



EFFECTO DE LA SALINIDAD Y LA TOLERANCIA DEL SUELO EN CINCO
ECOTIPOS DE MANGO MAGDALENA RIVER SOMETIDOS A DIFERENTES
CONDICIONES SALINAS EN SANTA MARTA COLOMBIA.

HENRY DAVID CARVAJAL SIMANCA

UNIVERSIDAD MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA AGRONÓMICA
SANTA MARTA, COLOMBIA
2021

EFFECTO DE LA SALINIDAD Y LA TOLERANCIA DEL SUELO EN CINCO
ECOTIPOS DE MANGO MAGDALENA RIVER SOMETIDOS A DIFERENTES
CONDICIONES SALINAS EN SANTA MARTA COLOMBIA.

HENRY DAVID CARVAJAL SIMANCA

Trabajo de Grado Como Requisito Para Optar el Título de Ingeniero Agrónomo

Director (a):

Nelson Virgilio Piraneque Gambasica

Codirector (a)

Sonia Esperanza Aguirre Forero

Línea de Investigación:

Nutrición vegetal – Relaciones Agua Suelo – Planta – Atmósfera

Grupo de Investigación:

Suelo – Ambiente y Sociedad

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

2021

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:

A mi mamá, **Osiris del Carmen Simanca Rocha** por haberme apoyado en todo momento.

Mi tía, **Oralvis María Simanca Rocha** Por su constante ayuda, colaboración y apoyo.

AGRADECIMIENTOS

Son tantas las personas que forman parte de la vida de otra, que sin duda alguna hay que darles gracias a todos, empezando por agradecer a Dios por habernos regalado la vida, sin él no hubiese sido posible el estar en este mundo. Gracias te doy Señor, por tu infinita misericordia, por acogerme bajo tu mando, darme sabiduría, a lo largo de la preparación profesional en pro de conseguir un título y conocimientos suficientes para beneficiar a otros.

Hago extensivo los agradecimientos a todas aquellas personas que de una u otra manera ayudaron a la formación profesional, a mi mamá Osiris Simanca Rocha, a mis tías, Oralvis Simanca y Nuris Carvajal, a mis amigos (a) Layde de la Valle, María Quintana, Mayra Leones, Stiven Pertuz, Gian Celedón, Paula Giraldo, Karen Hernández, Ciro estrada, Yesselis López, Luis Ortiz.

De la misma manera agradezco a toda la planta educativa de la Universidad del Magdalena por contribuir al crecimiento personal y profesional.

Al docente Nelson Virgilio Piraneque Gambasica, director de tesis y a la Codirector Sonia Esperanza Aguirre Forero, por sus orientaciones y paciencia a la hora de revisar y retroalimentar los avances del proyecto.

A todos muchas gracias.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo de determinar el efecto salino y la tolerancia a la salinidad de cinco ecotipos de mango Magdalena River sometidos a diferentes condiciones salinas en Santa Marta, Colombia. Se aplicaron cinco soluciones salinas de diferente concentración que corresponde a conductividades eléctricas de $<1084 \mu\text{S cm}^{-1}$, $1084 \mu\text{S cm}^{-1}$, $2163 \mu\text{S cm}^{-1}$, $4031 \mu\text{S cm}^{-1}$ y $7631 \mu\text{S cm}^{-1}$. En un diseño experimental de parcelas divididas. Se evaluó parámetros agronómicos como la biomasa relativa, la biomasa área (BMA), biomasa de la raíz (BMR), biomasa total (BMT), masa seca área (MSA), masa seca de la raíz (MSR) y masa seca total (MST), producidas en condiciones creciente de estrés salino y se determinó el índice de susceptibilidad y el índice de tolerancia de los ecotipos. Los resultados permitieron verificar que el ecotipo 5 fue el que mayor tolerancia mostró a la salinidad, expresando en menos número de hojas quemadas y mayor producción de biomasa. Los ecotipos 2 y 5, con mejor comportamiento en ISS y TOL. Puede ser objetivo de estudio para ser incorporados en programas de mejoramiento para incrementar la tolerancia a estrés salino.

Palabras claves: Tratamientos, salinidad, Magdalena River, ecotipos, tolerancia.

ABSTRACT

The present work was carried out with the objective of determining the salinity effect and salinity tolerance of five ecotypes of Magdalena River mango subjected to different saline conditions in Santa Marta, Colombia. Five saline solutions of different concentrations corresponding to electrical conductivities of $<1084 \mu\text{S cm}^{-1}$, $1084 \mu\text{S cm}^{-1}$, $2163 \mu\text{S cm}^{-1}$, $4031 \mu\text{S cm}^{-1}$ y $7631 \mu\text{S cm}^{-1}$. In a split-plot experimental design. Agronomic parameters such as relative biomass, biomass area (BMA), root biomass (BMR), total biomass (BMT), area dry mass (MSA), root dry mass (MSR) and total dry mass (MST), produced under increasing salt stress conditions, were evaluated and the susceptibility index and tolerance index of the ecotypes. The results showed that ecotype 5 was the most tolerant to salinity, with the lowest number of leaves burned and the highest biomass production. Ecotypes 2 and 5, with better performance in ISS and TOL. They can be the target of study to be incorporated in breeding programs to increase tolerance to salinity stress.

Keywords: Treatments, salinity, Magdalena River, ecotypes, tolerance.

Contenido	
INTRODUCCIÓN	11
1. PROCESO INVESTIGATIVO	13
1.1 Planteamiento del problema	13
1.2 Formulación del problema.....	16
1.2.1 Pregunta problema	18
1.3 Justificación	18
1.4 Objetivos	21
1.4.1 Objetivo general.....	21
1.4.2 Objetivos específicos	21
2. MARCO REFERENCIAL	22
2.1 BASES TEÓRICAS.....	22
2.1.1 La salinidad.....	22
2.1.2 Tolerancia a la salinidad	25
2.1.3 El cultivo de mango	25
2.2 Marco legal	28
3. METODOLOGIA.....	31
3.1 Tipo de estudio	31
3.3 Resultados	34
3.4 Discusión	60
4. CONCLUSIÓN	62
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	63

Lista de figuras

Figura 1. Evolución de la salinidad en los suelos afectados por sales.	15
Figura 2. Magnitud y severidad de la degradación de suelos por salinización.	19
Figura 3. Variedades mejoradas	30
Figura 4. Arreglo de los tratamientos en el CDAF para determinar la tolerancia del mango Magdalena River en condiciones semiáridas	¡Error! Marcador no definido.
Figura 5. Prueba anova-tukey de BMA vs Ecotipo.	35
Figura 6. Gráfico de caja y bigote para BMA vs Ecotipo	36
Figura 7. Prueba anova-tukey de BMR vs Ecotipo.	37
Figura 8. Gráfico de caja y bigote para BMR vs Ecotipo	38
Figura 9. Prueba anova-tukey de BMR vs Muestreo	38
Figura 10. Prueba anova-tukey de BMT vs Ecotipo.	39
Figura 11. Gráfico de caja y bigote para BMT vs Ecotipo	40
Figura 12. Prueba anova-tukey de BMT vs Muestreo	40
Figura 13. Prueba anova-tukey de CE vs Tratamiento	41
Figura 14. Gráfico de caja y bigote para CE vs Tratamiento	42
Figura 15. Gráfico de caja y bigote para Hum vs Ecotipo.	43
Figura 16. Prueba anova-tukey de MSA vs Ecotipo	44
Figura 17. Gráfico de caja y bigote para MSA vs Ecotipo.	44
Figura 18. Gráfico de caja y bigote para MSA vs Muestreo	45
Figura 19. Prueba anova-tukey de MSR vs Muestra.	46
Figura 20. Gráfico de caja y bigote para MSR vs Ecotipo.	46
Figura 21. Prueba anova-tukey de MST vs Muestra.	47
Figura 22. Gráfico de caja y bigote para MST vs Ecotipo.	48
Figura 23. Prueba anova-tukey de Temp vs Muestra.	49
Figura 24. Gráfico de caja y bigote para Temp vs Muestra.	49

Lista de tablas

Tabla 1. Matriz de correlaciones. Variables BMA, BMR, BMT, CE, Hum, MSA, MSR, Temp.	34
Tabla 2. Matriz de correlaciones/p-valor. Variables N, 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%.	50
Tabla 3. Matriz de correlaciones/p-valor. Variables Ph, C, MO, P, Ca, Mg, K, Na, CIC, Fe, Mn, Cu, Zn, B, S, SO ₄ , NO ₃ y HCO ₃ . *Significativo al 5%, **Muy Significativo al 1%, ***Muy muy significativo al 0.1%, ****Realmente muy significativo al 0,01%.	53
Tabla 4. Matriz de correlaciones/p-valor. Variables P, Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Cu, Zn, B, S, N, Nf, Pf, Caf, Mgf, Kf, Naf, Fef, Mnf, Cuf, Znf, Bf, y Sf. *Significativo al 5%, **Muy Significativo al 1%, ***Muy muy significativo al 0.1%, ****Realmente muy significativo al 0,01%.	56
Tabla 5. SSI (INDICE DE SUSCEPTIBILIDAD A SALINIDAD) y INDICE DE TOLERANCIA (TOL).	59

INTRODUCCIÓN

10 países productores acumulan el 79% de la producción de mango en el mundo, con India (36%) y China (10%) a la cabeza. Colombia participa con el 0,55% de la producción mundial ocupando la posición 23 entre 93 países productores (FAO, 2015). Según esta, Colombia se encuentra entre los 20 países con mayores rendimientos por hectárea a nivel mundial. Con una producción de 13,3 t/ha, el país supera el promedio mundial de 10.65 t/ha. Colombia sigue la tendencia de los países pequeños productores los cuales presentan los más altos rendimientos por hectárea en la producción de mango.

De acuerdo a los datos reportados para Agronet (2015), tanto el área sembrada como la producción de mango han tenido un aumento sostenido en los últimos años. Cundinamarca se mantiene como departamento líder en área de mango con 8.399 hectáreas representando el 39% del total nacional. Tolima con 33% y Magdalena 9.40% ocupan el segundo y tercer lugar en área sembrada respectivamente.

A nivel mundial, los suelos afectados por sales, ocupan cerca del 20% del área de irrigación del mundo. Se estima que se pierden al año cerca de 1.5 millones de hectáreas de suelos irrigados, lo cual resulta en una reducción de aproximadamente once mil millones de dólares en la productividad agrícola, debido al aumento de concentración de sales en el espesor de suelo donde se desarrolla el sistema radical de los cultivos (Bronwyn et al. 2007).

La salinidad es un problema que amenaza la calidad de los suelos agrícolas en todo el mundo, tan sólo en América Latina 31,000,000 Ha presentan este problema, destacando México, Perú, Colombia, Ecuador y Chile entre los más afectados. Éste es un factor limitante en la producción de alimentos pues los cultivos pierden su potencial de rendimiento en estas condiciones (INTAGRI, 2015). La salinidad por su parte, es una realidad que está degradando los suelos, 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 a brindar una mejor cosecha en su producción. El incremento de la salinidad del suelo, además de las aguas de riego con unas altas concentraciones de sales genera cambios en las condiciones del medio, que influyen desfavorablemente en el desarrollo de las plantas (Levitt, 1980).

Chinnusamy et al. (2005) afirman que entre las sales que principalmente afectan las plantas, se encuentran las relacionadas con sulfatos y cloruros de cationes citotóxicos provenientes de metales alcalinos y alcalinotérreos como calcio, sodio y magnesio.

Para reducir los efectos causados por la salinización sobre la productividad de los cultivos, es necesario emplear herramientas y mecanismos tolerantes a este factor. En la presente investigación se evaluó efecto de la salinidad y la tolerancia del suelo en cinco ecotipos de mango magdalena river sometidos a diferentes condiciones salinas en santa marta Colombia.

1. PROCESO INVESTIGATIVO

1.1 Planteamiento del problema

En proyectos de esta magnitud, se hace necesario conocer las variables que conforman el tema a investigar, en este caso se habla de salinidad, tolerancia, ecotipos de mango Magdalena River, el término salinidad, se refiere a una concentración de sales que hacen presencia en el suelo y por ende causan perjuicio a las plantas por su efecto tóxico y disminución de potencial osmótico del suelo. El proceso de salinidad más frecuente es el producido por el NaCl, sin embargo, los suelos salinos presentan distintas combinaciones de sales, presentando comúnmente cloruros y los sulfatos de Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ (Jenks, M. A. y Hasegawa, 2005).

Según Castellanos, (2000), el contenido de sales solubles del suelo, es uno de los factores limitantes en zonas áridas y semiáridas. La forma o estado de presentación es variable y estacional, y pueden encontrarse en el suelo precipitadas bajo la forma de cristales, disueltas en la solución, o retenidas, y/o adsorbidas en el complejo de cambio. El contenido en sales en cualquiera de estas tres situaciones está cambiando continuamente al ir variando la humedad edáfica, pasando éstas de una posición a otra (Dorronsoro, 2010).

De este modo, durante el periodo seco la cristalización aumenta, las sales en solución disminuyen, aunque la solución se concentra y aumentan las adsorbidas, mientras que, en el periodo húmedo, el comportamiento es inverso (Otero et al., 2002).

Jenks, y Hasegawa, (2005), afirman que las altas concentraciones de sodio en los suelos no sólo perjudican las plantas directamente, sino también degradan la estructura del recurso, disminuyendo la porosidad y la permeabilidad del agua.

Al respecto, de acuerdo con Adams, (1995) y Gómez, (2004), existen dos procesos evolutivos de los suelos salinos.

a) Que el calcio esté presente (en cantidad abundante con sodio en la solución del suelo), o, por el contrario, que no lo esté (o figure en pequeña proporción); en el primer caso, es absorbido con preferencia, de forma que el complejo adsorbente

está saturado principalmente de Ca^{2+} (Na^{+} en minoría); el perfil es poco diferenciado, estable y conserva su estructura grumosa;

b) El calcio esté ausente, predomina el ión Na^{+} (acompañado generalmente por el ión Mg^{2+}) en el complejo adsorbente; en presencia de agua dulce, las arcillas sódicas se hidrolizan, liberando el ion Na^{+} en solución (CO_3Na_2); el pH se eleva, las arcillas se dispersan y la estructura se degrada (Otero et. al., 2002). En la solución del suelo predominan los iones Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , Cl^{-} , SO_4^{2-} , HCO_3^{-} y CO_3^{2-} acompañados en cantidades menores por K^{+} que es retenido en el complejo de cambio. Las sales más frecuentes en suelos salinos son: NaCl , Na_2SO_4 , MgSO_4 , Na_2HCO_3 y Na_2CO_3 .

Los cloruros junto con los sulfatos son las principales sales formadas en este proceso. El calcio, el magnesio y el sodio son los cationes con mayor disposición a la unión con los cloruros y sulfatos para formar las sales. Los electrólitos de potasio, bicarbonatos, carbonatos y nitratos se encuentran en menor frecuencia (Otero et al., 2002).

La salinidad del suelo se mide a través de la conductividad eléctrica en extracto de saturación. Las sales solubles en el suelo determinan la presencia en solución de una serie de combinaciones de los cationes: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} y K^{+} y los aniones CO_3^{2-} , HCO_3^{-} , Cl^{-} , SO_4^{2-} , entre otros. El agua que contiene sales disueltas del tipo que normalmente se encuentran en el suelo, conduce la corriente eléctrica, aproximadamente en proporción a la cantidad de sal disuelta. Por lo tanto, la medida de la conductividad permite conocer la concentración total de los constituyentes ionizados (Desamparados y Pons, 2001).

El proceso anteriormente mencionado, es fundamental para tomar decisiones del manejo de suelo y cultivo o genotipo a establecer y el manejo del agua en el riego. Incluso a partir de ese dato se toma la opción de utilizar el suelo para fines agrícolas o no; sin embargo, es importante destacar que es vital conocer también, el tipo de sales que están presentes, por ejemplo: una sal de sulfato de calcio no representa mayor problema cuando no es excesivamente alta su concentración, pero una sal de bicarbonato o cloruro de sodio es en extremo más grave (Castellanos et al., 2000).



Figura 1. Evolución de la salinidad en los suelos afectados por sales.

Fuente: <https://www.tiloom.com/salinidad-de-suelos-y-la-toxicidad/>

El mango Magdalena River o mango de hilaza, es un fruto silvestre que, responde a las condiciones agroecológicas de la región del Magdalena: humedad relativa baja y alta luminosidad. Debido a su longevidad y su pico productivo de largo plazo (14 años después de la siembra), el Mango silvestre, permite una producción sostenida.

Durante los años 2007 y 2008, investigadores pertenecientes a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Agrosavia, identificaron las variedades de mango criollo que cumplen con las exigencias de la agroindustria de pulpa de fruta. Desde entonces, se identifica los mejores mangos criollos para mercado interno y exportación, ya que el Plan Nacional Frutícola liderado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, busca como objetivo, incrementar el área de producción de Mango para aprovechar la dinámica creciente de la demanda mundial (Ospino Rangel, 2016).

En el año 2015, la Universidad del Magdalena a través de su Programa de Ingeniería Agronómica, en asocio con ASOHOFrucol y la Federación Colombiana de Productores de Mango (FEDEMANGO), realizaron la firma oficial del convenio marco interinstitucional que cubija el lanzamiento del Diplomado Nacional e Internacional de Manejo Integrado del Mango, dirigido a profesionales, técnicos y productores del sector agrario de la Región Caribe, con especial énfasis en los departamentos del César, Magdalena, Atlántico y Córdoba.

La Federación Colombiana de Productores de Mango (FEDEMANGO), se creó en mayo del año 2013, con la finalidad de entregar una oferta estandarizada y certificada de la fruta, buscando que sea competitiva en el ámbito mundial, con una estrategia de rápidas renovaciones con variedades exportables y una tecnificación acelerada de los cultivos con apoyo estatal.

Similares funciones cumplen (ASOMCOR), Asociación de Productores de Mango de Azúcar y otras variedades del municipio de Ciénaga Magdalena y el Centro de Investigación de Agrosavia en Caribia Magdalena.

Por esta razón en febrero del año 2014, Fedemango y Corpoica (ahora Agrosavia), firmaron un convenio que busca soluciones tecnológicas en desarrollo genético, manejo fitosanitario, aprovechamiento sostenible, modernización de huertos, agregar valor a la producción primaria y vinculación de tecnologías en modelos productivos regionales. La idea es convertir la sede corporativa del Magdalena en uno de los centros hortofrutícolas más importantes del país. En el octubre del año 2016, la Secretaría de Desarrollo Económico del Departamento del Magdalena, presentó para su aprobación ante COLCIENCIAS, el proyecto de proceso de investigación y desarrollo científico para mejorar los rendimientos y la calidad del cultivo del mango a 1200 beneficiarios por un valor de 12 mil millones de pesos (Ospino Rangel, 2016).

1.2 Formulación del problema

Santa Marta, ciudad capital del departamento del Magdalena, es propensa a problemas de salinidad debido a su ubicación al nivel del mar, situación que impera problemas para la agricultura, por otra parte un factor que daña también el sistema de agricultura se da por las constantes fumigaciones que hacen los seres humanos según ellos para controlar la plaga que daña los sembrados pero logran un efecto contrario como lo es contaminando los suelos tornándolos no aptos para sembrar ninguna clase de árboles, situación ésta que alcanza a dañar el fruto de mango de hilaza o Magdalena River, científicamente denominado Mangifera, es un producto explotable como fruta fresca y de industrialización, importante tanto a nivel internacional, nacional y local, convirtiéndose en un verdadero reto para los

cultivadores buscar alternativas para incrementar la producción y calidad del fruto y poder exportarlo hacia el exterior.

La salinidad de los suelos es muy característica en regiones secas que, según la definición de la Convención de las Naciones Unidas para Combatir la Desertificación, incluyen regiones de clima hiperárido, árido, semiárido y subhúmedo seco (UNCCD, 1994)¹, que corresponden al 41% de la superficie terrestre (ONDTyD. 2014)². Además de las bajas concentraciones de materia orgánica y agua en los suelos, este tipo de zonas se caracterizan por presentar escasas precipitaciones, irregulares y con bajas frecuencias, y gran amplitud térmica entre el día y la noche. La limitada disponibilidad hídrica, sumada a la deficiente calidad de los suelos y su baja productividad por déficit de materia orgánica, determinan la inherente fragilidad de los ecosistemas áridos (Guida et al, 2016).

La falta de drenaje y algunas condiciones climáticas permiten la acumulación de sales en los suelos. Lo que llega a reducir hasta 2.000 hectáreas diarias la superficie de tierras agrícolas en el planeta, según el Instituto universitario de las Naciones Unidas para el Agua, el Medio Ambiente y la Salud, sumado a esto, está el mal drenaje que hacen de los suelos aquellos que se dedican a cultivar árboles frutales, en base a esta información, se debe tener conocimiento que un eficiente lavado no es la solución, porque ayuda a que se acumulen más sales en el suelo. (IDEAM, 2002).

Por otra parte, Agronet en el año (2014), publicó estadísticas donde manifiesta que existen alrededor de 2608 hectáreas de mango cultivadas, en las cuales el mango Magdalena River ha incrementado su área de producción. En comprobación de esta información, se acude a diferentes estudios realizados en varias donde se evidencia que en los suelos donde se cultiva, 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, entre 8,8 y 9,6", al terminar la información, el investigador realiza el siguiente interrogante:

1.2.1 Pregunta problema: ¿Qué efectos tiene la salinidad y cuál es la tolerancia del suelo en cinco ecotipos de mango Magdalena River sometidos a diferentes condiciones salinas en Santa Marta – Colombia?

1.3 Justificación

El mango es una especie frutícola tropical, originaria de la India. Perteneció a la familia botánica de las anacardiáceas y se ha adaptado a diferentes pisos térmicos debido a su rusticidad. Se cultiva desde el nivel del mar hasta los 1.650 metros de altitud. Su capacidad de 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 genéticas diferenciadas (CORPOICA & ASOHOFRUCOL, 2013).

El cultivo del mango en Colombia es importante por la gran aceptación que tiene esta fruta entre los consumidores, por su rentabilidad y por las amplias zonas aptas que existen para su explotación comercial tales como, la Costa Atlántica, los Valles Internos del Magdalena, el Cauca, Sinú y Patía y los Llanos Orientales, donde se pueden utilizar tierras cuyos suelos pueden ser limitantes para otros cultivos. En Colombia existen aproximadamente 4.000 ha de mango comercial y más de 10.000 ha de mango criollo (AGRONET, 2010).

El cambio climático modifica las condiciones de los suelos, particularmente en las costas. Ya que el incremento del nivel del mar provoca aumento de la salinidad (Caetano *et al.* 2010). También el cambio climático tiende a incrementar la frecuencia e intensidad de eventos hidrometeorológicos extremos, que afectan los ecosistemas (Ortiz-Pérez *et al.* 2010). La salinidad del suelo afecta la capacidad de las plantas para absorber agua y regular su temperatura; al volver inhóspito al suelo, afecta también la distribución de las raíces, lo que ocasiona deficiencias de nutrientes y desórdenes fisiológicos en las plantas (Xuet *et al.* 2014).

Los suelos afectados por salinidad tienen una concentración de sales más solubles que carbonato de calcio y yeso afectando el crecimiento de las plantas. La mayoría de los suelos afectados por elevadas concentraciones de sales se clasifican como Solonchakz y presentan una Conductividad Eléctrica superior a 4 Ohms/cm. La presencia de las sales afecta la asimilación de nutrientes por las plantas y la actividad microbiana del suelo (La FAO, 2020).

Metodológicamente 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.

Según el IDEAM 2017. 12% del área continental e insular de Colombia presenta algún grado de degradación de los suelos por salinización. El 2,5% de los suelos actualmente presenta degradación muy severa y severa localizados principalmente en los departamentos Magdalena, Atlántico, Cesar y Guajira (Figura 2).

Siendo la salinidad una limitante para estos cultivos sobre todo para el mango, y, teniendo en cuenta que el cultivar magdalena River se ha adaptado a diferentes condiciones edafo-climáticas, es necesario verificar si estos ecotipos presentan algún nivel de tolerancia, trabajo que aún no se ha realizado en la región Caribe Colombiana. Así, se espera identificar el (los)ecotipo(s) tolerantes, lo cual servirá de base para programas de mejoramiento genético.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general: Determinar el efecto salino y la tolerancia a la salinidad de cinco ecotipos de mango Magdalena River sometidos a diferentes condiciones salinas en Santa Marta, Colombia.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la biomasa relativa producida bajo condiciones crecientes de estrés salino en mango Magdalena River en Santa Marta.
- Establecer y analizar el índice de tolerancia de estrés de cinco ecotipos de mango Magdalena River sometidos a diferentes condiciones salinas en Santa Marta, Colombia.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 BASES TEÓRICAS

Este apartado es la columna vertebral de cualquier investigación, aquí se fortalecerán conceptos teóricos apoyado en autores idóneos para analizar las variables que se derivan del tema investigativo, como son la salinidad y sus efectos, la tolerancia a la salinidad y los ecotipos de mango Magdalena River sometidos a condiciones salinas en Santa Marta, Colombia.

2.1.1 La salinidad: se conoce con este término al contenido de sal disuelta en el agua, de igual manera se puede decir que la salinidad es el contenido salino en los suelos o en el agua, la salinidad de los suelos se ha convertido en un limitante para la agricultura en grandes extensiones de tierra, así lo afirma Ruíz et al., (2007). Según Szabolcs, (1994), una superficie de 897 millones de hectáreas aproximadamente presenta algún grado de salinidad, por otra parte, existen países que tienen grandes áreas de suelos salinos, entre ellos se puede nombrar a: Rusia, Argentina, China, India, Paraguay, Indonesia, Pakistán, Etiopía, Estados Unidos y Bolivia (Dorronsoro, 2007).

Por su parte Montaña y Monroy, (2000), afirma que el 40% de la superficie mundial corresponde a zonas áridas y semiáridas donde se han detectado tres causas principales por las cuales se presentan valores altos de pérdida de suelo: las características edáficas y sus condiciones, el tipo de manejo actual bajo el cual están sujetas y los factores socioeconómicos y culturales.

Según el protocolo de Degradación de Suelos y Tierras por Desertificación, emitido por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2010), Colombia es un país megadiverso debido a sus condiciones geográficas, climáticas y orográficas, lo cual ha permitido el desarrollo de una amplia gama de recursos naturales. Sin embargo, el uso y aprovechamiento de esos recursos han generado degradación de las tierras por distintos fenómenos, entre los cuales se subrayan la erosión y la desertificación.

Consiente de este problema Colombia se ha adherido a tres Convenios internacionales de las Naciones Unidas: Convención Marco sobre el Cambio

Climático UNCMCC, Convención de Lucha contra la Desertificación y la Sequía (UNCCD) y el Convenio de Diversidad Biológica (CDB), que buscan adoptar las medidas adecuadas para la conservación de los recursos naturales, la utilización sostenible de los mismos, mitigar los efectos adversos en beneficio de las generaciones presentes y futuras y la participación justa y equitativa en los beneficios que de ellos se deriven (IDEAM, 2010).

En 1990 la Asamblea General de las Naciones Unidas creó el Comité Intergubernamental de Negociación que redactó el texto definitivo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático UNCMCC que fue aprobado en mayo de 1992, entrando en vigor el 21 de marzo de 1994. La Convención Marco establece una estructura general para los esfuerzos intergubernamentales encaminados a resolver el desafío del cambio climático. Reconoce que el sistema climático es un recurso compartido cuya estabilidad puede verse afectada por actividades industriales y de otro tipo que emiten dióxido de carbono y otros gases que retienen el calor (IDEAM, 2010).

Al día de hoy 192 países han ratificado la Convención. De igual manera, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) convocó a un Grupo Especial de Expertos sobre la Diversidad Biológica en noviembre de 1988, con el objeto de explorar la necesidad de un convenio internacional sobre la diversidad biológica, el cual quedó abierto a la firma en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo ("Cumbre de la Tierra" de Río de Janeiro), desde el 5 de junio de 1992 hasta el 4 de junio de 1993, período en el cual firmaron 168 países. El Convenio entró en vigor el 29 de diciembre de 1993, es decir 90 días después de su ratificación por 30 países (IDEAM, 2010).

En Colombia se aprobó la adhesión a la Convención de Cambio Climático por medio de la Ley 164 del 27 de octubre de 1994 y fue ratificada por el gobierno mediante el decreto 2081 del 20 de noviembre de 2005. Su objetivo principal es el de "lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de la concentración de gases efecto invernadero en la atmosfera a un nivel que impida interferencia antropógenos peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas

se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible” (IDEAM, 2010).

Se adoptó el Protocolo de Kyoto que fue aprobado por Colombia a través de la ley 629 de 2000 y promulgado por el decreto 1546 del 2005. En desarrollo del anterior marco normativo, en 2003 se lanzó el Conpes 3242 Estrategia Nacional para la venta de servicios ambientales de mitigación del cambio climático, el cual complementó el trabajo ya adelantado y generó los lineamientos esenciales para la introducción de los proyectos de Mecanismos de Desarrollo Limpio. En 2009, el MAVDT expidió las resoluciones 551 y 552, por la cual se regula el funcionamiento del Comité Técnico de Mitigación del cambio climático del Concejo Nacional Ambiental. Por otra parte, Colombia es uno de los 196 países que se ha adherido a la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía (UNCCD), quien la aprobó mediante Ley 461 del 4 de agosto de 1998 y depositó el instrumento de ratificación ante las Naciones Unidas el 8 de junio de 1999, siendo país Parte a partir del 8 de septiembre de 1999. En este sentido, la Colombia adquirió entre otros compromisos internacionales, la formulación y ejecución del Plan de Acción Nacional de Lucha Contra la Desertificación (PAN), así como la aplicación de las decisiones emanadas de las Conferencias de las Partes de la UNCCD (IDEAM, 2010).

Las comunidades vegetales que se desarrollan bajo estos climas varían desde pastizales, matorrales e inclusive, bosques bajos, principalmente espinosos como los mezquites. Estas regiones son principalmente afectadas por problemas de sales y sodio, es decir, de los suelos con algún grado de degradación, 60% presentan problemas de salinidad y las aguas utilizadas en la agricultura incrementan cada vez más su concentración salina (González, 2003).

2.1.2 Tolerancia a la salinidad:

En Colombia la propagación de árboles de mango, está fundamentada en el uso de patrones seleccionados por características relacionadas con la oferta edáfica, donde se injerta la variedad en la cual se busca el interés productivo. En la actualidad, Profrutales cuenta con cuatro variedades seleccionadas como patrones: 'Sabré', '4.9', 'Hilacha' y 'Arauca', siendo las dos primeras introducidas de Suráfrica e Israel, y las otras dos seleccionadas localmente; es de resaltar, la importancia del mango 'Arauca', porque es la única selección local con características enanificantes, lo cual hace muy atractivo su cultivo en Colombia (Ríos Castaño et al., 2008).

En palabras de Reyes (2004), el mango hilaza posee buenas características como patrón por ser poliembriónico (garantiza pureza genética del patronaje), poseer un sistema radicular muy desarrollado y por su resistencia a condiciones adversas de drenaje induce altos rendimientos y buena compatibilidad con las variedades a injertar. Investigaciones en India, indican la potencialidad de materiales enanizantes que pueden permitir una mayor densidad de población y facilitar la cosecha. Las semillas de mango que se utilizan como patrón, pueden sembrarse en cajones de enraizamiento y/o camas de germinación de 1 m de ancho y 15 a 25 cm de altura directamente en bolsas de almácigo. Para la siembra directa en bolsas, la semilla se deposita en bolsas de polietileno negro calibre 4, de 30 a 40 cm de profundidad (largo) por 18 a 20 cm de diámetro (boca) perforadas hasta la base. (Reyes, 2004).

La conservación de los suelos, así como su recuperación cuando están afectados por sales, son de gran importancia para la producción agrícola y su atención está relacionada con las causas del ensalitramiento de los mismos, que pueden ser: su origen, manejo, así como las fuentes y calidad del agua de riego, factores que intervienen en las propiedades físicas y químicas de los suelos (Mace y Amrhein, 2001)

2.1.3 El cultivo de mango: El mango es de origen asiático, tiene grandes variedades, requiere de climas tropicales con temperaturas que no bajan de 15°C. y altura inferior a 600 m.s.n.m. En relación al suelo no es tan exigente, se adapta bien a cualquier suelo con la única condición que esté bien drenado, esta fruta es bastante apetecida debido a su capacidad de adaptación a las condiciones

adversas. El mango para la investigación realizada es el mango Magdalena River, cuyo nombre científico es *Mangifera indica*, es criollo, se le denomina también hilaza. Entre sus características se encuentran:

- Árbol grande
- Fruto pequeño en forma alargada de color verde en principio y luego amarillo
- La culpa es de fibra abundante
- Sabor exquisito
- Mes de floración, febrero
- Tiempo de cosecha entre mayo y junio
- Semillas poliembrionaria

El Mango de Hilaza, es silvestre y responde a las condiciones agroecológicas de la región del Magdalena: humedad relativa baja y alta luminosidad. Debido a su longevidad y su pico productivo de largo plazo (14 años después de la siembra), el Mango Silvestre, permite una producción sostenida, que para las variedades criollas no necesitan ninguna labor. Por otra parte, se destaca por un conjunto de nutrientes y sustancias antioxidantes que actúan en beneficio de la salud. El mango contiene vitamina C y A, comiendo un mango a diario se gran cantidad de vitamina C, un 60% de la vitamina A, convirtiéndose en una fruta más importante de estas vitaminas.

Por otra parte, es rica en vitamina E. la cual es un antioxidante y protector cardiaco eficaz, y aunque se encuentra principalmente en alimentos grasos, el mango posee una buena cantidad de esta vitamina, tanto que se dice que una sola pieza aporta hasta 2,3 semejante a un 23% de la cantidad diaria recomendada. También es una rica fuente de magnesio y potasio, su contenido mineral aporta hasta un 10% de la necesidad diaria. Los ácidos depurativos, también son parte de sus cualidades ayudando a contrarrestar el efecto de los residuos metabólicos de la naturaleza ácida, en palabras sencillas es un laxante.

El mango tiene otras características como:

- Protege la piel y la mucosa

- Mantiene los huesos y músculos en forma
- Alcaliniza y fluidifica la sangre
- Favorece la asimilación de nutrientes.
- Estimula las defensas.

Efectos de la fibra, El mango, como todas las frutas en general, aporta también una dosis significativa de fibra, que ayuda a prevenir ciertos tipos de cáncer, como el digestivo, evita el estreñimiento y baja el colesterol malo, lo que protege el corazón y el sistema circulatorio (Guía de alimento).

Además de todas las bondades que representa el mango, en este caso el mango de hilaza, se encuentra también que existen mecanismos para evadir la salinidad, entre ellos se tiene:

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, 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 Na^+ y K^+ y sintetizando solutos orgánicos compatibles, como por ejemplo prolina, colina, glicina-betaína, betaína, polioles y azúcares solubles (Zhu, J. K, 2002).

Sin embargo, la acumulación de iones no reviste gran importancia en la tolerancia por ajuste osmótico en algunos cultivos como es el caso del arroz, debido a que la tolerancia se asocia con la exclusión de Na^+ y a una mayor capacidad de absorción de K^+ (Kumar, S. 2009).

Son muchas las referencias existentes que aseguran que la prolina libre se acumula en un rango bastante amplio de plantas expuestas a situaciones de estrés,

tanto biótico como abiótico Karimi G y otros (2005), atribuyéndole determinado grado de tolerancia a las plantas que tienen mayor capacidad de síntesis de prolina al estar sometidas a estrés salino (Chaman, M. E. 2007). En cuanto al papel que juega la prolina frente al estrés salino, se sugieren funciones que pueden estar mejorando el estado de la planta ante situaciones de esta índole.

La posibilidad de mejorar la tolerancia de los cultivos al estrés salino ha sido objeto de investigación en los últimos años, considerando la gran variabilidad que presentan los suelos salinos, algunos investigadores indican que la mejor forma de mejorar la producción en ambientes salinos es elevando el potencial de producción y no mejorando la resistencia a salinidad.

La tolerancia de un cultivo expresa generalmente la disminución de producción esperada a un nivel determinado de salinidad en el medio comparado con la producción bajo condiciones no salinas. Por lo tanto, la tolerancia es un valor relativo basado en las condiciones de crecimiento del cultivo. La producción es un carácter cuantitativo que está influenciado por otros muchos factores aparte de la salinidad.

2.2 Marco legal

NORMAS TÉCNICAS DE CALIDAD NTC 5139 – 5140 PARA MANGOS CRIOLLOS:

Establece los requisitos que deben cumplir los denominados mangos criollos, que para este caso considera tres variedades de la especie *Mangifera indica* L.,t también llamadas mango común o hilaza, azúcar y vallenato, destinados para el consumo fresco o como materia prima para la agroindustria.

Requisitos mínimos El grado de desarrollo del mango debe permitir el transporte y la manipulación, de manera que llegue satisfactoriamente al lugar de destino.

- Enteros, con la forma característica de la variedad.
- De aspecto fresco y consistencia firme.
- Sanos, libres de ataques de insectos, o enfermedades.
- Limpios, exentos de olores, sabores o materias extrañas visibles.

- Libres de magulladuras, fisuras o daños mecánicos, humedad exterior anormal.
- Exentos de daño causado por variaciones de temperatura.
- Los residuos de plaguicidas no deben exceder los límites máximos permitidos por el Códex.
- La altura máxima del empaque debe ser de 250mm., y la capacidad máxima de 25 Kg.
- Las medidas de base de los empaques deben ser submúltiplos de las estibas de 1200mm * 800mm y 1200 mm * 100mm.
- Los empaques de cartón deben construirse utilizando impermeabilizantes (retardantes de humedad), cuya proporción confiera resistencia en condiciones de almacenamiento (temperatura y humedad relativa).

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 5210 VERIEDADES MEJORADAS

Producto Mangos de variedades mejoradas a partir de *Mangifera indica* L., Tommy Atkins, Irwin, Kent y Keitt para el consumo fresco o como materia prima para la agroindustria.

Requisitos mínimos: El grado de desarrollo del mango debe permitir el transporte y la manipulación, de manera que llegue satisfactoriamente al lugar de destino.

- Enteros, con la forma característica de la variedad.
- De aspecto fresco y consistencia firme.
- Sanos, libres de ataques de insectos, o enfermedades.
- Limpios, exentos de olores, sabores o materias extrañas visibles.
- Libres de magulladuras, humedad exterior anormal.
- Exentos de daño causado por variaciones de temperatura. NTC para variedades mejoradas.

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	TOLERANCIA
Extra	Mangos de calidad superior, con la forma y el color característicos de la variedad	5% por número o peso de frutos que no cumplan con las características de esta

	Libres de defectos, exceptuando imperfecciones muy leves que no afecten el aspecto, la calidad y la conservación del mango (máximo 5% del total de la superficie).	categoría, pero, sí de la siguiente.
Uno	Mangos de buena calidad, con la forma y el color característicos de la variedad.	10% por número o peso de frutos que no cumplan con las características de esta categoría, pero sí de la siguiente.
	Los mangos pueden presentar los defectos, siempre que no deterioren el aspecto, la calidad y la conservación del fruto: • Defectos de forma • Leves defectos del pericarpio debido a raspaduras, quemaduras del sol, magulladuras sanas, venas alargadas o exudación de resina, que no excedan el 10% de la superficie de la fruta.	
Dos	Frutos que no cumplen las características de las categorías anteriores, pero satisfacen los requisitos mínimos.	10% por número o peso de frutos que no cumplan con las características ni los requisitos mínimos, exceptuando los daños que impidan el consumo.
	Los mangos pueden presentar los siguientes defectos, siempre que no deterioren el aspecto, la calidad y la conservación del fruto: • Defectos de forma • Defectos de la piel debido a raspaduras, quemaduras del sol, magulladuras sanas, venas alargadas o exudación de resina, que no excedan el 15% de la superficie de la fruta.	

Figura 2. Variedades mejoradas

3. METODOLOGIA

3.1 Tipo de estudio

Localización geográfica: El trabajo se realizó en el centro de desarrollo agrícola y forestal de la Universidad del Magdalena, 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 (Asís, 2017)

Diseño experimental: El estudio fue descriptivo y se llevó a cabo mediante los siguientes procesos:

Material vegetal. El material empleado consistió en cinco ecotipos de Magdalena River proveniente de Curumani, Bonda, Calabazo, Ciénaga y Guachaca.

Establecimiento del ensayo. En un diseño de parcelas divididas (Figura 3), cinco arboles (plantas vigorosas, sanas y de la misma edad) de cada ecotipo de mango Magdalena River ECO1, ECO2, ECO3, ECO4 y ECO5 fueron dispuesto en canecas de 20 litros de capacidad a los que se le aplico agua con diferentes concentraciones de NaCl: Testigo, (CE 124 $\mu\text{S cm}^{-1}$), 10 mmol NaCl L-1 (CE 1084 $\mu\text{S cm}^{-1}$), 20 mmol NaCl L-1 (CE 2143 $\mu\text{S cm}^{-1}$), 40 mmol NaCl L-1 (CE 4031 $\mu\text{S cm}^{-1}$) y 80 mmol NaCl L-1 (CE 7631 $\mu\text{S cm}^{-1}$), cada tratamiento contó con diez replicas.

Para el experimento se utilizó la metodología descrita por (Alcudia-Aguilar et al., 2017). Donde las plantas se regaron diariamente con 500 ml de la solución durante 24 semanas y fueron fertilizadas de forma homogénea en tres oportunidades con periodicidad mensual empleando Agrimins total y cafetero, 10 g por planta en la primera fertilización y 20 g por planta en las otras dos.

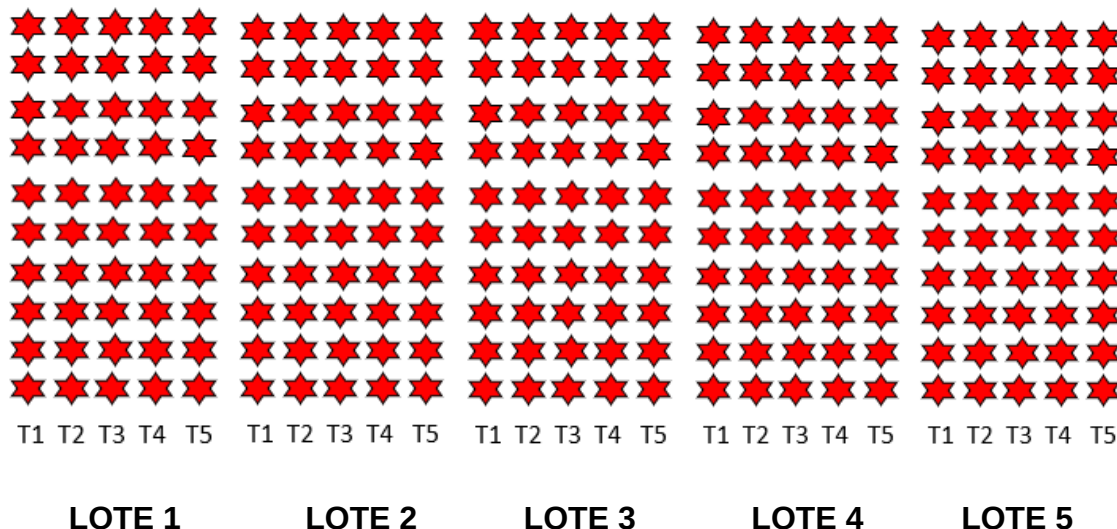


Figura 4. Arreglo de los tratamientos en el CDAF para determinar la tolerancia del mango Magdalena River en condiciones semiáridas.

Lote 1: Curumani (ecotipo1)

Lote 2: Bonda (ecotipo 2)

Lote 3: calabazo (ecotipo 3)

Lote 4: ciénaga (ecotipo 4)

Lote 5: Guachaca (ecotipo 5)

Variables respuestas. Para determinar la tolerancia a la salinidad de cinco ecotipos de mango Magdalena River sometidos a diferentes condiciones salinas se midió el crecimiento por medio de altura de planta y número de hojas; la biomasa de hojas, tallos y raíces se medirá al finalizar el experimento a las 24 semanas, la CE se midió en cada tratamiento con frecuencia de cada 15 días, empleando multiparámetro.

Se determinó el peso seco de las hojas, tallos y raíces después de secar las plantas a peso constante en una estufa a 60°C. El peso seco total (PST) se calculó mediante la suma de los pesos de hojas, tallos y raíces para calcular la relación del peso de las hojas con el peso total de la planta (RPH); la relación peso del tallo con el peso total de la planta (RPT) y la relación peso de la raíz con el peso total de la

planta (RPR). Se calculó la tolerancia a la salinidad mediante la ecuación propuesta por (Alcudia-Aguilar et al., 2017) y el índice de tolerancia a estrés con la fórmula propuesta por Steppuhn et al. (2005). Para efectos de examinar los supuestos de una distribución normal, los datos fueron sometidos al análisis de normalidad empleando la prueba de Shapiro-Wilk. Luego, procedió a aplicar un análisis de varianza con los tratamientos de salinidad y los ecotipos de mango como factores y las plantas como repeticiones.

Los niveles de salinidad serán determinados por la siguiente ecuación

$$Yr = \frac{Y}{Ym} \quad \text{Ecuación 1}$$

Consiste en la relación entre la biomasa generada a cierta concentración de sal y la concentración generada sin sal.

Donde, Yr es la biomasa relativa, Y la biomasa obtenida con salinidad, e Ym es la biomasa obtenida sin salinidad (Alcudia-Aguilar et al., 2017)

Por otro lado, Steppuhn et al. (2005), , propusieron el índice de tolerancia de estrés (Ecuación 2)

$$ST - index = ECI50(1 + b) \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde, ECI50 es la CE a la cual Yr (biomasa relativa) es igual a 0.5, y b la constante de la ecuación de Correia et al. (2010), quienes ajustaron un modelo exponencial que relaciona la biomasa relativa del algarrobo con la CE del agua de riego.

Análisis estadístico de la información

Se aplicó prueba de Shapiro-Wilk para verificar el supuesto de normalidad de los parámetros estudiados; la prueba de Levene para verificar homocedasticidad, posteriormente, se estableció la significancia estadística entre las variables analizadas en los distintos sitios de estudio, mediante una prueba de Anova con un nivel de confianza del 95%. Se empleó estadística descriptiva (media, desviación, valores máximos y mínimos, cuartiles y percentiles) para las variables analizadas y en aquellas variables que mostraron diferencias, se aplicó prueba de

comparación múltiple o post hoc (prueba HSD de Tukey) para determinar las diferencias entre tratamientos. Adicionalmente, la influencia de las condiciones salinas con las variables medidas se verificó mediante análisis de correlación de Pearson. Los análisis estadísticos se realizaron con el software InfoStat en su versión libre.

3.3 Resultados

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 BMA, BMR, BMT, CE, Hum, MSA, MSR, Temp (Ver tabla 1).

Tabla 1. Matriz de correlaciones. Variables BMA, BMR, BMT, CE, Hum, MSA, MSR, Temp.

Pearson	BMA	BMR	BMT	CE	Hum	MSA	MSR	MST	Temp
BMA	1								
BMR	0.7051	1							
BMT	0.9822	0.8258	1						
C.E	0.0800	0.1441	0.1018	1					
Hum	-	-	-	-	1				
MSA	0.8074	0.6970	0.8269	0.0753	0.0272	1			
MSR	0.5079	0.8064	0.6176	0.0943	0.0314	0.7149	1		
MST	0.7705	0.7718	0.8174	0.0854	0.0119	0.9792	0.8418	1	
Temp	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	0.1506	0.0306	0.1117	0.0755	0.0998	0.0257	0.1153	0.0136	

El análisis permitió verificar que existe relación positiva entre BMA con BMR, BMT, MSA, MSR y MST, BMR con BMT, MSA, MSR y MST, BMT con MSA, MSR Y MST, MSA con MSR y MST y, finalmente, MSR con MST.

El valor medido del BMA presentó diferencias significativas entre las medidas de las interacciones de las Muestras y los Ecotipos utilizadas en la prueba de anova

para medidas repetidas (p -valor=0.0061). Para la prueba de anova para medidas múltiples no hubo diferencias significativas entre las medidas de las interacciones de la Muestra y los Tratamientos (p -valor=0.1058). Para la prueba de anova para parcelas divididas no hubo diferencias significativas entre las medidas de las interacciones de los Ecotipo y los Tratamientos (p -valor=0.7138). La prueba de anova-tukey para los Ecotipos presento diferencias significativas entre las medias de BMA, el Ecotipo 3 tuvo el mayor desempeño del BMA mientras que los Ecotipos 5, 1, 2 y 4 mantuvieron un menor desempeño (ver figura 4 y 5).

Figura 3. Prueba anova-tukey de BMA vs Ecotipo.

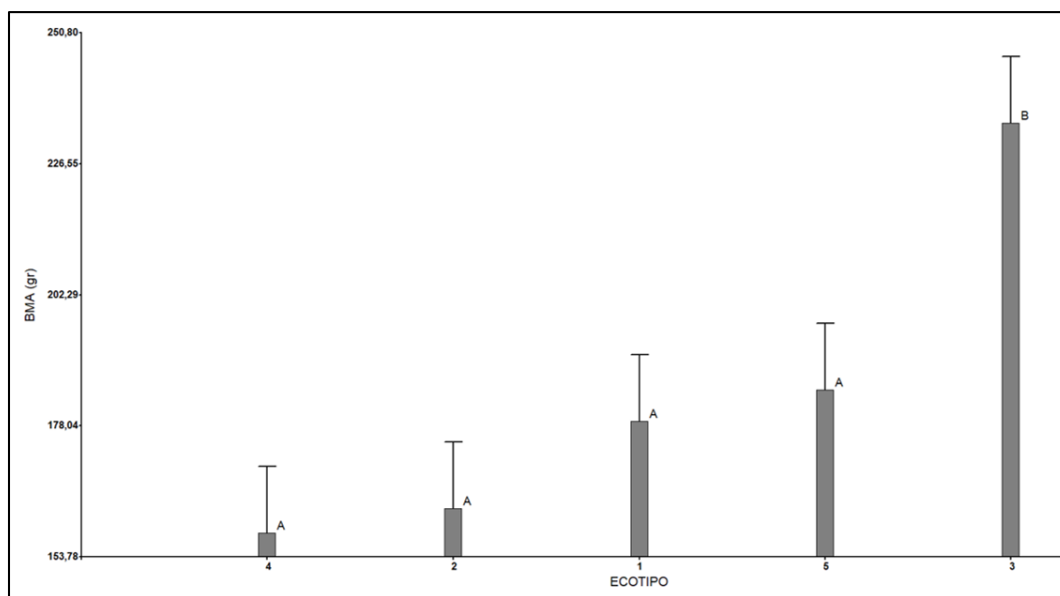
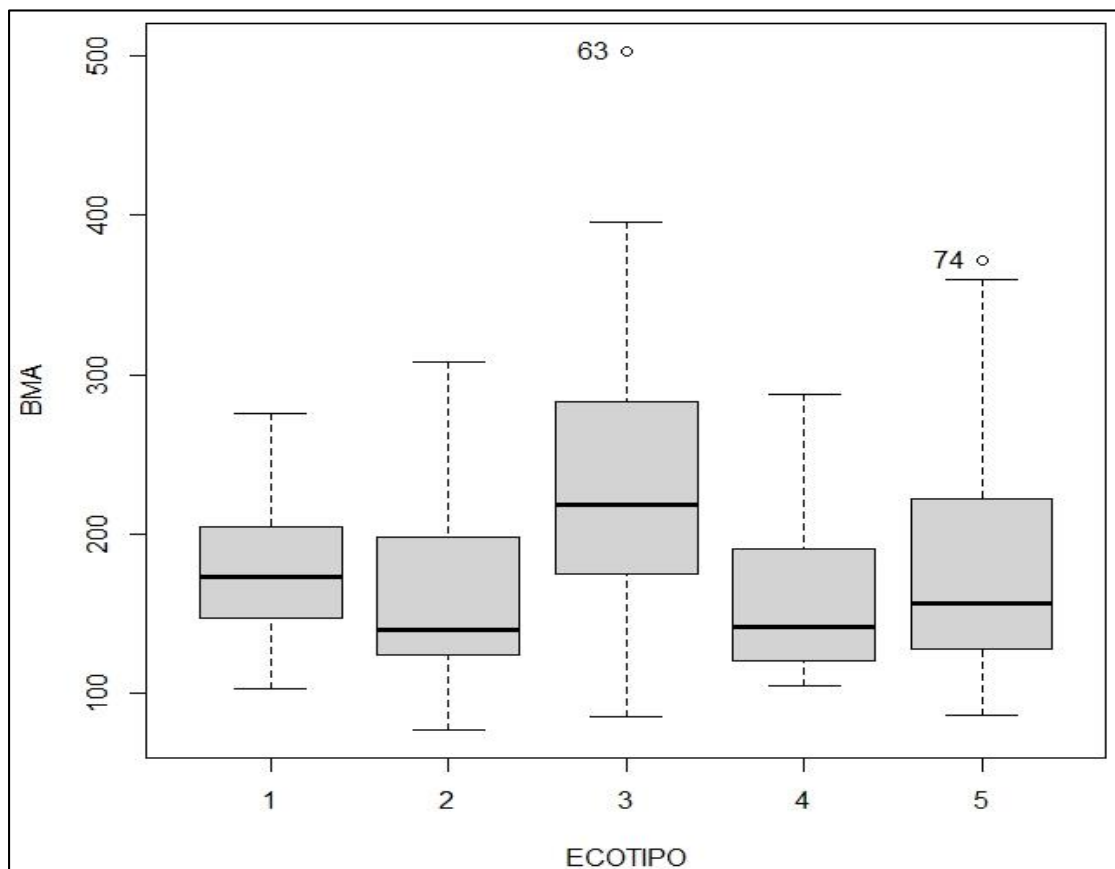


Figura 4. Gráfico de caja y bigote para BMA vs Ecotipo



El valor medido del BMR no presentó diferencias significativas entre las medidas de las interacciones de las Muestras y los Ecotipos utilizadas en la prueba de anova para medidas repetidas ($p\text{-valor}=0.5640$). Para la prueba de anova para medidas múltiples no mostró diferencias significativas entre las medidas de las interacciones de la Muestra y los Tratamientos ($p\text{-valor}=0.0596$). Para la prueba de anova para parcelas divididas no presento diferencias significativas entre las medidas de las interacciones de los Ecotipo y los Tratamientos ($p\text{-valor}=0.7659$). La prueba de anova-tukey para los Ecotipos exhibió diferencias significativas entre las medias de BMR, el Ecotipo 3 y 5 tuvieron el mayor desempeño del BMR mientras que el Ecotipo 1 tuvo un desempeño medio y los Ecotipos 2 y 4 mantuvieron un menor desempeño (ver figura 6 y 7). La prueba de anova-tukey para el Muestreo verificó diferencias significativas entre las medias de BMR, el Muestreo 3 tuvo el mayor desempeño del BMR mientras que el Muestreo 2 y 4 tuvo un mantuvieron un

desempeño medio y el Muestreo 1 un mantuvieron un desempeño menor (ver figura 8).

Figura 5. Prueba anova-tukey de BMR vs Ecotipo.

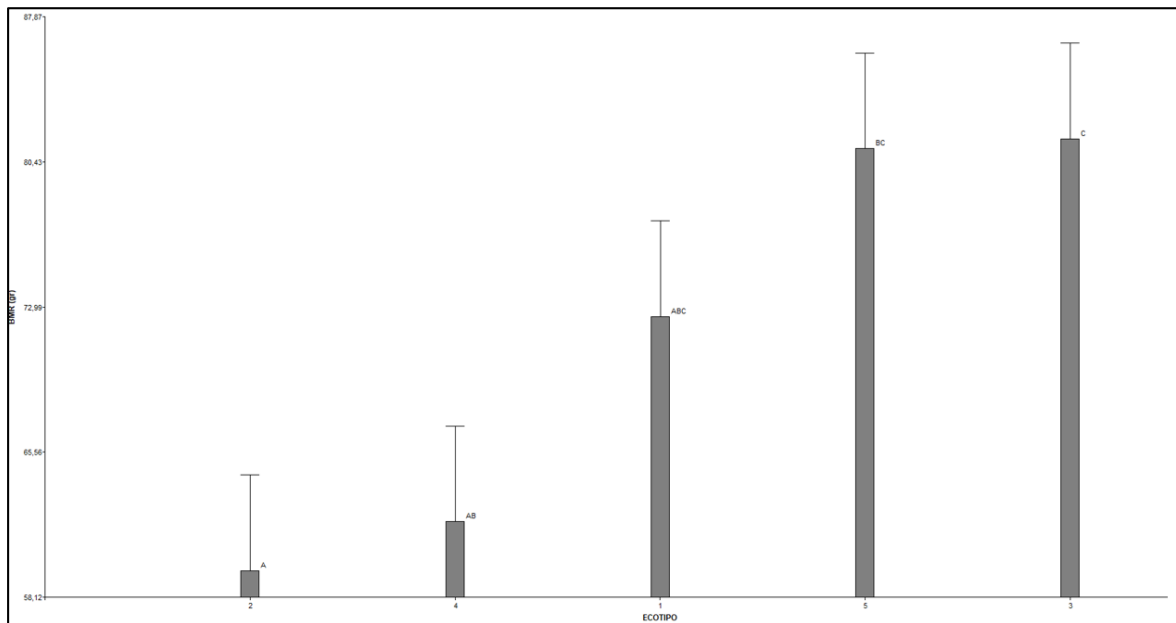


Figura 6. Gráfico de caja y bigote para BMR vs Ecotipo

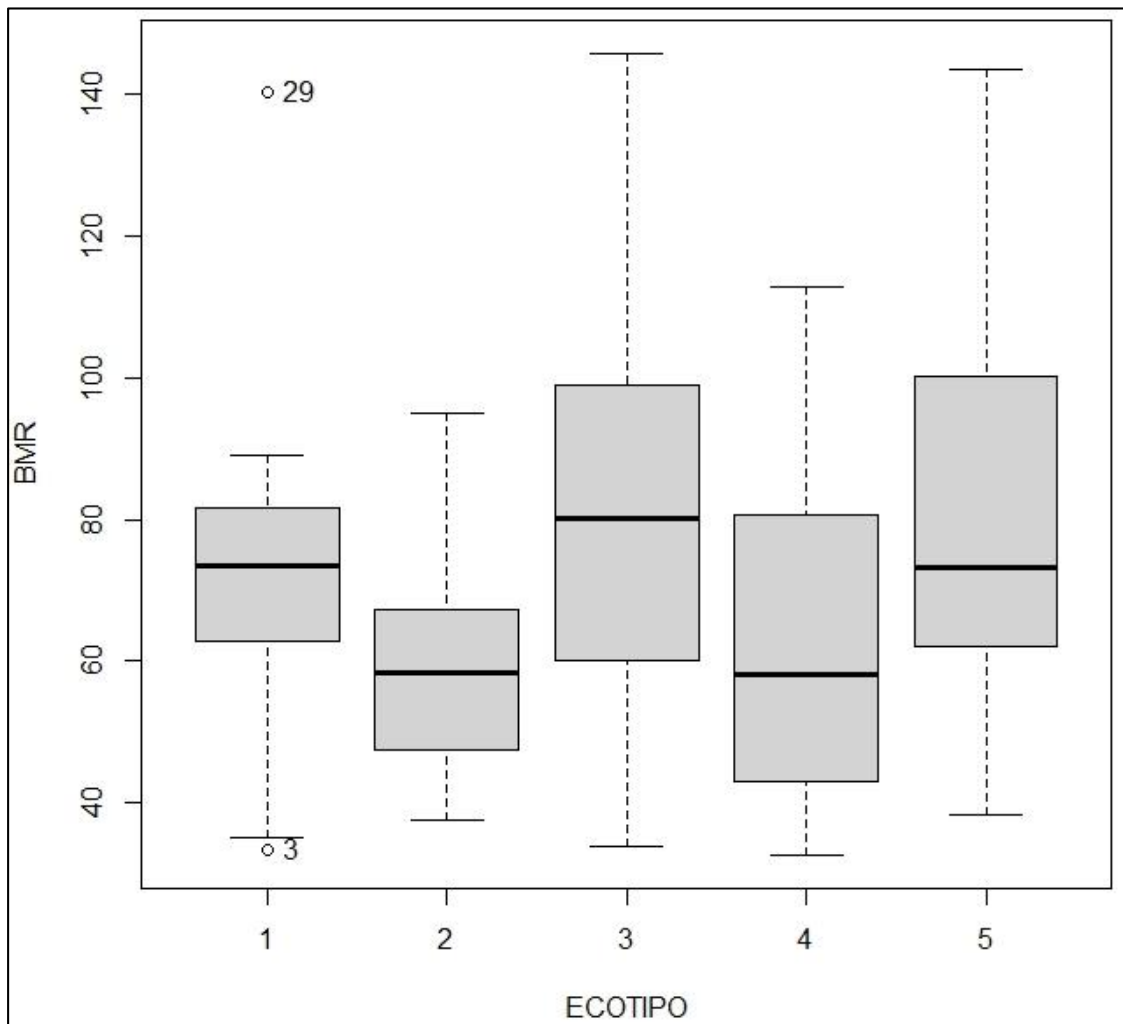
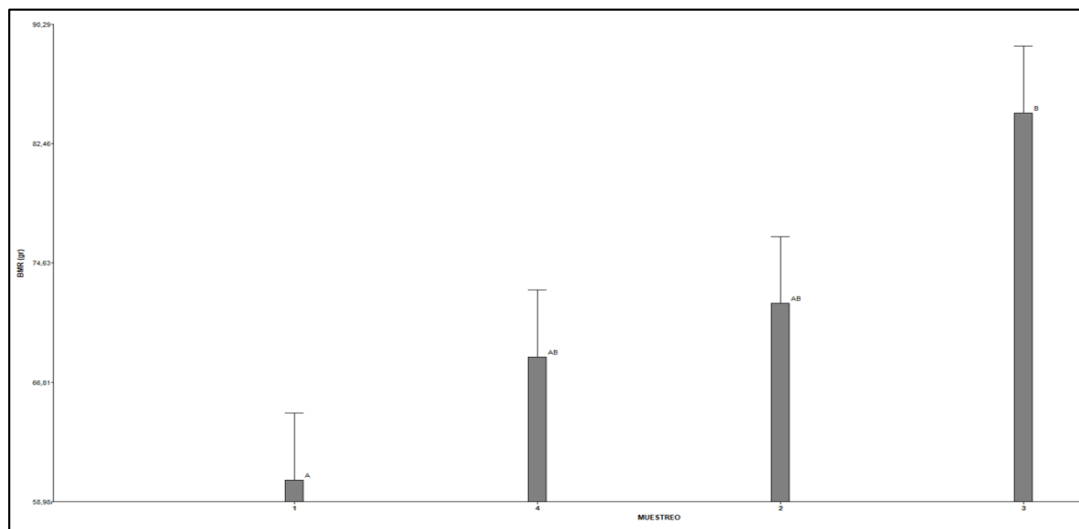


Figura 7. Prueba anova-tukey de BMR vs Muestreo



El valor medido del BMT no presento diferencias significativas entre las medidas de las interacciones de las Muestras y los Ecotipos utilizadas en la prueba de anova para medidas repetidas (p-valor=0.6459). Para la prueba de anova para medidas múltiples no mostró diferencias significativas entre las medidas de las interacciones de la Muestra y los Tratamientos (p-valor=0.3198). Para la prueba de anova para parcelas divididas no presento diferencias significativas entre las medidas de las interacciones de los Ecotipo y los Tratamientos (p-valor=0.9112). La prueba de anova-tukey para los Ecotipos reveló diferencias significativas entre las medias de BMT, el Ecotipo 3 tuvo el mayor desempeño del BMT mientras que el Ecotipo 5 y 1 tuvo un desempeño medio y los Ecotipos 2 y 4 mantuvieron un menor desempeño (ver figura 9 y 10). La prueba de anova-tukey para el Muestreo manifestó diferencias significativas entre las medias de BMT, el Muestreo 3 tuvo el mayor desempeño del BMT mientras que el Muestreo 2, 4 y 1 tuvo un menor desempeño (ver figura 11).

Figura 8. Prueba anova-tukey de BMT vs Ecotipo.

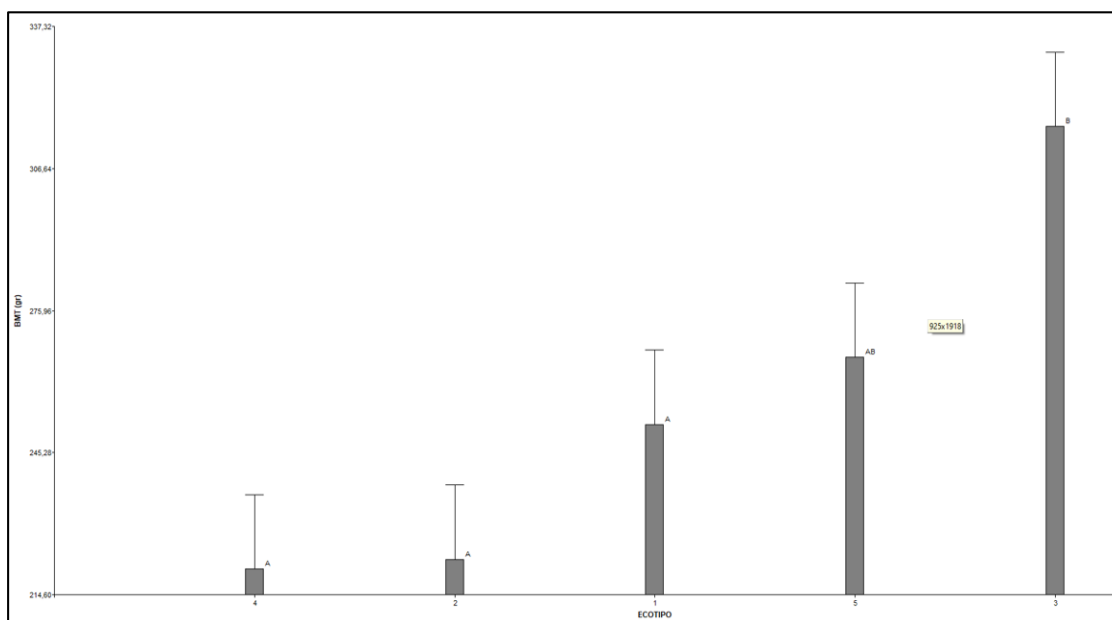


Figura 9. Gráfico de caja y bigote para BMT vs Ecotipo

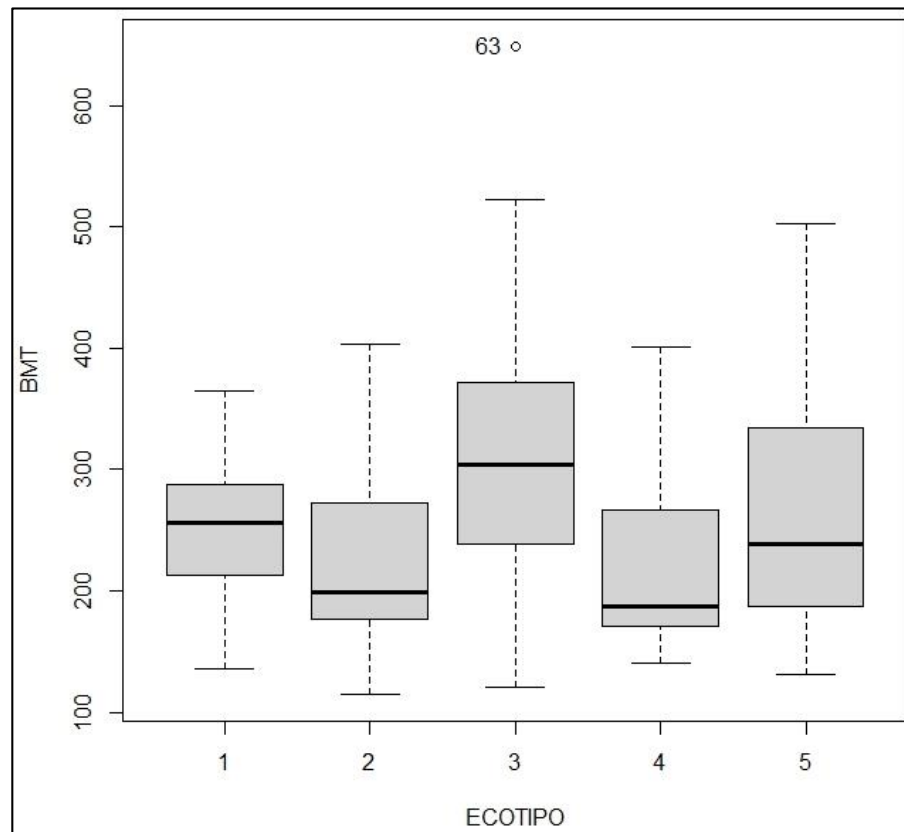
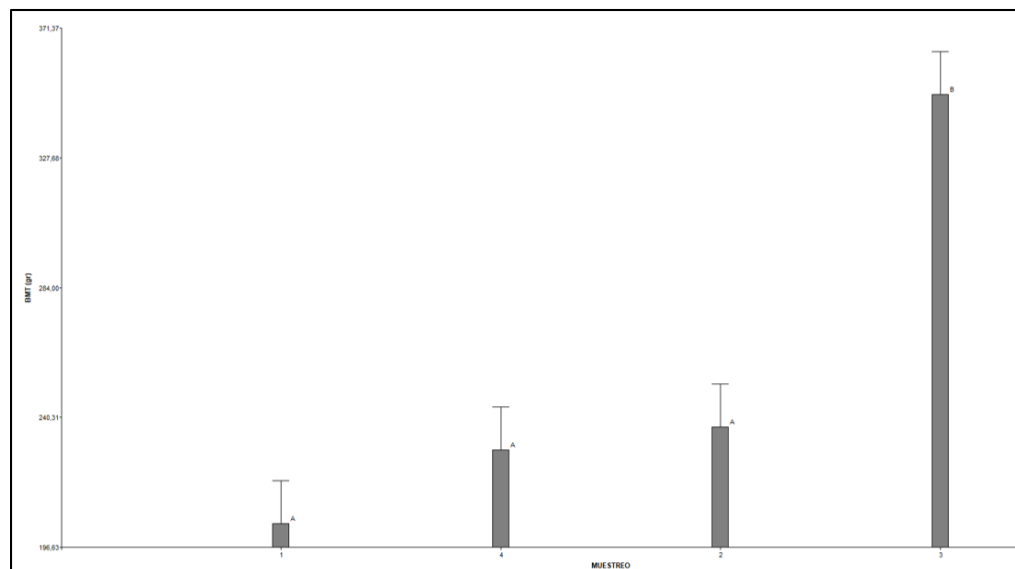


Figura 10. Prueba anova-tukey de BMT vs Muestreo



El valor medido del CE no presento diferencias significativas entre las medidas de las interacciones de las Muestras y los Ecotipos utilizadas en la prueba de anova para medidas repetidas (p -valor=0.7498). Para la prueba de anova para medidas múltiples no presento diferencias significativas entre las medidas de las interacciones de la Muestra y los Tratamientos (p -valor=0.1788). Para la prueba de anova para parcelas divididas no presento diferencias significativas entre las medidas de las interacciones de los Ecotipo y los Tratamientos (p -valor=0.3002). La prueba de anova-tukey para los Tratamientos presento diferencias significativas entre las medias de CE, el Tratamiento 5 tuvo el mayor desempeño del CE mientras que el Tratamiento 4 tuvo un desempeño medio y los Tratamientos 3, 2 y 1 mantuvieron un menor desempeño (ver figura 12 y 13).

Figura 11. Prueba anova-tukey de CE vs Tratamiento

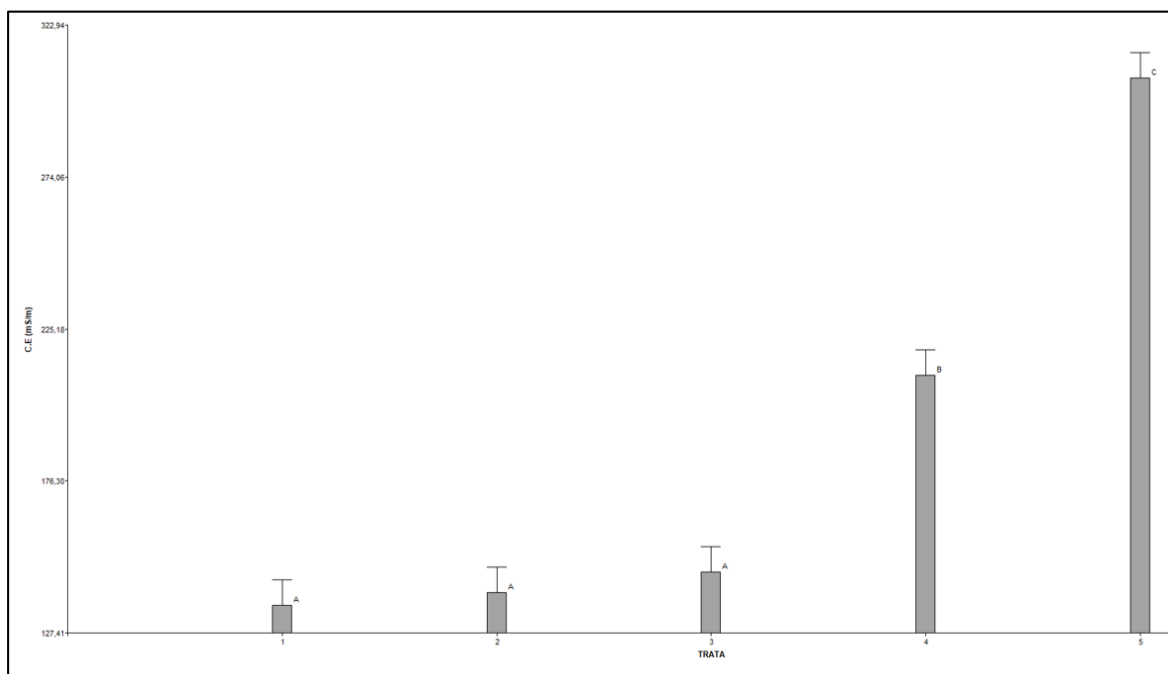
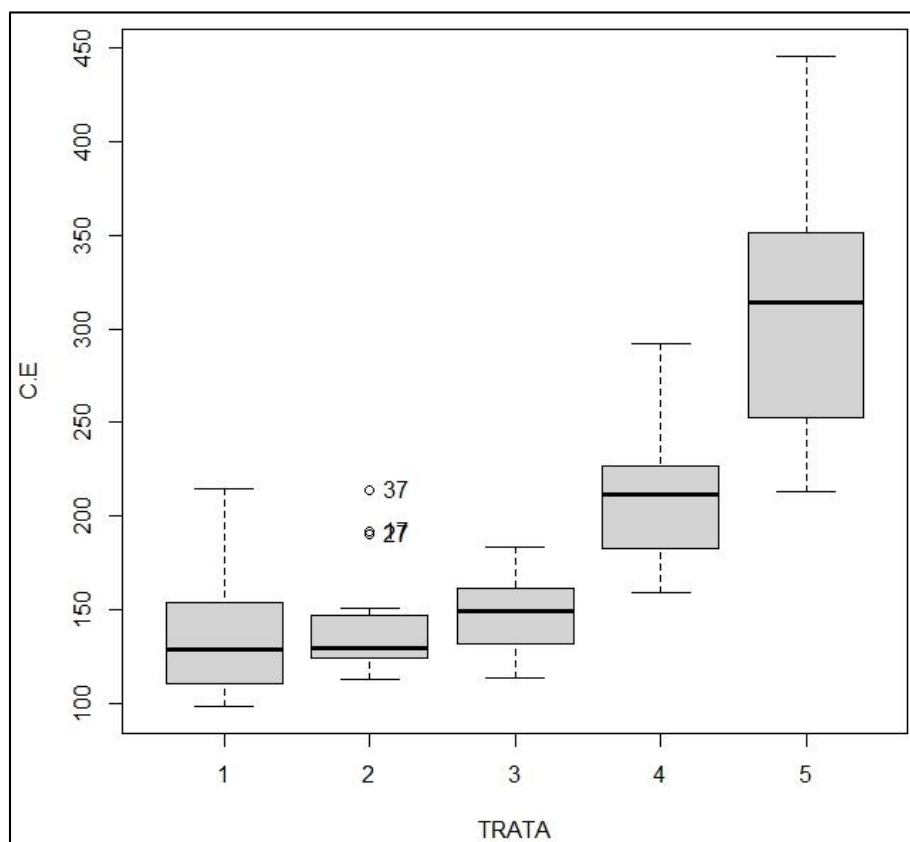
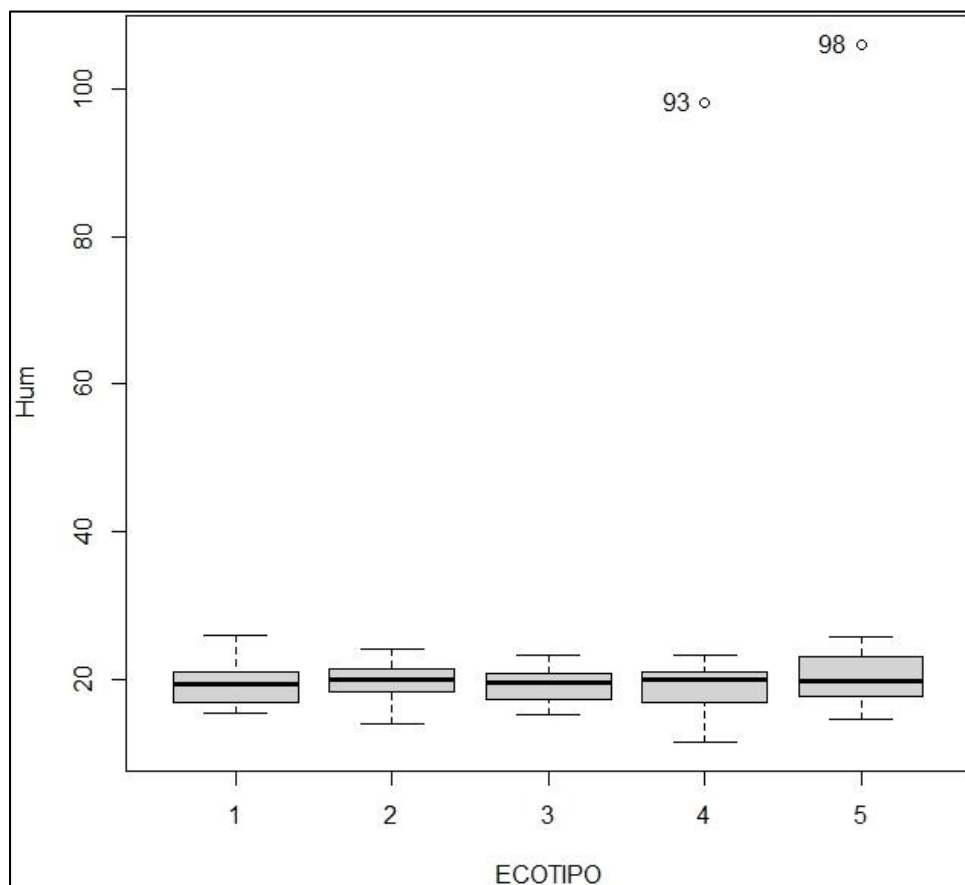


Figura 12. Gráfico de caja y bigote para CE vs Tratamiento



El valor medido de la humedad (Hum) no presento diferencias significativas entre las medidas de las interacciones de las Muestras y los Ecotipos utilizadas en la prueba de anova para medidas repetidas (p -valor=0.5679). Para la prueba de anova para medidas múltiples no presento diferencias significativas entre las medidas de las interacciones de la Muestra y los Tratamientos (p -valor=0.0082). Para la prueba de anova para parcelas divididas no presento diferencias significativas entre las medidas de las interacciones de los Ecotipo y los Tratamientos (p -valor=0.8346). La prueba de anova-tukey para los Ecotipos no presento diferencias significativas entre las medias de Hum, el Ecotipo 1,2 ,3 4 y 5 mantuvieron el mismo desempeño desempeño (ver figura 14).

Figura 13. Gráfico de caja y bigote para Hum vs Ecotipo.



El valor medido del MSA no presento diferencias significativas entre las medidas de las interacciones de las Muestras y los Ecotipos utilizadas en la prueba de anova para medidas repetidas ($p\text{-valor}=0.9697$). Para la prueba de anova para medidas múltiples no presento diferencias significativas entre las medidas de las interacciones de la Muestra y los Tratamientos ($p\text{-valor}=0.2288$). Para la prueba de anova para parcelas divididas no presento diferencias significativas entre las medidas de las interacciones de los Ecotipo y los Tratamientos ($p\text{-valor}=0.5731$). La prueba de anova-tukey para el Ecotipo presento diferencias significativas entre las medias de MSA, el Ecotipo 3 tuvo el mayor desempeño del MSA mientras que el Ecotipo 1, 5 y 4 tuvo un desempeño medio y el Ecotipos 2 mantuvieron un menor desempeño (ver figura 15 y 16). La prueba de anova-tukey para el Muestreo presento diferencias significativas entre las medias de MSA, el Muestreo 3 y 4 tuvieron el mayor desempeño del MSA mientras que el Muestreo 2 y 1 tuvo un mantuvieron un menor desempeño (ver figura 17)

Figura 14. Prueba anova-tukey de MSA vs Ecotipo

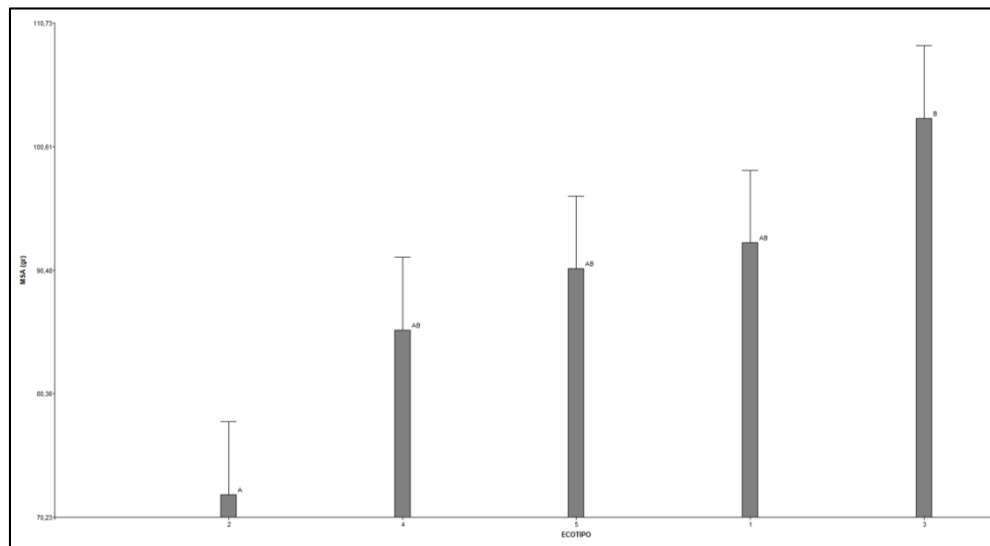


Figura 15. Gráfico de caja y bigote para MSA vs Ecotipo.

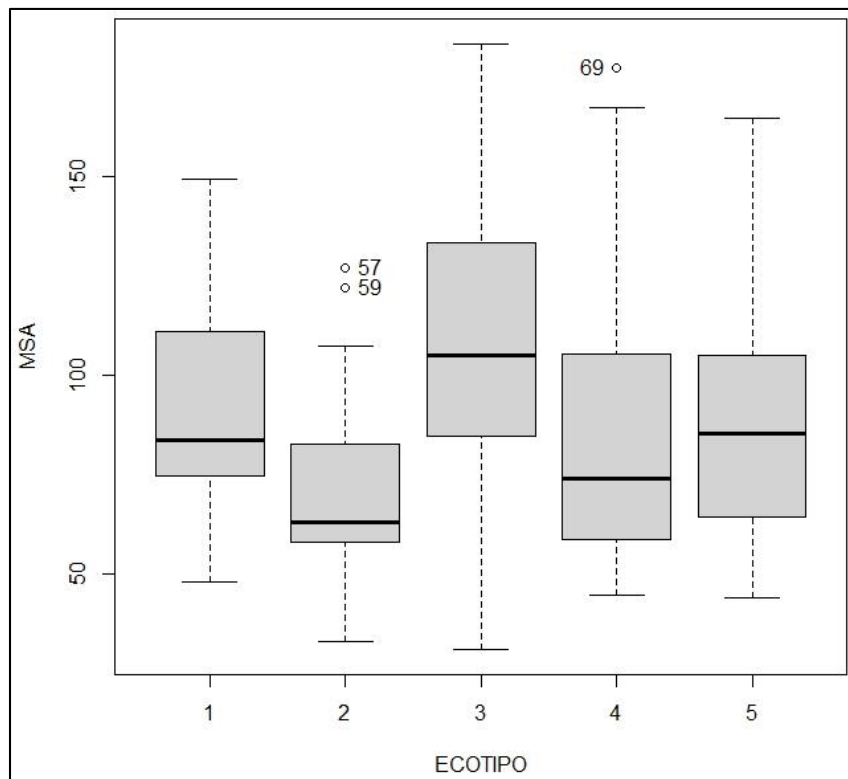
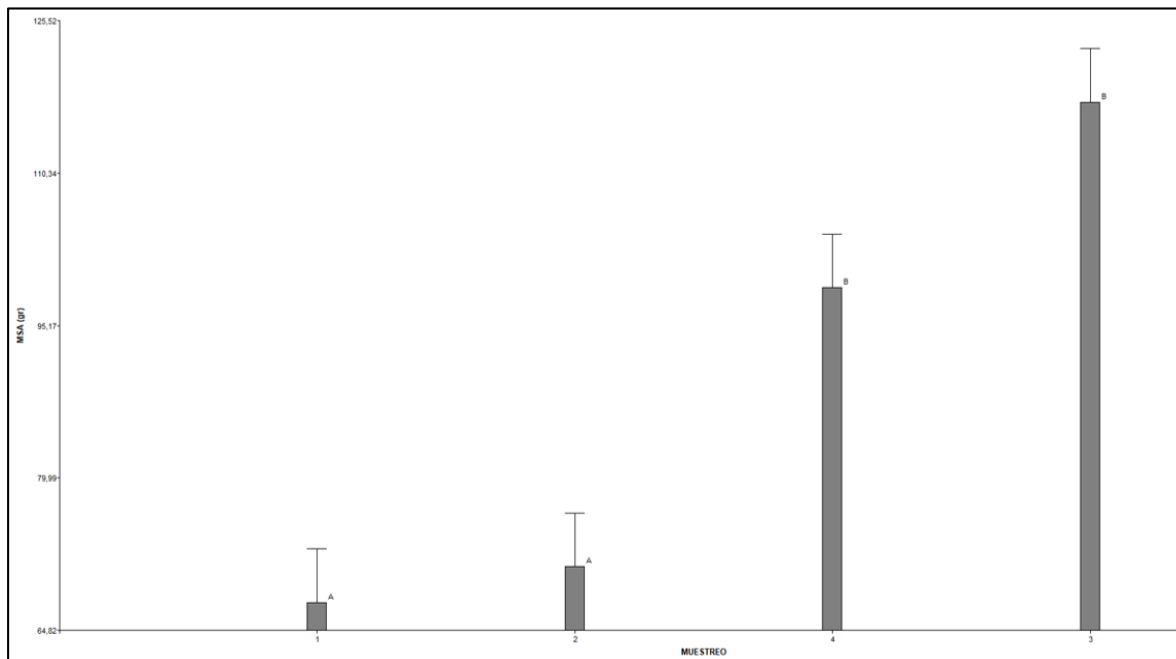


Figura 16. Gráfico de caja y bigote para MSA vs Muestreo



El valor medido del MSR presentó diferencias significativas entre las medidas de las interacciones de las Muestras y los Ecotipos utilizadas en la prueba de anova para medidas repetidas ($p\text{-valor}=0.0168$). Para la prueba de anova para medidas múltiples no presentó diferencias significativas entre las medidas de las interacciones de la Muestra y los Tratamientos ($p\text{-valor}=0.2615$). Para la prueba de anova para parcelas divididas no presentó diferencias significativas entre las medidas de las interacciones de los Ecotipo y los Tratamientos ($p\text{-valor}=0.8689$). La prueba de anova-tukey para el Muestreo presentó diferencias significativas entre las medias de MSR, el Muestreo 3 tuvo el mayor desempeño del MSR mientras que el Muestreo 1 y 2 tuvo un mantuvieron un menor desempeño (ver figura 18 y 19)

Figura 17. Prueba anova-tukey de MSR vs Muestra.

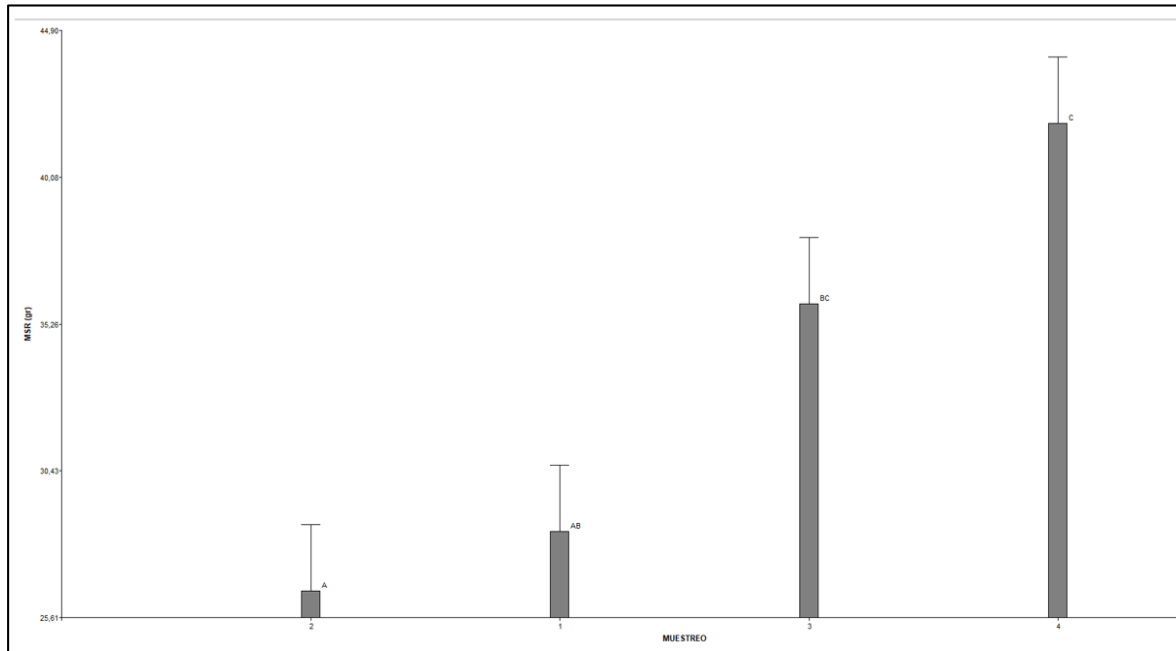
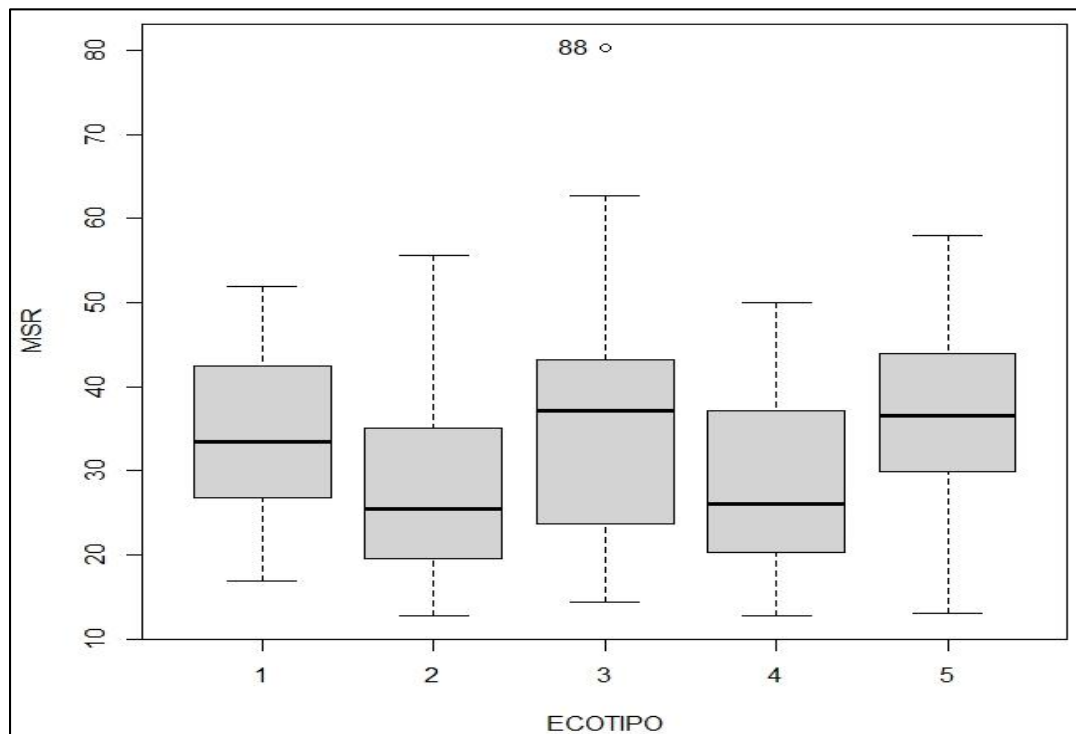


Figura 18. Gráfico de caja y bigote para MSR vs Ecotipo.



El valor medido del MST no presento diferencias significativas entre las medidas de las interacciones de las Muestras y los Ecotipos utilizadas en la prueba de anova para medidas repetidas ($p\text{-valor}=0.6975$). Para la prueba de anova para medidas múltiples no presento diferencias significativas entre las medidas de las interacciones de la Muestra y los Tratamientos ($p\text{-valor}=0.7607$). Para la prueba de anova para parcelas divididas no presento diferencias significativas entre las medidas de las interacciones de los Ecotipo y los Tratamientos ($p\text{-valor}=0.0736$). La prueba de anova-tukey para el Muestreo presento diferencias significativas entre las medias de MST, el Muestreo 3 y 4 tuvieron el mayor desempeño del MST mientras que el Muestreo 2 y 1 tuvieron un menor desempeño (ver figura 20 y 21).

Figura 19. Prueba anova-tukey de MST vs Muestra.

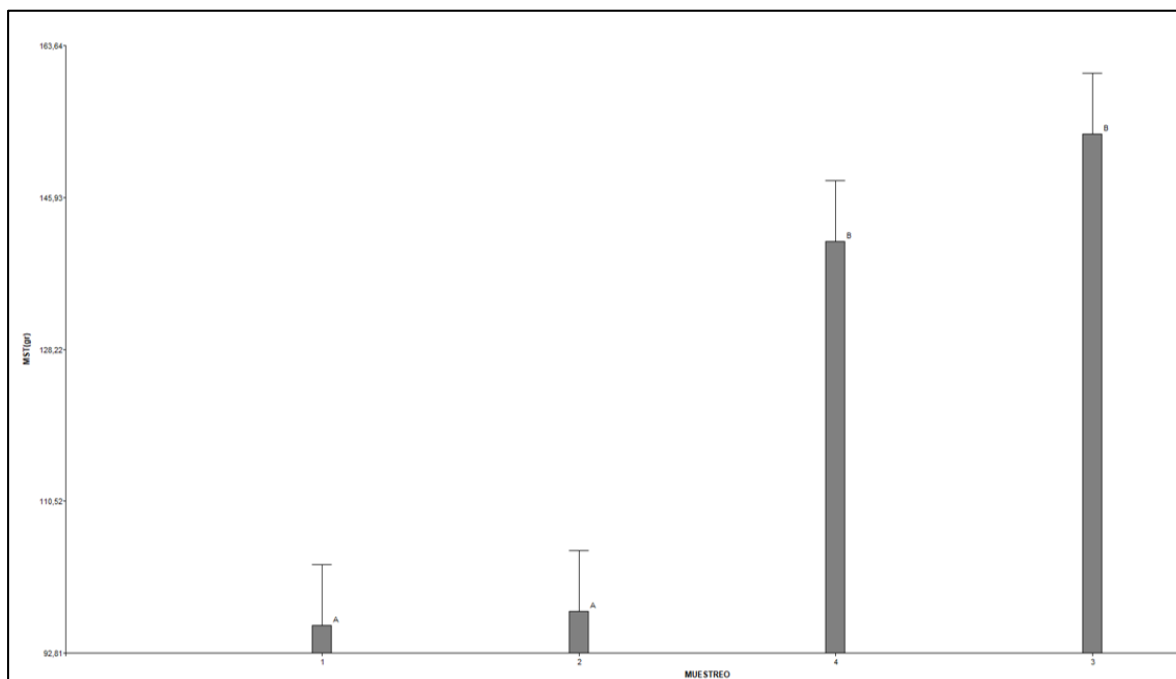
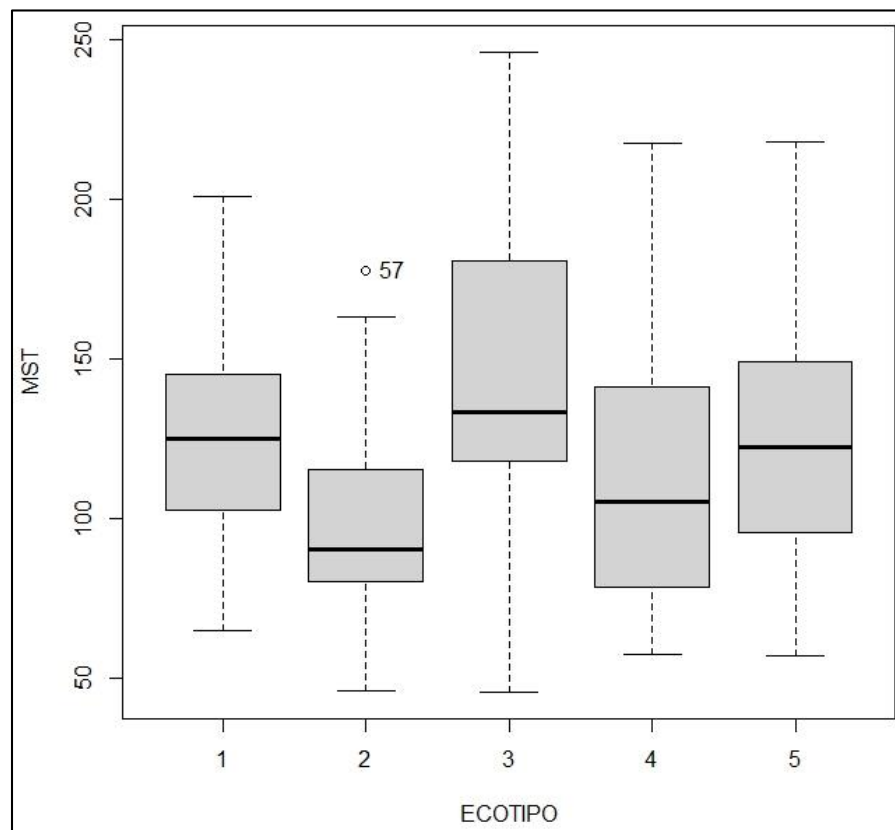


Figura 20. Gráfico de caja y bigote para MST vs Ecotipo.



El valor medido de temperatura (Temp) no presento diferencias significativas entre las medidas de las interacciones de las Muestras y los Ecotipos utilizadas en la prueba de anova para medidas repetidas (p -valor=0.2633). Para la prueba de anova para medidas múltiples no presento diferencias significativas entre las medidas de las interacciones de la Muestra y los Tratamientos (p -valor=0.5952). Para la prueba de anova para parcelas divididas no presento diferencias significativas entre las medidas de las interacciones de los Ecotipo y los Tratamientos (p -valor=0.5575). La prueba de anova-tukey para el Muestreo presento diferencias significativas entre las medias de Temp, el Muestreo 4 y 2 tuvieron el mayor desempeño del Temp mientras que el Muestreo 3 tuvo un desempeño medio mientras que el Muestreo 1 tuvo un menor desempeño (ver figura 22 y 23).

Figura 21. Prueba anova-tukey de Temp vs Muestra.

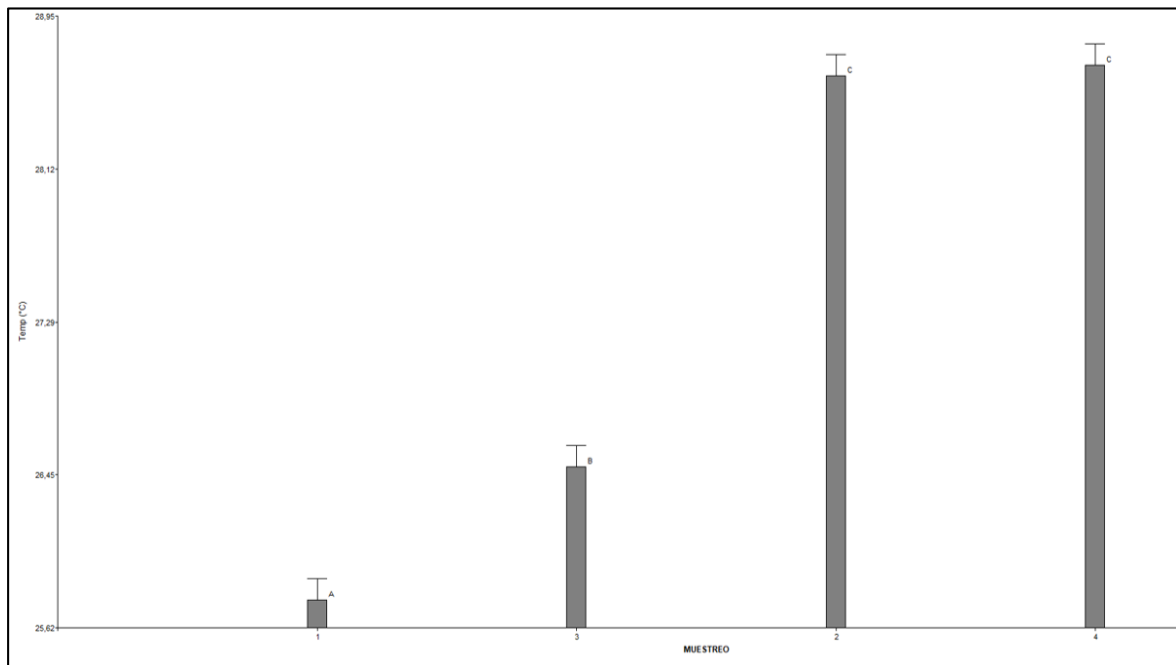
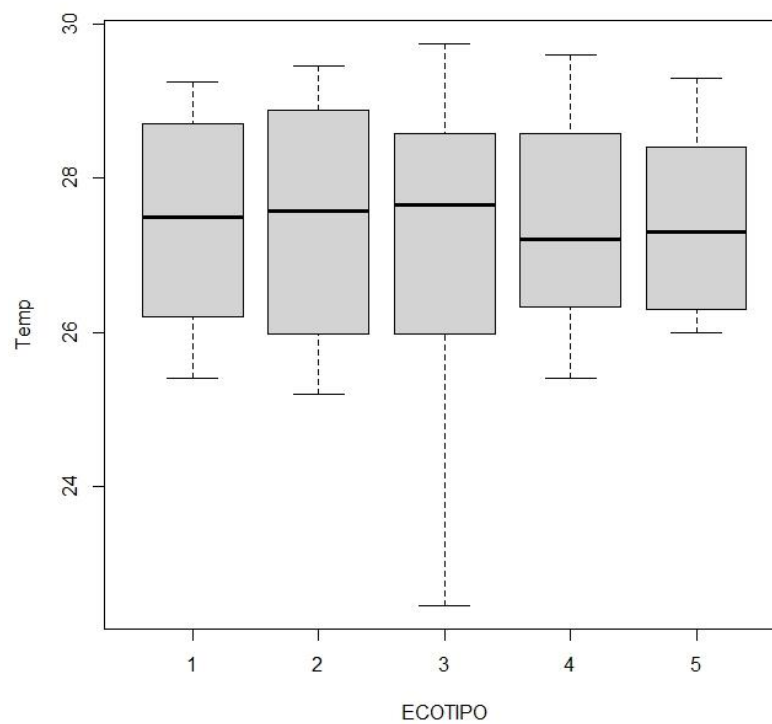


Figura 22. Gráfico de caja y bigote para Temp vs Muestra.



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, 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

El análisis permitió verificar que existe relación positiva entre N total con P, K, Fe, B y S, P con K y Cu, Mg con Fe, Mn y Zn, K con Fe, Fe con Mn y Zn, Mn con Zn y S, Cu con Zn. Existe relación negativa entre P con B, Ca con F, Cu con Zn.

En los resultados de tabla 2, están además los valores de matriz diagonal superior, el p-valor para la correlación entre N Total y P es menor que el nivel de significancia al 0.001 ($p\text{-valor} < 0.001$), lo que indica que los coeficientes de correlación son muy muy significativos al 0.1%. El p-valor para la correlación entre N Total y K es igual que 0.0022 el nivel de significancia ($p\text{-valor} < 0.01$), lo que indica que los coeficientes de correlación son muy significativos al 1%. El p-valor para la correlación entre N Total y Fe es igual que 0.02 el nivel de significancia ($p\text{-valor} < 0.05$), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre N Total y B es igual que 0.03 el nivel de significancia ($p\text{-valor} < 0.05$), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre N Total y S es igual que 0.01 el nivel de significancia ($p\text{-valor} < 0.01$), lo que indica que los coeficientes de correlación son muy significativos al 1%. El p-valor para la correlación entre N Total y S es igual que 0.01 el nivel de significancia ($p\text{-valor} < 0.01$), lo que indica que los coeficientes de correlación son muy significativos al 1%. El p-valor para la correlación entre P y K es igual que 0.01 el nivel de significancia ($p\text{-valor} < 0.01$), lo que indica que los coeficientes de correlación son muy significativos al 1%. El p-valor para la correlación entre P y Cu es menor que el nivel de significancia al 0.001 ($p\text{-valor} < 0.001$), lo que indica que los coeficientes de correlación son muy muy significativos al 0.1%. El p-valor para la correlación entre P y B es igual que 0.02 el nivel de significancia ($p\text{-valor} < 0.01$), lo que indica que los coeficientes de correlación son muy significativos al 1%. El p-valor para la correlación entre Ca y Fe es igual que 0.04 el nivel de significancia ($p\text{-valor} < 0.05$), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre Mg y Fe es menor que el nivel de significancia al 0.0001 ($p\text{-valor} < 0.0001$), lo que indica que los coeficientes de correlación son realmente muy significativos al 0.01%. El p-valor para la correlación entre Mg y Mn es igual que 0.03 el nivel de significancia ($p\text{-valor} < 0.05$), lo que indica que los coeficientes de correlación son

significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre Mg y Fe es menor que el nivel de significancia al 0.001 ($p\text{-valor} < 0.001$), lo que indica que los coeficientes de correlación son muy muy significativos al 0.1%. El p-valor para la correlación entre K y Fe es igual que 0.05 el nivel de significancia ($p\text{-valor} < 0.05$), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre Fe y Mn es menor que el nivel de significancia al 0.0001 ($p\text{-valor} < 0.0001$), lo que indica que los coeficientes de correlación son realmente muy significativos al 0.01%. El p-valor para la correlación entre Fe y Zn es menor que el nivel de significancia al 0.0001 ($p\text{-valor} < 0.0001$), lo que indica que los coeficientes de correlación son realmente muy significativos al 0.01%. El p-valor para la correlación entre Mn y Zn es menor que el nivel de significancia al 0.001 ($p\text{-valor} < 0.001$), lo que indica que los coeficientes de correlación son muy muy significativos al 0.1%. El p-valor para la correlación entre Mn y S es igual que 0.05 el nivel de significancia ($p\text{-valor} < 0.05$), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre Cu y Zn es igual que 0.0017 el nivel de significancia ($p\text{-valor} < 0.01$), lo que indica que los coeficientes de correlación son muy significativos al 1%. El p-valor para la correlación entre Cu y B es igual que 0.01 el nivel de significancia ($p\text{-valor} < 0.01$), lo que indica que los coeficientes de correlación son muy significativos al 1%.

Tabla 3. Matriz de correlaciones/p-valor. Variables pH, C, MO, P, Ca, Mg, K, Na, CIC, Fe, Mn, Cu, Zn, B, S, SO₄, NO₃ y HCO₃. *Significativo al 5%, **Muy Significativo al 1%, *Muy muy significativo al 0.1%, ****Realmente muy significativo al 0,01%.**

Pearson/ P-valor	pH	C	MO	P	Ca	Mg	K	Na	CIC	Fe	Mn	Cu	Zn	B	S	SO ₄	NO ₃	HCO ₃
pH	1	0,33	0,33	0,23	0,39	0,46	0,35	0,19	0,47	0,13	0,04*	0,84	0,09	0,09	0,09	0,17	0,44	0,22
C	-0,56	1	8E-09****	0,2	0,38	0,05*	0,36	0,42	0,33	0,98	0,16	0,29	0,15	0,21	0,31	0,06	0,92	0,31
MO	-0,55	1	1	0,2	0,37	0,05	0,36	0,42	0,33	0,98	0,16	0,29	0,15	0,21	0,32	0,06	0,92	0,31
P	-0,66	0,69	0,69	1	0,01**	0,05	0,16	0,16	0,04*	0,37	0,43	0,39	0,01**	0,02*	0,63	0,14	0,81	0,79
Ca	0,5	-0,51	-0,51	-0,96	1	0,11	0,29	0,3	0,06	0,35	0,7	0,33	0,06	0,08	0,95	0,34	0,98	0,86
Mg	0,44	-0,87	-0,87	-0,88	0,8	1	0,17	0,26	0,06	0,9	0,46	0,32	0,07	0,11	0,63	0,08	0,98	0,66
K	-0,54	0,53	0,53	0,73	-0,59	-0,72	1	0,01**	0,04*	0,71	0,48	0,82	0,11	0,07	0,37	0,06	0,19	0,42
Na	-0,7	0,47	0,47	0,73	-0,58	-0,62	0,97	1	0,08	0,46	0,35	0,75	0,09	0,04*	0,26	0,07	0,12	0,34
CIC	-0,43	0,55	0,55	0,9	-0,86	-0,86	0,89	0,83	1	0,66	0,7	0,73	0,07	0,06	0,75	0,15	0,55	0,84
Fe	-0,77	0,02	0,02	0,52	-0,53	-0,08	0,23	0,44	0,27	1	0,47	0,92	0,32	0,29	0,6	0,75	0,6	0,87
Mn	-0,89	0,73	0,73	0,46	-0,23	-0,44	0,42	0,54	0,24	0,43	1	0,77	0,22	0,23	0,02*	0,13	0,61	0,05
Cu	0,12	-0,59	-0,59	-0,5	0,55	0,57	0,14	0,19	-0,21	-0,06	-0,18	1	0,53	0,69	0,78	0,78	0,14	0,74
Zn	-0,82	0,75	0,75	0,96	-0,86	-0,84	0,79	0,82	0,84	0,57	0,67	-0,37	1	0,0012	0,34	0,06	0,6	0,48
B	-0,83	0,68	0,68	0,94	-0,83	-0,8	0,85	0,89	0,86	0,59	0,65	-0,24	0,99	1	0,31	0,06	0,45	0,45
S	-0,81	0,57	0,57	0,3	-0,04	-0,29	0,52	0,63	0,2	0,32	0,93	0,17	0,54	0,57	1	0,14	0,3	0,005**
SO ₄	-0,72	0,86	0,86	0,75	-0,54	-0,83	0,86	0,84	0,74	0,2	0,77	-0,17	0,87	0,87	0,75	1	0,45	0,16
NO ₃	-0,45	-0,06	-0,06	0,15	-0,02	-0,01	0,69	0,78	0,36	0,32	0,31	0,76	0,32	0,44	0,58	0,45	1	0,35
HCO ₃	0,67	-0,58	-0,58	-0,17	-0,11	0,27	-0,47	-0,54	-0,12	-0,1	-0,88	-0,21	-0,42	-0,45	-0,97	-0,73	-0,54	1

El análisis permitió verificar que existe relación negativa entre pH con Mn, C con Mg, MO con Mg, P con Ca y Mg, Mn con HCO₃, HCO₃ con S.

Existe relación positiva entre C con MO, P con CIC, Zn y B, K con Na y CIC, Mn con S, Zn con B.

El p-valor para la correlación entre Ph y Mn es igual que 0.04 el nivel de significancia (p-valor=0.05), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre C y MO es igual que 8E-09 el nivel de significancia (p-valor<0.0001), lo que indica que los coeficientes de correlación son realmente muy significativos al 0.01%. El p-valor para la correlación entre C y Mg es igual que 0.05 el nivel de significancia (p-valor=0.05), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre MO y Mg es igual que 0.05 el nivel de significancia (p-valor=0.05), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre P y Ca es igual que 0.01 el nivel de significancia (p-valor=0.01), lo que indica que los coeficientes de correlación son muy significativos al 1%. El p-valor para la correlación entre P y Mg es igual que 0.05 el nivel de significancia (p-valor=0.05), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre P y CIC es igual que 0.04 el nivel de significancia (p-valor=0.04), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre P y Zn es igual que 0.01 el nivel de significancia (p-valor=0.01), lo que indica que los coeficientes de correlación son muy significativos al 1%. El p-valor para la correlación entre P y B es igual que 0.02 el nivel de significancia (p-valor=0.02), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre K y Na es igual que 0.01 el nivel de significancia (p-valor=0.01), lo que indica que los coeficientes de correlación son muy significativos al 1%. El p-valor para la correlación entre K y CIC es igual que 0.04 el nivel de significancia (p-valor=0.04), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre Mn y S es igual que 0.02 el nivel de significancia (p-valor=0.02), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre Mn y HCO₃

es igual que 0.05 el nivel de significancia ($p\text{-valor}=0.05$), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El $p\text{-valor}$ para la correlación entre Zn y B es igual que 0.0012 el nivel de significancia ($p\text{-valor}=0.0012$), lo que indica que los coeficientes de correlación son muy significativos al 1%. El $p\text{-valor}$ para la correlación entre HCO_3 y S es igual que 0.0048 el nivel de significancia ($p\text{-valor}=0.0048$), lo que indica que los coeficientes de correlación son muy significativos al 1%

Tabla 4. Matriz de correlaciones/p-valor. Variables P, Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Cu, Zn, B, S, N, Nf, Pf, Caf, Mgf, Kf, Naf, Fef, Mnf, Cuf, Znf, Bf, y Sf. *Significativo al 5%, **Muy Significativo al 1%, *Muy muy significativo al 0.1%, ****Realmente muy significativo al 0,01%.**

Pearson/ P-valor	P	Ca	Mg	K	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B
P	1	0.01**	0.05*	0.16	0.16	0.37	0.43	0.39	0.01**	0.02*
Ca	-0.96	1	0.11	0.29	0.3	0.35	0.7	0.33	0.06	0.08
Mg	-0.88	0.8	1	0.17	0.26	0.9	0.46	0.32	0.07	0.11
K	0.73	-0.59	-0.72	1	0.01**	0.71	0.48	0.82	0.11	0.07
Na	0.73	-0.58	-0.62	0.97	1	0.46	0.35	0.75	0.09	0.04*
Fe	0.52	-0.53	-0.08	0.23	0.44	1	0.47	0.92	0.32	0.29
Mn	0.46	-0.23	-0.44	0.42	0.54	0.43	1	0.77	0.22	0.23
Cu	-0.5	0.55	0.57	0.14	0.19	-0.06	-0.18	1	0.53	0.69
Zn	0.96	-0.86	-0.84	0.79	0.82	0.57	0.67	-0.37	1	0.0012**
B	0.94	-0.83	-0.8	0.85	0.89	0.59	0.65	-0.24	0.99	1
S	0.3	-0.04	-0.29	0.52	0.63	0.32	0.93	0.17	0.54	0.57
N	0.15	-0.02	-0.01	0.69	0.78	0.32	0.31	0.76	0.32	0.44
Nf	0.89	-0.88	-0.58	0.64	0.74	0.84	0.45	-0.25	0.89	0.9
Pf	-0.25	0.29	0.25	0.43	0.4	-0.17	-0.26	0.91	-0.18	-0.05
Caf	0.37	-0.59	-0.02	-0.13	-0.07	0.6	-0.35	-0.35	0.18	0.16
Mgf	-0.33	0.24	-0.04	-0.25	-0.48	-0.9	-0.66	-0.16	-0.49	-0.53
Kf	0.26	-0.2	-0.05	0.71	0.78	0.4	0.11	0.7	0.35	0.48
Naf	0.68	-0.56	-0.59	0.98	0.98	0.35	0.39	0.27	0.75	0.83
Fef	0.91	-0.78	-0.91	0.92	0.89	0.32	0.58	-0.25	0.95	0.95
Mnf	0.68	-0.5	-0.89	0.85	0.74	-0.12	0.52	-0.2	0.73	0.73
Cuf	0.04	0.07	-0.22	0.68	0.56	-0.38	-0.09	0.6	0.09	0.19
Znf	0.77	-0.89	-0.64	0.5	0.43	0.3	-0.21	-0.4	0.58	0.57
Bf	0.86	-0.78	-0.66	0.46	0.57	0.73	0.74	-0.54	0.9	0.86
Sf	-0.02	0.18	-0.41	0.04	-0.09	-0.62	0.39	-0.37	0.06	-0.02

Continuación tabla 4. Matriz de correlaciones/p-valor. Variables P, Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Cu, Zn, B, S, N, Nf, Pf, Caf, Mgf, Kf, Naf, Fef, Mnf, Cuf, Znf, Bf, y Sf.

*Significativo al 5%, **Muy Significativo al 1%, ***Muy muy significativo al 0.1%, ****Realmente muy significativo al 0,01%.

Pearson/ P-valor	S	N	Nf	Pf	Caf	Mgf	Kf	Naf	Fef	Mnf	Cuf	Znf	Bf	Sf
P	0.63	0.81	0.04	0.69	0.54	0.59	0.67	0.21	0.03*	0.21	0.95	0.13	0.06	0.98
Ca	0.95	0.98	0.05*	0.63	0.29	0.7	0.75	0.33	0.12	0.39	0.92	0.04*	0.12	0.77
Mg	0.63	0.98	0.31	0.69	0.98	0.95	0.94	0.3	0.03*	0.04*	0.72	0.24	0.23	0.49
K	0.37	0.19	0.25	0.48	0.83	0.69	0.18	0.00 36**	0.03*	0.07	0.21	0.39	0.43	0.95
Na	0.26	0.12	0.16	0.5	0.91	0.41	0.12	0.00 25**	0.04	0.15	0.32	0.47	0.32	0.89
Fe	0.6	0.6	0.08	0.78	0.28	0.04*	0.5	0.56	0.6	0.85	0.52	0.63	0.16	0.26
Mn	0.02*	0.61	0.45	0.67	0.56	0.22	0.86	0.52	0.3	0.37	0.89	0.74	0.16	0.52
Cu	0.78	0.14	0.68	0.03*	0.56	0.8	0.19	0.66	0.68	0.75	0.28	0.5	0.34	0.54
Zn	0.34	0.6	0.05*	0.77	0.77	0.4	0.57	0.15	0.01**	0.16	0.88	0.3	0.04*	0.93
B	0.31	0.45	0.04*	0.94	0.79	0.36	0.42	0.08	0.01**	0.16	0.76	0.31	0.06	0.97
S	1	0.3	0.6	0.89	0.34	0.24	0.57	0.38	0.36	0.36	0.75	0.58	0.37	0.58
N	0.58	1	0.57	0.11	0.66	0.38	0.01**	0.11	0.5	0.6	0.2	0.96	0.9	0.62
Nf	0.32	0.35	1	0.84	0.34	0.23	0.42	0.21	0.14	0.53	0.91	0.21	0.06	0.51
Pf	0.09	0.8	-0.13	1	0.6	0.95	0.1	0.37	0.97	0.87	0.07	0.91	0.39	0.62
Caf	-0.54	-0.27	0.55	-0.32	1	0.74	0.98	0.93	0.99	0.52	0.39	0.21	0.59	0.16
Mgf	-0.64	-0.51	-0.66	0.04	-0.2	1	0.44	0.55	0.65	0.94	0.68	0.89	0.23	0.49
Kf	0.35	0.95	0.48	0.8	0.01	-0.45	1	0.08	0.48	0.67	0.22	0.7	0.88	0.37
Naf	0.51	0.8	0.68	0.52	-0.05	-0.37	0.83	1	0.07	0.17	0.21	0.41	0.46	0.82

El análisis permitió verificar que existe relación negativa entre P con Ca y Mg, Ca con Nf y Znf, Mg con Fef y Mnf, Fe con Mgf.

Existe relación positiva entre P con Zn, B, Nf, Fef y Naf, K con Na y Fef, Na con B, Naf y Fef, Mn con S, Cu con Pf, Zn con B, Nf, Fef y Bf, B con Fef, y Nf.

El p-valor para la correlación entre P y Ca es igual que 0.01 el nivel de significancia (p-valor=0.01), lo que indica que los coeficientes de correlación son muy significativos al 1%. El p-valor para la correlación entre P y Mg es igual que 0.05 el nivel de significancia (p-valor=0.05), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre P y Zn es igual que 0.01 el nivel de significancia (p-valor=0.01), lo que indica que los coeficientes de correlación son muy significativos al 1%. El p-valor para la correlación entre P y B es igual que 0.02 el nivel de significancia (p-valor=0.02), lo

que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre P y Nf es igual que 0.04 el nivel de significancia (p-valor=0.04), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre P y Fef es igual que 0.03 el nivel de significancia (p-valor=0.03), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre Ca y Nf es igual que 0.05 el nivel de significancia (p-valor=0.05), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre Ca y Znf es igual que 0.04 el nivel de significancia (p-valor=0.04), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre Mg y Fef es igual que 0.03 el nivel de significancia (p-valor=0.03), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre Mg y Mnf es igual que 0.04 el nivel de significancia (p-valor=0.04), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre K y Na es igual que 0.01 el nivel de significancia (p-valor=0.01), lo que indica que los coeficientes de correlación son muy significativos al 1%. El p-valor para la correlación entre K y Naf es igual que 0.0036 el nivel de significancia (p-valor=0.0036), lo que indica que los coeficientes de correlación son muy significativos al 1%. El p-valor para la correlación entre K y Fef es igual que 0.03 el nivel de significancia (p-valor=0.03), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre Na y B es igual que 0.04 el nivel de significancia (p-valor=0.04), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre Na y Naf es igual que 0.0025 el nivel de significancia (p-valor=0.0025), lo que indica que los coeficientes de correlación son muy significativos al 1%. El p-valor para la correlación entre Na y Fef es igual que 0.04 el nivel de significancia (p-valor=0.04), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre Fef y Mgf es igual que 0.04 el nivel de significancia (p-valor=0.04), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre Mn y S es igual que 0.02 el nivel de significancia (p-valor=0.02), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre Cu y Pf es igual que 0.03 el nivel de significancia (p-valor=0.03), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre Zn y B es igual que 0.0012 el nivel de significancia (p-valor=0.0012), lo que indica que los coeficientes de correlación son muy significativos al 1%. El p-valor para la correlación entre Zn y Nf es igual que 0.04 el nivel de significancia (p-valor=0.04), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre Zn y Fef es igual que 0.01 el nivel de significancia (p-valor=0.01), lo que indica que los

coeficientes de correlación son muy significativos al 1%. El p-valor para la correlación entre Zn y Bf es igual que 0.04 el nivel de significancia (p-valor=0.04), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre B y Nf es igual que 0.04 el nivel de significancia (p-valor=0.04), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%. El p-valor para la correlación entre B y Fef es igual que 0.01 el nivel de significancia (p-valor=0.01), lo que indica que los coeficientes de correlación son muy significativos al 1%. El p-valor para la correlación entre N y Kf es igual que 0.01 el nivel de significancia (p-valor=0.01), lo que indica que los coeficientes de correlación son muy significativos al 1%. El p-valor para la correlación entre Tef y Mnf es igual que 0.04 el nivel de significancia (p-valor=0.04), lo que indica que los coeficientes de correlación son significativos al 5%.

Tabla 5. SSI (INDICE DE SUSCEPTIBILIDAD A SALINIDAD) e INDICE DE TOLERANCIA (TOL).

Ecotipo	ISS	TOL
ECOT 1	1,23285208	55,45
ECOT 2	0,6033511	22,85
ECOT 3	1,74750714	26,85
ECOT 4	2,14291649	26,4
ECOT 5	0,85035554	13,325

SSI (índice de susceptibilidad a salinidad): Si la producción de biomasa en los ecotipos bajo estrés (con aplicación de sal) está más cerca de aquella sin estrés (sin aplicación de sal), la intensidad de estrés del ecotipo bajo salinidad es menor y, por lo tanto, los valores de SSI del genotipo son menores. Si SSI es menor que 1, indica que el genotipo es más tolerante bajo estrés por salinidad. En este caso, el menor SSI lo mostró el ecotipo 2 seguido del ecotipo 5.

Los valores más bajos de SSI indican los ecotipos con la tasa más alta de tolerancia bajo estrés de salinidad (la menor diferencia de rendimiento en condiciones de estrés y sin estrés), incluidos el 2 y el 5. En consecuencia, tales genotipos pueden usarse para programas de mejoramiento que requieran incrementar la tolerancia a condiciones salinas. Los ecotipos 1, 3 y 4 debido a los altos índices de SSI bajo estrés de salinidad, no son ecotipos adecuados para usarse en condiciones saladas.

Índice de tolerancia (tol) indica la tolerancia de los ecotipos bajo estrés. Los mayores valores de TOL indican los ecotipos con menor tolerancia y los menores valores de TOL indican los ecotipos con mayor tolerancia bajo estrés. En consecuencia, el índice TOL indicó que el ecotipo más tolerante es el 5 con 13,2, seguido del 2 con 22,8.

3.4 Discusión

A nivel mundial, una significativa proporción de tierra cultivada está afectada por salinidad. De 230 millones de ha de zonas agrícolas bajo riego, 45 millones ha están afectadas por salinidad (19,5%) (Athar & Ashraf, 2009). En el proyecto presentado “efecto de la salinidad y la tolerancia del suelo en cinco ecotipos de mango magdalena river sometidos a diferentes condiciones salinas en santa marta Colombia” se determinó que el efecto de la salinidad, la alta concentración de sales en la solución del suelo hace que el cultivo tenga que hacer un consumo extra de energía para poder absorber el agua del suelo. Este efecto es similar al producido por estrés hídrico, en el que el cultivo sufre la falta de agua en el suelo respecto a lo que demanda para su normal desarrollo. Como consecuencia de este estrés salino el cultivo reduce su desarrollo vegetativo.

La biomasa aérea (BMA), biomasa de la raíz (BMR), biomasa total (BMT) y masa seca aérea (MSA) presento diferencias significativas entre las medidas de las interacciones de las Muestras y los Ecotipos utilizados, siendo el Ecotipo 3 tuvo el mayor desempeño mientras que los Ecotipos 5, 1, 2 y 4 mantuvieron un menor desempeño. las plantas pueden explorar diferencialmente el suelo y aprovechar la variación en la salinidad, absorbiendo los nutrientes de las partes menos salinas. Las raíces expuestas a bajas concentraciones de sal aprovechan los elementos disponibles (K^+ y Ca^{++}), lo que le permite a la planta incrementar su biomasa, para evadir el efecto de la salinidad. Este mecanismo puede jugar un papel en el ecotipo 3. Lo anterior, confirma la flexibilidad y capacidad de algunas especies de regular su exposición a los efectos de la salinidad (Bazihizina et al. 2012).

La salinidad puede inhibir el crecimiento de las plántulas debido a varios factores, incluyendo la toxicidad iónica para una variedad de procesos metabólicos, incluyendo enzimas que participan en la fotosíntesis, deficiencia en la nutrición mineral y cambios en las relaciones hídricas, siendo esto último un efecto similar al producido por la sequía (Sairam & Tyagi, 2004).

Los principales iones salinos, Na^+ y Cl^- pueden suprimir la absorción neta de nutrimentos debido a las interacciones competitivas iónicas (Kerkeb et al., 2001) o afectar la integridad de la membrana, altos niveles de Na^+ a menudo indican deficiencias de K^+ (Rus et al., 2001). La salinidad puede causar dos clases de

estrés en los tejidos de las plantas: osmótico e iónico, siendo el primero similar al causado por la sequía, mientras que el último es a menudo asociado con altas relaciones Na^+/K^+ y $\text{Na}^+/\text{Ca}^{+2}$ y la acumulación de Na^+ y Cl^- en los tejidos, lo cual es dañino para el metabolismo general de las células (Gonzales & Cárdenas, 2001; Maser et al., 2002).

El índice de tolerancia de los ecotipos bajo estrés, indicó que el ecotipo más tolerante es el 5 con 13,2, seguido del 2 con 22,8. El interés por mejorar la tolerancia de los cultivos a la salinidad ha aumentado en los últimos años, empleando métodos de mejoramiento tradicionales o a través de organismos genéticamente modificados. La incorporación de genes de parientes silvestres tolerantes, la domesticación de plantas halófilas silvestres y la identificación de caracteres relacionados con tolerancia empleando marcadores moleculares (Ashraf, 1994; Shannon, 1997), o bien la incorporación de genes cuya expresión modifica mecanismos bioquímicos y fisiológicos involucrados en la tolerancia (Hasegawa et al., 2000).

Según Shuch, (2005), la tolerancia de las plantas a la sal es afectada por la interacción de la planta con el suelo, el agua y las condiciones medioambientales. Las plantas son sensibles a la salinidad durante todas las etapas de crecimiento y esta sensibilidad puede variar en cada una de ellas. Este mismo autor considera que la restricción en el crecimiento es debido al estrés hídrico provocado por el potencial salínico de las raíces, por la toxicidad iónica, es decir, la excesiva absorción de cloro y sodio y por la limitación de los nutrimentos, particularmente de calcio.

Por otro lado, las plantas deben mantener un potencial hídrico más negativo que el del medio externo para asegurar la absorción de agua. En medios salinos, el potencial hídrico bajo se activa por la acumulación de solutos (Throop, 2000).

4. CONCLUSIÓN

De acuerdo con el trabajo realizado se concluye que:

1. La biomasa relativa producida bajo condiciones de estrés salino en mango Magdalena River tuvo mayor desempeño en el ecotipo 3, en general la presencia de sales solubles en el medio de cultivo afecto negativamente al desarrollo de las plantas, disminuyendo el potencial hídrico del medio y restringiendo así la absorción de agua por las raíces.
2. Los ecotipos con mejor comportamiento de acuerdo al IT e ISS fueron los ecotipos 2 y 5, los cuales pueden ser incorporados en programas de mejoramiento vegetal que requieran incrementar la tolerancia a condiciones salinas.
3. En el departamento del Magdalena hay muchas zonas afectadas por salinidad, con base a los resultados obtenidos, el establecimiento de especies tolerantes a la salinidad como el mango magdalena river, puede disminuir la salinidad del suelo por la extracción y transporte de material con alto contenido salino fuera de los sitios afectados por sales, sin embargo, más importante aún es disponer de variedades tolerantes a salinidad como es el ecotipo 2 y 5.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Adams M. (1995). Fundamentos de Química de suelos. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

Agronet (2010), CORPOICA divulga tecnología para el cultivo del mango, con énfasis en mangos criollos.

<https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Noticia340.aspx>

Agronet (2015), área sembrada y área cosechada del cultivo de producción y rendimiento del cultivo de mango 2007-2014.

<https://www.agronet.gov.co/Documents/Mango.pdf>.

Ashraf, M. 1994. Breeding for salinity tolerance in plant. Critical Reviews in Plant Sciences 13:17-42.

Asohofrucol, Corpoica (2013). Modelo tecnológico para el cultivo de mango en el valle del alto magdalena en el departamento del tolima. Minagricultura.

http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_264_MP_Mango.pdf

Bronwyn J. B., R. Vera-Estrella, E. Balderas y O. Pantoja. (2007). Mecanismos de Tolerancia a la salinidad en plantas. Biotecnología. CS3.indd 14: 263-272

Caetano E, Innocentini, V, Magaña V, Martins S, Méndez B (2010) Cambio climático y el aumento del nivel del mar. En: Botello AV, Villanueva-Fragoso S, Gutiérrez J, Rojas Galaviz JL (ed). Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático. SEMARNAT-INE, UNAM, Universidad Autónoma de Campeche. pp: 238-304.

Castellanos J. Z., J. X. Uvalle-Bueno y A. Aguilar-Santelises. (2000). Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas. Segunda edición. Instituto Nacional de Capacitación (INCAPA). Guanajuato, México.

Chinnusamy, V., A. Jagendore y Z. Jian-Kang. 2005. Understanding and improving salt tolerance in plants. Crop Sci. 45(2), 437-448. Doi: 10.2135/cropsci2005.0437.

Convención de las Naciones Unidas para combatir la desertificación. (UNCCD, 1994).

Corporación colombiana de investigaciones agropecuarias CORPOICA, asociación hortifrutícola de Colombia ASOHOFRUCOL. modelo tecnológico para el cultivo de mango en el valle del alto Magdalena en el departamento del Tolima (2013).

http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_264_MP_Mango.pdf

Cuerpo y mente. Guías de alimento. <https://www.cuerpomente.com/guia-alimentos/mango>

Chaman, M. E.(2007). Variaciones en el contenido relativo de agua y la concentración de prolina en *Capsicum annuum* L. inducido por NaCl. Arneloa, vol.14, p. 251-258.

De Paz, J.M, F. Visconti, R. Zapata and J. Sanchez. (2004). Integrationoftwo simple models in a geographicalinformationsystemtoevaluatesalinizationrisk in irrigatedlandoftheValencianCommunity, Spain. Soil Use and Management. 20, 333–342

Desamparados M. y V. Pons. (2001). Prácticas de edafología y climatología. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.

Dorronsoro C. (2010). Contaminación del suelo. Departamento de edafología y química agrícola. Universidad de Granada. España. (<http://edafologia.ugr.es/index.htm>)

Dorronsoro C. (2007). Contaminación por sales solubles. <http://edafologia.ugr.es/conta/tema12/concep.html>.

FAO (2015). *Faostat: Bases de datos estadísticos de la* FAO. <http://www.fao.org/faostat/es/>

FAO (2020), organización de naciones unidas para la alimentación y la agricultura. <http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/manejo-de-suelos-problematicos/suelos-afectados-por-salinidad/es/>

Feucher F. R. (2000). Transferencia de tecnología para el rescate de suelos mediante la integración ganadera. Recuperación de suelos salinos agrícolas, mediante el establecimiento de praderas bajo riego y cultivos alternativos. Diez acciones propuestas de Bioingeniería sostenible. Revista de la Facultad de Salud Pública y Nutrición. 1(3). Universidad Autónoma de Nuevo León. (Consulta en: Dirección General de Servicios de Cómputo Académico-UNAM, ciudad universitaria, D.F., México)

Florescano E. (2004). El patrimonio nacional de México. Primera reimpresión. FCE, CONACULTA. D. F., México.

Gómez D. (2004). Recuperación de espacios degradados. Mundi-Prensa. Madrid España.

González F. (2003). Las comunidades vegetales de México. INE-SEMARNAT. D. F., México.

Guida Johnson, B., Abraham, E., & Cony, M. (2016). Salinización de suelo en tierras secas irrigadas: perspectivas de restauración en Cuyo, Argentina. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.

Hasegawa, P.M., R.A. Bressan, J.K. Zhu and H.J. Bohnert. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology 51:463-499.

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. <http://bdigital.unal.edu.co/55737/1/71394585.pdf>.

IDEAM, (2010). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Protocolo de Degradación de Suelos y Tierras por Desertificación. http://www.ideam.gov.co/documents/11769/241818/20120814_Protocolo_de_sertificacion.pdf/c34ac460-215b-4cb8-8ffe-a8f9218e2bac

IDEAM (2017) Degradación de suelo por salinización. <http://www.ideam.gov.co/documents/24277/69989379/Lanzamiento+mapa+Salinizacion+FN+OPT.pdf/624515d0-799d-41ef-b1ef-bb7e868680f3>

INTANGRI (2015) La Salinidad de los Suelos, un Problema que Amenaza su Fertilidad. <https://www.intagri.com/articulos/suelos/salinidad-de-suelos-problema-de-fertilidad>

- Jenks, M. A. y Hasegawa, P. M.(2005). Plant Abiotic Stress. India. Blackwell Publishing Ltd, p. 270
- Karimi, G.; Ghorbanli, M.; Heidari, H.; Khavari, Nejad, R. A. y Assareh, M. H. (2005). The effects of NaCl on growth, water relations, osmolytes and ion content in *Kochia prostrate*. *Biologia Plantarum*, vol. 49, no. 2, p. 301-304.
- Kumar, S. Titov, S. Islam, M. M. Ayesha, S.; Sultana, S. y Haque, Md. S.(2009). Phenotypic and genotypic screening of rice genotypes at seedling stage for salt tolerance. *Global Journal of Biotechnology & Biochemistry*, No. 2, p. 126-131.
- Lamz Piedra y González Cepero (2013). “La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata”. *Cultivos Tropicales*, vol. 34, no. 4, p. 31-42
- Layne-Garsaball, Méndez y Mayz-Figueroa (2007), “Efecto de la salinidad del suelo sobre la germinación de semillas de maíz de diferentes pesos en el oriente venezolano”,
https://www.researchgate.net/publication/277033156_Efecto_de_la_salinidad_del_suelo_sobre_la_germinacion_de_semillas_de_maiz_de_diferentes_pesos_en_el_oriente_venezolano
- Levitt J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. New York: Academic, 2nd. Ed.
- Mace J. E. y C. Amrhein. (2001). Leaching and Reclamation of Soil Irrigated with Moderate SAR Waters. *Soil Science Society American Journal*. 65:199-204.

- Monroy A., J. Estévez, R. García, R. Ríos. (2007). Establecimiento de plantas mediante el uso de micorrizas y de islas de recursos en un matorral xerófilo deteriorado. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 80:49-57.
- Montaño N. M. y A. Monroy. (2000). Conservación ecológica de suelos en zonas áridas y semiáridas en México. Ciencia y Desarrollo. 154:26-37
- Nobel Ps, Loik Me. (1999). Form and function of cacti. In:Robichaux RH (ed.) Ecology of Sonoran Desert plants and plant communities. The University of Arizona Press, Tucson.
- Observatorio Nacional de Degradación y tierras y desertificación. (ONDTyD, 2014).
- Ospino Rangel, (2016). Historia del Magdalena. El mango en el Magdalena. <http://historiasdelmagdalena.blogspot.com/2016/09/el-mango-en-el-magdalena.html>
- Otero J., C. Gómez y R. Sánchez. (2002). Zonificación de los procesos de salinización de los suelos de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Colombia.
- Pei-Chun, (2007). The Use of Plant GrowthPromoting Rhizobacteria (PGPR) and an Arbuscular Mycorrhizal Fungus (AMF) to Improve Plant Growth in Saline Soils for Phytoremediation. [Thesis of Master], University of Waterloo, p. 127.
- Ruíz C. E., R. A. Aldaco N., J. A. Montemayor T., M. Fortis H., J. Olague R. y J. C. Villagómez G. (2007). Aprovechamiento y mejoramiento de un suelo salino mediante el cultivo de pastos forrajeros. Tecnológico Pecuario de México 45(1):19-24

- Shannon, M.C. 1997. Adaptation of plants to salinity. *Advances in Agronomy*, 60: 75-120.
- Shuch U. (2005). Impact of Drought on Management of Salt Sensitive Plants with Reclaimed Water. Grant number 01-HQ-6R-0113.
- Szabolcs I. (1994). Prospects of soil salinity for the 21 st. century. 15th World Congress of Soil Science Society. 1:123-141.
- Szabolcs, I. (1994). 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. p. 19-24
- Taiz, L. y Zeiger, E. *Plant physiology*. 3ed . Sunderland: Sinauer Associates, 2006. 623 p.9
- Throop W. 2000. *Environmental Restoration. Ethics, Theory and Practice*. Humanity Books. USA.
- Xu HM, Tam NFY, Zan QJ, Bai M, Shin PKS, Vrijmoed LLP, et al. (2014) Effects of salinity on anatomical features and physiology of a semi-mangrove plant *Myoporum bontioides*. *Marine Pollution Bulletin* 85: 738-746. : https://www.researchgate.net/publication/261918055_Effects_of_salinity_on_anatomical_features_and_physiology_of_a_semi-mangrove_plant_Myoporum_bontioides
- Zhu, J. K. (2002). Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annu. Rev. Plant Biol*, vol. 53, p. 247–27

