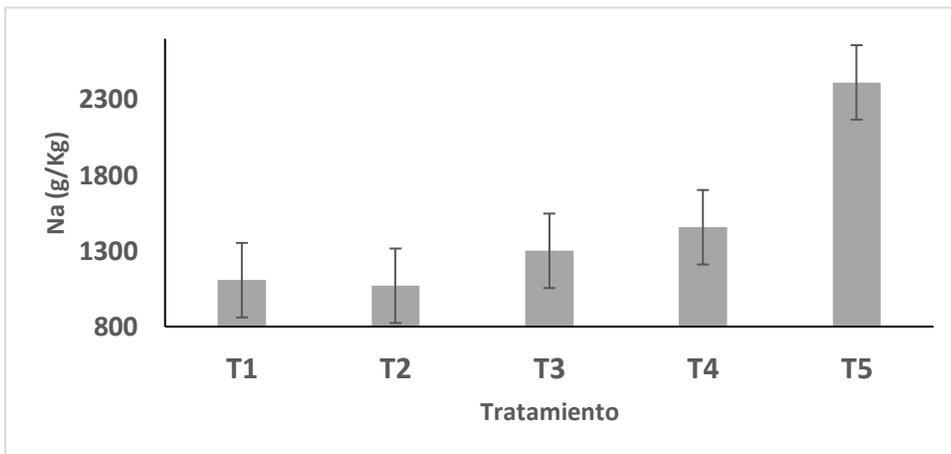
El valor medido del P presento diferencias significativas entre las medias de las épocas utilizados en la prueba de anova-tukey para las épocas ( $p$ -valor=0.0002). En las medias de las épocas M1 tuvo el mayor desempeño del contenido del P mientras y M4 mantuvo un desempeño menor desempeño (ver figura 11).

Figura 11. P vs Época.  $n=25$ , error estándar=0.07,  $p$ -valor=0.0002.



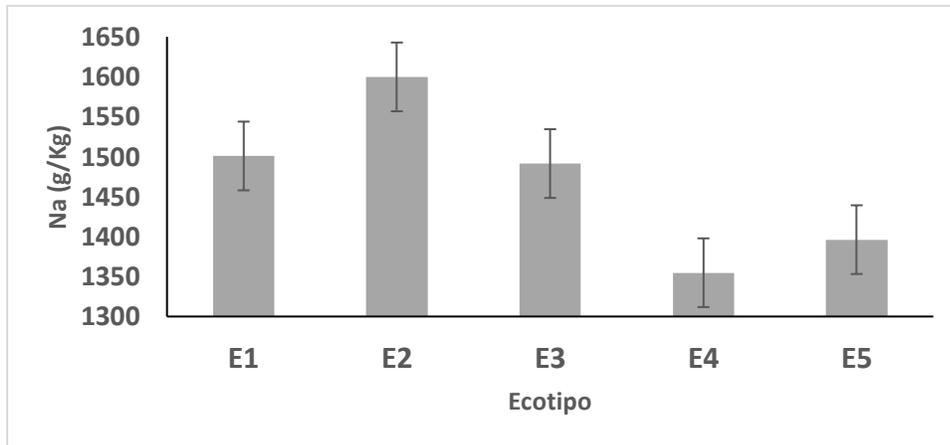
El valor medido del Na no presento diferencias significativas entre las medias de los tratamientos utilizados en la prueba de anova-tukey para los tratamientos ( $p$ -valor<0.0001). En las medias de los tratamientos T5 tuvo el mayor desempeño del contenido del Na mientras que los tratamientos T3 y T4 mantuvieron un desempeño medio y el tratamiento T1 y T2 tuvieron un menor desempeño (ver figura 12).

Figura 12. Na vs Tratamiento.  $n=10$ , error estándar=148.55,  $p$ -valor<0.0001.



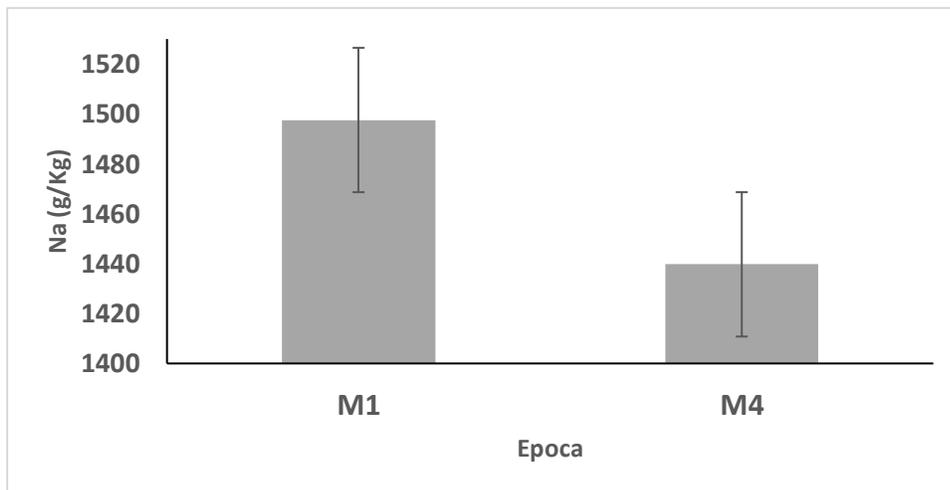
El valor medido del Na no presento diferencias significativas entre las medias de los ecotipos utilizados en la prueba de anova-tukey para los ecotipos ( $p$ -valor=0.7939). En las medias el ecotipo E2 tuvo el mayor desempeño del contenido del Na mientras que los ecotipos E1 y E3 mantuvieron un desempeño medio y el ecotipos E4 tuvo un menor desempeño (ver figura 13).

Figura 13. Na vs Ecotipo.  $n=10$ , error estándar=148.55,  $p$ -valor=0.7939.



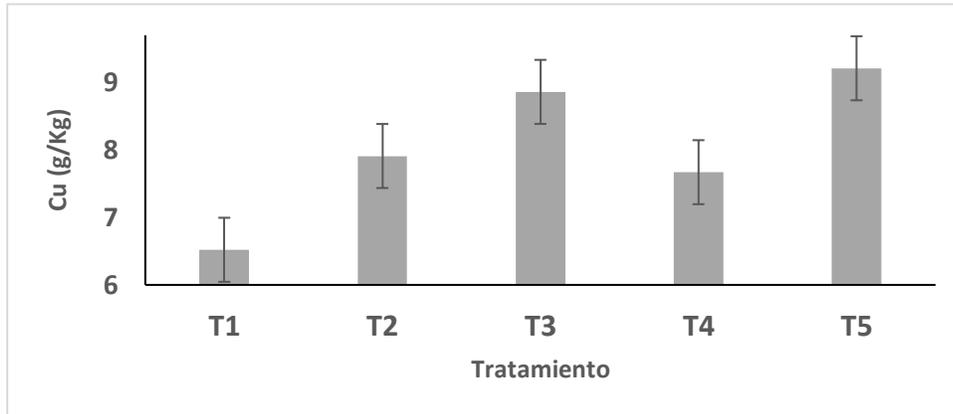
El valor medido del Nano presento diferencias significativas entre las medias de las épocas utilizados en la prueba de anova-tukey para las épocas ( $p$ -valor=0.6657). En las medias de las épocas M1 tuvo el mayor desempeño del contenido del Na mientras y M4 mantuvo un desempeño menor desempeño (ver figura 14).

Figura 14. Na vs Época.  $n=25$ , error estándar=93.95,  $p$ -valor=0.6657.



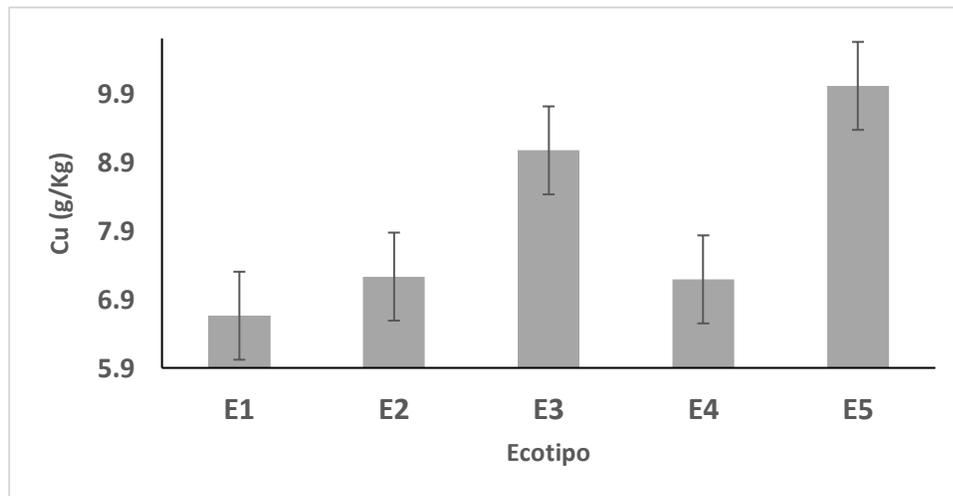
El valor medido del Cu no presento diferencias significativas entre las medias de los tratamientos utilizados en la prueba de anova-tukey para los tratamientos ( $p$ -valor $<0.0001$ ). En las medias de los tratamientos T3 y T5 tuvieron el mayor desempeño del contenido del Cu mientras que los tratamientos T2 y T4 mantuvieron un desempeño medio y el tratamiento T1 tuvo un menor desempeño (ver figura 15).

Figura 15. Na vs Tratamiento.  $n=10$ , error estándar=0.94,  $p$ -valor=0.2902.



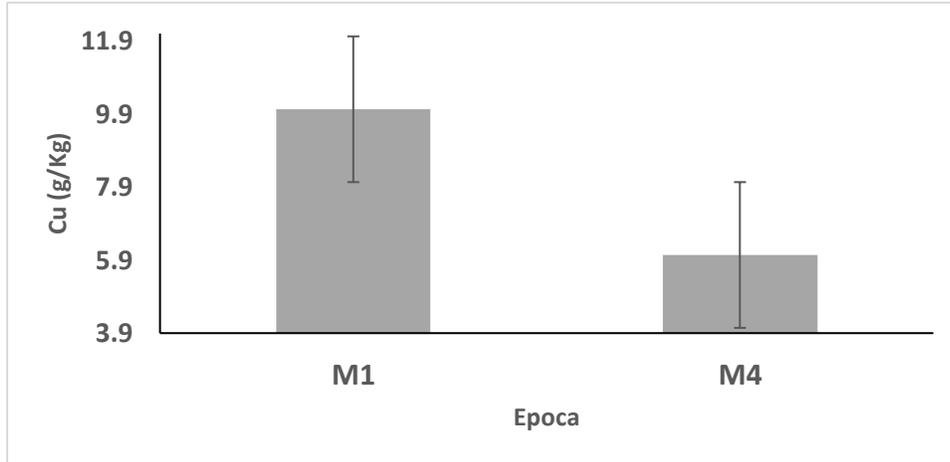
El valor medido del Cu no presento diferencias significativas entre las medias de los ecotipos utilizados en la prueba de anova-tukey para los ecotipos ( $p$ -valor=0.0704). En las medias el ecotipo E5 tuvo el mayor desempeño del contenido del Cu mientras que los ecotipos E1 y E3 mantuvieron un desempeño medio y el ecotipos E4 tuvo un menor desempeño (ver figura 16).

Figura 16. Cu vs Ecotipo.  $n=10$ , error estándar=0.94,  $p$ -valor=0.0704.



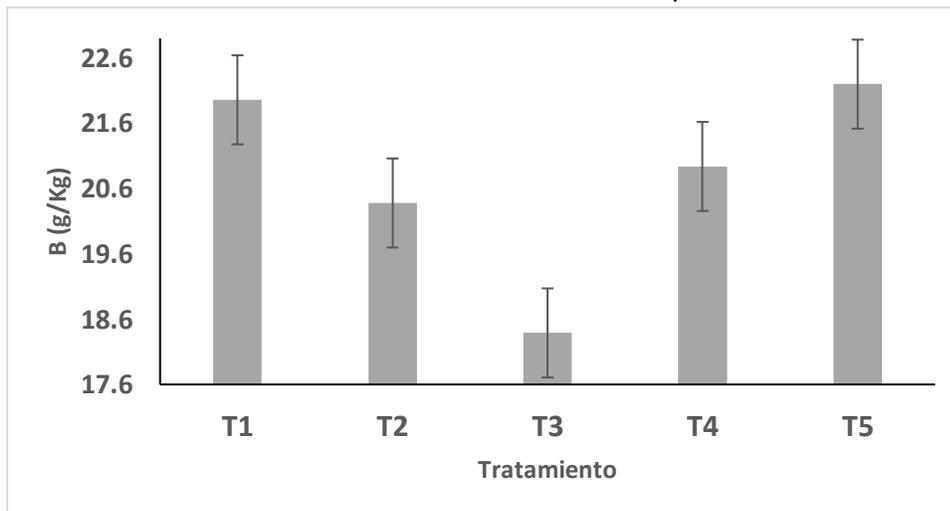
El valor medido del Cu presento diferencias significativas entre las medias de las épocas utilizados en la prueba de anova-tukey para las épocas ( $p$ -valor $<0.0001$ ). En las medias de las épocas M1 tuvo el mayor desempeño del contenido del Cu mientras y M4 mantuvo un desempeño menor desempeño (ver figura 17).

Figura 17. Cu vs Época.  $n=25$ , error estándar=0.59,  $p$ -valor $<0.0001$ .



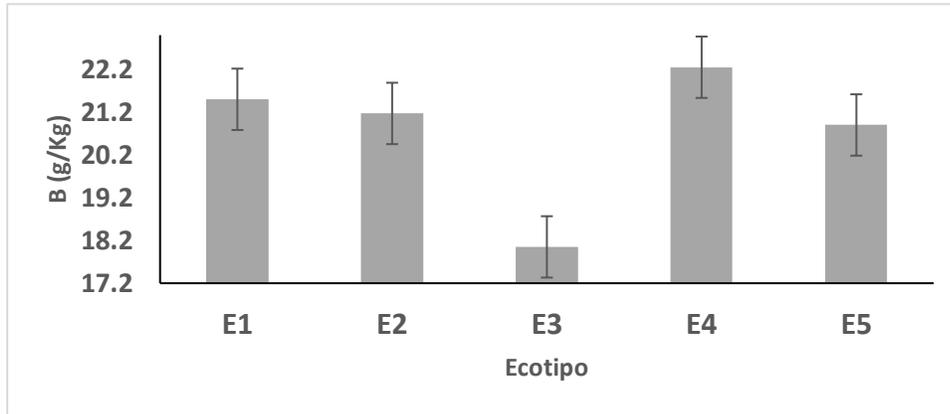
El valor medido del B no presento diferencias significativas entre las medias de los tratamientos utilizados en la prueba de anova-tukey para los tratamientos ( $p$ -valor=0.1532). En las medias de los tratamientos T1 y T5 tuvieron el mayor desempeño del contenido del B mientras que los tratamientos T2 y T4 mantuvieron un desempeño medio y el tratamiento T3 tuvo un menor desempeño (ver figura 18).

Figura 18. B vs Tratamiento.  $n=10$ , error estándar=1.15,  $p$ -valor=0.1532



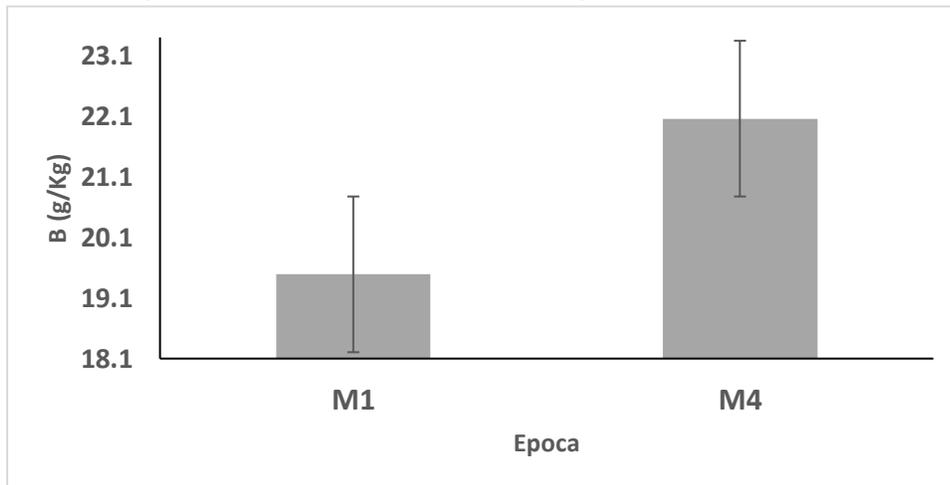
El valor medido del B no presento diferencias significativas entre las medias de los ecotipos utilizados en la prueba de anova-tukey para los ecotipos (p-valor=0.1207). En las medias el ecotipo E4 tuvo el mayor desempeño del contenido del B mientras que los ecotipos E3 tuvo un menor desempeño (ver figura 19).

Figura 19. Cu vs Ecotipo. n=10, error estándar=0.94, p-valor=0.1207



El valor medido del B presento diferencias significativas entre las medias de las épocas utilizados en la prueba de anova-tukey para las épocas (p-valor=0.0163). En las medias de las épocas M4 tuvo el mayor desempeño del contenido del B mientras y M1 mantuvo un desempeño menor desempeño (ver figura 20).

Figura 20. Cu vs Época. n=25, error estándar=0.73, p-valor=0.0163.



## 4 DISCUSIÓN

Los cultivos en general ven afectado su rendimiento y calidad en su estado nutricional, en el estudio realizado “Impacto de la salinidad sobre parámetros de crecimiento en cinco ecotipos de mango Magdalena River en el Caribe seco de Santa Marta Colombia”, se determinó que la salinidad sobre los parámetros del crecimiento del Magdalena River, tiene un impacto negativo, pues de no llevar un adecuado control del suelo y los nutrientes se verá afectado en su crecimiento y por ende en su producción.

Para controlar su crecimiento y producción se hace necesario un análisis muy preciso, porque la nutrición es un factor importante en el crecimiento de las plantas, especialmente en las que han sido tomadas como escenario para el estudio presentado “Magdalena River”. Por otra parte, si se espera lograr un buen diagnóstico, los análisis antes mencionados no se pueden hacer por separados, pues el análisis de suelo y los análisis foliares o de tejido vegetal se complementan entre sí, permitiendo el conocimiento real sobre el impacto causado por la salinidad y la nutrición de las plantas en sus diferentes etapas de crecimiento. En pro de determinar cuál es el estado nutricional de una planta, es preciso llevar las muestras a laboratorio donde se puedan determinar los elementos esenciales más importantes para el desarrollo de las plantas.

Según la FAO (2005), en años recientes, se estimó que 400 millones de hectáreas son afectadas por procesos de salinización y, de 230 millones de hectáreas tecnificadas con riego, el 20% presentan algún grado de salinización y el 10%, tienen riesgo de salinización, por la formación de diferentes tipos de sales. Las áreas con mayor cantidad de suelos salinos, se manifiesta en zonas costeras y llanuras de la región Caribe, en los valles interandinos y en las zonas costeras de la región del Pacífico (FAO, 2005).

El proceso demostró que a mayor cantidad de sal disminuye su tamaño en el diámetro del tallo, así mismo se puede evidenciar que el tratamiento 4 cuyo crecimiento fue de 6,1 cm fue el que mayor crecimiento tuvo, siendo este el tratamiento que mayor dosis de sal se le aplicó, lo que demuestra que algunas plantas adquieren mecanismos de defensa y/o tolerancia al estrés salinos debido a la asociación de células con distintas funciones como; absorción, transporte y asimilación de carbono enfrentadas a condiciones ambientales distintas. (Yeo, 1998). Como se apreció en la medida que se aumentó la concentración de sal, se afectó el crecimiento de la planta en el transcurso del tiempo estudiado

La longitud del tallo sin duda es una de las variables que también define el crecimiento de las plantas, como se pudo observar una vez más, el tratamiento 4, resultó con mejor comportamiento al igual que el tratamiento 1, siendo estos los que mayor crecimiento lograron durante la aplicación de sal. Por otro lado, observamos que el tratamiento 3 fue el que más se vio afectado en su longitud. Alexis et al., (2013) exponen que la disminución de masa seca del área foliar se atribuye a los daños fotosintéticos, además de retrasar los procesos de división y diferenciación celular, este comportamiento puede diferir en algunas plantas según sus sistemas de adaptación a los cambios ambientales, según (María et

al.,2005) en los resultados obtenidos en la evaluación de la salinidad en semillas de diferentes sitios de procedencia, la tolerancia a la salinidad depende del tipo de planta que se vaya a emplear en la producción , y que el efecto de la salinidad entre especies, depende de la variabilidad genética que existe en las poblaciones. Por esto mismo se puede explicar entonces el comportamiento que hubo entre los ecotipos evaluados donde el ecotipo 4 mostró el mejor comportamiento durante el periodo de aplicación.

La osmorregulación o ajuste osmótico, que llevan a cabo las plantas al crecer, en condiciones de salinidad, confiere a estas la capacidad de tolerar condiciones de escasez de agua y salinidad elevada, con la expresión de mecanismos adaptativos, que consisten en disminuir su potencial osmótico interno para compensar el potencial osmótico externo y, de esta manera, mantienen la actividad enzimática, evitan la disminución de la fotosíntesis, las alteraciones en la traslocación, la distribución de los foto asimilados y las consecuentes pérdidas de rendimiento (Szabolcs, I. 1994).

Las plantas han desarrollado este mecanismo de ajuste osmótico que les permite mantener la absorción de agua y la presión de turgencia bajo condiciones de estrés. El ajuste osmótico está basado en la acumulación activa de solutos, utilizando tanto iones tales como  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  y sintetizando solutos orgánicos compatibles, como por ejemplo prolina, colina, glicina-betaína, betaína, polioles y azúcares solubles (Zhu, J. K, 2002).

El comportamiento de los tratamientos a treves del tiempo resultaron ser favorables lo que se les tribuye a las épocas de lluvia que se dieron durante la aplicación de sales. Según el modelo climático por METEOBLUE este periodo corresponde al mes de octubre, en donde se puede observar un aumento de la precipitación a 50mm, lo que explica que la sal fue removida del suelo por lixiviación.

El número de hojas secas sin duda alguna se vio reflejada según la dosis de sal aplicada, es decir, a mayor cantidad de sal, mayor fue el número de hojas secas. La causa de la lesión es probablemente debido a la carga de sales excediendo la habilidad de la célula de compartimentar sales en vacuola. Por esto, se asocian al efecto iónico, daños como disminución o inhibición de la actividad enzimática o alteraciones en la funcionalidad de la membrana (Munns, R 2005).

La salinidad de los suelos puede proceder de distintas causas, unas veces es original y responde a rocas formativas del suelo son salinas y por ello la constitución del mismo presenta el defecto desde su origen; otras lo son de formación, se encuentran entre éstos los suelos marinos y délticos, donde el constituyente no salinizado arrastrado por el río va a depositarse en zonas de estuario en el mar y al contacto con las aguas cargadas de sales sufren el proceso de cambio de bases, pasando de suelos normales a suelos sódicos (FAO, 1976).

En la absorción de nutrientes el fosforo y el Cobre fueron unos de los elementos que mayor se vieron afectados por la aplicación de sal, mostrando niveles superiores al inicio pero que al final disminuyeron significativamente tal como se explica al inicio del informe por (Crito E, y otros 2001), sobre el desbalance nutricional debidos a los altos niveles de sodio

y cloruro, el cual generan un impacto en el potencial osmótico reduciendo la captación de nutrientes por parte de la planta.

Así mismo, el sodio tuvo una significativa reducción a través del tiempo. Este fenómeno se les atribuye a las altas precipitaciones que evidencia el modelo climático de METEOBLUE. Lo que causa la extracción de sales solubles del suelo.

Por el contrario, el Boro durante los periodos de aplicación, mostró un aumento relevante. (Pla, I y Dappo, F 1977) afirman que la acumulación de Boro, Sodio y Cloro, presentan efectos tóxicos en la planta a consecuencia del estrés osmótico debido a procesos de altos niveles de sal en el suelo.

## 5. CONCLUSIÓN

Al terminar esta investigación, se concluye que los tratamientos salinos no parecieron influir sobre alguno nutrientes, no obstante, las variaciones fueron puntuales en los diferentes tratamientos, ecotipos y épocas. Los parámetros de crecimiento evaluados mostraron un impacto significativo logrando un desbalance osmótico en la planta, impidiendo así el desarrollo normal y que estuvieron directamente relacionados a la solución de sal aplicados.

Con base a los resultados se puede concluir que el tratamiento 4 mostró una gran tolerancia a la salinidad, siendo este el que mayor crecimiento del diámetro y de longitud tuvo durante el periodo de aplicación de sal, en el número de hojas secas el tratamiento 1, fue el que tuvo menor número de hojas secas, el tratamiento 3, el mayor número de hojas totales.

Así mismo, se observó que las plantas a las que se aplicó el tratamiento 3 se vieron afectadas por la salinidad en cuanto al crecimiento de la longitud del tallo.

El ecotipo de Mango Magdalena River que mostró mejor comportamiento con respecto a la asimilación de nutrientes tales como el P y B, fue el ecotipo 4.

Durante la época de aplicación de la solución salina se presentó una alta precipitación que llevo a la lixiviación de sales. Se recomienda para un próximo ensayo la instalación de plantas en un invernadero o algún protector contra las lluvias. Además, también se recomienda prolongar el periodo de ensayo, para lograr evidenciar con mayor contundencia la disminución total del crecimiento y deterioro de las plantas.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Álvarez, A.; Baños, R. y Otero, L. Salinidad y uso de aguas salinas para la irrigación de cultivos y forrajes en Cuba. *Ciencia y Tecnología Ganadera*, (2008), vol. 2, no. 1, p. 1-12
- Bartels, D. y Sunkar, R. Drought and salt tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, (2005), vol. 24, p. 23-58.
- Betin, T. (2017) La sal de la tierra afecta producción de banano en el Magdalena, *El Heraldo*. Recuperado de:
  - <https://www.elheraldo.co/magdalena/la-sal-de-la-tierra-afecta-produccion-debanano-en-el-magdalena-389805>
- Pla, I y Dappo, F 1977 Evaluación de los procesos de salinización de suelos bajo riego (1997) p.244
- Cristo, E.; González, M. C.; Cárdenas, R. M. y Pérez, N. Evaluación de la tolerancia a la salinidad en el estado juvenil de tres nuevas líneas de arroz (*Oryza sativa* L.) utilizando marcadores morfoagronómicos. *Cultivos Tropicales*, (2001), vol. 22, no. 2, p. 43-45.,
- Flórez Estrada, Julio Cesar. “Evaluación de un fertilizante foliar orgánico y uno químico aplicados en dos etapas de desarrollo en la producción de mango variedad tommy atkins; Río Hondo, Zacapa”, (2014). Guatemala de la Asunción.
- GARCIA, J.; SANDOVAL, A.; FORERO F. 2009. Atributos de calidad del mango criollo para la agroindustria. Boletín técnico. Centro de investigación Nataima Espinal Tolima.
- IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2002). Zonificación de los procesos de salinización de los suelos de Colombia. subdirección de geomorfología y suelos. 44p. Recuperado de: <http://bdigital.unal.edu.co/55737/1/71394585.pdf>.
- Jenks, M. A. y Hasegawa, P. M. *Plant Abiotic Stress*. India. Blackwell Publishing Ltd, 2005, p. 270

- Jenks, M. A. y Hasegawa, P. M. Plant Abiotic Stress. India. Blackwell Publishing Ltd, 2005, p. 270
- Lamz Piedra, Alexis; González Cepero, María C. La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata Cultivos Tropicales, vol. 34, núm. 4, octubre-diciembre, (2013), pp. 31-42 Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas La Habana, Cuba
- METEABLUE, 2019 modelos climaticos, recuperado de [https://www.meteoblue.com/es/tiempo/semana/santa-marta\\_colombia\\_3668605](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/semana/santa-marta_colombia_3668605)
- Munns R. y Tester M. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology, (2008), vol. 59, no. 651-681.
- Munns, R. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environ, (2002), vol. 20, p. 239-250. Bartels
- Munns, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. New Phytologist, (2005), vol. 167, p. 645-663.
- Ospino Rangel, Raúl. Historia del mango en el Magdalena. (2016).
- Rhoades, J.; Kandiah, A y Mashali, A. The use of saline waters for crop production. FAO Irrigation and Drainage paper. (1992), p. 48
- Summer, E. M. Sodio soils: New perspectives. Australian Journal Soil Research. (1993), vol. 31, p. 683-750
- Szabolcs, I. Salt affected soils as the ecosystem for halophytes. En: V.R. Squires, et al. (Editors): Halophytes as a resource for livestock and for rehabilitation of degraded lands. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. (1994), p. 19-24)
- Toro, Julio Cesar. Estado del arte. Análisis y perspectivas sobre la producción de frutales en el occidente colombiano. Pronatta de Occidente, (2000). Cali – Colombia.
- YEO, A.R. Molecular biology of salt tolerance in the context of whole-plant physiology. Journal of Experimental Botany (1998) 49: 915-929.
- Zhu, J. K. Salt and drought stress signal transduction in plants. Annu. Rev. Plant Biol., (2002), vol. 53, p. 247–273.