

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Respuesta de las Plantas de Fresa (*Fragaria* spp.) Cultivar “Albión”, a Diferentes
Porcentajes de Desaturación (Pérdida de Peso) del Medio de Crecimiento

Por:

YONATAN GARCÍA SAMPAYO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre de 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Respuesta de las Plantas de Fresa (*Fragaria* spp.) Cultivar “Albión”, a Diferentes
Porcentajes de Desaturación (Pérdida de Peso) del Medio de Crecimiento

Por

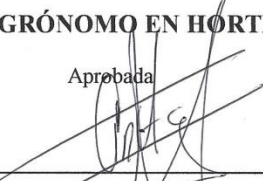
YONATAN GARCIA SAMPAYO


Tesis


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

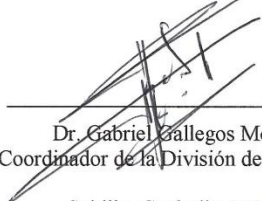
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada


Dr. José Antonio González Fuentes
Asesor Principal


Dr. Rubén López Cervantes
Coasesor


Dr. Armando Hernández Pérez
Coasesor


Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía
Coordinación
División de Agronomía
Saltillo, Coahuila, México
Noviembre de 2016



AGRADECIMIENTOS

A Dios.

Gracias a ti estoy concluyendo esta etapa de mi vida, me has permitido llegar a este día el cual doy un paso más en mi vida profesional, no me has abandonado en cada una de las decisiones que he tomado durante mi vida.

A mi Alma Terra Mater, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Mi Alma Terra Mater, agradecido por haberme aceptado, ser parte de ella y abierto las puertas de su seno científico, ser mi segunda casa y familia, por brindarme conocimiento, sabiduría, amigos, maestros. A ti mi Narro querida te llevare siempre en el corazón y de lo cual estoy totalmente orgulloso.

A mi Familia.

Gracias a mis padres Benito García Flores y Isabel Sampayo Jardinez que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica para poder llegar a ser un profesional de la Patria.

A mis hermanos Rene Garcia Sampayo, Alberto Garcia Sampayo, Miriam Garcia Sampayo y demás familia en general por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi carrera universitaria.

Al Dr. José Antonio González Fuentes.

Gracias por su confianza como profesor y amigo, se quedan enseñanzas que formaron parte de mi vida profesional, y sobre todo por el interés de formar parte de este proyecto de investigación y así mismo concluirlo.

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre Isabel.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre Benito.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracteriza y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mis familiares.

Mis hermanos Rene, Alberto y Miriam, por estar conmigo y apoyarme siempre, y de la cual aprendí aciertos y de momentos difíciles, al igual a mi primo David que es como un hermano, los quiero mucho. Y todos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

¡Gracias a ustedes!

A mis amigos.

Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos: Leonel Pérez, Marco Antonio Guzmán, Bulmaro Amaro, Marcos Alejandro Guzmán, Sergio Rosales, David de la Rosa, Karenji Ramsuer por haberme ayudado a realizar este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIA.....	II
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE CUADROS.....	VI
RESUMEN.....	VII
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos.....	2
Hipótesis.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Estrés en plantas.....	3
Estrés.....	3
Tipo de estrés.....	4
Importancia del estudio del estrés en plantas.....	4
Fases de respuesta de las plantas al estrés.....	4
Estrés abiótico en plantas.....	6
Estrés hídrico.....	7
Mecanismos de defensa de la planta al estrés.....	9
Efecto del estrés hídrico en la productividad de fresa.....	10
Importancia de la calidad de la fresa.....	11

Madurez.....	11
Coloración.....	12
°Brix.....	12
Tamaño.....	12
MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
Localización del sitio experimental.....	14
Descripción del área experimental.....	14
Metodología.....	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
Peso de fruto (PF).....	16
Largo de pedúnculo primera parte (LPPP).....	17
Largo de pedúnculo segunda parte (LPSP).....	18
Diámetro de pedúnculo (DP).....	19
Firmeza (F).....	20
Sólidos solubles totales (SST-°Brix).....	21
Diámetro polar (DP).....	23
Diámetro ecuatorial (DE).....	24
CONCLUSIÓN.....	25
LITERATURA CITADA.....	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
Figura 1	Estado de maduración de frutos de fresa.....	12
Figura 2	Cuadro de medias Peso del fruto expresada en gramos de acuerdo a diferentes porcentajes de desaturación de sustrato.....	17
Figura 3	Cuadro de medias Largo de pedúnculo primera parte expresada en centímetros de acuerdo a diferentes porcentajes de desaturación de sustrato.....	18
Figura 4	Cuadro de medias Largo de pedúnculo segunda parte expresada en centímetros de acuerdo a diferentes porcentajes de desaturación de sustrato.....	19
Figura 5	Cuadro de medias Diámetro de pedúnculo expresada en centímetros de acuerdo a diferentes porcentajes de desaturación de sustrato.....	20
Figura 6	Firmeza de frutos de fresa tratados con diferentes porcentajes de desaturación de sustrato.....	21
Figura 7	Sólidos solubles totales (SST) de frutos de fresa con aplicación de diferentes porcentajes de desaturación de sustrato.....	22
Figura 8	Diámetro polar del fruto de cinco tratamientos.....	23
Figura 9	Diámetro ecuatorial del fruto de cinco tratamientos.....	24

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
Cuadro 1	Clasificación de fresa por su tamaño.....	13
Cuadro 2	Distribución de los tratamientos aplicados a las plantas de fresa, cultivar “Albión”.....	15
Cuadro 3	Descripción de tratamientos aplicados en las plantas de fresa var. “Albión” para su posterior evaluación.....	15

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue de determinar el efecto de cuatro porcentajes de desaturación de sustrato para el estrés hídrico sobre el crecimiento y producción de Fresa (*Fragaria x ananassa*), cv Albión, cultivada en ambiente protegido con un sistema hidropónico abierto con fibra de coco como sustrato, se aplicaron cinco tratamientos en forma de diferentes porcentajes de desaturación de sustrato, (pérdida de peso en gramos durante la noche) se tomaron plantas que fueron regadas convencionalmente en un rango aproximado de 5% y 15% de desaturación de sustrato, en correlación al estado climático, conformando el testigo, como tratamiento 1 (5% de desaturación de sustrato), tratamiento 2 (10% de desaturación de sustrato), tratamiento 3 (15% de desaturación de sustrato), tratamiento 4 (20% de desaturación de sustrato), con cinco repeticiones por tratamiento. Se evaluaron las variables de crecimiento vegetativo de la planta como: Peso de fruto (PF), Diámetro de pedúnculo (DP), Largo de Pedúnculo Primera Parte (LPPP), Largo de Pedúnculo Segunda Parte (LPSP), Firmeza (F), Sólidos solubles totales °Brix (SST), Diámetro de Polar (DP), Diámetro Ecuatorial (DE). El porcentaje de 10% de desaturación de sustrato mostró diferencia significativa en peso de fruto, para el tratamiento 3 (15% de desaturación de sustrato) mostró diferencia significativa en largo de pedúnculo primera parte y el testigo al igual pero en la variable de diámetro ecuatorial, sin embargo para el resto de las variables como: diámetro de pedúnculo, largo de pedúnculo segunda parte, firmeza, grados Brix° y diámetro polar no se observó diferencia significativa, pero el tratamiento que sobresalió fue el de 10% de desaturación de sustrato, por lo siguiente indica que, la aplicación del 10% de desaturación de sustrato favorece el crecimiento y desarrollo de la planta de fresa, mostrando ser superior a las plantas testigo en la mayoría de las variables evaluadas.

PALABRAS CLAVE: fresa, porcentaje de desaturación de sustrato, estrés hídrico.

Correo electrónico: garcia.sampayo.yon@gmail.com

INTRODUCCIÓN

En las regiones áridas se localizan 2.3 millones de hectáreas irrigadas. La agricultura de temporal en esta zona alcanza el índice más alto de siniestrabilidad en el país; los principales factores de pérdidas de cosechas resultan las heladas y las sequías (CONAZA, 1994, citado por Chávez y Álvarez, 2012). Las plantas cultivadas se ven sometidas a diferentes grados de estrés en alguna etapa de su ciclo fenológico, los cambios generados son una respuesta a la sobrevivencia de la planta misma (Kramer, 1983). Es probable que el estrés este asociado con un déficit hídrico y sea este uno de los problemas más comunes estrés las plantas cultivadas y las comunidades naturales (Basurto et al. 2008).

El efecto del estrés por sequía generalmente es reflejado en una disminución de la producción y del crecimiento total; esto con respecto al grado de reducción de factores, como el tiempo de duración de las condiciones de sequía (Klamer, 1983). La intensidad y duración del estrés hídrico influye en los efectos y la capacidad de las plantas para resistirlo (Engelbrecht, 2001; Garau et al. 2009), entre los principales efectos del estrés hídrico sobre el crecimiento esta reducción en la altura, tallo, raíces, área foliar, peso foliar específico y biomasa de la planta (Farooqi et al. 1994; Engelbrecht, 2001; Khurana y Singh, 2004; Singh y Singh, 2006). Asimismo, la eficiencia de uso de agua en la productividad, también es alterada debido a los cambios en la biomasa total y en la evapotranspiración (Turner, 1986).

La fresa es una planta con una alta demanda de agua lo que la hace sensible al estrés hídrico (Mass, 1987). En este contexto, los estudios que dan apoyo al uso racional del agua en distintas condiciones ambientales deben ser de gran importancia (Hanson y Bendixen, 2004). Es por eso que Leon et al. (2003) Indican que la fresa requiere alta humedad para su establecimiento y así lograr plantas bien desarrolladas, de igual manera, en la etapa de maduración y cosecha, estas plantas presentan altas necesidades hídricas, además, lo más conveniente es aplicar pequeñas dosis con alta frecuencia, debido a que el sistema radical es superficial, pero la alta humedad pueden ocasionar lixiviación de nutrientes (Ojeda, et al. 2008), así como también un aumento en la incidencia de enfermedades (Merchan, et al. 2014).

Mediante la regulación del riego se logra un balance entre el crecimiento vegetativo y reproductivo, ya que un exceso de vigor en las plantas tienen efectos negativos sobre la composición química de algunos frutos (Dry et al. 2001). Este cultivo tiene una demanda de 1.254,6 mm de agua durante su ciclo, pero el agricultor generalmente abusa de este recurso aplicando cantidades de agua durante su ciclo (Vázquez, et al. 2008). En estas condiciones, los altos productores prefieren aplicar el riego en exceso para evitar periodos de deficiencia hídrica, (Mass, 1987). Generalmente abusa de este recurso aplicando cantidades superiores a las requeridas por la planta, ya sea por desconocimiento o por considerar que con una mayor cantidad de agua se obtienen mayores rendimientos (Vázquez, et al. 2008). El riego se debe realizar de forma óptima en el cultivo de fresa debido a que este cultivo es sensible al déficit hídrico (Hanson y Bendixen, 2004), viéndose afectado fuertemente el crecimiento de las plantas y la producción (Kruger, et al. 1999), además, el estado hídrico de la planta tienen acción directa sobre procesos metabólicos y fisiológicos, dando como resultado una mayor resistencia estomática (Pires et al. 2006).

La apertura de los estomas es uno de los principales procesos fisiológicos afectados bajo condiciones de estrés hídrico (Taiz y zeiger, 2006), y es muy importante porque es el principal control del paso del agua durante los intercambios gaseosos. Por otra parte, las condiciones de exceso de agua también son perjudiciales para el crecimiento de la fresa, el estado fitosanitario y el rendimiento (Kirnak et al. 2003).

Objetivo general

Determinar el comportamiento de cuatro diferentes porcentajes de desaturación de sustrato para inducir estrés, en el crecimiento y producción de la fresa, cv. “Albión”.

Objetivo específico

Establecer el porcentaje de desaturación de sustrato óptimo, que beneficie, en el desarrollo de la fresa, cv. “Albión”.

Hipótesis

Al menos un porcentaje de desaturación de sustrato, provocara algún efecto en el desarrollo de la fresa, cv. “Albión”.

REVISIÓN DE LITERATURA

ESTRÉS EN PLANTAS

Estrés

El concepto de estrés proviene de la física, es la fuerza que actúa sobre un cuerpo. El cuerpo responde con una reacción proporcional a la fuerza con la que se ha actuado sobre él. La reacción de respuesta es una tensión. En biología el estrés sería un factor externo que afecta negativamente a un organismo. Por tanto, la definición de estrés involucra una fuerza ejercida sobre un objeto en relación con el área sobre la cual se aplica (es decir, posee un significado equivalente al de presión). Teniendo en cuenta estos conceptos, el término estrés en el marco de la fisiología de una planta (Nilsen y Orcutt, 1996). Levitt (1980) definió el estrés como: cualquier factor ambiental potencialmente desfavorable para los organismos vivos.

A menudo es difícil distinguir entre aquellas respuestas que repercuten negativamente en la planta y aquellas que poseen un efecto beneficioso. Nilsen y Orcutt (1996) señalan que algunos factores pueden tener ambos efectos simultáneamente. Por ejemplo, la marchitez producida por el déficit hídrico, si bien tiene un efecto negativo en la tasa de asimilación de CO₂ también puede ser positiva para la planta, ya que colabora en la menor absorción de energía lumínica al cambiar el ángulo de exposición, evitando el daño permanente en la hoja por altas temperaturas.

El término estrés utilizado en fisiología vegetal tiene diferentes definiciones. En esta memoria se tiene en cuenta la que define el estrés como cualquier factor ambiental biótico o abiótico que reduce la tasa de algún proceso fisiológico (por ejemplo, crecimiento o fotosíntesis) por debajo de la tasa máxima que podría alcanzar (Lambers y Cols, 1998). Desde un punto de vista biológico, el estrés tiene una connotación más amplia, refiriéndose a los cambios ambientales que alteran al estado fisiológico de las plantas (Larcher, 1995). El estrés representa una fuerte restricción para el aumento de la productividad de los cultivos y el aprovechamiento de los recursos naturales. Se estima que únicamente un 10% de la superficie de la tierra arable se encuentra libre de algún tipo de estrés (Benavides, 2002).

Tipos de estrés

Existen varias clasificaciones de los factores de estrés. En general, estos pueden ser clasificados como estrés biótico y abiótico (Azcon y Talon, 2008). El estrés biótico es causado por la acción de otros organismos vivos como son: animales, plantas, microorganismo y otros agentes fitopatógenos como virus. Dependiendo del agente causal el estrés abiótico se divide en físicos y químicos. Entre los factores físicos se pueden mencionar el estrés por déficit exceso de agua, temperaturas extremas, salinidad y radiación UV. Entre los factores químicos destacan la contaminación atmosférica por metales pesados, toxinas, salinidad (en su componente iónico o toxico) y carencia de elementos minerales (Almudena, 2008).

Importancia del estudio del estrés en plantas

Existen numerosas razones para estudiar la fisiología de las plantas bajo condiciones de estrés, las más importantes, según Tambussi (2004) son: el conocimiento de los factores de estrés en los vegetales puede resultar crucial para la elaboración de modelos mecanismos de naturaleza predictiva (por ejemplo, el estudio de los posibles efectos del cambio climático); desde una perspectiva ecofisiología, el análisis de la interacción de la plantas con los factores ambientales es fundamental para comprender la distribución de las especies en los diferentes ecosistemas, y el rendimiento de los cultivos está fuertemente limitado por el impacto de estreses ambientales (Nilsen y Orcutt, 1996).

Por otra parte, es crucial comprender los procesos fisiológicos subyacentes en la tolerancia de los cultivos al estrés a la hora de establecer programas de mejora genética, tanto desde abordajes tradicionales (Ali Dib et al., 1990).

Fases de respuesta de las plantas al estrés

En una escala temporal, la respuesta de las plantas al estrés dividirse en tres fases (Lambers et al., 1998):

Fase de alarma: es el efecto inmediato, en general de carácter perjudicial. Ocurre en una escala de segundos a días. Cuando se presenta el estrés, las plantas reaccionan ralentizado o detenido sus funciones fisiológicas básicas, reduciendo su vigor. Esta reacción está relacionada con la activación de los mecanismos de los que dispone para

hacer frente al estrés. Las plantas que no poseen mecanismos adecuados de defensa o de respuesta frente al estrés experimentan daños irreversibles y mueren. El desenlace es el mismo cuando la situación de estrés es muy intensa y supera la capacidad de respuesta de la planta.

Aclimatación (Endurecimiento o Acomodación): es el ajuste morfológico y fisiológico realizado por la planta (como individuo) para compensar el peor funcionamiento de la misma después de la exposición al estrés. Ocurre en una escala de días a semanas. La activación de los mecanismos defensivos o de respuesta conduce a la acomodación del metabolismo celular a las nuevas condiciones, a la activación de los procesos de reparación de la maquinaria celular dañada y a la expresión de las adaptaciones morfológicas.

Adaptación: es la respuesta evolutiva que resulta de cambios genéticos en las poblaciones, conduciendo a una compensación morfológica y fisiológica. Ocurre en una escala temporal mucho mayor que la aclimatación, y tras muchas generaciones.

La manifestación de las respuestas de las plantas frente a unas condiciones ambientales adversas implica la puesta en marcha de una secuencia compleja de acciones (Azcon y Talon, 2008): en primer lugar se produce la percepción por la planta del estímulo estresante, sequia del procesamiento de la señal de estrés percibida, que implica tanto su amplificación como su integración en la ruta o rutas de transmisión de la información y finalmente tiene lugar la regulación de la expresión génica.

El estímulo externo de peligro debe transformarlo en una señal interna, de naturaleza física o química. Después, esta señal debe transmitirse a través de cascadas o rutas de transmisión de la señal hasta el núcleo de las células, donde se produce los cambios en la expresión génica necesarios para hacer frente al estrés. La percepción del estrés por la planta continúa siendo el aspecto menos conocido de esta secuencia de acciones. Los cambios en la turgencia celular podrían intervenir en el sistema sensor del estrés osmótico, mientras que los elicitores, entre los que se encuentran las proteínas de transferencia de lípidos y cerebrosidos secretados por algunas especies de hongos, activarían la detección por las plantas de los organismos patógenos (Azcón y Talón, 2008).

Las condiciones adversas inducen cambios transitorios en los niveles de determinados iones (calcio) y moléculas (lípidos, especies reactivas de oxígeno, especies antioxidantes, óxido nítrico) que advierten a la célula de que ha sido detectada una señal de estrés. Las hormonas realizan una importante función en las frutas de transmisión intracelular de la señal de estrés. El ácido abscísico participa de forma activa en la señalización de muchas de las respuestas al estrés abiótico (Toumi et al., 2010). Se ha descrito también que otras hormonas, como el etileno, el ácido salicílico y el ácido jasmónico, están implicados en la transmisión de la señal de infección por patógenos (Dempsey et al., 1999; Dong, 1998; Jameson y Clarke. 2002; Vlot et al., 2009).

ESTRÉS ABIOTICO EN PLANTAS

El crecimiento vegetal, así como el desarrollo, el aumento de biomasa y productividad dependen, en último lugar, de la capacidad del mecanismo del metabolismo y la fisiología vegetal para adaptarse y aclimatarse a las condiciones ambientales en cambio constante.

Las condiciones ambientales son percibidas por los distintos órganos de la planta, y esta información se transmite internamente mediante la modulación de la síntesis de señales, fundamentalmente hormonas, que activan las respuestas de desarrollo y crecimiento vegetativo (Talón et al., 1991; Zeevaart et al., 1993). Las respuestas de la planta dependen del genotipo y de desarrollo de la misma en el momento del estrés, de la duración y la severidad del mismo y de los factores ambientales dicho, se verá limitado por el aporte de nutrientes, elementos minerales y carbohidratos (Gillapsy et al., 1993). La planta es capaz de, si las condiciones ambientales se vuelven desfavorables, reprimir las repuestas de crecimiento (incluso después de haberse iniciado el periodo de desarrollo) y desencadenar mecanismos de protección y defensa que abortan el desarrollo y aseguran la supervivencia de la planta bajo condiciones ambientales adversas.

Hay diversas condiciones medioambientales adversas que pueden provocar estrés en la planta (Mano, 2002): la sequía, la salinización del suelo y/o del agua de riego, las temperaturas extremas, el viento fuerte, el encharcamiento del suelo, etc.

Estrés hídrico

El estrés hídrico es la principal barrera para incrementar la producción y la calidad; en conjunto con las plagas y enfermedades y la dinámica nutrimental forma parte del objetivo de los sistemas de producción tecnificado (Cornejo, 2002).

Los principales componentes del potencial hídrico (Ψ) son el potencial osmótico (Ψ_s), el potencial de turgencia (Ψ_t) y el potencial matricial (Ψ_m). El potencial osmótico se debe a la presencia de sustancias disueltas, el potencial de turgencia es el que aparece debido a la presencia de la pared celular y el potencial matricial es el debido a la fuerza de adsorción que ejercen las paredes de los conductos sobre las moléculas de agua circulante. La relación entre el potencial hídrico, potencial osmótico, potencial de turgencia y potencial matricial se expresa como: $\Psi = \Psi_s + \Psi_t + \Psi_m$.

Cuando las plantas se encuentran en condiciones de estrés hídrico y pierden agua, su Ψ disminuye. Esto ocurre normalmente de forma simultánea a una disminución del potencial de turgencia y a una disminución del potencial osmótico, al implicar la pérdida de agua una mayor concentración de solutos, sin embargo en las plantas que poseen ajuste osmótico, la bajada del Ψ no implica necesariamente una pérdida de turgencia ya que estas plantas son capaces de acumular de forma activa sustancias osmóticas que disminuyen el Ψ_s , al menos temporalmente, evitando la pérdida de turgencia y en consecuencia permitiendo el desarrollo normal de la fisiología celular.

Desde el punto de vista agrícola, las posibles soluciones frente al estrés hídrico pasan por la modernización de los sistemas de riego y por la utilización de cultivos con pocas necesidades hídricas. Por ello, numerosos proyectos de investigación a nivel mundial están orientados a la obtención de variedades que sean capaces de resistir mejor las condiciones adversas de falta de agua (Parry et al., 2005).

Las plantas muestran ante el estrés hídrico respuestas que tienen a evitarlo o bien mecanismos de adaptaciónes que permiten tolerarlo, y ambas estrategias coexisten en sistemas mediterráneos donde las especies que sufren un mayor estrés durante la sequía

son las que muestran una mayor transpiración y viceversa. Existen rasgos eco fisiológico que están correlacionados dando lugar a grupos funcionales de especies que responden de forma similar a la sequía. La combinación de raíces profundas, hojas esclerófilas con una conductancia estomática y una transpiración cuticular baja permite un comportamiento hidrostable, mientras que las raíces someras están asociadas con hojas malacófilas o ausentes en verano y dan lugar a un comportamiento eco fisiológico fluctuante (Valladares, 2004).

Una de las exigencias básicas de la producción de fresa es la disponibilidad de agua bien distribuida y en cantidades adecuadas a lo largo de su ciclo vegetativo. Se debe evitar el estrés hídrico, puesto que influye en la producción e frutos y tiene un efecto negativo en el crecimiento foliar reduciendo la cosecha final. El cultivo se desarrolla cuando la demanda evaporativa es alta y las precipitaciones son prácticamente inexistentes, por lo que es preciso recurrir al riego para obtener producciones que permitan una adecuada rentabilidad económica. La medida de la transpiración y conductancia de las hojas al vapor de agua son importantes en la investigación de las relaciones de agua en la planta. La transpiración es el determinante principal en el balance de energía de la hoja y el estado hídrico de la planta y junto con el intercambio de CO₂, determina la eficiencia del uso del agua (Gutiérrez, et al., 2010).

Esta juega un papel importante no solamente en el mantenimiento de la turgencia de los tejidos, sino también en la regulación de la temperatura de la hoja (Hatfield y Burk, 1991), y en el transporte y asimilación de nutrientes (Jolliet, 1993), determinado, por tanto, en gran medida el desarrollo de los cultivos y la formación de frutos. El control estomático de la conductancia de la hoja es una de las formas que los vegetales tienen para controlar la pérdida de agua por transpiración. A menudo se utiliza la medida de esta conductancia o su inversa, la resistencia estomática, como un indicador del estrés. Todos los factores climáticos influyen en la transpiración produciendo variaciones en la apertura estomática, pero son especialmente importantes la radiación y la humedad relativa (Kitano, et al. 1983).

Cuando los estomas se cierran se produce una disminución de la actividad fotosintética, pues se impide el intercambio gaseoso. Sin embargo, no toda disminución de la

actividad fotosintética, pues se impide el intercambio gaseoso. Sin embargo, no toda disminución de la fotosíntesis, producida como respuesta al estrés hídrico, puede ser explicada por un cierre estomático. Este es solo en parte el responsable de la misma (Janoudi, et al. 1993; Melkonian y Wolfe. 1993,1995).

Mecanismos de defensa de la planta al estrés

Los ciclos estrés/respuesta son situaciones que se dan de forma rutinaria a lo largo de la vida de las plantas. El concepto de estrés en sí mismo es relativo, ya que una determinada situación medioambiental puede resultar estresante para una especie y no para otras (Azcon y Talon, 2008). La resistencia a la sequía de un cultivo hace referencia a su capacidad para crecer satisfactoriamente en zonas con déficit hídrico. Las modificaciones que tienen lugar en la estructura y función de las plantas para aumentar la probabilidad de sobrevivir y reproducirse en un ambiente determinado se llama adaptación (Azcon y Talon, 2008). No todos los mecanismos relacionados con la tolerancia a la sequía están exentos de costes metabólicos para la planta. Turner (1986) menciona que la influencia de los mecanismos adaptativos sobre la productividad del cultivo, comprobando que solo aquellos mecanismos que favorecen el escape a la sequía, el mantenimiento de la entrada de agua y el mantenimiento de la presión de turgencia, no reduce la fotosíntesis, el crecimiento y el rendimiento del cultivo.

Se distinguen tres mecanismos de adaptación de las plantas a la sequía (Blum, 1988; Ceccarelli, 1989):

- a) Mecanismos de escape de la sequía: capacidad de las plantas para completar su ciclo de vida antes de que el déficit hídrico sea más severo. En cultivos plurianuales, mediante la selección de precocidad.
- b) Mecanismos de aplazamientos o el evitar la deshidratación: capacidad de las plantas para mantener un potencial hídrico relativamente alto en condiciones de estrés hídrico, atmosférico o del suelo, mediante el cierre estomático y el ajuste osmótico.

- c) Mecanismos de tolerancia a la deshidratación: (i) capacidad de las plantas para reducir la actividad química del agua;(ii) concentrar solutos y macromoléculas y (iii) producir modificaciones en las membranas celulares.

Efecto del estrés hídrico en la productividad de fresa

La fresa (*Fragaria* sp.) es un cultivo de gran importancia económica para muchos agricultores del país principalmente para los climas fríos. Este cultivo tiene una demanda de 1.254,6 mm de agua durante su ciclo, pero el agricultor generalmente abusa de este recurso aplicando cantidades superiores a las requeridas (Vázquez, et al. 2008). El riego se debe realizar de forma óptima en el cultivo de fresa debido a que este cultivo es sensible al déficit hídrico (Hanson y Bendixen, 2004), viéndose afectado fuertemente el crecimiento de las plantas y la producción (Kruger et al. 1999), además, el estado hídrico de la planta tienen acción directa sobre procesos metabólicos y fisiológicos, dando como resultado una mayor resistencia estomática (Pires et al. 2006).

La apertura de los estomas es uno de los principales procesos fisiológicos afectados bajo condiciones de estrés hídrico (Taiz y Zeiger, 2006), y es muy importante porque es el principal control del paso del agua durante los intercambios gaseosos. Por otra parte, las condiciones de exceso de agua también son perjudiciales para el crecimiento y el rendimiento de la fresa (Kirnak et al. 2003). En este contexto, los estudios que dan apoyo al uso racional del agua en distintas condiciones ambientales deben ser de gran importancia (Hanson y Bendixen, 2004). Leon et al. (2003) indican que la fresa requiere alta humedad para su establecimiento y así lograr plantas bien desarrolladas, de igual manera, en la etapa de maduración y cosecha, estas plantas presentan altas necesidades hídricas, además, lo más conveniente es aplicar pequeñas dosis con alta frecuencia, debido a que el sistema radical es superficial, por lo que recomiendan una frecuencia de riego de 2 d, no obstante, los productores prefieren aplicar riego en exceso para evitar periodos de deficiencia hídrica, pero la alta humedad puede ocasionar lixiviación de nutrientes, así como también un aumento en la incidencia de enfermedades.

Mediante la regulación de riego se logra un balance entre el crecimiento vegetativo y reproductivo, ya que un exceso de vigor en las plantas tiene efectos negativos sobre la composición química de algunos frutos, como en el caso de la vid. Además, con el tiempo el agua ha adquirido mayor importancia ya que es un recurso limitado y no siempre disponible y actualmente ya se han aumentado las restricciones para el uso de este líquido. La programación del riego puede ahorrar alrededor de un 50% de agua y el riego por goteo podría influir favorablemente en la altura de la planta, el índice de área foliar, el peso del fruto y calidad en un 10-15%. Así, en los últimos años la investigación sobre la eficiencia en el uso del agua ha aumentado y se ha elevado la inversión en investigación con el fin de desarrollar planes y sistemas de riego que hagan la producción de alimentos y el manejo del recurso agua más sostenible (Cosgrove y Rijisberman, 2014).

IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DE LA FRESA

La calidad esta definida como el cumplimiento de reglas y requisitos que se le demandan a un producto, los cuales son regulados a través de normas, tal como la norma MMX-CC-9001-IMNC-2008 o ISO:2008 que especifica los requisitos de gestión de la calidad, demostrando su capacidad para proporcionar regularmente productos que satisfagan los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables y, aspira a aumentar la satisfacción del cliente a través de la aplicación eficaz del sistemas, incluidos los procesos para la mejora continua del sistema y el aseguramiento de la conformidad con los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables (IMNC, 2008).

La calidad es la percepción del conjunto de atributos de un producto, los cuales son evaluados constantemente en forma subjetiva y objetiva por el consumidor. Los atributos de un producto, son procesados por la información recogida por la vista, olor y tacto e instantáneamente lo compara con experiencias pasadas y con aromas, texturas y sabores almacenados en la memoria. En el óptimo manejo y cuidado de los atributos de frutas y hortalizas, radica la calidad y en ella la aceptación o el rechazo de las mismas (FAO, 2012).

Madurez

La madurez es el punto óptimo para la cosecha, al alcanzarse el punto máximo de crecimiento de los frutos y almacenamiento de los nutrientes necesarios dentro de los mismos, para continuar con el proceso de maduración y con ello, lograr su madurez de consumo (SAGARPA, 2012).

Coloración

El color determina la cosecha y se debe realizar cuando los frutos presenten como máximo el 50% de su superficie una coloración roja tenue o rosa, o en su caso considerar los requisitos de mercados destinatarios (Figura 1) (SAGARPA, 2012).

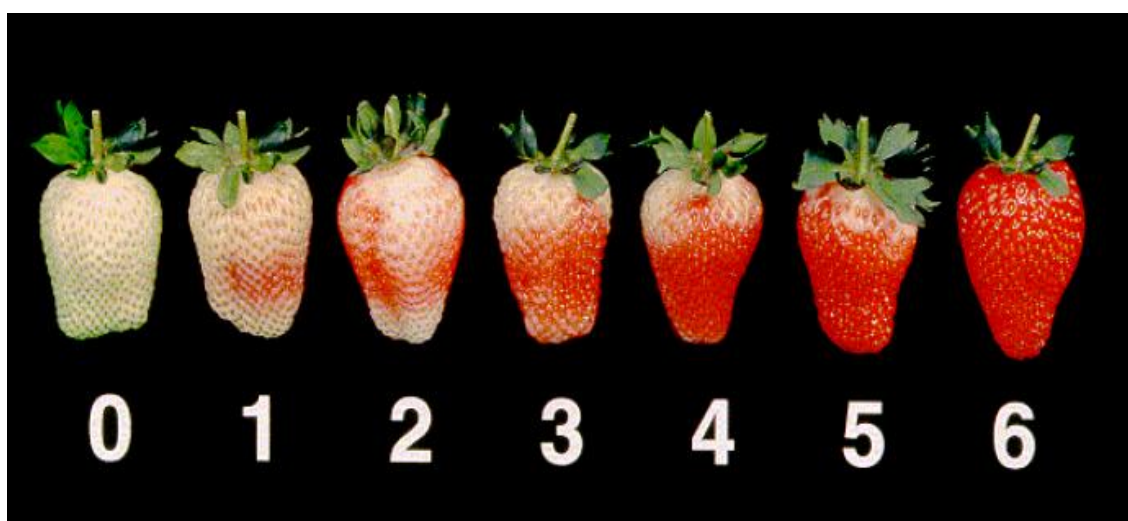


Figura 1. Estado de maduración de frutos de fresa. Imagen tomada de (SAGARPA, 2012).

La calidad de frutos además de cumplir con los requisitos mínimos anteriormente mencionados, deben cumplir con las especificaciones de calidad y tolerancia para cada categoría.

°Brix

Los azúcares que se encuentran principalmente en el fruto de fresa son sacarosa, glucosa y fructosa, que en conjunto representan el 99% del total de los azúcares de las frutas.

maduras. Así mismo se encuentran la ribosa, arabinosa, xilosa, manosa y galactosa. Las fresas son aceptables con un contenido de sólidos solubles mínimo de 7 °Brix (Ramírez, 2011).

Tamaño

El tamaño de las fresas se determina por el diámetro ecuatorial, entre mayor sea el diámetro de las fresas mayor es su calidad, siendo el tamaño A el que mejor calidad presenta (Tabla). (SAGARPA, 2012).

Cuadro 1. Clasificación de fresa por su tamaño.

Tamaño	Intervalos de diámetro ecuatorial (cm)		
A	3,2	a	Mayor
B	2,6	a	3,1
C	2,0	a	2,6
D	1,6	a	1,6

Datos tomados de (SAGARPA, 2012).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del sitio experimental

El presente trabajo se llevó a cabo durante el periodo 2015 en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buena vista Saltillo, Coahuila, México con las coordenadas 25°21'22.23" Latitud Norte y 101°02'06.68" Longitud Oeste de acuerdo con el meridiano de Greenwich y a 1763 metro obre el nivel del mar (msnm). El experimento dio inicio en el mes octubre del 2015, en el invernadero de ornamentales que se encuentra ubicado en el departamento de Horticultura.

Descripción del Área Experimental

Clima: Muy seco, BW hw (x) (e); semiárido, con invierno fresco, extremoso, con lluvias en verano, y una precipitación invernal superior al 10% del total anual. La precipitación total anual media 350-400 mm; régimen de lluvias: la temporada lluviosa es de junio a octubre. El mes con lluvias más abundante es julio y marzo es el mes más seco. La Temperatura media anual de 19.8°C. Las heladas comienzan en noviembre, no son muy severas en noviembre y diciembre, son más intensas en enero (hasta -10°C).

Metodología

Este experimento se distribuyó de acuerdo a un diseño experimental completamente al azar. Los datos se analizaron en el ANVA con la prueba de tukey ($\alpha \leq 0.05$). Con el sistema Statistical Analysis System para Windows, versión 9.0 (SAS 2002). Los tratamientos fueron cinco, con cinco repeticiones. Cada repetición tuvo una planta, con un total de cinco por tratamiento y 25 plantas en total por todo el experimento (cuadro).

Este experimento se realizó en plantas de fresa (*Fragaria x ananassa*) del cultivar Albión, en el periodo del 13 de septiembre 2015 al 13 de diciembre 2015; con número similar de coronas. Las plantas fueron cultivadas en bloques de fibra de coco como sustrato de crecimiento. La densidad de plantación fue de cinco plantas por bloque de fibra de coco, las cuales fueron separadas individualmente para poder ser evaluadas individual.

Cuadro 2. Distribución de los tratamientos aplicados a las plantas de fresa, cultivar “Albión”.

T ₁ R ₂	T ₁ R ₄	T ₂ R ₁	T ₂ R ₃	T ₂ R ₅	T ₃ R ₂	T ₃ R ₄	T ₄ R ₁	T ₄ R ₃	T ₄ R ₅	T ₅ R ₂	T ₅ R ₄	
T ₁ R ₁	T ₁ R ₃	T ₁ R ₅	T ₂ R ₂	T ₂ R ₄	T ₃ R ₁	T ₃ R ₃	T ₃ R ₅	T ₄ R ₂	T ₄ R ₄	T ₅ R ₁	T ₅ R ₃	T ₅ R ₅

Las plantas fueron expuestas a un porcentaje de desaturación del sustrato en base del contenido volumétrico de acuerdo a sus propiedades del sustrato, se saturó el sustrato, se tomó el peso húmedo con la báscula electrónica al igual peso seco y la diferencia de pesos se tuvo la pérdida en función en base a peso: 1ml = 1g se volvió a regar hasta cuando el porcentaje correspondiente por tratamiento se haya evapotranspirado, como se muestra en el cuadro (cuadro2).

Cuadro 3. Descripción de tratamientos aplicados en las plantas de fresa var “Albión” para su posterior evaluación.

Tratamiento 1	5% de desaturación de sustrato
Tratamiento 2	10% de desaturación de sustrato
Tratamiento 3	15% de desaturación de sustrato
Tratamiento 4	20% de desaturación de sustrato

Testigo	Porcentaje de desaturación de sustrato convencional
---------	---

Las variables medidas a la planta fueron: peso de fruto (PF), diámetro de pedúnculo (DP), largo de pedúnculo primera parte (LPPP), largo de pedúnculo segunda parte (LPSP), Firmeza (F), sólidos solubles totales (SST-° Brix), diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos, los tratamientos aplicados afectaron significativamente algunas variables como peso del fruto, largo del pedúnculo primera parte, y diámetro ecuatorial del fruto, sin embargo las variables diámetro de pedúnculo, largo de pedúnculo segunda parte, firmeza, sólidos solubles totales, diámetro polar no mostraron diferencia entre tratamientos.

Peso de fruto (PF)

Con respecto a esta variable el análisis separó estadísticamente los resultados en dos grupos “a” y “b”. De acuerdo a los resultados, la aplicación de los 5 tratamientos (porcentaje de desaturación del sustrato) en el tratamiento 2 se ubicó en el grupo “a” y tratamiento 1 ubicado en el grupo “ab” los cuales fueron donde encontró mayor peso en el fruto, indica que las plantas en estos tratamientos con 10% de desaturación del sustrato y 5% de desaturación del sustrato fue el que generó el valor más alto de peso fresco en el fruto, mientras con las plantas del tratamiento 3 (15% de desaturación del sustrato) y 4 (20% de desaturación del sustrato) clasificadas dentro del grupo “b”, fueron frutos que obtuvieron menor peso (figura 1). En este sentido Ortega et al. (2001), encontraron que al aumentar la cantidad de agua aplicada en plantas de tomate, aumenta el contenido de agua en los frutos. Lo cual corrobora resultados encontrados pueden deberse a que los frutos tras la aplicación de mayores cantidades de agua se favorecen, ya que hay mayor disponibilidad de nutrientes y los procesos de asimilación y translocación de asimilados hacia los frutos se realizan de forma más eficiente aumentando la masa fresca de estos (Álvarez et al., 2008).

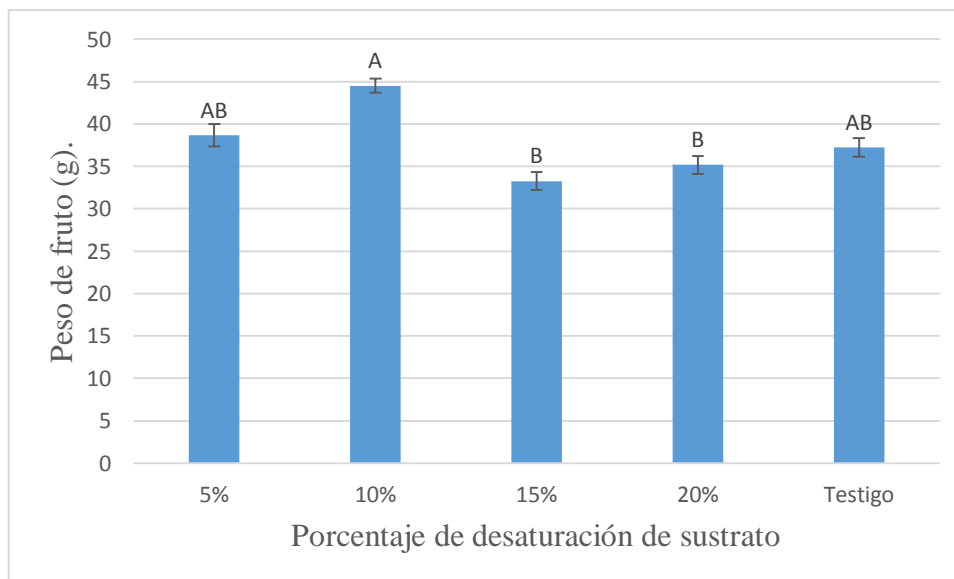


Figura 2. Cuadro de medias Peso del fruto expresada en gramos de acuerdo a diferentes porcentajes de desaturación de sustrato.

Largo de pedúnculo primera parte (LPPP)

Para la variable Largo de pedúnculo primera parte, el análisis de varianza mostro diferencia significativa entre los tratamientos. Separándolos estadísticamente en dos grupos de “a, b y ab” Al aplicar el 15% de desaturación de sustrato se obtuvo un incremento en el largo de pedúnculo primera parte con valor de 3.86 cm superior al testigo el cual obtuvo un largo de pedúnculo primera parte de 1.70 cm. En cuanto a los tratamientos a los cuales se les aplico los diferentes porcentajes de desaturación de sustrato, se encontró que el tratamiento al cual se le aplico 10% de desaturación de sustrato tuvo el menor valor con 1.34 cm en comparación a los demás tratamientos. Lo anterior es similar a lo ocurrido en investigaciones de café con aplicación de distintos niveles de riego, en las cuales Casierra et al. (2009) encontraron que altas láminas de riego generan reducción del largo de los pedúnculos. Lo contrario se obtuvo en girasol, una disminución en el crecimiento de las hojas sometidas a riego limitado (Cellier et al. 1998). Además, coincide con lo encontrado por Núñez et al. (2005) en plantas de frijol, quienes obtuvieron reducción en el área foliar y disminución de numero de hojas, cuando las plantas se desarrollaron bajo condiciones de déficit hídrico.

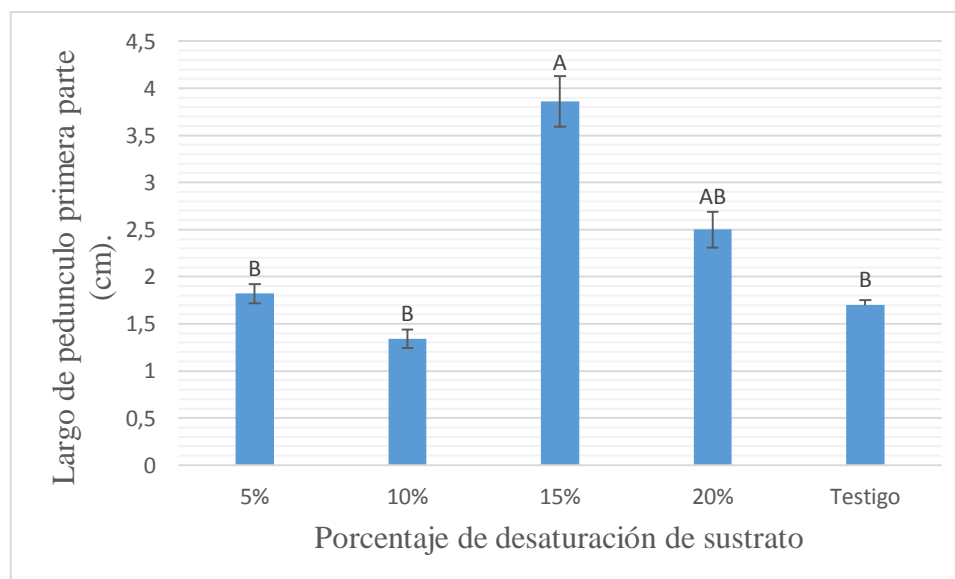


Figura 3. Cuadro de medias Largo de pedúnculo primera parte expresada en centímetros de acuerdo a diferentes porcentajes de desaturación de sustrato.

Largo del pedúnculo segunda parte (LPSP)

De acuerdo a los resultados obtenidos los porcentajes de desaturación de sustrato para esta variable muestra que no hay diferencia significativa entre los tratamientos. Sin embargo el tratamiento de 10% de desaturación de sustrato mostro el valor mas alto siendo este de 12.88 cm en comparación con el testigo el cual mostro un valor de 12.50 cm respectivamente. Mientras tanto el tratamiento de 15% de desaturación de sustrato, fue el que mostro el valor mas bajo con 10.38 cm. Por lo que, Villagrán et al. (2005), realizaron un ensayo en tomate sometido a estrés hídrico, lo cual reflejó un crecimiento reducido en el pedúnculo del fruto con una relación entre las láminas de riego y largo de pedúnculo, arrojando que la planta cuando se ve sometida a estrés hídrico se reduce el largo de este. Para la evaluación, en el presente estudio lo anterior corrobora que a mayor cantidad de agua se aumenta el tamaño del fruto, ya que tanto en el porcentaje del 10% de desaturación de sustrato y 5% de desaturación de sustrato presentaron los mejores resultados en cuanto a largo de pedúnculo segunda parte.

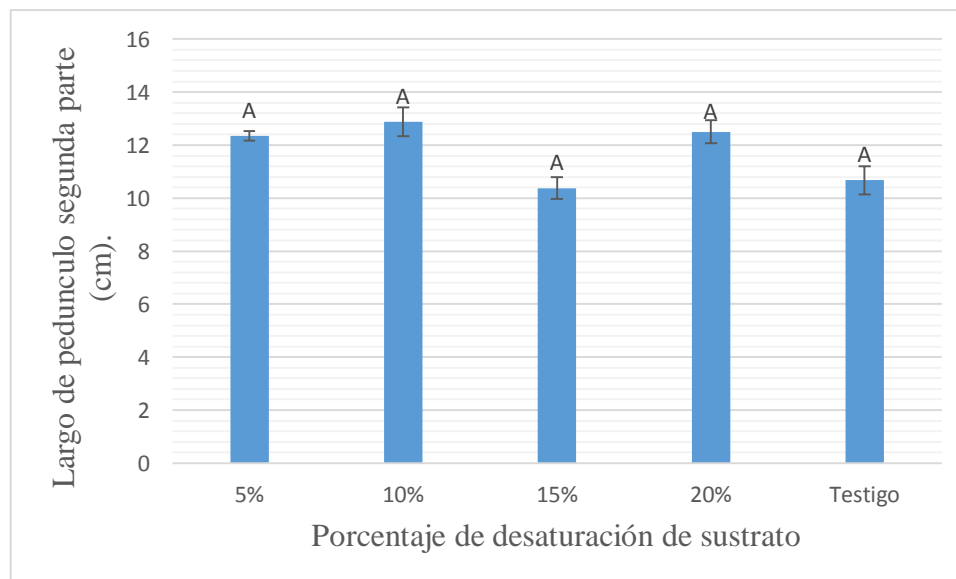


Figura 4. Cuadro de medias Largo de pedúnculo segunda parte expresada en centímetros de acuerdo a diferentes porcentajes de desaturación de sustrato.

Diámetro de pedúnculo (DP)

En la variable el diámetro de pedúnculo no se encontró diferencia estadísticamente, sin embargo las plantas sometidas a niveles decrecientes de porcentaje de desaturación de sustrato sufrió una reducción (Figura 5). Al respecto, Balagueta et al. (2008) en una investigación de plantas de tomate, sometidas a estrés hídrico, se registró una reducción numérica en el diámetro de tallo, debido a que las plantas expuestas a estrés hídrico muestran constricciones del tallo y menores tasas de crecimiento. Con respecto a esto Rodríguez et al. (1984) menciona que a mayor diámetro incrementa el número de frutos y en consecuencia el rendimiento, como lo sustenta Moorby (1981), quien menciona que una mayor área de parénquima implica mayor reserva de asimilados que pueden ser utilizados en el fruto en crecimiento, así como una mayor área de xilema posibilita una mayor transporte de agua y nutrimentos hacia los órganos reproductivos.

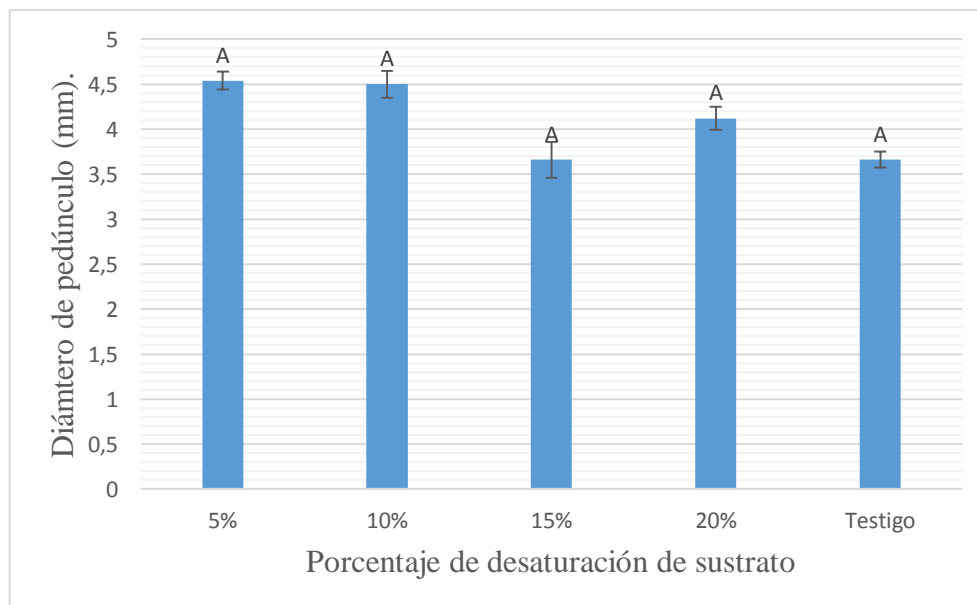


Figura 5. Cuadro de medias Diámetro de pedúnculo expresada en centímetros de acuerdo a diferentes porcentajes de desaturación de sustrato.

Firmeza (F)

Los resultados para la variable en determinación de firmeza muestran que no hay diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo muestran las siguientes tendencias.

Los tratamientos del 5% y 10% de desaturación de sustrato fueron los que obtuvieron una mayor firmeza en los frutos con un valor de 0.84 kg/cm^3 . Seguido por el testigo con valor de 0.80 kg/cm^3 y el tratamiento de 20% de desaturación de sustrato con un valor 0.78 kg/cm^3 . El tratamiento de 15% de desaturación de sustrato muestra el valor más bajo siendo este de 0.74 kg/cm^3 (figura 6).

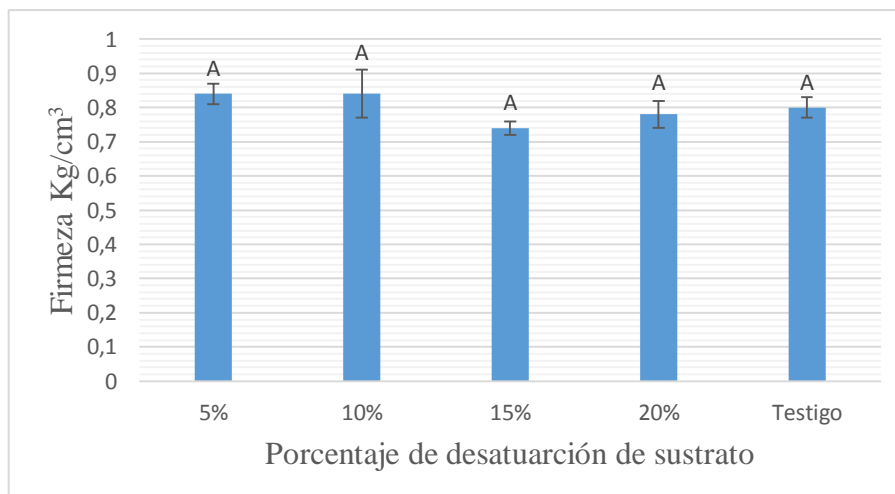


Figura 6. Firmeza de frutos de fresa tratados con diferentes porcentajes de desaturación de sustrato.

De acuerdo Retamal et al. (2012), mencionan que en melones reticulados, los cambios importantes en la firmeza de la pulpa se inicia una vez que a tasa de crecimiento del fruto ha comenzado a disminuir, y el nivel de firmeza se incrementa a medida que aumenta la cantidad de agua a nivel celular. Muy et al. (2004), coincide con nuestros resultados encontrados en el experimento para el caso de esta variable debido a que los tratamientos con restricción de agua se encuentran en niveles bajos y a los tratamientos en donde no se les restringió el agua obtuvieron los valores ligeramente más altos.

Sólidos solubles totales (SST) °Brix de los frutos

En esta variable no presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Sin embargo los frutos provenientes de plantas regadas con un porcentaje de desaturación del 15% presentaron los valores más altos numéricamente de SST con 10.6 °Brix, seguido del tratamiento que fue regado con un porcentaje de desaturación de sustrato del 20%, con un valor de 10.5 °Brix, por otra parte los porcentajes de desaturación del sustrato de 10% y el testigo al igual no presentaron diferencias significativas y el 5% de desaturación del sustrato, registro los valores más bajos con 9.3 °Brix (figura 2), Alavoine y Crochon (1989) mencionan que el mayor contenido de SST en frutos, les confiere una mayor calidad. El fruto de fresa es un órgano de almacenamiento de compuestos carbonatados, ácidos orgánicos y por lo tanto se refleja

en el estado metabólico de la planta, el cual es altamente influenciado por la nutrición y disponibilidad de agua (Ojeda et al. 2007). En el caso de los carbohidratos, la glucosa, fructosa y sacarosa están relacionados directamente con la percepción del sabor dulce (Macías et al. 2002) Además, Álvarez herrera, et al. (2011) afirman que la aplicación de una mayor cantidad de agua disminuye la cantidad de °Brix, debido a que la concentración de los azúcares se ve diluida por el mayor contenido de agua que presentan los frutos. Posiblemente el aumento de los SST en fresa pudo deberse a que se ha demostrado que existe un crecimiento paulatino de la concentración de los sólidos solubles totales (monosacáridos) durante la maduración, como consecuencia de la hidrólisis de los polisacáridos (homopolisacaridos) (Damasceno y Carvalho 2002). Al respecto Ortega et al. (2001), encontraron que restricciones de agua a plantas de tomate reducen el contenido de solidos solubles. En este sentido el porcentaje de desaturación de sustrato aplicado resulta óptima para que se incrementen el contenido de azúcares en los frutos al disminuir el contenido de agua en ellos.

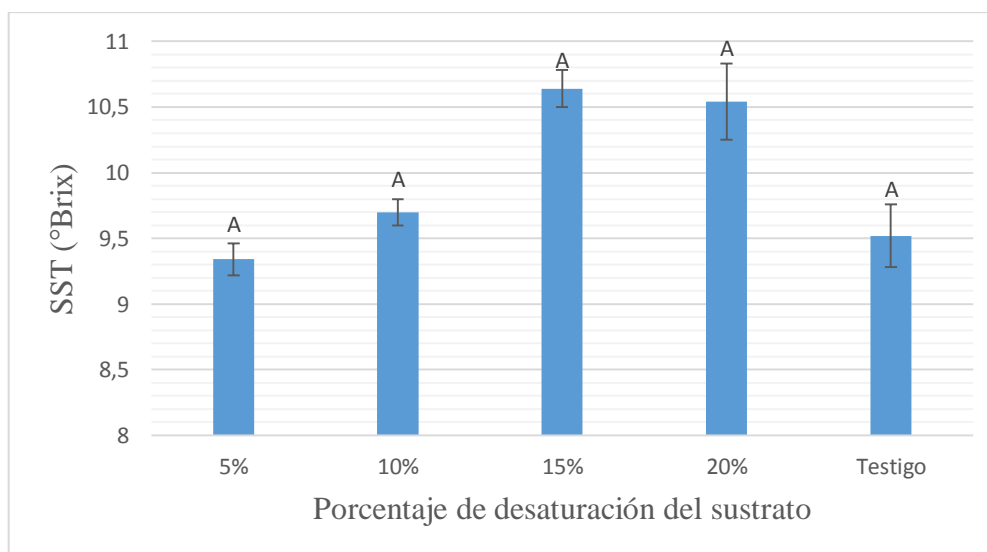


Figura 7. Solidos solubles totales (SST) de frutos de fresa con aplicación de diferentes porcentajes de desaturación de sustrato. Promedios con letras iguales indican que no hay diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Las barras de error indican el error estándar.

Diámetro polar (DP)

Las mediciones del diámetro polar del fruto en los cinco tratamientos permitieron evaluar su crecimiento es decir la dinámica que presenta el crecimiento del fruto (diámetro polar) indica que no hay diferencias significativas importantes. En la Figura 3 muestra las diferencias numéricas entre los cinco tratamientos en el crecimiento del fruto. Para el caso del tratamiento dos (10% de desaturación de sustrato) se puede observar una mayor magnitud del diámetro polar, alcanzando su valor máximo de 4.48 cm. Por su parte, el tratamiento uno (5% de desaturación de sustrato) muestra un tamaño similar en el diámetro polar alcanzado un valor de 4.44 cm. En contraste, los tratamientos que cuentan con menores dimensiones para esta variable con valores 4.02 cm., 3.82 cm., y 3.64 cm respectivamente. Por lo que, Villagrán et al. (2005), evaluaron el rendimiento y tamaño del fruto del manzano sometido al estrés hídrico donde encontraron que las precipitaciones bajas del periodo de evaluación, se reflejó en un crecimiento reducido del fruto, arrojando que la planta cuando se ve sometida a estrés hídrico, se activa mecanismos de defensa que protegen a la planta de la deshidratación, sin embargo cuando el estrés hídrico pasa, el crecimiento del fruto se reanuda normal. Para la evaluación, en el presente estudio lo anterior corrobora que a mayor cantidad de agua se aumenta el tamaño del fruto, ya que tanto en el porcentaje del 10% de desaturación de sustrato y 5% de desaturación de sustrato presentaron los mejores resultados en cuanto a diámetro polar.

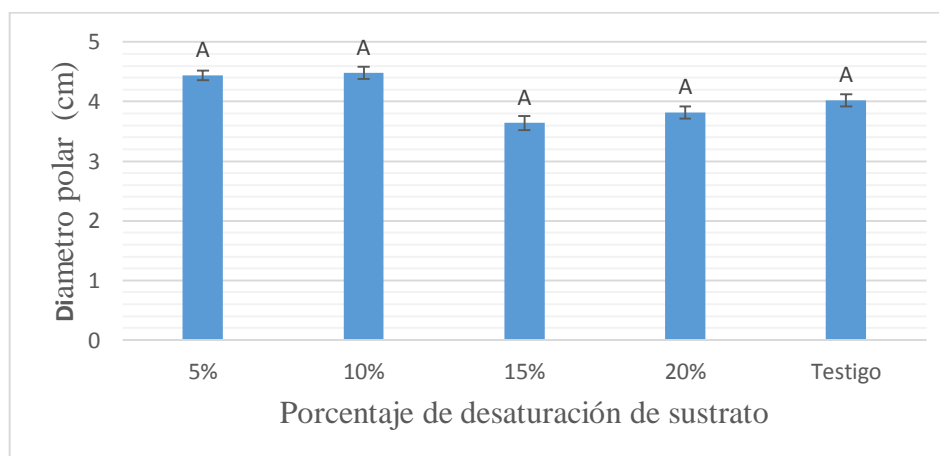


Figura 8. Diámetro polar del fruto de cinco tratamientos. Las letras iguales indican que no hay diferencias significativas mediante la prueba de *Tukey* ($P \leq 0.05$).

Diámetro Ecuatorial (DE)

En cuanto al tamaño de los frutos, el diámetro ecuatorial de la fresa se vio influenciado por los tratamientos. Después de haber realizado el experimento y el análisis de datos se observó en términos generales que los frutos cosechados presentaron un diámetro que osciló 2.80 a 3.42 cm, también se observó que las diferencias de porcentaje de desaturación de sustrato afectaron el diámetro ecuatorial de fruto tanto de forma estadística como numérica. Los frutos que obtuvieron el mayor diámetro ecuatorial de fruto se obtuvo en las plantas testigo donde se aplicó de manera convencional el riego y en las plantas que recibieron 10% de desaturación de sustrato. Por el contrario, el menor diámetro ecuatorial de frutos se presentó en las plantas del 15% y 20% de desaturación de sustrato (figura 9).

Para el caso donde se aplicaron los porcentajes del 15% y 20% de desaturación de sustrato pudo haber tenido influencia en el tamaño del fruto de los tratamientos, ya que al someterse al estrés hídrico se manifiesta una notable reducción en el contenido de giberelinas, los cuales están directamente ligados a una serie de procesos fisiológicos en la planta (Gebieluca y Ayub 2006). Además de que en condiciones adversas de humedad se reflejan en el tejido vegetal con una rápida reducción en la división y elongación celular (Calva y Pérez 2005) resultando en una reducción en el crecimiento en tallos (Guevara et al. 2010), hojas (Gebieluca y Ayub 2006) y frutos (Guevara et al. 2010).

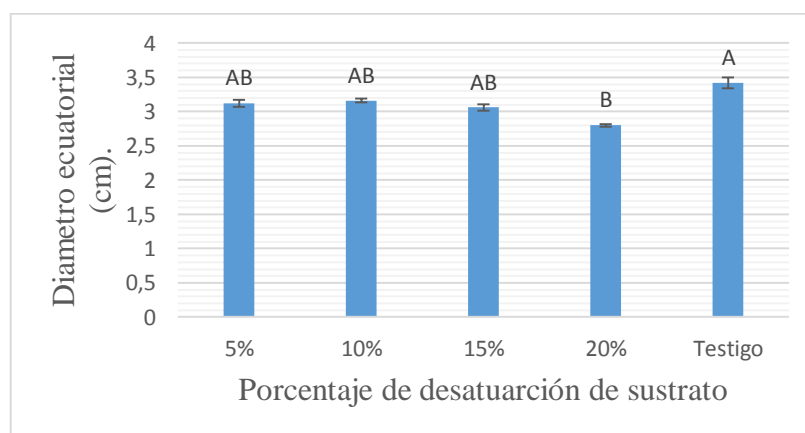


Figura 9. Diámetro ecuatorial del fruto de cinco tratamientos. Las letras distintas indican que hay diferencias significativas y letras igual indican que no existe diferencia estadística mediante la prueba de *Tukey* ($P \leq 0.05$)

CONCLUSIÓN

La aplicación de 10% de desaturación de sustrato fue en las variables evaluadas de Peso de fruto, Largo de pedúnculo segunda parte, Diámetro polar, y Firmeza. Esto indica que la aplicación del 10% de desaturación de sustrato favorece el crecimiento y desarrollo vegetativo de la planta de fresa como en el rendimiento.

LITERATURA CITADA

- Alavoine, F., Crochom, M. 1989. Taste quality of strawberry. *Acta Horticulture*. 265: 449-452. Consultado 08 septiembre.
- Ali Dib, T., Monneveux, P., Araus, J.L. 1990. Breeding durum wheat for drought tolerance. Analytical approaches, and their connections. In: Symposium on Wheat breeding. Prospects and future approaches. Varna, Bulgaria, pp. 1-33.
- Almudena, M.V. 2008. Respuesta fisiológica de los cítricos sometidos a condiciones de estrés biótico y abiótico. Aspectos comunes y específicos. Tesis Doctoral. Universidad JAUME I. Castellon de la plana, junio del 2010.
- Álvarez Herrera, J.G., Chacón Pardo, E., Lusardo Rodríguez, S. 2008. Efecto de dos sustratos y diferentes láminas de riego en la propagación de romero (*Rosmarinus officinalis* L.). (en línea). U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. 11(1):103-111. Consultado 25 agosto. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v11n1/v11n1a13.pdf>
- Álvarez Herrera, J.G., López, J.L., Balaguera, W.A., Veloza, J.A. 2011. Láminas de riego y calidad de agua en la solución de problemas de salinidad en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). (en línea). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. 5(1):57-68. Consultado 29 agosto. Disponible en <http://www.soccolhort.com/revista/pdf/magazin/Vol5/Vol.5%20No.1/Vol.5%20No.1.%20Art.5.pdf>
- Azcon Bieto, J., Talon, M. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. Capítulo 29: Fisiología de las plantas y el estrés (2 edición). Interamericana – McGraw Hill, Madrid, pp. 577-579.
- Balaguera, H.E., Álvarez Herrera, J.G., Rodríguez, J.D. 2008. Efecto del déficit de agua en el trasplante de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). (en línea). Agronomía Colombiana. 26(2):246-255. Consultado 07 septiembre. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v26n2/v26n2a09>

- Basurto Sotelo, M., Nuñez Barrios, R., Pérez Leal, R., Hernández Rodríguez, O.A. 2008. Fisiología del estrés ambiental en plantas. 1-5 p.
- Benavides, M.A.2002. Eco fisiología y Bioquímica del Estrés en Planta. UAAAN. México. 1 Edición. P. 32.
- Blum, .A. 1998. Plan Breeding for Stress Environments. CRC Press, Florida. P. 223.
- Calva Calva, G., Pérez Vargas, J. 2005. Cultivo de células y tejidos vegetales: fuentes de alimentos para el futuro. (en línea). Revista Digital Universitaria. 6(11). Consultado 26 septiembre. Disponible en http://www.revista.unam.mx/vol.6/num11/art104a/nov_art104a.pdf
- Ceccarelli, S. 1989. Wide adaptation: How wife? Euphytica. 40:197-205.
- Chávez Simental, J.A., Álvarez Reyna, V.P. 2012. Ecofisiología de seis variedades de frijol bajo las condiciones climáticas de la Region Lagunera. (en línea). Rvesitas mexicana de ciencias agrícolas. 3(2). Consultado 27 septimebre. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000200007
- Cornejo Oviedo, E. 2002. “Factores ambientales que originan el estrés. Ecofisiología y química del estrés en plantas”, Departamento de agricultura/UAAAN.
- Damasceno Junior, J.A., Carvalho Bezerra, F. 2002. Qualidade de pedúnculo de cajuerio-anao precoce cultivado sob irrigacao e submetido a difrentes sistemas de conducao e espacamento. (en línea). Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal. 24(1):258-262. Consultado 29 agosto. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbf/v24n1/9939.pdf>
- Dempsey, D. A., Shah, J., Klessig, D.F. 1999. Salicylic acid and disease resistance in plants. Critical Reviews in Plant Sciences.18:547:575.
- Dong. X. 1998. SA, JA. Ethylene. And disease resistance in plants. *Current Opinion in Plant Biology*. 1:316-329.

- Dry, P.R., Loveys, B.R., Mccarthy, M.G., Stoll, M. 2001. Strategic irrigation management in Australian vineyards. *J. int. Sci. Vigne Vin.* 35(1):129-139.
- Engelbrecht, B.M.J. 2001. Drought resistane in seedlings of 28 tropical woody plant. Euro-Workshop: Functional Groupings of Tropical Trees Netherlands.
- Enríquez Guevara, E.A., Aispuro Hernández, E., Vargas Arispuro, I., Martínez Téllez, M.A. 2010. Oligosacarinas Derivadas de Pared Celular: Actividad Biológica y Participación en la Respuesta Defensa de Plantas. (en línea). *Revista Mexicana de Fitopatología.* 28(2):144. Consultado 26 septiembre. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/612/61218468007.pdf>
- FAO. 2012. Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas. Capítulo 5. Calidad en frutas y hortalizas. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/006/Y4893S/y4893s08.htm>
- Farooqi, A.H.A., Shukla, Y.N., Sharma, S., Bansal, R.P. 1994. Relationship between gibberellin and cytokinin activity and flowering in *Rosa damascena* Mill. *Plant Growth Regulat.* 14:109:13.
- Gillapsy, G., Ben-David, H., Gruissen, W. 1993. Fruits: a developmental perspective. *Plant Cell.* 5:1439-1452.
- Gutiérrez Vaca, C., Serwatowski Hlawinska, R., Cabrera Sixto, J.M., Flores Garcia, A., Saldaña Robles, N. 2010. Evaluación de estrés hídrico en plantas de fresa a raíz desnuda. (en línea). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* 1(3):439-444. Consultada 28 septiembre. Disponible <http://scielo.unam.mx/pdf/remexca/v1n3/v1n3a12.pdf>
- Garau, A.M., Ghera, C.M., Lemcoff, J.H., Baraño, J.J. 2009. Weeds in *Eucalyptus globulus* subsp. *Maidenii* (F.Muell) establishment. *New Forests.* 37:251-264.
- Hanson, B., Bendixen, W. 2004. Drip irrigation evaluated in Santa Maria Valley strawberries. *Calif. Agric.* 58(1):48-53.
- Hatfield, J.L., Burk, J.J. 1991. Energy Exchange and leaf temperatura behavior of there plant species. *Environmental and Experimental Botany.* 31(3):295-302.

- IMNC. Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C. 2008. Sistemas de gestión de la calidad- Requisitos.
- Jolliet, O. 1993. Modelling of wáter uptaket, traspiration and humidity in greenhouses, and of thei effects on crops. *Acta Hort.* 328, 69-78.
- Janoide, A.k., Widders, I.E., Flore, J.A. 1993. Water déficits and environmental factors affect photosynthesis in leaves of cucumber (*Cucumis sativus*).*J. Amer.Soc.Hort.Sci.* 118(3):366-370.
- Jameson, P.E., Clarke, S.F. 2002. Hormone-Virus Interactions in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences.* 21(3):205-228.
- Kirnak, H., Kaya, C., Higgs, D., Bolat, I., Simsek, M., İkinci, A. 2003. Effects of preharvest drip-irrigation schedulling on strawberry yield, quility and growth. *Aust.J.Exp.Agric.* 43:150-111.
- Kader, A.A. 2013. Postharvest Technology of Horticultural Crops – An Overview from Farm to Fork. (en línea). *Ethiop .J. Appl. Sci. Technol.* (1):1-8. Consultado 29 agosto. Disponible en <http://ucanr.edu/datastoreFiles/234-2531.pdf>
- Kramer, P.L.1983. “Drought Tolerance and Water Efficiency”, en: *Water Relations of Plants*, .Nueva York, Academy Press. Pp 390-415 p.
- Kitano, M., Euguchi, H., Matsui, T. 1983. Analysis of heat balance of leaf with reference to smatal responses to environmental factors. *Biotronics.*12, 12-27.
- Khurana, E. Singh, J.S. 2004. Germination and seedling growth of five tree species from tropical dry forest in relation to wáter stress. Impact of seed size . *J. Trop. Ecol.*20:385-396.
- Kruger, E., Schmidt, G., Bruckner, U. 1999. Schedulling strawberry irrigation based upon tensiometer measurement and a climatic wáter balance model. *Sci. Hortic.* 81:318-324.
- Levitt, J. (1980) *Responses of plant to enviromental stresses.* Vol1. (2 segunda edición). Academic Press, New York.

- Lambers, H., Stuart-Chapin III, F., Pons, T.L.1998. Plant Physiological Ecology.Springer –Verlag, New York.
- León, M., Hernandez, G., Sotomayor, G. 2003. Manejo de riego en fresas cultivadas en organopónico. Rev. Cienc. Tecn. Agropec. 12(1):39-43.
- Larcher, W., 1995. Physiological plant Ecology, Berli, Heidelberg, Springer- Verlag, p.506.
- Mano, J. 2002. Early events in environmental stresses in plants-induction mechanisms of oxidative stress. En: Oxidative stress in plants. Ed: Inze, D., Van Montagu, M. Taylor & Francis, London.UK, pp.217-246.
- Macías, R.L., Quero, E., López, M.G. 2002. Carbohydrate Differences in Strawberry Crows and Fruit (*Fragaria x ananassa*) during Plant Development. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 50:3317-3321. Consultado 19 septiembre.
- Moorby, J. 1981. Transport systems in plants. Lonman and technical. New York, EUA. 169 p. Consultado 20 septiembre.
- Muy Rangel, D., Siller Cepeda, J., Díaz Pérez, J., Valdez Torres, B. 2004. Las condiciones de almacenamiento y el encerado afectan el estado hídrico y la calidad de mango. (en línea). Revista Fitotecnia Chapingo. 27(2):201-209. Consultado 20 septiembre. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61027211>
- Melkonian, J., Wolfe, D.W.1995.Relative sensitivity of leaf elongation and stomatal conductance of cucumber plants to changes in leaf and soil water potentials. Can.J. Plant Sci.75:909-915.
- Melkonian, J., Wolfe, D.W.1993. An evaluation of hydraulic vs. Nonhydraulic root signals controlling shoot response to soil water deficits in cucumber, *Acta Hort.*335:173-182.
- Mass, J. 1987. Compendium of strawberry diseases. APS Press, St-Paul, Minn. pp.137.

- Merchán Gaitan, J.B., Ferrucho, R.L., Alvarez Herrera, J.G. 2014. Efecto de dos cepas de *Trichoderma* en el control de *Botrytis cinérea* y la calidad del fruto en fresa (*Fragaria* sp.). Rev. Colomb. Cienc. Hortic. 8(1):44-56.
- Nilsen, E.T., Orcutt, D.M. 1996. Physiology of plants under stress. In: Abiotic factors. John Wiley & Sons (eds.) INC, New York.
- Ojeda Real, L.A., Cárdenas Navarro, R., Lobit, P., Grageda Cabrera, O., Valencia Cantero, E., Macías Rodríguez, L. 2008. Efecto de la nutrición nitrógena y sistemas de riego en el sabor de la fresa (*fragaria x ananassa* Duch.). Rev. Chapingo Ser. Hortic. 14(1):61-70.
- Ortega Farias, S., Márquez, J., Valdes, H., Paillan, J.H. 2001. Efecto de cuatro láminas de agua sobre el rendimiento y calidad de tomate (*licopersicon esculentum* mill. cv. fa-144) de invernadero producido en otoño. (en línea). Agricultura Técnica. 61(4). Consultado 31 agosto. Disponible en http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072001000400010
- Ojeda Real, L.A., Cárdenas Navarro, R., Lobit, P., Grageda Cabrera, O., Valencia Cantero, E., Macías Rodríguez, L. 2007. Efecto de la nutrición nitrógena y sistemas de riego en el sabor de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.).(en línea). Revista Chapingo. Serie horticultura. 14(1). Consultado 07 septiembre. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v14n1/v14n1a9.pdf>
- Parry, M.I., Rosenzweig, C., Livermore, M. 2005. Climate change, global food supply and risk of hunger. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 360:2125-2136.
- Pires, R., Folegatti, M., Passos, F., Arruda, F., Sakai, E. 2006. Vegetative growth and yield of strawberry under irrigation and soil mulches for different cultivation environments. *Sci. Agric.* 63(5):417:425.
- Ramirez Gómez, H. 2011. Sistemas de producción de fresa de altas densidades. Tesis maestría. Colegio de postgraduados. Campus Montecillo, Texcoco, Edo. México.

- Rodriguez, R., Tarantino, E., Rega, F. 1989. Cultivo moderno del tomate. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 206 p.
- Retamal, A., Leonardo, V., Mazuela, P. 2012. Efecto de la transformación geométrica del fruto de melón (*Cucumis melo* L) sobre su calidad bajo cultivo sin suelo. (en línea). Idesia Arica. 30(3):65-69. Consultado 20septiembre. Disponible en <http://www.scielo.cl/pdf/idesia/v30n3/art08.pdf>
- Singh, B., Singh, G. 2006. Efects of irrigation on water potential, nitrogen uptake and biomass production in *Dalbergia sissoo* seedlings. Environ.Exp. Bot. 55:209-209.
- SAGARPA. 2012. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-fruta fresca-fresa (*Fragaria x ananassa, Dutch*)- Especificaciones y método de prueba (Cancela a la NMX-FF062-1987). Disponible en http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Lists/Instrumentos%20Tcnicos%20Normalizacin%20y%20Marcas%20Colecti/Attachments/90/NMX_FRESA.pdf
- Talón, M., Tad, F.R, Zeevaart, J.A.D. 1991. Cellular changes induced by exogenous and endogenous gibberellins in the shoot tips of the long-day plant silene armeria. *Planta*. 185:487-493.
- Turner, D.W., Menzel, C.M., Simpson, D.R. 1996. Short term drying of half the root system growth but not water status or photosynthesis in leaves of passion fruit (*Passiflora* sp.). *Sci. Horticult*. 65:25-36.
- Taiz, L., Zeiger, E. 2006. Plant physiology. 4 edición. Sinauer Associates Publishers, Sunderland, MA.
- Tambussi, E.A., (2004). Fotosíntesis, Fotoprotección, Productividad y Estrés Abiótico: Algunos casos de estudio. Tesis Doctoral, Universitat de Barcelona.
- Toumi, I., Moschou, P.N., Paschalidis, K.A., Bouamama, B., Ben Salem-Fnayou, A., Ghorbel, A.W., Mliki, A., Roubelakis-Angelakis, K.A. 2010. Abscisic acid signals reorientation of polyamine metabolism to orchestrate stress responses via

the polyamine exodus pathway in grapevine. *Journal of Plant Physiology*. 167:519-525.

- Villagrán Deoses, R.A., Núñez Barrios, A., Parra Quezada, R.A., Jacobo Cuellar, J.L., Ojeda Barrios, D.L., Ruiz Anchondo, T.J., Salas Salazar, N. 2015. Riego parcial de la raíz en manzano Golden delicious. (en línea). Terra Latinoamericana Chapingo. 33(4). Consultado 31 agosto. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792015000400299
- Valladares, F. 2004. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Páginas 163-190. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S.A., Madrid. ISBN: 84-8014-552-8.
- Vazques Galvez, G., Cardenas Navarro, R., Lobit, P. 2008. Efecto del nitrógeno sobre el crecimiento y rendimiento de fresa regada por goteo y gravedad. *Agric. Tecn. México*. 34(2):235-241.
- Vlot, A.C., Dempsey, M.A., Klessig, D.F. 2009. Salicylic Acid , a Multifaceted Hormone to Combat Disease. *Annual Review of Phytopathology*. 47:177-206.
- Zeevaart, J.A.P., Gage, D.A., Talón, M. 1993. Gibberellin A1 is required for stem elongation in spinach under long-day conditions. *Proceeding of the National Academy of Science USA*. 90:7401-7405.