



Universidad Central de Venezuela
Facultad de Agronomía
Departamento de Agronomía



**Efecto del ácido salicílico sobre el desarrollo de plantas de lechosa
(*Carica papaya* L.) sometidas a estrés hídrico durante la fase de vivero**

Tesista: Br. Sebastian Raimond

Tutora: Prof^a Carmen Basso

Maracay, Noviembre 2015

ACTA DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO POR EL JURADO

Nosotros los abajo firmantes miembros del jurado examinador del trabajo titulado Efecto del ácido salicílico sobre el desarrollo de plantas de lechosa (*Carica papaya* L.) sometidas a estrés hídrico durante la fase de vivero, cuyo autor es el bachiller Sebastian Jesús Raimond Toro, Cédula de Identidad 20.068.887, certificamos que lo hemos leído y que en nuestra opinión, reúne las condiciones necesarias de adecuada presentación y es enteramente satisfactorio en alcance y calidad como requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

Carmen Basso
CI: 3.934.787
Tutora – Coordinadora

Gustavo Rodríguez
CI: 12.139.540
Jurado Principal

Dayana Pérez
CI: 12.926.831
Jurado principal

AGRADECIMIENTOS

A dios todopoderoso: Por darme vida y salud para lograr esta meta tan importante en mi vida y por guiarme en cada paso que doy.

A mis padres: Por darme ese apoyo incondicional en todo momento durante el transcurso de mi carrera y de mi vida.

A mis hermanos y familiares: Por no dudar en ningún momento que lograría esta meta.

A mis 20 panas de carrera y del alma: Por estar conmigo en las buenas y en las malas, por todos esos VAMOS QUE SI SE PUEDE y por su valiosa colaboración en campo para la realización de este ensayo.

A mi tutora: Por creer en mí y afrontar tan semejante responsabilidad.

A la profesora Naghely Mendoza y Aby Cujar: Por todas esas palabras de aliento que siempre me motivaron a seguir adelante.

A todos aquellos profesores: Que formaron parte de mi formación académica.

DEDICATORIA

De manera muy especial le dedico mi trabajo de grado a mi primo Cristóbal Gabriel Armas Toro, que sé, que desde el cielo está viendo este gran logro.

RESUMEN

- El déficit hídrico es uno de los tipos de estrés más comunes que presentan las plantas cultivadas en el planeta, limitando su productividad. Para mitigar los efectos negativos de dicho estrés, se ha utilizado el ácido salicílico (AS), el cual es un regulador de crecimiento endógeno de naturaleza fenólica que se sintetiza cuando las plantas se encuentran bajo algún estrés de naturaleza abiótica, para promover un efecto protector; dicho ácido desempeña un importante rol en procesos fisiológicos de las plantas, entre ellos, la apertura y cierre estomático, absorción y fuga de iones, inducción de la germinación, crecimiento, desarrollo y floración, regulación de la respiración, fotosíntesis, entre otros. Debido a ello, en este trabajo se evaluó el efecto del ácido salicílico sobre el desarrollo de plantas de lechosa sometidas a estrés hídrico, durante la fase de vivero. El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con arreglo factorial 4x2, evaluando cuatro dosis de AS (0; 0,5; 1,0 y 1,5mM) en plantas sometidas a dos condiciones de humedad (sin estrés y con estrés hídrico). Las variables evaluadas fueron altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, materia fresca y seca de la planta y sus componentes, área foliar por planta y área foliar específica, índice y contenido de clorofila, contenido relativo de agua y lavado de electrolitos. Los resultados indicaron que el ácido salicílico no mitigó los efectos del estrés hídrico de las plantas, sin embargo causó un leve efecto positivo sobre la altura de las mismas. Por otra parte, el estrés hídrico durante la fase de vivero disminuyó el ritmo de crecimiento del tallo provocando una menor altura; además, redujo el número de hojas, el peso fresco y peso seco total e incrementó el área foliar específica, lo cual repercutirá de manera negativa en el establecimiento de las plantas de lechosa en campo.

Palabras clave: ácido salicílico, estrés hídrico, lechosa.

TABLA DE CONTENIDO

Índice de Cuadros.....	vii
Introducción.....	1
Objetivos.....	2
Antecedentes.....	3
Generalidades del cultivo.....	3
El déficit hídrico.....	4
El ácido salicílico.....	5
Materiales y métodos.....	9
Resultados y discusión.....	13
Conclusiones.....	22
Referencias bibliográficas.....	23

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Efecto de la aplicación de ácido salicílico sobre la altura y diámetro del tallo de plantas de lechosa sometidas a estrés hídrico en fase de vivero.....	14
Cuadro 2. Efecto del ácido salicílico y distintas condiciones de estrés hídrico sobre el peso fresco en plantas de lechosa durante la fase de vivero.....	15
Cuadro 3. Efecto del ácido salicílico en plantas de lechosa sometidas a estrés hídrico sobre el peso seco y la relación parte aérea/parte radical (PA/PR) durante su fase de vivero.	16
Cuadro 4. Efecto del ácido salicílico sobre el número de hojas y área foliar de plantas de lechosa sometidas a distintas condiciones de estrés, durante la etapa de vivero.....	17
Cuadro 5. Efecto del ácido salicílico sobre el contenido de clorofila en plantas de lechosa sometidas a distintas condiciones de estrés, durante la etapa de vivero.....	18
Cuadro 6. Efecto del ácido salicílico sobre el contenido relativo de agua (CRA) en plantas de lechosa sometidas a distintas condiciones de estrés, durante la etapa de vivero.....	20
Cuadro 7. Efecto del ácido salicílico sobre el lavado de electrolitos (LE) en hojas de plantas de lechosa sometidas a distintas condiciones de estrés, durante la etapa de vivero	21

INTRODUCCIÓN

El estrés hídrico se define como la consecuencia que se genera cuando el contenido de agua en el suelo disminuye por debajo de un umbral en el cual el cultivo no puede mantener el ritmo de extracción de agua que asegure su adecuado crecimiento (Olalla *et al.*, 2005), y es uno de los tipos de estrés más comunes que presentan las plantas cultivadas en el planeta (Benavides *et al.*, 2002) limitando la productividad vegetal.

La lechosa (*Carica papaya* L.) es una planta que no tolera déficit hídrico prolongado (Chaterlán *et al.*, 2012), siendo señalada como una especie frutal muy exigente en agua por tener un crecimiento rápido y constante, acompañado de floración precoz y continua, paralela al desarrollo de los frutos; por este motivo, es necesario el suministro adecuado de agua desde sus estados iniciales de desarrollo (Parés, 2005).

Cuando las plantas de lechosa se encuentran en condiciones de estrés hídrico su crecimiento se limita, generando esterilidad femenina en las flores de algunas plantas hermafroditas (Almeida *et al.*, 2003), modificaciones en la expresión sexual de la lechosa induciendo la producción de las flores imperfectas (Parés, 2005), aborto de las flores (Guzmán, 2003) y reducción en la producción de frutos (Silva *et al.*, 2012).

En las plantas, como en todos los organismos vivos, el estrés ambiental sea biótico o abiótico, da lugar a la activación de respuestas de adaptación y defensa, que a su vez generan cambios en el comportamiento hormonal de las mismas. Con respecto al estrés causado por la ausencia del agua, las plantas reaccionan a nivel fisiológico cerrando sus estomas, provocado por el aumento del ácido abscísico, para evitar la pérdida de agua por transpiración. Además, pueden desarrollar respuestas de aclimatación, generadas por ejemplo, por el ajuste osmótico (Benavides *et al.*, 2002).

Otro aspecto importante a señalar es que las plantas presentan ácido salicílico, el cual es un señalizador de estrés que tiene efecto defensor ante condiciones adversas de salinidad, temperatura, sequía, etc. (Gómez y Cepeda, 2010) . Ante la sequía o déficit hídrico, el ácido

salicílico controla la tasa de transpiración (Pancheva *et al.*, 1996), aumenta la biomasa de las raíces, como por ejemplo su longitud en el caso del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Rodríguez *et al.*, 2008) permitiendo que la planta explore mayores cantidades de suelo para satisfacer sus necesidades de agua. De igual manera, ocurre un aumento en las concentraciones de aminoácidos que actúan como agentes osmóticos, protegiendo a la planta de la deshidratación; esto ha sido observado en lechuga (*Lactuca sativa* L.) (Vega, 2013).

Es poca la información sobre la influencia del ácido salicílico en el cultivo de la lechosa, y es por este motivo que en esta investigación se pretende estudiar el efecto de dicho ácido sobre plantas sometidas a estrés hídrico durante la fase de vivero.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar el efecto del ácido salicílico sobre el desarrollo plantas de lechosa sometidas a estrés hídrico, durante la fase de vivero.

Objetivos Específicos

Caracterizar el crecimiento de plantas de lechosa sometidas a estrés hídrico con aplicación de diferentes dosis de ácido salicílico, durante la fase de vivero.

Determinar el efecto de diferentes dosis de ácido salicílico sobre el área foliar, contenido relativo de agua, niveles de clorofila y permeabilidad de las membranas de plantas de lechosa sometidas a déficit hídrico en la fase de vivero.

Cuantificar la acumulación de la materia fresca y seca de plantas de lechosa sometidas a diferentes dosis de ácido salicílico y bajo estrés hídrico, durante la fase de vivero.

ANTECEDENTES

Generalidades del cultivo

La lechosa (*Carica papaya* L.) es una especie nativa del trópico americano, perteneciente a uno de los seis géneros de la familia Caricaceae (Badillo, 2000). Se distribuye en la zona tropical del mundo y en zonas subtropicales como cultivo protegido (Crane, 2005). Además, se considera una de las frutas más importantes en el trópico por su valor nutritivo, su palatabilidad y por su contenido de papaína para la industria farmacológica (Alonso *et al.*, 2006) y en la industria cervecera como clarificador (Mex *et al.*, 2012).

La planta es perenne y se presenta como hierba pero de tamaño no típico, pudiendo alcanzar los 9 m de altura. Posee un rápido crecimiento y puede dar frutos por más de 15 años, pero no de manera comercial. Su tronco es hueco entre los nudos y normalmente sin ramas. Sus hojas son palmeadas, sostenidas por un peciolo largo y hueco que sale del tallo y están arregladas en forma de espiral. En cuanto a las flores, estas salen de las axilas que forman los peciolos con el tallo y se pueden presenciar tres tipos de flores (masculinas, femeninas y hermafroditas) según la forma sexual de la planta. Los frutos son tipo baya y varían de forma y tamaño dependiendo de la variedad y del tipo de flor que le dio origen. El sistema radical se extiende de forma radial y la raíz pivotante puede alcanzar profundidades de un metro o más (Díaz, 2002).

Las zonas adecuadas para el óptimo desarrollo y crecimiento de esta especie, son aquellas que se encuentran entre los 0 y 600 msnm y presenten temperaturas medias mensuales entre los 21- 32°C (Crane, 2005) con precipitaciones anuales entre los 1500 y 2000 mm y humedad relativa entre 60 y 85%. En cuanto a los requerimientos edáficos, la misma crece en la mayoría de los suelos del trópico, siempre y cuando tengan la capacidad de retener buena humedad, sean bien drenados, ligeros, profundos y fértiles (ricos en materia orgánica) (Basso, 1999; Baquero, 2003).

El cultivo se propaga comercialmente de forma sexual y la siembra se realiza en bandejas de propagación, donde emergerán las plántulas en 2 o 3 semanas. Luego de este período, éstas se trasplantan a bolsas individuales donde permanecen entre 4 y 8 semanas hasta campo definitivo (Enríquez, 2012). En cuanto al sustrato, pueden utilizarse naturales o artificiales; referente a los naturales, el cultivo crece en la mayoría de los suelos del trópico, siempre que presenten buen drenaje y para los artificiales se puede usar una mezcla entre materiales orgánicos e inorgánicos; para este caso es necesario agregar materia orgánica hasta completar el 20% del total de la mezcla, además de arena de río (Arango y Hoyos, 1999), para tener un apropiado balance del tamaño de los poros.

Déficit Hídrico

En general el déficit hídrico o por sequía es aquel que se produce en las plantas en respuesta a un ambiente escaso de agua, en donde la transpiración excede la toma de agua. Referente al cultivo de la lechosa, el mismo no tolera déficit hídrico prolongado (Chaterlán *et al.*, 2012), por lo que necesita un suministro de 1250 a 2000 mm de agua anuales repartidos uniformemente (Avilán y Rengifo, 1986), porque de esta depende el crecimiento continuo del tallo, así como la formación de nuevas hojas en cuyas axilas se desarrollarán las flores y de éstas los frutos (Guzmán, 2003).

Cuando al cultivo no se le suministra la cantidad necesaria de agua, el crecimiento del mismo se limita, pudiendo causar la caída de las flores y reducir el rendimiento en un 50%, además de disminuir el llenado de los frutos, ya que la humedad de los mismos en peso puede alcanzar un 85% (Arango y Hoyos, 1999).

Por su parte, Parés (2005) indica que una planta de lechosa en condiciones de estrés hídrico, presenta caída de las hojas más viejas a fin de reducir la pérdida de agua por transpiración; además, señala que se induce una modificación en la expresión sexual de la planta, produciendo flores imperfectas.

En general, las plantas han desarrollado evolutivamente mecanismos morfológicos, fisiológicos y celulares que les permite vivir en condiciones de déficit hídrico, como por ejemplo el desarrollo de metabolismos como los C₄ y CAM. Además, las plantas poseen mecanismos de aclimatación que se activan en respuesta al estrés hídrico; uno de ellos es la limitación de la expansión foliar, pues una rápida expansión de la misma puede afectar negativamente la adaptabilidad de las plantas a la poca disponibilidad de agua, ya que la fotosíntesis depende de la lámina foliar (Moreno, 2009).

Por otro lado, Potters *et al.* (2007) señalaron que la escasa disponibilidad de agua detiene el crecimiento de la parte aérea, pero la raíz continúa su desarrollo en búsqueda de agua a zonas más profundas del suelo. Otro mecanismo a nivel fisiológico por parte de las plantas ante el estrés hídrico, es el cierre estomático para evitar la pérdida de agua, el cual está regulado por el ácido abscísico (ABA), incrementando sus concentraciones en la hoja cuando el mesófilo comienza a sufrir deshidratación. A nivel celular ocurre ajuste osmótico, una respuesta ante el estrés hídrico que consiste en la disminución del potencial hídrico en los tejidos de la planta, lo que trae como beneficio la entrada de agua a las células evitando la plasmolización (Benavides *et al.*, 2002; Moreno, 2009). Además, cuando las plantas se encuentran bajo estrés de distinta naturaleza abiótica, se sintetizan compuestos que participan en la regulación de procesos fisiológicos en ellas, como por ejemplo el ácido salicílico (Sakhabutdinova *et al.*, 2003; Benavides *et al.*, 2004).

El ácido salicílico

El ácido salicílico (AS) o ácido 2-hidroxybenzoico es un regulador del crecimiento endógeno de naturaleza fenólica, que es sintetizado principalmente por la activación de la ruta de los fenilpropanoides, cuando las plantas se encuentran bajo estrés de distinta naturaleza abiótica (Benavides *et al.*, 2004). Este compuesto promueve la habilidad de las plantas para producir un efecto protector sobre ellas, desempeñando un importante rol en la apertura y cierre estomático, absorción y fuga de iones (Najarfian *et al.*, 2009), inducción de la germinación, crecimiento, desarrollo y floración, regulación de la respiración, fotosíntesis (Telebi *et al.*, 2012), entre otros.

Los efectos benéficos del ácido salicílico sobre las plantas han sido bien documentados para una gran gama de especies de interés agrícola, incluyendo su impacto sobre el desarrollo y la adaptabilidad de las mismas para tolerar estrés. Con relación a su efecto sobre el desarrollo de las plantas de lechosa, Mex *et al.* (2012) realizaron un experimento con el cv. 'Maradol', donde aplicaron bajas dosis de AS (0,01 μ M; 0,001 μ M y 0,0001 μ M) para evaluar su efecto sobre la floración, porcentaje de plantas hermafroditas, altura de planta, diámetro de tallo, número de frutos por planta, peso por fruto y rendimiento. Los resultados indicaron que el AS tuvo efecto positivo sobre todas las variables evaluadas respecto al testigo, logrando hasta un 19% más de plantas hermafroditas, 19,7% el número de frutos, 2% el peso del fruto y 21,9% del rendimiento con la dosis de 0,01 μ M; además, hubo un incremento del 10% en cuanto altura y 3,5% en diámetro a la dosis de 0,0001 μ M.

En otra investigación realizada con el mismo cultivar, Bautista *et al.* (2008) evaluaron la capacidad de restablecer la germinación de las semillas de lechosa, al realizar un pre acondicionamiento químico con ácido sulfosalicílico, ácido acetilsalicílico y ácido salicílico a la concentración de 10^{-4} M. Los mayores porcentajes de germinación se obtuvieron en las semillas tratadas en comparación con las no tratadas, encontrándose el mayor porcentaje (87%) con la aplicación de AS.

En el cultivo del tomate, Rodríguez *et al.* (2008) evaluaron el efecto de la aplicación de bajas concentraciones de ácido salicílico (0,005; 0,01 y 0,1mM) en semillas del cv. 'Vyta', sobre el crecimiento y el rendimiento. Sus resultados indicaron que el ácido salicílico generó un crecimiento significativo en cuanto a la longitud de las raíces, área foliar y materia seca de raíces, tallos y hojas, así como también en las cantidades de ramas secundarias, racimos y flores por planta y rendimiento, con respecto al testigo, siendo en el tratamiento con la concentración de 0,01 mM de AS, donde se vieron más favorecidas las variables anteriormente nombradas.

El resultado antes mencionado, se corrobora con los obtenidos por Estrada *et al.* (2012), quienes realizaron un experimento sumergiendo semillas de lechuga cv. 'Simpson' en ácido salicílico y benzoico a concentraciones de 0,01mM, con el fin de evaluar sus efectos sobre la biomasa fresca, biomasa seca y el rendimiento. Los autores obtuvieron como resultado incrementos significativos en todas las variables cuando las semillas fueron tratadas con ácido salicílico, en comparación con las tratadas con ácido benzoico y con respecto al testigo.

Otro estudio que demuestra el impacto del ácido salicílico sobre el desarrollo de las plantas, fue realizado por Sánchez *et al.* (2011) en el cual se evaluó el efecto del ácido salicílico a dosis de 0,025mM; 0,05mM; 0,1mM; 0,2mM; 0,4mM y 0,8mM, sobre la biomasa foliar y radical, producción de frutos por planta y actividad fotosintética del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) cv. 'Chichimeca'. Los resultados obtenidos indicaron que las plantas de los tratamiento con 0,1 y 0,2mM de AS presentaron los máximos valores en las variables evaluadas, con incrementos de 13 y 17% en cuanto a biomasa, 17 y 28% en relación a la producción de frutos y 26 y 17% en cuanto a la actividad fotosintética con respecto al testigo. Ellos concluyeron que el ácido salicílico desempeñó un importante papel biorregulador en el crecimiento y desarrollo de estas plantas.

El efecto mitigador de estrés del AS en plantas sometidas a estrés hídrico también ha sido reseñado por diversos autores. Así, Bideshki y Arvin (2010) evaluaron el efecto del AS a las dosis de 0; 0,1 y 0,5 mM, tanto en presencia como ausencia de sequía sobre el crecimiento, rendimiento y contenido de alicina en bulbos de ajo (*Allium sativum*). Ellos obtuvieron como resultado, incrementos significativos de las variables evaluadas en las plantas que fueron tratadas con AS respecto a las que no, teniendo un comportamiento más eficaz en las plantas sometidas a déficit hídrico. Cabe destacar que los mejores resultados tanto en condiciones de estrés y no estrés, se observaron con 0,5 mM, reflejando incrementos en el área foliar en 40 y 30%, peso fresco foliar de 67 y 53%, peso seco foliar de 49 y 40%, permeabilidad de la membrana en 75 y 22%, diámetro del bulbo en 27 y 21%, rendimiento en 49 y 24%, contenido de alicina en 67 y 40% y altura de los brotes 13 y 16% respectivamente.

En otro estudio, Casasola (2012) evaluó el efecto del ácido salicílico sobre la tolerancia al estrés abiótico en lechuga, midiendo parámetros agronómicos tales como altura, número de hojas y peso fresco y seco foliar, obteniendo como resultado que las plantas sometidas a sequía moderada (3 días sin riego) con AS (0,1 mM) , se comportaron de manera similar al testigo, pero presentaron una mayor altura en relación con las que se encontraban sometidas a sequía moderada (6 días sin riego) sin aplicación de AS. Por otro lado, las plantas sometidas a sequía moderada con AS, tuvieron un mayor número de hojas que las sometidas a sequía moderada sin AS, pero no se obtuvieron diferencias significativas con respecto al testigo. En cuanto al peso fresco y seco, las plantas tratadas con AS presentaron mayores valores que las no tratadas, aunque no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo.

Por su parte, Vega (2013) también en lechuga, evaluó el efecto del ácido salicílico y el estrés hídrico sobre la calidad. Para ello aplicó de manera foliar 0 mM, 1 mM y 10 mM de AS en plantas sometidas a 50% y 100% de riego. Sus resultados indicaron que las plantas tratadas con 1mM y 10mM de AS y estrés hídrico (50% de riego) presentaron los valores más altos de prolina, pero fueron las que obtuvieron mayor pérdida de coloración, valores más altos de fuerza para el corte y mayor capacidad antioxidante en comparación con el resto de los tratamientos.

Más recientemente, Agami (2013) evaluó el efecto del AS a las dosis de 0, 10^{-6} M y 10^{-3} M) sobre la tolerancia a la sequía (60% del riego) también en lechuga obteniendo como resultado mayor altura, mayor número y peso fresco y seco de brotes y mayor contenido relativo de agua en las plantas tratadas con AS en comparación con las no tratadas. Cabe destacar que las plantas sin aplicación de AS mostraron gran reducción en el diámetro de la raíz, destacando la dosis de 10^{-3} M AS con la mejor respuesta para ese parámetro. Los resultados permitieron concluir que el AS mejoró los caracteres anatómicos de la raíz, tales como el espesor de la corteza y diámetro celular, así como también el diámetro de los vasos.

Las investigaciones anteriormente descritas demuestran claramente los efectos benéficos del ácido salicílico en las plantas que se encuentran bajo estrés hídrico y sus implicaciones sobre desarrollo de las mismas, indicando de esta manera su importancia y el auge que puede tomar su utilización en la agricultura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en condiciones protegidas en el Departamento de Agronomía de la Facultad de Agronomía de la UCV, ubicado en Maracay, estado Aragua, a 10° 17'03'' LN, 67° 36'16'' LO y 455 msnm. El diseño de experimento utilizado fue un bloques al azar con arreglo factorial 4x2 (representado por dosis de ácido salicílico y condiciones de humedad respectivamente) y tres repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por 25 plantas, de las cuales 9 fueron efectivas (las de la parte central de la bandeja). Los tratamientos consistieron en la aplicación de cuatro dosis de AS (0; 0,5; 1,0 y 1,5mM) en plantas sometidas a dos condiciones de humedad (sin estrés y con estrés hídrico). Las concentraciones de ácido salicílico se originaron a partir de una solución madre de 10 mM preparada mediante la dilución de 1,38 gramos de AS en 12 cc de alcohol y agua destilada hasta completar 2300 ml.

El material vegetal utilizado consistió de semillas del genotipo 'Cartagena Roja', las cuales fueron tomadas de frutos elongata adquiridos en el mercado local. Luego de extraídas de los frutos, a las semillas se les eliminó la sarcotesta y se colocaron a secar bajo sombra por 24 h. La siembra se realizó en bandejas de 25 celdas, donde a las mismas se les incorporo un sustrato a base de turba y se colocaron 3 semillas por cada celda. Luego de la emergencia se procedió a ralea las plantas para dejar una sola por celda. La fertilización se realizó antes de la siembra incorporando al sustrato 30 mg/planta de N y 24mg/planta P₂O₅ y K₂O, utilizando como fuente Entec26® y la fórmula completa 10-20-20.

Los tratamientos se iniciaron cuando el 50 % de las plantas presentaron dos hojas verdaderas, realizándose una sola aplicación de AS al sustrato a las 4 semanas después de la

siembra (sds) 2 aspersiones foliares a las 5 y 6 sds. Las condiciones de humedad correspondieron a la aplicación de riego en niveles de 50% y 100% el volumen de agua requerido para alcanzar la máxima capacidad de retención de humedad del medio de crecimiento. Esta determinación se realizó aplicando al sustrato un volumen de agua conocido hasta observar leve drenaje del agua en el fondo de las bandejas en el caso de los tratamientos sin estrés. En los tratamientos con estrés, se aplicó la mitad de ese volumen.

Por otro lado, se determinó la capacidad de retención de humedad del sustrato usado, aplicando la metodología de Ingram *et al.* (1990) y para ello se utilizaron tres envases de 263 mL (V2) de capacidad (repeticiones) con perforaciones tapadas. El sustrato previamente secado en estufa a 60°C, fue colocado en cantidades iguales en los envases antes indicados y se les añadió lentamente un volumen de agua conocido hasta la completa saturación del medio (cuando sobre la superficie se observó una capa delgada de agua libre). El volumen gastado representó el espacio poroso total (*EPT*). Seguidamente se destaparon las perforaciones y se permitió el drenaje del agua por 24 h. Nuevamente se taparon las perforaciones y se saturó el sustrato, para posteriormente permitir el drenaje del agua por 24 horas más, midiendo el volumen obtenido, el cual fue indicativo del espacio de aire (*VI*). La capacidad de retención de humedad (*CRH*) se determinó usando la siguiente fórmula:

$$CRH(\%) = \left(\frac{(EPT - V1)}{V2} \right) * 100$$

El experimento finalizó a las 7 sds, momento en el cual más del 50 % de las plantas estaban listas para el trasplante, lo cual fue establecido por un cepellón bien formado.

Las evaluaciones se realizaron al final del experimento, exceptuando la altura de la planta y el diámetro del tallo, que fueron medidas a la quinta y sexta semana después de la siembra. Las variables a evaluadas fueron:

1. **Altura de la planta (cm):** Se midió desde el nivel del suelo hasta el ápice del tallo. Se midió en cuatro plantas por unidad experimental.

2. **Diámetro del tallo (mm):** En las mismas plantas antes indicadas se midió el diámetro del tallo a dos cm del nivel del suelo.
3. **Número de hojas:** Se contó el número de hojas presentes en las plantas antes indicadas.
4. **Materia fresca y seca de la planta y sus componentes (g planta⁻¹):** Se tomó el peso fresco de hojas, tallos y raíces de cuatro plantas, los cuales fueron posteriormente colocados en estufa a 70°C por 48h para determinar su peso seco.
5. **Área foliar (dm²):** Una vez determinado el número de hojas, las mismas y en estado fresco, fueron escaneadas con un equipo Canon modelo Lide y el área se determinó usando el software ImageJ 1,44p.
6. **Área foliar específica (dm² g⁻¹):** Se determinó dividiendo el área foliar entre el peso seco de las hojas.
7. **Índice de clorofila (unidades Spad):** Para ello se utilizó un medidor de clorofila (Spad 502 marca minolta) y se evaluó en las cuatro plantas antes indicadas, específicamente en las hojas recientemente maduras.
8. **Contenido de clorofila (mg cm⁻²).** Se utilizó la metodología de Hiscox e Israeltam (1979) y las fórmulas de Arnon (1949) para la determinación de la clorofila total. Para ello se tomaron 2 hojas de plantas diferentes por bandeja, donde a cada una se le extrajo 3 discos usando un sacabocado de 10,2 mm de diámetro; los discos se colocaron en 7 ml de dimetil-sulfóxido (DMSO). Se dejó a temperatura de laboratorio, agitando con frecuencia, hasta que el tejido se observó libre del color verde. Luego se tomó una alícuota del extracto líquido y se leyó la absorbancia a 645 y 663 nm en un equipo Spectronic 20 marca Genesys.
9. **Contenido relativo de agua (CRA%):** Se midió en 3 hojas recientemente maduras tomadas de plantas diferentes, siguiendo la metodología usada por Smart y Bingham (1976). De las hojas se tomaron 8 discos de 10,2 mm de diámetro, excluyendo la nervadura central. Los discos fueron pesados rápidamente (PF) para luego colocar los a

flotar en cajas de Petri con agua destilada para saturarlos por 4 h. Seguidamente el agua adherida a los discos fue eliminada con papel absorbente y se determinó el peso túrgido (PT). A continuación se colocaron en estufa a 70°C hasta peso seco (PS) y se calculó el CRA mediante la siguiente fórmula:

$$CRA(\%) = \left(\frac{PF - PS}{PT - PS} \right) * 100$$

10. Lavado de electrolitos: Esta variable permitió evaluar los efectos de los tratamientos sobre la permeabilidad de las membranas. Se tomaron 6 discos (10,2 mm de diámetro) de hojas recientemente maduras y plantas diferentes, los cuales fueron enjuagados con agua destilada para eliminar los electrolitos liberados durante la escisión; seguidamente fueron colocados en viales de vidrio de 30 ml de capacidad con 20ml de agua destilada y se dejaron reposar en la oscuridad durante 24 horas a temperatura ambiente. Al final del período de incubación se midió la conductividad eléctrica (EC_1) de la solución para luego calentar los viales en baño de maría a una temperatura controlada de 95° C durante 20 min; después de enfriar a temperatura ambiente se midió nuevamente la conductividad eléctrica (EC_2) de la solución y se determinó la pérdida de electrolitos mediante el cálculo de la relación porcentual EC_1/EC_2 (Karlidag *et al.*, 2009).

Al finalizar el experimento se evaluó la conductividad eléctrica del sustrato, tomando tres muestras por cada condición de humedad. Para ello se pesaron 10 g de sustrato seco al cual se añadieron 100 ml de agua. Luego de transcurrir 1 h con agitación frecuente se midió la CE en el sobrenadante en $\mu S/cm$.

Análisis de los datos: Los datos obtenidos para cada una de las variables fueron sometidos a análisis de varianza con un nivel de significancia del 5% ($\alpha=0,05$), previo cumplimiento de los supuestos correspondientes, y pruebas de rango múltiple de Waller-Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos mediante los análisis de varianza realizados a las variables evaluadas, indicaron que las plantas de lechosa fueron poco afectadas de manera significativa por los tratamientos de AS en fase de vivero, pero si en alto grado por el nivel de estrés hídrico. Las interacciones tampoco resultaron significativas estadísticamente. El efecto del AS solo fue observado en el caso de la altura de las plantas.

Cabe destacar que a pesar de que se ha reportado efecto positivo del ácido salicílico en cultivos sometidos a estrés hídrico (Bideshki y Arvin, 2010; Casasola, 2012; Vega, 2013; Agami, 2013), en esta investigación no fueron evidenciados. Sin embargo, estos resultados coinciden con otros estudios, en los cuales este producto tampoco causó efecto significativo; es el caso de plantas de parchita sometidas a estrés salino en etapa de vivero, lo cual fue reportado por Nieves (2014).

1. Efecto sobre el crecimiento de las plantas:

Altura y diámetro del tallo. En el Cuadro 1 se observa el efecto generado por las dosis del ácido salicílico y las condiciones de estrés hídrico (CS) y sin estrés hídrico (SS), sobre la altura y el diámetro del tallo en las plantas de lechosa. Estos resultados indicaron que a mayor concentración de ácido salicílico (1 y 1,5 mM) las plantas alcanzaron una mayor altura, siendo las plantas tratadas con dosis de 1,5 mM de AS las más favorecidas; esta dosis presentó diferencias significativas con respecto al testigo (0 mM AS) solo a las 5 sds. Además, se evidencia que las plantas que no se encontraban bajo estrés hídrico (SS) presentaron una mayor altura que las que estaban sometidas al estrés (CS).

Los resultados que se presentan, permiten confirmar que este regulador de crecimiento tiene impacto al incrementar la altura de las plantas, tal y como lo señalaron Saavedra *et al* (2010) al observar en Tomate (*Solanum lycopersicum*) cv 'Maya' que las dosis de AS (0,01 y 1,0 μ M) proporcionaron una mayor altura, mostrando diferencias significativas con respecto al testigo (0 μ M de AS). Por su parte, Sadeghipour y Aghaei

(2012) al sumergir semillas de Frijol común (*Phaseolus vulgaris* L) a la dosis de 0,5 mM de AS, aumentó la altura de las plantas en un 6% y 5% en condiciones de sequía y de control.

Cuadro 1. Efecto de la aplicación de ácido salicílico sobre la altura y diámetro del tallo de plantas de lechosa sometidas a estrés hídrico en fase de vivero.

Factor	Altura de las plantas (<i>cm planta⁻¹</i>)		Diámetro del tallo (<i>mm planta⁻¹</i>)	
	5 sds*	7 sds	5 sds	7 sds
Dosis AS mM				
0	7,65 b	16,68 ab	2,1 a	4,1 a
0,5	7,58 b	16,35 b	2,1 a	4,0 a
1	8,03 ab	17,81 ab	2,0 a	4,0 a
1,5	8,48 a	18,48 a	2,1 a	4,2 a
Condición				
SS	8,17 a	18,03 a	2,1 a	4,2 a
CS	7,71 b	16,63 b	2,1 a	3,9 b
CV(%)	5,7	4,7	8,1	6,1

Letras distintas entre filas, para cada factor, indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Waller-Duncan, $p \leq 0,05$)

* sds: semanas después de la siembra.

En cuanto al diámetro del tallo, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con AS, sin embargo, con respecto a la condición de estrés hídrico, las plantas obtuvieron un mayor grosor del tallo en la condición de ausencia de estrés hídrico (SS) a las 7 semanas después del trasplante.

Cabe destacar que Rodríguez (2006) señala que la sequía, resulta en estrés osmótico y que este inhibe el crecimiento de las plantas y que además causa perturbaciones a nivel metabólico. Por su parte, Taiz y Zeiger (2006) indican que el proceso del crecimiento del tallo probablemente se vea afectado por las mismas causas que afectan el crecimiento de las hojas al estar en condiciones de estrés, como lo es la división y expansión celular.

Materia fresca y seca de las plantas y sus componentes. En el Cuadro 2 se observa el comportamiento del peso fresco de cada uno de los componentes (raíz, tallo y hoja) y total de las plantas de lechosa, evidenciándose que el análisis realizado no arrojó diferencias

estadísticamente significativas entre los tratamientos con respecto al factor ácido salicílico (AS), sin embargo, si se detectaron tales diferencias entre las dos condiciones de estrés, siendo la condición SS la que le permitió a las plantas una mayor acumulación de materia fresca, y por ende mejor desarrollo. Esta materia fresca correspondió básicamente a las raíces, indicando un mejor desarrollo radical.

Cuadro 2. Efecto del ácido salicílico y distintas condiciones de estrés hídrico sobre el peso fresco en plantas de lechosa durante la fase de vivero.

Factor	Peso fresco (g planta ⁻¹)			
	Raíz	Tallo	Hoja	Total
Dosis AS mM				
0	2,72 a	2,89 a	2,04 a	7,65 a
0,5	2,29 a	2,76 a	1,97 a	7,10 a
1	2,34 a	2,95 a	2,03 a	7,32 a
1,5	2,39 a	3,15 a	1,97 a	7,51 a
Condición				
SS	2,98 a	3,00 a	2,10 a	8,08 a
CS	1,90 b	2,87 a	1,95 a	6,72 b
CV (%)	13,3	13,4	14,2	10,3

Letras distintas entre filas, para cada factor, indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Waller-Duncan, $p \leq 0,05$)

En cuanto al peso seco (Cuadro 3), todos los componentes de la planta (raíz, tallo y hojas) disminuyeron significativamente cuando las plantas fueron sometidas a déficit hídrico, sin embargo, la relación parte aérea/parte radical no fue afectada por ninguno de los factores.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Nieves (2014), quien evaluó tres dosis de ácido salicílico (0; 0,5 y 1 mM) aplicado de manera foliar a plantas de parchita y no obtuvo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para las mismas variables. Por su parte, Bautista *et al.* (2008) encontraron en lechosa ‘Maradol’, que el peso fresco no fue afectado al aplicar ácido salicílico a 10^{-4} M, sin embargo observó un menor peso seco en comparación con el testigo, lo que indica un efecto negativo. Posteriormente, Téllez *et al.* (2014), al asperjar la misma concentración de AS 10^{-4} M en tomate, no evidenciaron ningún beneficio en cuanto al peso de la raíz y tallo en el cultivo.

Cuadro 3. Efecto del ácido salicílico en plantas de lechosa sometidas a estrés hídrico sobre el peso seco y la relación parte aérea/parte radical (PA/PR) durante su fase de vivero.

Factor	Peso seco (g planta ⁻¹)				*PA/PR
	Raíz	Tallo	Hoja	Total	
Dosis AS mM					
0	0,32 a	0,44 a	0,40 a	1,16 a	2,63 a
0,5	0,29 a	0,42 a	0,38 a	1,09 a	2,82 a
1	0,27 a	0,43 a	0,40 a	1,10 a	3,10 a
1,5	0,29 a	0,45 a	0,38 a	1,13 a	2,93 a
Condición					
SS	0,33 a	0,48 a	0,43 a	1,24 a	2,93 a
CS	0,26 b	0,39 b	0,35 b	1,00 b	2,82 a
CV (%)	11,7	11,5	13,1	9,8	14,9

*PA/PR: relación parte aérea parte radical.

Letras distintas entre filas, para cada factor, indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Waller-Duncan, $p \leq 0,05$).

Con respecto al efecto causado por el estrés hídrico sobre la materia fresca y seca, Vila (2011) señaló que a medida que se reduce la cantidad de agua del suelo que puede ser transpirable, los órganos no escapan de una disminución de su biomasa.

Número de hojas y área foliar. En el Cuadro 4 se presentan los valores de estas variables, correspondientes a los tratamientos evaluados. Como se observa en los resultados, hubo diferencias significativas en el número de hojas ocasionado por la suplencia de agua, siendo las plantas que no se encontraban bajo déficit hídrico las que presentaron mayor número de hojas en comparación a aquellas sometidas a estrés.

Estos resultados concuerdan con lo planteado por Guzmán (2003), quien señala que las plantas de lechosa al no ser suplidas permanentemente con agua, disminuyen la formación de hojas y por ende su capacidad productiva. Por otro lado, Reyes (2014) al evaluar diferentes condiciones de estrés hídrico (100%, 75% y 50% del agua requerida) en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), observó diferencias significativas en cuanto al número de hojas para los tratamientos de agua (75 y 50%), teniendo una disminución en la producción de las mismas con respecto al testigo (100%).

Cuadro 4. Efecto del ácido salicílico sobre el número de hojas y área foliar de plantas de lechosa sometidas a distintas condiciones de estrés, durante la etapa de vivero.

Factor	Número de hojas/planta	Área foliar	
		dm ² planta ⁻¹	AF específica (dm ² g ⁻¹)
Dosis AS mM			
0	6 a	125,89 a	316,54 a
0,5	6 a	114,44 a	300,83 a
1	6 a	123,79 a	323,45 a
1,5	5 a	120,77 a	317,66 a
Condición			
SS	6 a	125,21 a	292,92 b
CS	5 b	117,35 a	333,37 a
CV (%)	5,8	14,4	5,6

Letras distintas entre filas, para cada factor, indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Waller-Duncan, $p \leq 0,05$)

Con relación al área foliar por planta, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, las plantas sometidas a la condición SS presentaron menor área foliar específica, asociado al mayor peso seco de sus hojas por área desarrollada, contrario a la condición CS.

Al respecto, Poorter y De Jong (1999) sostienen que hojas con una elevada área foliar específica (AFE), presentan altas concentraciones de nitrógeno y altas tasas de actividad fotosintética. Por su parte, Lusk (2002) señala que mayor AFE es indicativo de un incremento en la fragilidad de las hojas, lo que aumenta el riesgo de pérdidas prematuras de tejido y que, por el contrario, hojas más densas, con menor AFE, están asociadas a una mayor lignificación, menor tamaño de las células, bajo contenido de humedad y baja concentración de N.

Vila (2011) indica que el crecimiento de la superficie foliar depende de la división y expansión de las células, pero que también depende de que exista un adecuado potencial de turgencia. Por su parte, Taiz y Zeiger (2006) señalan que la expansión de las células es un

proceso inducido por la turgencia y es extremadamente sensible al déficit hídrico, sin embargo, en la presente investigación solo hubo efectos en el número de hojas mas no en el área foliar por planta.

2. Efecto sobre los niveles de clorofila, contenido relativo de agua y permeabilidad de las membranas.

Los resultados en el Cuadro 5, muestran que el ácido salicílico no tuvo efecto sobre el contenido de clorofila en ninguna de las metodologías usadas, es decir, no se detectaron diferencias significativas entre las dosis evaluadas. En todas las dosis aplicadas los valores de índice de clorofila estuvieron dentro de rangos normales, de acuerdo a lo reportado por Rodríguez *et al.* (2014), quienes al evaluar el efecto del estrés hídrico (por inundación) en el cultivar de lechosa ‘Red Lady’ obtuvieron valores alrededor de 40 unidades SPAD en condiciones adecuadas de desarrollo.

Cuadro 5. Efecto del ácido salicílico sobre el contenido de clorofila en plantas de lechosa sometidas a distintas condiciones de estrés, durante la etapa de vivero.

Factor	Niveles de clorofila	
	Índice de Clorofila (Unidades SPAD)	Clorofila total (mg cm ⁻²)
Dosis AS mM		
0	40,5 a	0,0339 a
0,5	41,5 a	0,0370 a
1	43,5 a	0,0316 a
1,5	41,2 a	0,0338 a
Condición		
SS	37,5 b	0,0291 b
CS	45,9 a	0,0390 a
CV (%)	5,9	10,67

Letras distintas entre filas, para cada factor, indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Waller-Duncan, $p \leq 0,05$)

Por otro lado, las plantas sin estrés hídrico alcanzaron menor contenido de clorofila que las que sufrían dicho estrés, alcanzando estas últimas valores superiores a las 40 unidades

SPAD. Resultados similares fueron encontrados por Montana (2014), quien al someter plántulas de parchita a distintos niveles de dotación hídrica (7, 14 y 21 mL de riego por planta por día) obtuvo menor cantidad de unidades SPAD y cierto grado de clorosis en aquellas plantas en las que se aplicó la mayor lámina de agua, en comparación con las que fueron regadas con la menor e intermedia.

Estos niveles inferiores de clorofila, encontrados en las plantas que no estaban sometidas a déficit hídrico, se pueden atribuir a un efecto por exceso de humedad en el sustrato, lo que pudo ocasionar lavado de nutrientes. Cabe señalar que la determinación de la capacidad de retención de humedad del sustrato arrojó un valor promedio de 78,17%. Otra posible causa de un menor contenido de este pigmento en plantas con mayor suplencia hídrica es el consumo más rápido de los nutrientes del medio en el envase (celda), ya que los fertilizantes se incorporaron al medio al momento de la siembra; esto se apoya en el hecho de que las plantas sin estrés tuvieron una mayor biomasa requiriendo de más nutrientes. El agotamiento del N pudo ocasionar una disminución en el contenido de clorofila que no fue reflejado en el crecimiento, sino en la aparición de una ligera clorosis de las hojas, en la última semana del desarrollo en el vivero.

Cabe recordar que el nitrógeno es un constituyente de la clorofila (Barbazan, 1998); en este sentido, este elemento cuando es incorporado al suelo se mineraliza a compuestos como los nitratos que son altamente móviles en el mismo y pueden ser lixiviados por el agua de riego, quedando fuera del alcance de las raíces (Velazco *et al.* 2009); de este modo la planta al no disponer de nitrógeno, la síntesis de clorofila se ve afectada.

En apoyo a lo anteriormente expuesto, se midió al final del experimento, la conductividad eléctrica del sustrato en condiciones de estrés hídrico y sin estrés; los resultados indicaron que el sustrato del tratamiento SS presentó una conductividad eléctrica de 228,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en el caso del tratamiento CS fue de 408,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando un mayor contenido de sales, en este caso sales fertilizantes, en el medio de crecimiento. Esto puede asociarse con los mayores niveles de clorofila en las plantas bajo esta condición. Los valores inferiores de

conductividad eléctrica para la condición SS también pueden tener su explicación en un consumo más rápido de los nutrientes del medio, tal como se indicó anteriormente.

En cuanto al contenido relativo de agua (Cuadro 6) se encontró que el ácido salicílico y las condiciones de estrés no generaron ningún efecto significativo sobre esta variable, sin embargo, las plantas en condición SS presentaron tendencia a un mayor valor, lo que indicaría un nivel más elevado de agua en el tejido foliar.

Cuadro 6. Efecto del ácido salicílico sobre el contenido relativo de agua (CRA) en plantas de lechosa sometidas a distintas condiciones de estrés, durante la etapa de vivero.

Factor	CRA (%)
Dosis AS	
mM	
0	87,83 a
0,5	87,48 a
1	87,37 a
1,5	87,84 a
Condición	
SS	88,32 a
CS	86,94 a
CV (%)	3,2

Letras distintas entre filas, para cada factor, indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Waller-Duncan, $p \leq 0,05$)

Al respecto, Ortiz *et al.* (2003) al someter distintos genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) a dos modalidades (riego y seco), obtuvieron como resultado que los genotipos bajo riego presentaron en promedio un CRA superior al 90%, mientras que aquellos sometidos a la modalidad de seco alcanzaron valores inferiores. Paz *et al.* (2003) señalan que tanto el CRA como el potencial hídrico disminuyen cuando el déficit hídrico es más severo, sin embargo, mencionan que el CRA no es una medida satisfactoria de este tipo de estrés, pero que si puede dar una idea del estado hídrico de las plantas.

Con relación a la permeabilidad de las membranas evaluada mediante la determinación del lavado de electrolitos (Cuadro 7), los resultados indican que, al igual que el CRA, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para ninguno de los factores evaluados. Sin embargo, se puede observar una tendencia a un mayor lavado de electrolitos en las plantas sometidas a estrés hídrico. En el caso de AS no se observó una clara tendencia.

Cuadro 7. Efecto del ácido salicílico sobre el lavado de electrolitos (LE) en hojas de plantas de lechosa sometidas a distintas condiciones de estrés, durante la etapa de vivero.

Factor	LE (%)
Dosis AS	
mM	
0	35,86 a
0,5	31,79 a
1	33,02 a
1,5	36,18 a
Condición	
SS	32,28 a
CS	36,14 a
CV (%)	22,9

Letras distintas entre filas, para cada factor, indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Waller-Duncan, $p \leq 0,05$).

Al respecto, Gonzales (2008) al someter genotipos de cebada a distintos niveles de estrés hídrico, observó que a medida que se incrementa dicho estrés aumenta la permeabilidad de la membrana celular, debido a que la deshidratación afecta la estructura, la composición y la función de la misma. En este mismo orden de ideas, las plantas al encontrarse estresadas hídricamente cierran sus estomas (Benavides *et al.*, 2002) lo que conlleva a una limitación en la adquisición de CO₂ y en esas condiciones el aparato fotosintético genera electrones libres y especies reactivas del oxígeno (ROS) que pueden degradar las membranas celulares (Vila, 2011).

CONCLUSIONES

- La aplicación ácido salicílico en dosis de 0,5; 1 y 1,5 mM, no mitigó los efectos generados por el estrés hídrico en las plantas de lechosa en fase de vivero. Sin embargo, tuvo un ligero efecto positivo sobre la altura de las plantas.
- El déficit hídrico afectó de manera significativa el desarrollo de las plantas, disminuyendo el ritmo de crecimiento del tallo provocando una menor altura; además, redujo el número de hojas, el peso fresco y peso seco total e incrementó el área foliar específica.
- Las plantas sometidas a mayor suplencia hídrica presentaron menores contenidos de clorofila, sin embargo esto no se vio reflejado en el crecimiento.
- El contenido relativo de agua (CRA) y la permeabilidad de las membranas (LE) no fue afectado por ninguno de los factores evaluados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agami, R. 2013. Salicylic acid mitigates the adverse effect of water stress on lettuce (*Lactuca sativa* L.). Agricultural Botany Department, Faculty of Agriculture, Fayoum University. (Egipto) 9(11): 5701-5711.

Almeida, F.T.; C. Marinho; E. De Souza. 2003. Expressão sexual do mamoeiro sob diferentes lâminas de irrigação na região norte fluminense. Revista Brasileira de Fruticultura (Brasil) 25(3): 383-385.

Alonso, M.; R. Ramos; Y. Tornet. 2006. Caracterización y evaluación de los recursos genéticos de papaya (*Carica papaya* L). Citri Fruit 24: 38-42.

Arango, W.; R. Hoyos. 1999. Establecimiento. En: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, eds. El cultivo de la papaya en los Llanos Orientales de Colombia. Villavicencio, Colombia. 99 p.

Arnon, D. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant. Physiol.. 24: 1-15.

Avilán, L. y C. Rengifo. 1986. El Lechoso. Primera edición. Editorial América C.A. Caracas- Venezuela. 168 p.

Badillo, V. M. 2000. *Carica* L. vs. *Vasconcella* St. Hil. (Caricaceae) con la rehabilitación de este último. Ernstia 10(2):74-79.

Baquero, C. 2003. Aspectos generales sobre el cultivo de papaya (*Carica papaya* L). En: Agronomía y manejo sanitario de la producción y poscosecha en papaya. CORPOICA. PRONATTA. Valledupar, Colombia. pp. 28-37.

Barbazán, M. 1998. Análisis de plantas y síntomas visuales de deficiencia de nutrientes. Universidad de la Republica. Facultad de Agronomía. Montevideo- Uruguay. 27 p.

Basso, C. 1999. Efecto del nitrógeno y el potasio sobre el desarrollo, rendimiento y calidad del fruto de lechosa (*Carica papaya* L.) tipo 'Solo' en un suelo de la cuenca del Lago de Valencia. Tesis Doctoral. Maracay, Venezuela; Universidad Central de Venezuela. 174 p.

Bautista, F.; G. Carrillo y A. Villegas. 2008. Recuperación de la alta capacidad de germinación de la semilla de papaya mediante la tecnología de precondicionamiento y biorreguladores. *Agrociencia*. (México) 42: 817- 826.

Benavides, A.; H. Ramírez; V. Robledo; M. Ratikanta; E. Cornejo. 2002. Ecofisiología y Bioquímica del estrés en plantas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo. México. 228 p.

Benavides, A.; S. Torres; A. Marcelina; F. Ramírez; V. Robledo; H. Ramírez; M. Ratikanta. 2004. Tratamiento de semilla de chile con ácidos salicílico y sulfosalicílico y respuesta de las plántulas al frío. *TERRA Latinoamericana*. Universidad Autónoma Chapingo. (México) 22(1): 41-42.

Bideshki, A.; M. Arvin. 2010. Effect of salicylic acid (SA) and drought stress on growth, bulb yield and allicin content of garlic (*Allium sativum*) in field. *Plant Ecophysiology* 2: 73-79.

Casasola, S. 2012. Efecto del ácido salicílico en la tolerancia estrés abiótico: inducción de genes de resistencia, producción de fenoles, flavonoides y capacidad antioxidante en lechuga (*Lactuca sativa*). Trabajo de grado. Querétaro, México; Universidad Autónoma de Querétaro. 46 p.

Chaterlán, Y.; R. Rosa.; G. Hernández; T. López; L. Pereira. 2012. Estimación de las necesidades hídricas de la papaya utilizando la aproximación de los coeficientes culturales duales. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. (Cuba) 21(3): 12-17.

Crane, J. 2005. Papaya growing in the Florida Home Landscape. University of Florida. IFAS Extension. 8 p.

Díaz, J. 2002. Manual práctico para el cultivo de papaya Hawaiana. EARTH. Limón, Costa Rica. 108 p.

Enríquez, X. 2012. Determinaciones cuantitativas y frecuencia sexual en la descendencia de una planta segregante de *Carica papaya* L. Trabajo de experiencia recepcional. Veracruz, México. Universidad Veracruzana. 24 p.

Estrada, W.; A. Álvarez; E. Lescay; L. Rodríguez.; G. Gómez; R. Castro. 2012. Efecto de los ácidos salicílico y benzoico en la lechuga (*Lactuca sativa* L.). FEIJOO. Universidad de Granma (Cuba) 39(4): 85-89

Gómez, B.; M. Cepeda. 2010. Ácido salicílico: Inductor de resistencia a sequía en canola de riego bajo labranza reducida. Folleto Técnico SAGARPA. INIFAP. (México) 2: 3-30.

González, A. 2008. Técnicas de interés en la mejora de cebadas tolerantes a la sequía y temperaturas elevadas. i. estabilidad de las membranas celulares. Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural Agrario y Alimentario. *Agroecología* 3: 55-60.

Guzmán, N. 2003. Manejo tecnológico del riego y drenaje en papaya y su influencia fitosanitaria. Seminarios participativos “Agronomía y manejo sanitario de la producción y post-cosecha en papaya”. CORPOICA. Valledupar, Colombia. pp. 59-63.

Hiscox, J.; G. Israeltam. 1979. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Canada. J. Bot.* 57: 1332-1334.

Ingram, D.L., R.W. Henley and T.H. Yeager. 1990. Diagnostic and monitoring procedures for nursery crops. Florida Cooperative Extension Service. University of Florida. Bulletin 556.11 p.

Karlıdag, H.; E. Yildirim; M. Turan. 2009. Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, 66(2): 180-187.

Lusk, C. 2002. Leaf area accumulation helps juvenile evergreen trees tolerate shade in a temperate rain forest. *Oecologia* 132: 188-196.

Mex, R.; A. Garcés; R. Tuz; S. Yoisura; A. Saavedra. 2012. Efecto positivo de aplicaciones de ácido salicílico en la productividad de papaya (*Carica papaya*). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. (México)* 3(8): 1637-1643.

Montana, L. 2014. Evaluación de *Trichoderma harzianum* y un bioestimulante a base de quitosano sobre el desarrollo de plantas de parchita en vivero, bajo diferentes niveles de dotación hídrica. Trabajo de grado. Trabajo de Grado. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 74p.

Moreno, F. 2009. Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico, una revisión. Universidad Nacional de Colombia. *Agronomía Colombiana. (Colombia)* 27(2): 179-191.

Najarfian, S.; M. Khoshkhui.; W. Tavallali; M. Saharkhiz. 2009. Effect of salicylic acid and salinity in thyme (*Thymus vulgaris* L.): Investigation on changes in gas exchange, water relations, and membrane stabilization and biomass accumulation. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences. (Australia)* 3(3): 2620-2626.

Nieves, H. 2014. Efecto del ácido salicílico sobre el desarrollo de plantas de parchita (*Passiflora edulis* Sims) sometidas a estrés salino en etapa de vivero. Trabajo de grado. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 30 p.

Olalla, F.; P. López.; A. Calera.2005. Agua y Agronomía. Editorial Aedos.Madrid, España. 606 p.

Ortiz, M.; H. Silva.; P. Silva; E. Acevedo. 2003. Estudio de parámetros hídricos foliares en trigo (*Triticum aestivum* L.) y su uso en selección de genotipos resistentes a sequía. Universidad de Chile. Revista Chilena de Historia Natural. 76: 219-233.

Pancheva, T.; P. Popova; A. Uzunova. 1996. Effects of salicylic acid on growth and photosynthesis in barley plants. J. PlantPhysiol. (Canadá) 149: 57–63.

Parés, J. 2005. El cultivo de la Lechosa. Memoria II Curso de Actualización de Conocimientos en Fruticultura. Posgrado de Horticultura. UCLA. Disponible en: <http://www.ucla.edu.ve/dagronom/sovefru/ModuloII.pdf> [Consultado: 01/06/2015].

Paz, V.; A. Vera; A. Páez. 2003. Distribución de biomasa de *Barleria lupulina* Lindl. En respuesta a tres regímenes de riego. Universidad del Zulia. Revista de la Facultad de Agronomía. 20: 273-281.

Poorter, H.; R. De Jong. 1999. A comparison of specific leaf area, chemical composition and leaf construction costs of field plants from 15 habitats differing in productivity. New Phytologist, 143: 163-176.

Potters, G.; T.P. Pasternak.; Y. Guisez; K.J. Palme; M.A.K. Jansen. 2007. Stress-induced morphogenic responses: growing out of trouble? Trends Plant Sci. 12(3): 99-105.

Reyes, J.; D. Martínez.; R. Rueda; T. Rodríguez. 2014. Efecto del estrés hídrico en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de invernadero. Revista Iberoamericana de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. (México) 1(2): 191-203.

Rodríguez, G.; B. Schaffer; C. Basso; A. Vargas. 2014. Efecto del tiempo de inundación del sistema radical sobre algunos aspectos fisiológicos y desarrollo del cultivo de lechosa (*Carica papaya* L.). Rev. Fac. Agr. (UCV) 40(3): 89-98

Rodríguez, L.; Y. Matos; P. Santos; S. Infante. 2008. Crecimiento, floración y fructificación en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.var. Vyta) provenientes de semillas tratadas con ácido salicílico. Centro Agrícola (Cuba), 35(1): 29-34.

Rodríguez, L. 2006. Implicaciones fisiológicas de la osmorregulación en plantas. Universidad de Cundinamarca. (Colombia) Agronomía Colombiana 24(1): 28-37.

Saavedra, A; R., Mex; A. Garcéz; S. Yoisura; M. Rendón. 2010. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Revista Chapingo Serie Horticultura 16(3): 183-187.

Sadeghipour, O.; P. Aghaei. 2012. Impact of exogenous salicylic acid application on some traits of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under water stress conditions. Islamic Azad University. Tehran, Iran. Intl. J. Agri. Crop Sci. 4 (11): 685-690.

Sakhabutdinova, A.; R. Fatkhutdinova; M. Bezrukova; F. Shakirova. 2003. Salicylic acid prevents the damaging action of stress factors on wheat plants. Bulg. J. Plant Physiol., Special Issue: 314–319.

Sánchez, E.; R. Barrera; E. Muñoz; D. Ojeda; A. Anchondo. 2011. Efecto del ácido salicílico sobre biomasa, actividad fotosintética, contenido nutricional y productividad del chile jalapeño. Revista Chapingo, serie Horticultura. (México) 17(1): 63-68.

Silva, R.; C. Oliveira; R. Barbosa; R. Costa; H. Conceição. 2012. Resposta fisiológica de plantas de mamoeiro submetidas ao déficit hídrico. Nucleus (Brasil) 9(2): 113-120.

Smart, R.E.; G.E. Bingham. 1974. Rapid estimates of relative water content. Plant Physiol. 53: 258-260

Taiz, L.; E. Zeiger. 2006. Fisiología Vegetal. Universitat Jaume. Los Angeles, California (USA). 1265 p.

Telebi, S.; M. Jafarpour; A. Mohammadkhani; A. Sadeghi. 2012. The effect of different concentrations of salicylic acid and sodium chloride on Iranian Borage. IJACS. (Irán) 4(18): 1348-1352.

Téllez, E.; A, Benavidez y D, Díaz. 2014. Concentration of Salicylic Acid in Tomato Leaves after Foliar Aspersions of This Compound. American J. Plant Sci. 5: 2048-2056.

Vega, O. 2013. Efecto del ácido salicílico y estrés hídrico en la calidad de lechugas (*Lactuca sativa* L.) producidas en invernaderos. Trabajo de Grado, Querétaro, México; Universidad Autónoma de Querétaro. 59 p.

Velazco, K.; N, Noguera.; L, Jiménez.; M, Larreal y G, Ettiene. 2009. Evaluación de nitratos y nitritos lixiviados en un sistema de pastoreo intensivo usando fertilizantes nitrogenados. Universidad del Zulia. Venezuela. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 26: 23-38.

Vila, H. 2011. Regulación de la hidratación y la turgencia foliares por mecanismos evitadores del estrés, y resistencia a déficit hídrico en vid: Modelo vs. Experimentos. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina. 204 p.