

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE



**TENSIÓN DE HUMEDAD DEL SUELO Y SU RELACIÓN CON EL
RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTOS DEL MELÓN HÍBRIDO
CARDENCHE**

Por:

CRISTO JESÚS GONZÁLEZ ROBLERO

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

TENSIÓN DE HUMEDAD DEL SUELO Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO Y
CALIDAD DE FRUTOS DEL MELÓN HÍBRIDO CARDENCHE

Por:

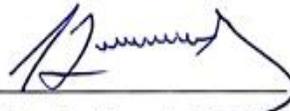
CRISTO JESÚS GONZÁLEZ ROBLERO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Aprobada por el H. Jurado Examinador:



Dr. Alejandro Zermeño González

Asesor principal



Dr. José Alexander Gil Marín

Asesor



M.C. Pascual Ervidan Pérez Díaz

Asesor



M.C. Sergio Sánchez Martínez
Coordinador de la División de Ingeniería

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México

Junio 2024

DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir la verdad que no incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega), reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (autoplagio), comprar, robar o pedir prestado los datos o la tesis para presentarla como propio, omitir referencia bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas, utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo, utilizar material digital con imágenes, videos, ilustraciones gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/fuente, así mismo tengo conocimientos de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, edición o modificación, será sancionado por las autoridades correspondientes,

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Cristo Jesús González Roblero

AGRADECIMIENTOS

A Dios, quien me ha brindado la oportunidad de existir y ser parte de esta noble y majestuosa institución. por cada una de las bendiciones recibidas durante mi trayectoria académica, las lecciones aprendidas, los desafíos y los logros alcanzados son testimonio de su amor incondicional y su gracia infinita.

A mi Alma Matter, mi eterno agradecimiento por brindarme un ambiente propicio y enriquecedor para mi desarrollo académico. Por haber sido mucho más que un lugar de estudio. Agradezco por mi formación académica, pero también por cada lección de vida aprendida en sus aulas, por las personas excepcionales que he tenido el privilegio de conocer, estaré siempre agradecido por haber sido parte de esta extraordinaria comunidad.

Al departamento de Riego y Drenaje, por ser una fuente inagotable de aprendizaje y por cada uno de los maestros que forman parte, quienes merecen mi reconocimiento por las lecciones tanto académicas como personales, su dedicación y sabiduría en el ámbito académico.

Al Dr. Alejandro Zermeño González, por su orientación experta, dedicación y su valioso aporte a lo largo de todo este proceso. Sus conocimientos y consejos han sido indispensables para alcanzar los objetivos planteados en este trabajo.

Al Dr. José Alexander Gil Marín, por cada uno de los conocimientos y consejos brindados, apoyo, tiempo y dedicación durante todo el trayecto.

Al M.C. Ervidan Pérez Díaz, por cada una de las atenciones y la disponibilidad para aportar en el proyecto, su amistad, confianza y su apoyo en los momentos requeridos.

AL M.C. Armando Moreno Ibarra, por su contribución con sus conocimientos y consejos en el área de nutrición.

A mis padres, Erasto González, Marta Roblero les agradezco enormemente su amor incondicional, su apoyo constante y cada uno de sus consejos que me han hecho llevarlos conmigo siempre. Su confianza y ejemplo han sido mi mayor motivación para salir adelante en cada paso de mi vida.

A Heriberto Antonio, por su apoyo constante, colaboración y entusiasmo durante la realización de esta tesis. Su compromiso y dedicación fueron fundamentales en cada paso del camino, enriqueciendo el proceso con su valiosa contribución académica y su presencia. Gracias por ser un amigo excepcional en todos los aspectos.

A mis amigos, Joel, Pedro Alexander, Angela, Karina, por cada uno de los momentos compartidos. Agradezco especialmente las tardes de convivencia que hemos disfrutado juntos y los innumerables recuerdos que hemos creado. Valoraré siempre los conocimientos que compartieron conmigo en el ámbito académico, así como la confianza que fue fundamental en nuestra convivencia.

A todas estas personas, y a aquellas que, por espacio o tiempo, no menciono aquí, les estoy profundamente agradecido por su valiosa contribución y su presencia en este proyecto.

¡Gracias!

DEDICATORIA

A mis padres

Erasto Cristino González, Marta Roblero Arriaga

Por nunca desanimarnos y brindar esa oportunidad de continuar, por todo el apoyo y comprensión que me han otorgado, por sus consejos, por hacerme de mí lo que soy, enseñándome a sonreírle la vida, a superar las preocupaciones, y a tomar las oportunidades como es debido, por todo esto les estoy muy agradecido. A ustedes les dedico esta Tesis, que dios los bendiga.

A mi hermana

Areli González Roblero

Por siempre creer en mí, por los ánimos, por el apoyo constante que nunca olvidare, por estar siempre ahí cuando más lo necesito y por los valiosos consejos que me han ayudado siempre.

A mis hermanos

Reynau González, Icelda González, Elida González, Armin González y Magali González Roblero

Mis queridos hermanos, quienes han sido mi fuente constante de inspiración y apoyo a lo largo de este viaje. Agradezco profundamente su presencia incondicional, sus palabras de aliento y su inquebrantable respaldo en cada paso. Agradezco profundamente su presencia en mi vida y todo lo que han hecho por mí. Esta tesis es también un tributo a nuestra unión familiar y al vínculo único que compartimos.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
HIPOTESIS.....	3
REVISION DE LITERATURA.....	4
Melón, (Cucumis melo L.)	4
Origen.....	4
Variedades más comunes de melón.....	5
Clasificación taxonómica del melón	6
Morfología de la planta	6
Raíz.....	6
Tallos.....	7
Hojas.....	7
Flores	7
Frutos	8
Semillas.....	8
Importancia económica y social.....	9
Los Principales productores mundiales.....	10
Tensión de humedad del suelo y el rendimiento de cultivos.....	11
MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
Ubicación del sitio experimental.....	16
Características físico-químicas del suelo.....	17
Establecimiento y manejo del cultivo.	17
Diseño estadístico experimental.....	18
Control fitosanitario	20

Mediciones realizadas	21
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
Rendimiento del cultivo	22
Calidad de frutos	25
Contenido de clorofila de las hojas y grados brix	27
CONCLUSIONES.....	29
BIBLIOGRAFÍA.....	30

ÍNDICE DE CUADROS

	Pag
Cuadro 1. Propiedades físicas y químicas del suelo del lote experimental.	17
Cuadro 2. Tiempos y frecuencia de riego de los tratamientos.	19
Cuadro 3. Numero de riegos aplicado, tiempos de riego y volumen total de agua aplicado durante el ciclo del cultivo.	19
Cuadro 4. Solución nutritiva aplicada durante el ciclo de crecimiento del melón híbrido Cardenche.	20

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag
Figura 1. Jardín Hidráulico del Departamento de Riego y Drenaje de la UAAAN.	16
Figura 2. Efecto de la tensión de humedad del suelo para la aplicación del riego en los frutos por planta, peso del fruto y el rendimiento de un cultivo de melón (híbrido Cardenche).	24
Figura 3. Efecto de la tensión de humedad del suelo para la aplicación del riego en diámetro polar y ecuatorial de los frutos y el espesor de mesocarpio, de un cultivo de melón (híbrido Cardenche).	26
Figura 4. Efecto de la tensión de humedad del suelo para la aplicación de los riegos en los grados Brix de los frutos y el contenido de clorofila de las hojas.	28

RESUMEN

La medición de la tensión de humedad del suelo es indispensable para una programación eficiente de los riegos para lograr altos rendimientos usando la mínima cantidad posible de agua. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de tres tensiones de humedad del suelo para la aplicación de los riegos, en el rendimiento y calidad de frutos de un cultivo de melón (*Cucumis melo* L.), híbrido Cardenche. El trabajo se desarrolló en el Jardín Hidráulico del Departamento de Riego y Drenaje. Se utilizó un diseño estadístico experimental en bloques al azar de tres tratamientos correspondientes a tres tensiones de la humedad del suelo para la aplicación de los riegos (25 kPa, 35 kPa y 45 kPa), y cuatro repeticiones. Para la comparación múltiple de media de tratamientos se aplicó la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$). Los resultados indican que un incremento del estrés hídrico de las plantas de 25 kPa a 45 kPa de tensión de humedad del suelo para la aplicación de los riegos incremento 13.87 % los grados Brix de los frutos, sin afectar el diámetro polar y peso de los frutos, el rendimiento y el contenido de clorofila. Además, al regar a 45 kPa de tensión de humedad del suelo se puede tener un ahorro de 38.71 % del agua de riego, respecto al riego a 25 kPa de tensión

Palabras clave: *Cucumis melo* L., estrés hídrico, tensión de humedad del suelo, tensiómetro, grados Brix

ABSTRACT

Measuring soil moisture tension is essential for efficient irrigation scheduling, which achieves high yields using the minimum possible volume of water. This study aimed to evaluate the effect of three soil moisture tensions for irrigation applications on the yield and quality of fruits of a melon crop (*Cucumis melo* L.), a Cardenche hybrid. The study was conducted in the Hydraulic Garden of the Irrigation and Drainage Department. An experimental statistical design was used in randomized blocks of three treatments corresponding to three soil moisture tensions for irrigation application (25 kPa, 35 kPa, and 45 kPa) and four repetitions. The Tukey test was applied for the multiple comparisons of the mean of treatments ($\alpha \leq 0.05$). The results indicate that an increase in the water stress of the plants from 25 kPa to 45 kPa of soil moisture tension for the application of irrigation increased the Brix degrees of the fruits by 13.87% without affecting the polar diameter and weight of the fruits., yield, and chlorophyll content. Furthermore, irrigating at 45 kPa soil moisture tension can save 38.71% of irrigation water compared to irrigation at 25 kPa of tension.

Key words: *Cucumis melo* L., water stress, soil moisture tension, tensiometer, degrees Brix

INTRODUCCIÓN

El monitoreo de la tensión de humedad del suelo es fundamental para una programación óptima de los riegos con el propósito de obtener altos rendimientos y calidad de frutos del melón y cualquier otro cultivo. Tanto el déficit como el exceso de agua pueden tener un fuerte impacto en el crecimiento y rendimiento de los cultivos (Koohi y Bonakdari., 2023).

En México, la mayoría de los productores de melón no consideran la tensión de humedad del suelo (nivel de abatimiento de la humedad) en la programación de los riegos, por lo que, los rendimientos obtenidos pueden ser menores a los del potencial biológico del híbrido correspondiente. Los tensiómetros proporcionan lecturas directas de la tensión de humedad (potencial hídrico) de los suelos para prevenir el estrés hídrico (Safdar *et al.*, 2023). Además, por su sencilla instalación y fácil manejo, Bhatt *et al.* (2016) reportaron ahorro de agua de hasta 31% en el riego de un cultivo de arroz con el uso de tensiómetros. La programación de los riegos con base a la tensión de humedad del suelo (con el uso de tensiómetros) mejora la eficiencia del uso del agua y aumenta el rendimiento (Oletic y Bilas., 2020).

Las plantas responden de forma diferente al estrés hídrico, con un cierre parcial de los estomas, lo que reduce la tasa de transpiración foliar (Shaw y Laing., 2015), y puede afectar la tasa de crecimiento de las plantas. Amal y Singh (2010) demostraron que, para lograr un rendimiento óptimo del cultivo de arroz en zonas tropicales se debe regar a una tensión máxima de 40 kPa. Para el cultivo de sorgo, De Jesus Silva *et al.* (2016) mencionan que los rendimientos mayores se obtienen al regar a una tensión de 20 kPa. De igual forma, Núñez- Ramírez *et al.* (2020) reportaron que el máximo rendimiento de un cultivo de maíz (*Zea mays* L.) se obtiene al regar a una tensión de 20 kPa. En condiciones de invernadero, plantas en macetas con sustrato (peat moos y perlita) la tensión de humedad del sustrato para reponer la humedad no debe ser mayor de 5 a 7 kPa para lograr un óptimo desarrollo de las plantas (Shao *et al.*, 2010). En melón Cantalupo los mejores rendimientos se obtienen en las plantas sometidas a un estrés hídrico de 30 kPa, además de una mayor firmeza en el fruto. (Olguín *et al.*, 2020).

El melón, (*Cucumis melo L.*), es una planta de la familia Cucurbitácea. La pulpa de melón contiene agua, proteínas, lípidos, vitamina C y betacarotenos (Maietti, 2012). Es una fuente de antioxidantes y polifenoles bioactivos, los cuales desempeñan un papel crucial en la promoción de la salud cardiovascular. (López *et al.*, 2007). Además, se ha observado que el melón, provoca un efecto ligeramente diurético, lo que facilita la eliminación de toxinas del organismo (Bayer, 2018).

El melón es una planta herbácea con un sistema radicular altamente ramificado y de rápido desarrollo, que presenta un porte rastrero o trepador. En sus nudos se desarrollan hojas, zarcillos y flores, dando lugar a nuevos tallos. La diversidad de variedades de melón se refleja en su amplio espectro de tamaños, formas y colores de pulpa, que van desde blanco hasta el anaranjado, con variaciones en su consistencia que pueden ser gelatinosas u acuosas. (SIAP, 2023).

Los estados de mayor de melón en México son: Coahuila (127 237 t), Guerrero (104 415), Sonora (93 986 t), Michoacán (87 300 t) y Durango (65 083 t). (SIAP, 2023). La producción mundial de melón en 2022 fue de 28.5 millones de toneladas, donde China es el mayor productor mundial con 12.9 millones de toneladas, seguido de Turquía, India, Kazajstán, etc. México ocupa el doceavo lugar (FAO, 2022).

Bajo la hipótesis de que el incremento de la tensión de humedad del suelo para la aplicación del riego no afecta el rendimiento ni la calidad de los frutos, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de tres tensiones de humedad del suelo (25, 35 y 45 kPa) para la aplicación de los riegos, en el rendimiento y calidad de frutos de un cultivo de melón (*Cucumis melo L.*), híbrido Cardenche.

OBJETIVO GENERAL

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de tres tensiones de humedad del suelo (25, 35 y 45 kPa) para la aplicación de los riegos, en el rendimiento y calidad de frutos de un cultivo de melón (*Cucumis melo L.*), híbrido Cardenche.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el efecto del potencial hídrico del suelo en el peso y el número de frutos.
- Determinar la relación entre el valor del potencial hídrico del suelo y el efecto en el contenido de Grados Brix de los frutos.
- Evaluar el efecto del potencial hídrico del suelo en el rendimiento y calidad del híbrido Cardenche.

HIPOTESIS

El incremento de la tensión de humedad del suelo para la aplicación del riego aumenta los grados brix, sin afectar considerablemente el rendimiento del melón Híbrido Cardenche.

REVISION DE LITERATURA

Melón, (*Cucumis melo* L.).

El melón conocido científicamente como *Cucumis melo* L, es una planta perteneciente a la familia Cucurbitaceae y al orden cucurbitales, la cual comprende un género de plantas herbáceas dicotiledóneas que incluye también el pepino (*Cucumis sativus* L.), la calabaza (*Cucurbita moschata* Duchesne) y la sandía (*Citrullus lanatus*). Esta familia de plantas es conocida por su diversidad de especies cultivadas por sus frutos comestibles. (Apung-Atikah *et al.*, 2023). El melón presenta una amplia variedad de características botánicas. El tamaño de la planta puede variar según el cultivar, con frutos que típicamente oscilan entre 4.5 y 6.5 pulgadas de diámetro y un peso que varía entre 850 y 2000 gramos, en ocasiones superando los 2.5 kg. (Saputra *et al.*, 2022). La forma del fruto del melón está determinada por factores genéticos, diversos cultivares, como el Meloni, exhiben frutas de forma ovalada, con piel cremosa y pulpa anaranjada. En general se distinguen por su sabor dulce, el cual se debe a la presencia de azúcares naturales como la sacarosa y la glucosa en su composición. Además, su aroma característico es atribuido a la presencia de compuestos volátiles, que contribuyen a su fragancia distintiva. (Kavya y Manchali, 2019).

Origen

A partir de estudios genéticos y hallazgos arqueológicos, el origen de los melones ha sido un tema de debate entre los investigadores. Los análisis genéticos de las diversas accesiones de melón han revelado una sólida correlación entre las relaciones filogenéticas y los orígenes geográficos, sustentando la hipótesis de múltiples eventos independientes de domesticación ocurridos en África e India. (Shigita *et al.*, 2022). Además, la presencia de especies silvestres de *Cucumis* con un número de cromosomas $n=12$ en África, junto con la existencia de plantas silvestres de *Cucumis melo* en África oriental tropical y el desierto del Sahara meridional, fortalece la argumentación a favor de África como posible centro de origen de los melones. Sin embargo, la evidencia arqueológica del Valle de Harapan en la India, que datan entre 2500 y 2000 años antes de Cristo, sugiere un origen en Asia occidental para los melones, lo cual añade una capa adicional de complejidad al debate. A pesar de estos hallazgos, la mayoría de los especialistas tienden a favorecer un

origen africano para los melones, lo que subraya la persistente discusión y la intrincada naturaleza de la domesticación y la propagación de este cultivo. (Ramos-Barbosa *et al.*, 2023).

Variedades más comunes de melón

Se ha encontrado que la diversidad genética de los melones, incluidos los melones orientales, es vasta, con diferentes orígenes geográficos que sugieren a África como un posible centro de diversidad. Bezirganoglu, (2018) reporta las diversas variedades más cultivadas.

- *Cucumis melo var. cantaloupensis*, conocidos como Cantaloupes, son frutos de tamaño mediano con una superficie rugosa, verrugosa o escamosa, sin retícula, y son ampliamente utilizados en Europa.

- *Cucumis melo var. inodorus*, también conocidos como 'melones de invierno' y 'casaba', tienen la piel lisa o muy rugosa, son de maduración muy tardía y se conservan bien, pudiendo almacenarse durante un mes o más. Un ejemplo es el "Honey Dew".

- *Cucumis melo var. Reticulatus*, comprende frutos de tamaño medio, reticulados, con suturas débiles, y carne verde o salmón. Incluye los Cantaloupes comercializados en EE.UU.

- *Cucumis melo var. Flexuosus*, son frutos delgados, rectos o curvados, de 30-50 cm de largo, que se utilizan inmaduros en ensaladas o para hacer confituras.

- *Cucumis melo var. Conomon*, presenta frutos pequeños y oblongos, lisos, a menudo con manchas tenues; su carne es blanca y pulposa en la madurez.

- *Cucumis melo var. Dudain*, produce frutos pequeños, globulares, de 3-5 cm de largo, pubescentes en la madurez y con un fuerte olor picante.

- *Cucumis melo var. Sacharinus*, exhibe características intermedias entre las variedades *reticulatus* e *inodorus*; sus frutos son de tamaño medio, lisos, reticulados o moteados con una coloración intensamente verdosa que se torna naranja; tienen una corteza gruesa, carne delicada y aromática.

- *Cucumis melo var. Chito*, es un cultivar de desarrollo vegetativo escaso, con hojas de pequeño tamaño y frutos lisos, similares en tamaño a una naranja y de sabor ácido; se utilizan para conservas y encurtidos.

- *Cucumis melo var. Agrestis*, abarca líneas de plantas con frutos no comestibles y de pequeño tamaño, conocidos genéricamente como "melones salvajes".

Clasificación taxonómica del melón

El melón, conocido científicamente como *Cucumis melo* L., es un importante cultivo hortícola con alta diversidad, lo que implica un complejo sistema de clasificación. Según Aziz y Tahir., (2022), el melón está comprendido dentro de la siguiente clasificación taxonómica:

- Reino: Plantae
- Clase: Magnoliopsida
- División: Magnoliophyta
- Orden: Cucurbitales
- Familia: Cucurbitaceae
- Género: *Cucumis*
- Especie: *Cucumis melo* L
- Nombre común: melón

Morfología de la planta

Raíz

El melón (*Cucumis melo* L.) es una planta herbácea caracterizada por un sistema radicular altamente ramificado y de rápido desarrollo. La investigación enfocada en el melón destaca la relevancia de sus sistemas radiculares en su desempeño y adaptabilidad a diversas condiciones ambientales, además, estudios han demostrado que las raíces del melón pueden absorber y transportar rápidamente CO₂ a diferentes partes de la planta, lo

cual incide significativamente en el proceso de asimilación de carbono en las hojas. (Han *et al.*, 2022).

Tallos

El patrón de crecimiento de la planta involucra el desarrollo de hojas, brotes tiernos y flores en los nodos, lo que conduce a la generación de nuevos tallos. Los tallos de la planta de melón presentan características herbáceas y tienen la capacidad de crecer de forma rastrera o trepadora debido a la presencia de Zarcillos, alcanzando longitudes que varían entre tres y cuatro metros, dependiendo de la variedad. Posteriormente a la aparición de cinco a seis hojas, estos tallos se ramifican y se hallan recubiertos de formaciones pilosas. (Rebward y Abdul, 2022).

Hojas

Los cultivos de melón se distinguen por sus hojas de limbo orbicular aovado, con lobulaciones y bordes dentados, de forma reniforme y un tamaño que oscila entre 7 y 15 cm de diámetro. Además de un largo pecíolo de 4 a 10 cm de longitud, con nervaduras, y un limbo recortado, son ásperas al tacto y tienen un zarcillo en cada axila de la hoja. Estas hojas suelen presentar una superficie vellosa en el envés, con tricomas que pueden influir en la resistencia de la planta a las plagas. (Ramos-Barbosa *et al.*, 2023).

Flores

Las flores del melón exhiben dimorfismo sexual, presentando flores amarillas solitarias que pueden ser masculinas, femeninas o hermafroditas. Estas flores se disponen en un patrón específico, donde las flores masculinas suelen aparecer primero en los entrenudos inferiores, apareciendo en racimos de tres a cinco, seguidas de las flores femeninas y hermafroditas en las ramas superiores. La polinización en los melones es principalmente entomófila, dependiendo en gran medida de insectos, especialmente abejas, para lograr una fertilización exitosa y la posterior fructificación. (Fernandes *et al.*, 2023).

Las plantas de melón exhiben una variedad de tipos de flores, incluyendo flores gineicas andromonoicas, monoicas y andromonoicas. Estas tienden a producir una mayor

cantidad de flores masculinas, que se distinguen por su color amarillo, en comparación con las flores femeninas. La presencia de flores estaminadas y pistiladas caracteriza al melón como una planta monoica, Las flores estaminadas suelen crecer en grupos, mientras que las flores pistiladas suelen ser solitarias. La distinción entre estas flores radica en la protuberancia en la base, que indica la ubicación del ovario. (Buczowska *et al.*, 2023).

Frutos

El melón, clasificado científicamente como una baya, exhibe una amplia gama de formas de fruta, incluyendo redondas, agrandadas y ovaladas en los polos, con dimensiones muy variables. Además, los melones son reconocidos por su forma redonda u elíptica, con una piel lisa, áspera o reticulada, que suele ser de color crema amarillo, naranja o verde y aroma fragante, presentando variaciones en tamaño, niveles de dulzor (medidos en grados brix) y grosor de la fruta que se observan a lo largo de diferentes generaciones y ambientes de cultivo. (Das *et al.*, 2023). Cada una de sus características botánicas contribuyen al valor comercial y la riqueza nutricional de los melones, lo que los hace populares para el consumo en una amplia variedad de preparaciones, desde ensaladas hasta postres. (Daryono *et al.*, 2018)

Semillas

La semilla de melón se compone de los tegumentos que protegen a la semilla, las sustancias nutritivas y del embrión. Estas son cruciales para la germinación y crecimiento de nuevas plantas, con variaciones en tamaño, forma, color y peso en diferentes variedades como 'Piel de Sapo' y 'Amarillo Canario', que contienen de 25 a 30 semillas por gramo. Típicamente en forma de huso, aplanadas, ovaladas, lisas, puntiagudas en un extremo y de color blanco amarillento, con longitudes que van de 5 a 15 mm, estas semillas tienen una capacidad de germinación que dura alrededor de 5-6 años y la germinación ocurre por lo regular dentro de 5 a 6 días después de la siembra. El porcentaje de germinación depende de varios factores, pero oscila entre el 70 y 90%. Las semillas de melón son ricas en nutrientes como el ácido linoleico, que regula la producción de hormonas, fortalece el sistema inmunológico y reduce el colesterol, ofreciendo posibles beneficios para la salud. (Wang *et al.*, 2021)

Importancia económica y social.

La llegada del melón a América ocurrió con los españoles, encontrando en México las condiciones óptimas para su cultivo, especialmente en la Comarca Lagunera, ubicada al norte del país. A pesar de su origen, el melón ha demostrado una notable capacidad de adaptación a diversos climas a lo largo del territorio mexicano. En el mercado mexicano, se distinguen dos variedades principales: el Cantaloupe y el Valenciano. Este último, de tamaño superior al melón chino, presenta una cáscara lisa de tono verde pálido, pulpa de color verde intenso y un sabor dulce característico, según señala la Secretaría de Agricultura. (SADER, 2024).

Estudios destacan la importancia económica y social del cultivo del melón en México, debido a la superficie destinadas a su siembra (19,501 hectáreas), sus significativos volúmenes de producción, así como su contribución a la generación de empleo y la captación de divisas (SADER, 2021). Datos proporcionados por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), señalan que la producción de melón experimentó un incremento del 11.2% en 2023 respecto al año anterior, alcanzando un total de 580,000 toneladas. México no solo abastece la demanda nacional de melones, sino que también realiza significativas exportaciones hacia Estados Unidos, Canadá y Japón. Este flujo exportador de melones constituye un componente fundamental en el entramado económico agrícola de México. En el año 2022, las exportaciones de melón hacia Estados Unidos alcanzaron la cifra de 25 millones 698 mil dólares. Además de este mercado, se registraron envíos de melón mexicano hacia destinos como Cuba, Canadá, Japón, Emiratos Árabes Unidos, Colombia, Hong Kong y Belice. (SADER, 2024).

El melón no solo es una opción gastronómica agradable, sino también una fuente nutritiva notable. su fruto es caracterizado por aportar una cantidad importante de beneficios tanto para la salud como para la economía, razón por la cual es uno de los más consumidos a nivel mundial. Sus propiedades nutricionales abarcan una variedad de elementos esenciales para la salud. El consumo de melón proporciona una hidratación significativa, así como un rico contenido de vitaminas A, B, C y E, ácido fólico, fibra y minerales como calcio, hierro y potasio. Estos nutrientes contribuyen a mantener la hidratación corporal, facilitar la eliminación de toxinas, prevenir el estreñimiento,

promover la salud cutánea y, cuando se combina con una dieta equilibrada, reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares. Además, su bajo aporte calórico y contenido reducido de grasas lo convierten en una opción prudente para aquellos que buscan mantener o perder peso. (SADER, 2023).

Los Principales productores mundiales

En el año 2022, la producción global de melón alcanzó un total de 28,558,068.57 toneladas, provenientes de una superficie cosechada de 1,062,501 hectáreas de cultivo. China lidera este panorama como el principal productor global, con una producción de 14,200,547.42 toneladas, cultivadas en 391,783 hectáreas. Le sigue Turquía, con 1,587,230 toneladas de melón producidas en 62,724 hectáreas. India se posiciona en el tercer lugar mundial en la producción de melón, con un volumen de 1,498,000 toneladas obtenidas en una superficie de 68,000 hectáreas. La tercera posición mundial en la producción de melón la ostenta India, con un volumen de 1,498,000 toneladas obtenidas en una superficie de 68,000 hectáreas. En cuarto lugar, se sitúa Kazajstán, con una producción de 1,214,412.76 toneladas cultivadas en 49,383 hectáreas. Afganistán ocupa la quinta posición, con 809,194.26 toneladas de melón producidas en una superficie de 75,884 hectáreas. Guatemala se posiciona en la sexta posición con 736,656.13 toneladas de melón, cultivadas en 33,437 hectáreas. Irán ocupa el séptimo lugar, con una producción de 700,000 toneladas sobre una superficie de 32,000 hectáreas. Brasil sigue en la octava posición con 699,281 toneladas de melón, cultivadas en 27,457 hectáreas. Bangladesh se encuentra en la novena posición, con 599,939 toneladas de melón producidas en una superficie de 27,570 hectáreas. Italia cierra el top 10 con una producción de 590,230 toneladas de melón, obtenidas en 22,890 hectáreas. México, por su parte, se ubica en el duodécimo lugar de los mayores productores mundiales de melón, con un volumen de 579,900.93 toneladas producidas en una superficie de 18,115 hectáreas.

A nivel nacional, los estados mexicanos con mayor producción de melón son Coahuila, Guerrero, Sonora, Michoacán y Durango, según datos proporcionados por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2023).

Tensión de humedad del suelo y el rendimiento de cultivos

Las plantas a lo largo de su desarrollo enfrentan algún grado de estrés por déficit hídrico durante su crecimiento, dado que una gran parte de la superficie terrestre se caracteriza por ser árida o semiárida, mientras que otras regiones experimentan períodos intermitentes de sequía. Este estrés hídrico impulsa una serie de respuestas adaptativas en las plantas, que incluyen modificaciones en la relación raíz/brote, reducción del tamaño de las hojas y ajustes en procesos fisiológicos como el intercambio gaseoso, con el fin de mitigar la pérdida de agua y mantener la fotosíntesis. Es importante destacar que las distintas especies vegetales exhiben variadas respuestas al estrés por sequía, con algunas mostrando una mayor tolerancia gracias a mecanismos como el ajuste osmótico y el transporte activo de iones para hacer frente a las condiciones de déficit hídrico. (Gascoin, y Boulet., 2023).

La tensión hídrica del suelo, medida en kilopascales, es un indicador crítico de la disponibilidad de agua para los cultivos. Los niveles de tensión aumentan a medida que disminuye la humedad del suelo, lo que indica escasez de agua, y disminuyen en presencia de agua abundante, lo que indica bajos niveles de estrés hídrico. Estudios han evidenciado que factores como la textura del suelo, la capacidad de absorción de agua por las raíces y las propiedades físicas del suelo influyen en la disponibilidad de agua del suelo para los cultivos. (Fu *et al.*, 2022).

Los tensiómetros se utilizan para medir la humedad del suelo y el estrés hídrico en la zona radicular de los cultivos, estos evalúan la presión o tensión negativa, lo que indica la fuerza necesaria para que las raíces de las plantas extraigan agua de los poros del suelo. Los tensiómetros suelen consistir en tubos llenos de agua que toman lecturas de la zona radicular de los cultivos, proporcionando lecturas precisas del potencial hídrico del suelo, lo que ayuda en la gestión y programación del riego. (Sanches *et.*, *al* 2022).

Diversos estudios han resaltado la relevancia de monitorear la tensión hídrica del suelo con el fin de mejorar el crecimiento y la productividad de los cultivos. Por ejemplo, Bicioni-Pacheco *et al.*, (2022) en su investigación sobre tomates Cherry han demostrado que diferentes niveles de tensión hídrica en el suelo afectan notablemente las características de crecimiento y la producción de frutos, identificando tensiones

específicas (4, 14, 24, 34 y 44 kPa), que conducen a resultados variados; se encontró que la tensión hídrica del suelo en alrededor de 24 kPa proporcionó un mayor crecimiento en la etapa de floración; La mayor masa de frutos de tomate Cherry se produce en la tensión hídrica del suelo de 28 kPa.

En el estudio de cultivo de papa realizado por Maffei *et al.*, (2013), se evaluaron los componentes del rendimiento bajo diferentes niveles de tensión de humedad del suelo (12, 24 y 36 kPa). Los resultados revelaron que los tubérculos alcanzaron valores más altos en términos de cantidad cuando la tensión de humedad del suelo fue de 12 kPa. Además, se observó que tanto los niveles de tensión de 12 kPa como los de 24 kPa produjeron los rendimientos más altos en comparación con la tensión de 36 kPa. Estos hallazgos resaltan la importancia de mantener una tensión de humedad del suelo adecuada para maximizar el rendimiento del cultivo de papa.

En otros estudios, el objetivo fue evaluar la influencia de diferentes tensiones hídricas en el suelo sobre la producción y calidad de frutos de tomate, variedad Dominador F1, bajo un sistema de riego por goteo. Se establecieron seis niveles de humedad en el suelo como indicadores del tiempo de riego, con tensiones predefinidas de 20, 45, 70, 95, 120 y 145 kPa a una profundidad de 20 cm. Después de 140 días desde el trasplante, se determinó que para lograr la máxima producción y calidad de frutos comerciales, incluyendo el número de frutos por planta, la cantidad de frutos grandes y medianos, así como el peso promedio de los frutos comerciales, era necesario regar cuando la humedad del suelo alcanzara aproximadamente 20 kPa a una profundidad de 0,20 m. (Rangel-Rodrigues *et al.*, 2020)

Estudios en cultivo de Lima persa en Campeche, México, se basaron en la combinación de cuatro niveles de tensión de humedad del suelo, utilizados para determinar el momento de inicio del riego: 10, 35, 60 y 85 kPa en diferentes etapas fenológicas. Se observó que el rendimiento de los frutos fue mayor en los tratamientos que incluyeron tensiones de 10 kPa o 35 kPa. Es recomendable aplicar riego al cultivo a una tensión de humedad de 35 kPa durante la etapa de floración y de 60 kPa durante la etapa de fructificación. (Rivera-Hernández *et al.*, 2022).

En la investigación de Rivera-Hernández (2021), evaluó el rendimiento y la calidad del fruto en una plantación de limón persa cultivada en alta densidad de siembra. Realizó 2 experimentos uno se llevó a cabo durante un período de sequía, el otro en periodo invernal, utilizando tres niveles de tensión de humedad del suelo (10, 35 y 45 kPa). Durante la temporada de sequía, los tratamientos con una mayor disponibilidad de agua en el suelo (10 y 35 kPa) mantuvieron las plantas con un buen estado hídrico, lo que favoreció la fotoquímica y el intercambio de gases en las hojas. Esto se tradujo en un mayor crecimiento de brotes y un rendimiento de frutos superior. Por otro lado, durante la época invernal, se observó que el mayor rendimiento de fruto se obtuvo con una tensión de humedad del suelo de 10 kPa, disminuyendo conforme se incrementaba la tensión. Además, se encontró que los atributos de calidad del fruto, como el color, tamaño, firmeza y contenido de jugo, mejoraron al reducirse la tensión de humedad del suelo.

Los ensayos realizados con col china han destacado la importancia de mantener niveles óptimos de tensión hídrica en el suelo (13-17 kPa), ya que tensiones más altas resultan en una disminución de la masa de hojas frescas y del consumo de agua. Los indicadores fisiológicos transpiración ($5,8 \text{ mmol H}_2\text{O m}^2 \text{ s}^{-1}$), fotosíntesis ($14,5 \text{ } \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$), conductancia estomática ($0,31 \text{ mol H}_2\text{O m}^2 \text{ s}^{-1}$) y WUE ($39,4 \text{ kg m}$) fueron mayores a 13-17 kPa de tensión hídrica del suelo. (Paulus *et al.*, 2019).

El efecto de diferentes tensiones hídricas del suelo en la producción de brócoli cultivado en ambiente protegido bajo riego por goteo con el fin de establecer criterios para el manejo adecuado del riego. El peso fresco total y comercializable de las cabezas de brócoli, el diámetro promedio de las cabezas comercializables, la altura de las cabezas comercializables y el rendimiento total y comercializable fueron mayores cuando la tensión hídrica del suelo a una profundidad de 0,2 m fue de 15 kPa. (Tangune *et al.*, 2016).

Un estudio centrado en el cultivo de arroz en Brasil reveló que la deficiencia moderada de agua en el suelo, hasta alcanzar los 40 kPa en diferentes etapas fenológicas, no tuvo un impacto negativo en la calidad del grano. Sin embargo, se observó una disminución en el rendimiento cuando la tensión superaba los 30 kPa. (Silva *et al.*, 2018).

El estudio de Pimiento rojo en un entorno de campo, donde se aplicaron diferentes niveles de tensión de humedad del suelo a una profundidad de 20 cm: 30, 50 y 80 kPa. Se

observó una mayor cantidad de agua aplicada bajo la tensión de 30 kPa. De manera significativa, se identificó que el rendimiento máximo se alcanzó con esta misma tensión de humedad del suelo. Sin embargo, fue evidente una disminución en el rendimiento cuando se aplicaron niveles de tensión de 50 y 80 kPa. Estos resultados sugieren una relación crítica entre la tensión de humedad del suelo y el rendimiento del cultivo, destacando la importancia de la gestión precisa del riego en el cultivo bajo estudio. (Jung et al., 2014)

En maíz, el mayor crecimiento de las plantas se presentó al inicio del experimento, cuando se sometieron a tensiones de humedad bajas, de 10 kPa. Sin embargo, hacia el final del estudio, el crecimiento óptimo se asoció con tensiones de humedad de mayor margen (10 y 30 kPa). A medida que la tensión de humedad disminuía, se observaba una mayor precocidad. El mayor rendimiento se obtuvo con tensiones de humedad del suelo de 10 a 20 kPa, y la mayor eficiencia en el uso del agua de riego se alcanzó a una tensión de humedad de 20 kPa., mientras que la máxima eficiencia en el uso del agua de riego se alcanzó a una tensión de humedad de 20 kPa. (Núñez-Ramírez *et al.*, 2020).

Los hallazgos resaltan la importancia crucial de la tensión de humedad en la productividad y calidad de los cultivos de melón. Se observó una disminución lineal en el rendimiento y el diámetro longitudinal del fruto a medida que aumentaba la tensión hídrica del suelo. Los mejores rendimientos y diámetros longitudinales del fruto (51.24 t ha⁻¹ y 127.7 mm, respectivamente) cuando el riego se aplicó a una tensión de 15 kPa. Por otro lado, el rendimiento más bajo se registró en la tensión máxima (60 kPa). (Nascimento *et al.*, 2022). Por otro lado, se cultivaron plantas de melón cantalupo con diferentes niveles de estrés hídrico (20, 30 y 40 kPa) y se observó que las plantas sometidas a un estrés hídrico de 30 kPa presentaron mejores rendimientos, mayor firmeza en el fruto y una mayor actividad de la enzima catalasa. (Olguín *et al.*, 2020).

Los hallazgos de estudios sobre la sandía indican que un suministro de agua adecuado, con un punto de inicio de riego entre 30 y 40 kPa, contribuye a mantener un contenido de agua óptimo en el suelo durante el cultivo de sandías. Esto favorece la producción de frutas comercializables y estimula un crecimiento vigoroso de las plantas, así como su desarrollo reproductivo. Además, se observó que las tasas fotosintéticas de

las hojas de sandía cultivadas con un punto de inicio del riego entre 20 y 40 kPa fueron más altas que las de otros tratamientos. En contraste, cuando el suelo tenía el contenido de humedad más bajo (50 kPa), el crecimiento general de los brotes mostró retrasos, pero tanto la longitud como el peso seco de las raíces aumentaron. (ar *et al.*, 2020).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del sitio experimental

El estudio se realizó en campo abierto, entre los meses de mayo-agosto del 2023, en el Jardín Hidráulico del Departamento de Riego y Drenaje, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, (Figura 1) cuyas coordenadas geográficas son 25° 22' latitud norte y 101° 22' longitud oeste, a una altitud de 1740 msnm. El clima es semifrío semihúmedo con una temperatura promedio de 14 a 18 °C y una precipitación media anual de 325.7 mm. (INIFAP, 2022).



Figura 1 Jardín Hidráulico del Departamento de Riego y Drenaje de la UAAAN, (contorno de la línea roja exterior), y superficie del trabajo experimental (contorno de la línea roja interior)

Para el experimento se usó el cultivo de melón, híbrido Cardenche F1, que tiene un buen potencial de rendimiento y una pulpa atractiva de color naranja. Entre sus características se encuentran, vigor medio en la planta, excelente cobertura foliar, maduración precoz y producción concentrada con fruto de gran tamaño, ligeramente ovalados y pulpa firme (HM CLAUSE, 2020).

Características físico-químicas del suelo.

Antes de la siembra se realizó un análisis de suelo, para determinar las propiedades físicas y químicas en el estrato de 0–40 cm, en el laboratorio de Fertilidad de Suelos S.De RI (FERTILAB) (Cuadro 1). La densidad aparente se determinó por el método del cilindro, utilizando una barrena de corazones, mientras que la densidad de partículas se obtuvo con el método de picnómetro. La porosidad del suelo (η) se determinó con los valores de densidad aparente (ρ_b) y densidad de partículas (ρ_s), con la siguiente ecuación:

$$\eta = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_s} \quad (1)$$

Cuadro 1. Propiedades físicas y químicas del suelo del lote experimental.

Propiedades Físicas del Suelo			
Clase Textural	Franco		
¹ Punto de Saturación	41.0	%	Mod. Alto
¹ Capacidad de Campo	21.8	%	Mod. Alto
¹ Punto March. Perm.	13.0	%	Mod. Alto
¹ Cond. Hidráulica	5.70	cm/h	Mod. Alto
¹ Dens. Aparente	1.21	g/cm ³	

pH del Suelo y Necesidades de Yeso, Cal y Lavado			
¹ pH (1:2 agua)	8.61	Alcalino	
¹ pH Buffer	NA		
¹ Carbonatos Totales (%)	77.9	%	Muy Alto
¹ Salinidad (CE Extracto)	0.98	dS/m	Bajo
Requerimiento de Yeso	No Requiere		
Requerimiento de Cal	No Requiere		

Fertilidad del Suelo									
Det.	Result.	Unidad	Muy Bajo	Bajo	Mod. Bajo	Med.	Mod. Alto	Alto	Muy Alto
¹ MO	3.77	%	[Barra azul]						
¹ P-Olsen	88.0	ppm	[Barra magenta]						
² K	337	ppm	[Barra verde]						
² Ca	2532	ppm	[Barra verde]						
² Mg	296	ppm	[Barra verde]						
² Na *	93.0	ppm	[Barra negra]						
³ Fe	2.48	ppm	[Barra roja]						
³ Zn	10.3	ppm	[Barra magenta]						
³ Mn	7.42	ppm	[Barra verde]						
³ Cu	0.80	ppm	[Barra amarilla]						
¹ B	3.35	ppm	[Barra azul]						
¹ S	24.4	ppm	[Barra azul]						
¹ N-NO ₃	26.9	ppm	[Barra verde]						

Relación entre cationes (Basadas en me/100g)				
Relación	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/K	Ca/Mg
Resultados	14.7	2.84	17.5	5.16
Interpretación	Mediano	Mediano	Bajo	Mediano

Establecimiento y manejo del cultivo.

Se estableció un cultivo de melón híbrido Cardenche F1, con un ciclo de maduración de 90 días. La preparación del terreno se llevó a cabo utilizando barbecho y dos pasos de rastra en una superficie total de 1 064 m². La siembra se realizó el día 5 de mayo de 2023, a campo abierto, enterrando las semillas a una profundidad de 1 cm y una distancia de 45 cm, en camas separadas a 1.20 m por 8.7 m de longitud. La germinación se observó cuatro días después de la siembra. Las plantas se regaron con un sistema de riego por goteo,

empleando doble cinta por cama, de 16 mm de diámetro (calibre 6 mil), con emisores separados cada 30 cm y un gasto de 1.24 LPH.

Diseño estadístico experimental

Para evaluar el efecto de la tensión de humedad del suelo para la aplicación de los riegos en el rendimiento y calidad de frutos del melón, se usó un diseño estadístico experimental en bloques al azar de tres tratamientos correspondientes a tres tensiones de la humedad del suelo para la aplicación de los riegos (25 kPa, 35 kPa y 45 kPa), y cuatro repeticiones, para la comparación múltiple de media de tratamientos se aplicó la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$). Para determinar el volumen de agua por aplicar (y los tiempos de riego) a las camas, para reponer la humedad del suelo al valor de capacidad de campo, a partir de la tensión de humedad del tratamiento correspondiente, se determinó el volumen de suelo promedio de las camas de riego (cuatro mediciones) multiplicando el área promedio de la sección transversal de las camas (que se obtuvo por integración numérica; valor promedio 0.170 m²) por la longitud de las camas (8.7 m), que correspondió a un valor de 1.479 m². Cada repetición de los diferentes tratamientos fue de tres camas

La máxima capacidad de retención de agua del suelo se obtuvo midiendo el contenido de humedad (con base a volumen) con una sonda TDR (HydroSense II, Campbell Sci., Inc., Logan, Utah, USA) cuando el promedio de tres tensiómetros (marca Irrrometer, Riverside, California USA) enterrados a 20 cm bajo la superficie del suelo indicaban una tensión de humedad ligeramente superior a 0 kPa. (40 %). De igual forma, se utilizó la sonda TDR para obtener el contenido de humedad a las tensiones de 25 kPa, 35 kPa, y 45 kPa; con esta información y el gasto de los goteros se determinaron los tiempos de riego para cada valor de tensión de humedad del suelo (**Cuadro 2**). Con los tiempo de riego para cada tensión de humedad del suelo, el gasto de los emisores y el número total de riegos aplicado durante el ciclo de crecimiento de las plantas se determinó el volumen total de agua aplicada por metro de longitud de las camas de riego (**Cuadro 3**)

El monitoreo de la tensión de humedad del suelo se realizó colocando dos tensiómetros (marca Irrrometer, Inc, Riverside, CA, USA) de 30 cm de longitud a 20 cm bajo la superficie del suelo al centro de la cama en dos repeticiones de cada tensión de humedad.

Cuadro 2. Tiempos y frecuencia de riego de los tratamientos para reponer la humedad del suelo al valor de capacidad de campo para cada valor de tensión.

Lectura del tensiómetro (kPa)	Humedad del suelo (% en volumen)	Tiempo de riego	Frecuencia promedio (días)
25	24.71	2 horas, 45 min.	2
35	19.96	3 horas, 4 min.	3
45	16.07	4 horas con 34 min.	4

Cuadro 3. Numero de riegos aplicado, tiempos de riego y volumen total de agua aplicado durante el ciclo del cultivo para cada tensión de humedad del suelo

Tensión (kPa)	Tiempo de riego (hrs)	Riegos aplicados	Gasto de 2 emisores (LPH)	Volumen por metro de longitud de cama (L)
25	2.75	23	2.48	522.34
35	3.73	15	2.48	462.06
45	4.56	10	2.48	376.58

Control nutricional.

La solución nutritiva se obtuvo con base al análisis de suelo y los requerimientos del cultivo (Cuadro 4), que se aplicó con un sistema de fertirriego la primera aplicación se dio a los 15 días después de emergencia, las aplicaciones posteriores se realizaron semanalmente

Cuadro 4. Solución nutritiva aplicada durante el ciclo de crecimiento del melón híbrido Cardenche.

Fertilizante	ml por cama
Urea	40
MAP técnico	4
Nitrato de potasio	20
Nitrato de calcio	12.5
Sulmag	25
Sulfato ferroso	100
Sulfato de manganeso	12.5
Sulfato de cobre	4

Adicionalmente, los 15 días después de germinación se aplicó un enraizador (Magic Root) (100 mL/planta) para promover el desarrollo radicular, dicho enraizador está compuesto de Auxinas, Nitrógeno, Potasio, y microelementos quelatos. Se realizaron dos aplicaciones foliares de aminoácidos con el objetivo de estimular el crecimiento vegetativo (Messival, que contiene aminoácidos libres) con una dosis de 80 ml/20 litros de agua la aplicación se realizó a los 23 días después de emergencia y otra posterior a 15 días después de la primera aplicación.

Control fitosanitario

El control de malezas se realizó principalmente de forma manual, y adicionalmente se aplicó Glifosato Takle (isopropilamina de glifosato) a una dosis de 120 mL/20 L para cubrir toda la superficie del lote experimental. También se aplicó Paracuat el cual posee, amonio cuaternario, bupiridilium, dicloruro a una dosis de 140 ml/20 litros de agua. Para evitar el desarrollo de hongos por exceso de humedad, después de cada lluvia se aplicó el fungicida comercial Hidroflow, (hidróxido cúprico) este es un fungicida-bactericida clásico, de acción preventiva, con una dosis de aplicación de 40 mL/20 litros de agua.

Mediciones realizadas

El contenido relativo de clorofila (unidades SPAD) se realizó a los 60 días después de emergencia, con un medidor portátil de clorofila (Konica Minolta Optics, SPAD-502 PLUS, Japan). La cosecha se realizó a los 90 días después de siembra, realizando las siguientes mediciones: Contenido de sólidos solubles totales en frutos (grados brix) (Spectrum Technologies, 2801, USA), diámetro polar y ecuatorial de frutos (Mitutoyo, CD-8"CSX, Japan), espesor de la pulpa, peso de frutos, frutos por planta, y rendimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento del cultivo

El estrés hídrico no afectó el número de frutos por planta, ya que en la tensión de 45 kPa de humedad del suelo para la aplicación de los riegos (mayor estrés) y en la de 25 kPa (menor estrés), el número de frutos por planta fue estadísticamente igual (Figura 2A) (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Este resultado indica que el melón (híbrido Cardenche) tiene resistencia al estrés hídrico moderado. Sin embargo, otros híbridos de melón y otros cultivos pueden tener diferente respuesta al estrés hídrico. Por ejemplo, el estudio de Rangel-Rodríguez *et al.* (2020) mostró que el tomate (*Solanum lycopersicum*) híbrido Dominador F1, es muy sensible al estrés hídrico, ya que para obtener el rendimiento mayor se debe regar a una tensión de 20 kPa. Para el limón persa (*Citrus latifolia* Tan.) el mayor número de frutos se obtuvo al regar a 35 kPa de tensión de humedad del suelo, respecto a la aplicación de los riegos a 10 kPa y 45 kPa (Rivera- Hernández *et al.*, 2022). El estrés hídrico tuvo poco efecto en el número de frutos por planta del cultivo de melón de los cultivares Khatiini y Ghasri (Nasrabadi *et al.*, 2015). Para un cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*) injertada, el rendimiento más alto se obtiene al regar a una tensión de humedad del suelo de 30 a 40 kPa (Huh *et al.*, 2020).

El mayor número de frutos por planta fue igual en la tensión de 25 y 35 kPa (Figura 2A) (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). El número de frutos por planta en la tensión de 35 kPa fue 19.59 % mayor que el obtenido en la tensión de 45 kPa (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

El incremento del estrés hídrico no afectó el peso de los frutos, ya que para cualquier nivel de tensión de la humedad del suelo (25 kPa, 35 kPa, 45 kPa) se obtuvo el mismo peso del fruto (Figura 2B) (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Este resultado indica que, el melón híbrido Cardenche es tolerante al estrés hídrico moderado, por lo que, los riegos se podrían aplicar a una tensión de humedad del suelo de 45 kPa sin un efecto considerable en el peso del fruto, ahorrando un 38.71 % del volumen de agua aplicado, respecto al riego aplicado a la tensión de 25 kPa. (Cuadro 3). Otros estudios han mostrado diferentes grados de sensibilidad al estrés hídrico. Por ejemplo, estudios en siete variedades de tomate (*Solanum lycopersicum*) demostraron que el estrés hídrico inducido al regar con 40 % del

volumen de agua requerido por el cultivo no afectó el peso de los frutos ((Nahar y Ullah, 2018). El peso de frutos de un cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.) variedad Huacle negro decrece cuando se riega a una tensión de 40 kPa (Sanjuan-Martínez *et al.* (2023). La tensión de humedad del suelo de 10 kPa a 40 kPa, no afecto el peso del semillas de seis variedades de maíz (*Zea mays* L.) (Nuñez-Ramírez *et al.*, 2020). El peso de frutos de un cultivo de melón (variedad Khatooni) se reduce cuando se riega al 40% de la evapotranspiración del cultivo (gart *et al.*, 2018).

El amento del estrés hídrico (mayor tensión de la humedad del suelo) tampoco afecto el rendimiento (kg/ planta), ya que para los tres niveles de tensión de la humead del suelo el rendimiento fue estadísticamente igual (Figura 2C) (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Nuevamente, este resultado muestra que el melón hibrido Cardenche tiene resistencia al estrés hídrico controlado, y los riegos se pueden aplicar a la tensión de 45 kPa con el consecuente ahorro del 38.71 % del volumen de agua aplicado, con relación al riego aplicado a 25 kPa de tensión. Otros estudios han reportado diferentes grados de respuesta del melón y de otros cultivos. Por ejemplo, para seis variedades de maíz, el incremento de la tensión de humedad del suelo de 10 kPa a 40 kPa no afecto el rendimiento de semillas (Nuñez-Ramírez *et al.*, 2020). El rendimiento del melón hibrido (Pingo de mel) decreció conforme al incremento de la tensión de humedad del suelo de 20 kPa a 60 kPa (Teixeira do Nascimento *et al.* 2022). El incremento de la tensión de humead de 10 kPa a 40 kPa de un suelo con y sin acolchado plástico en un cultivo de chile Huacle no afecto el rendimiento de frutos (Sanjuan-Martínez *et al.*, 2023)

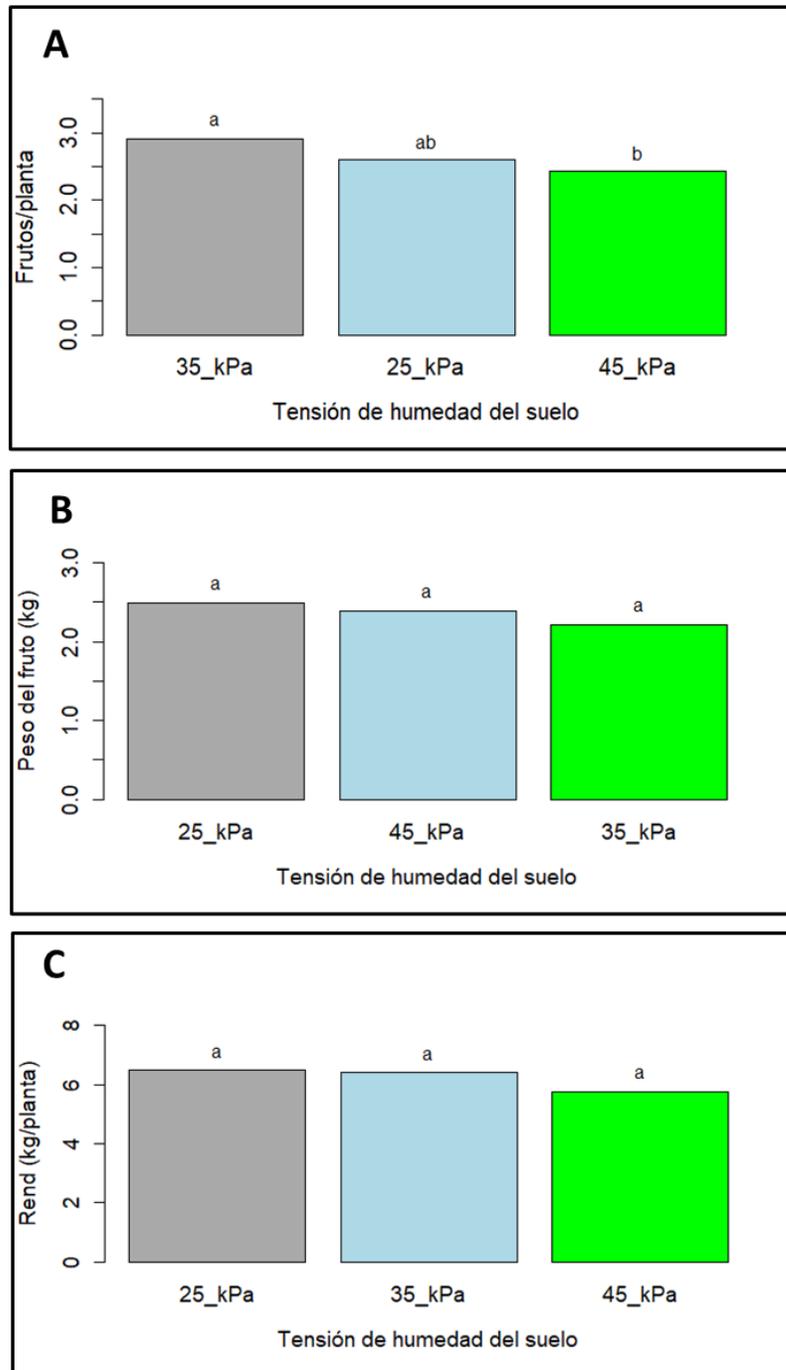


Figura 2. Efecto de la tensión de humedad del suelo para la aplicación del riego en los frutos por planta, peso del fruto y el rendimiento de un cultivo de melón (hibrido Cardenche).

Calidad de frutos

El incremento de la tensión de la humedad del suelo para la aplicación de los riegos de 25 kPa a 45 kPa solo redujo 2.818 % el diámetro ecuatorial de los frutos, pero fue estadísticamente igual en la tensión de 35 kPa (Figura 3A) (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Sin embargo, los diferentes niveles de tensión de la humedad del suelo no afectaron el diámetro polar de los frutos (Figura 3B) (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Estos resultados indican que el tamaño del fruto del melón (híbrido Cardenche) tiene tolerancia al estrés hídrico moderado. Otros híbridos de melón y otros cultivos pueden tener diferentes grados de tolerancia al estrés hídrico. El estrés hídrico que se aplicó a un cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) cv Ashley al regar al 60 % de la evapotranspiración (ET) requerida no afectó la longitud del fruto; pero para que el diámetro del fruto no se afecte fue necesario regar al 80 % de la ET requerida (Odhiambo y Aguyoh., 2022). A medida que se incrementa la tensión de humedad del suelo de 20 kPa a 60 kPa, decrece el diámetro polar y ecuatorial de los frutos del melón (híbrido Pingo de mel) (Teixeira do Nascimento *et al.* 2022). En un cultivo de fresa variedad Monterrey (*Fragaria x ananassa*) el estrés hídrico no afectó el diámetro polar y ecuatorial de los frutos (Platas-Galindo, 2022).

El aumento de la tensión de la humedad del suelo de 25 kPa a 45kPa no afectó el espesor del mesocarpio (Figura 3C) (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Este resultado también demuestra la resistencia que tiene el melón (híbrido Cardenche) al incremento del estrés hídrico controlado. Otros estudios han reportado diferentes efectos del estrés hídrico en el mesocarpio del melón y de otros cultivos. El estudio de Yavuz *et al* (2021) mostró que un incremento de 33 % del estrés hídrico ocasionó una reducción del mesocarpio del melón cv Dárdanos F1. El incremento del estrés hídrico no afectó el espesor del mesocarpio de los frutos (tunas) de las variedades 'Aïssa' y 'Moussa' of *O. -ficus-indica* L. y una sin espina 'Achefri' de *O. megacantha* del nopal tunero (*cactus Opuntia spp*) (Arba *et al.*, 2021).

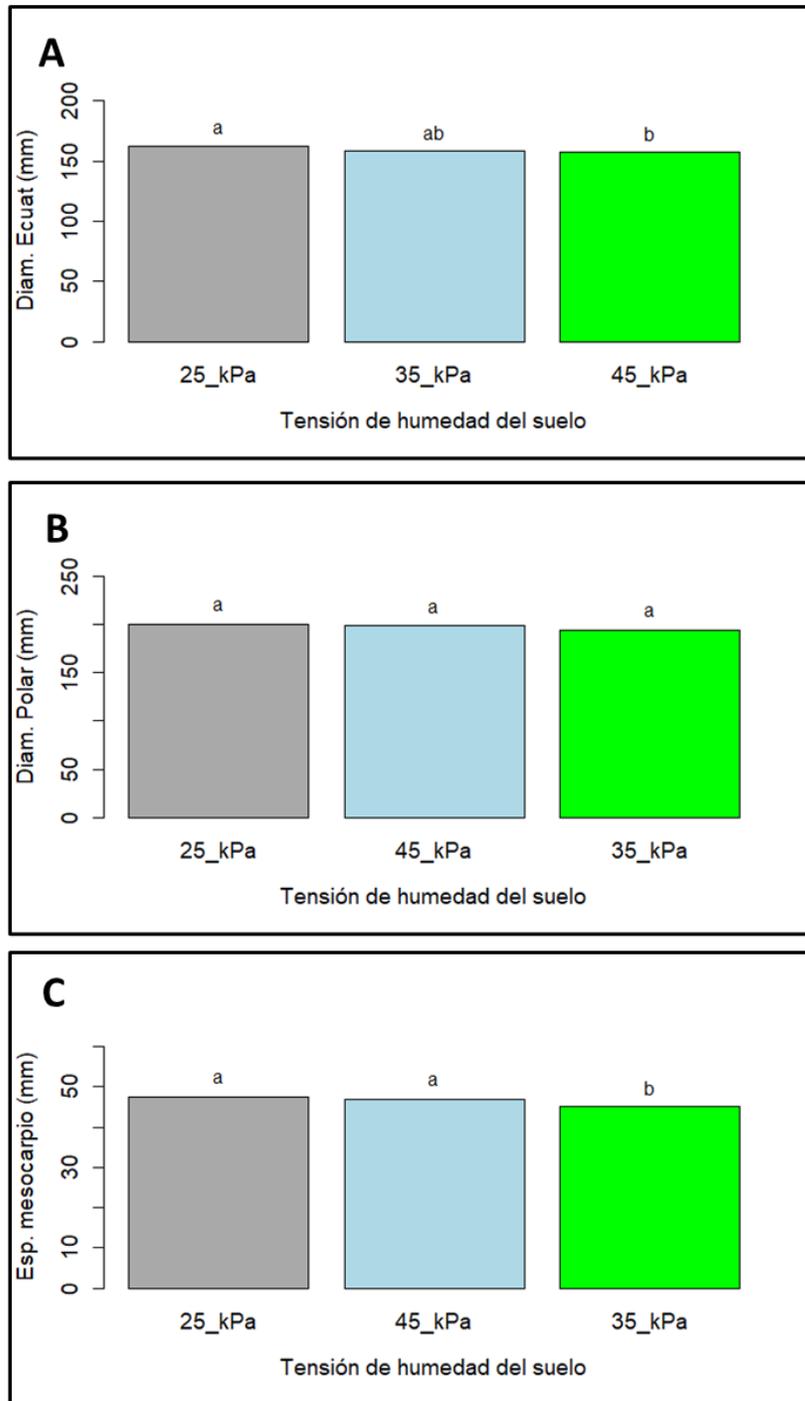


Figura 3. Efecto de la tensión de humedad del suelo para la aplicación del riego en diámetro polar y ecuatorial de los frutos y el espesor de mesocarpio, de un cultivo de melón (hibrido Cardenche).

Contenido de clorofila de las hojas y grados brix

El incremento en el estrés hídrico afectó el contenido de azúcares en los frutos, ya que los grados brix ($^{\circ}\text{Bx}$) fueron 13.87 % mayores en los frutos de las plantas que se regaron a una tensión de 45 kPa (mayor estrés hídrico), respecto a los de las plantas regadas a 25 kPa, que representa menor estrés (Figura 4A) (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Este resultado muestra que el estrés hídrico controlado aumenta el contenido de azúcares de los frutos del melón híbrido Cardenche, sin afectar el peso del fruto (Figura 2B) ni el rendimiento (Figura 2C). Otros estudios en este y otros cultivos han mostrado resultados similares y diferentes. Por ejemplo, el estudio de Rivera-Hernández *et al.* (2022) demostró que el porcentaje de grados Brix de los frutos del cultivo de limón Persa (*Citrus latifolia* Tan) aumenta cuando la tensión de humedad del suelo se incrementa a 85 kPa. Un incremento de 60% en el nivel de estrés hídrico incrementó el contenido de los grados Brix de los frutos de dos cultivos de melón de los cultivares Khatooni y Ghasri (Nasrabadi *et al.*, 2015). El estudio de Miceli *et al.* (2023) mostró que diferentes grados de estrés de la humedad del suelo (60 kPa, 80 kPa, y 100 kPa) no afectaron el contenido de grados Brix del melón cultivar Inodorus Naud.

Ninguno de los tres niveles de tensión de la humedad del suelo afectó el contenido de clorofila de las hojas de las plantas de melón híbrido Cardenche (Figura 4B) (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Con este resultado se infiere que, la tensión de humedad del suelo de 45 kPa no afecta el ciclo de crecimiento de las plantas. Sin embargo, otros híbridos de este cultivo y otros cultivos pueden tener efectos diferentes. El estudio de Yetik (2023) encontró que el contenido de clorofila disminuye a medida que aumenta el estrés hídrico en el cultivo de remolacha azucarera cv Akazia. En un cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero el contenido de clorofila decreció parabólicamente con el incremento de la tensión de humedad del sustrato de 1 kPa a 13 kPa (Li *et al.*, 2010).

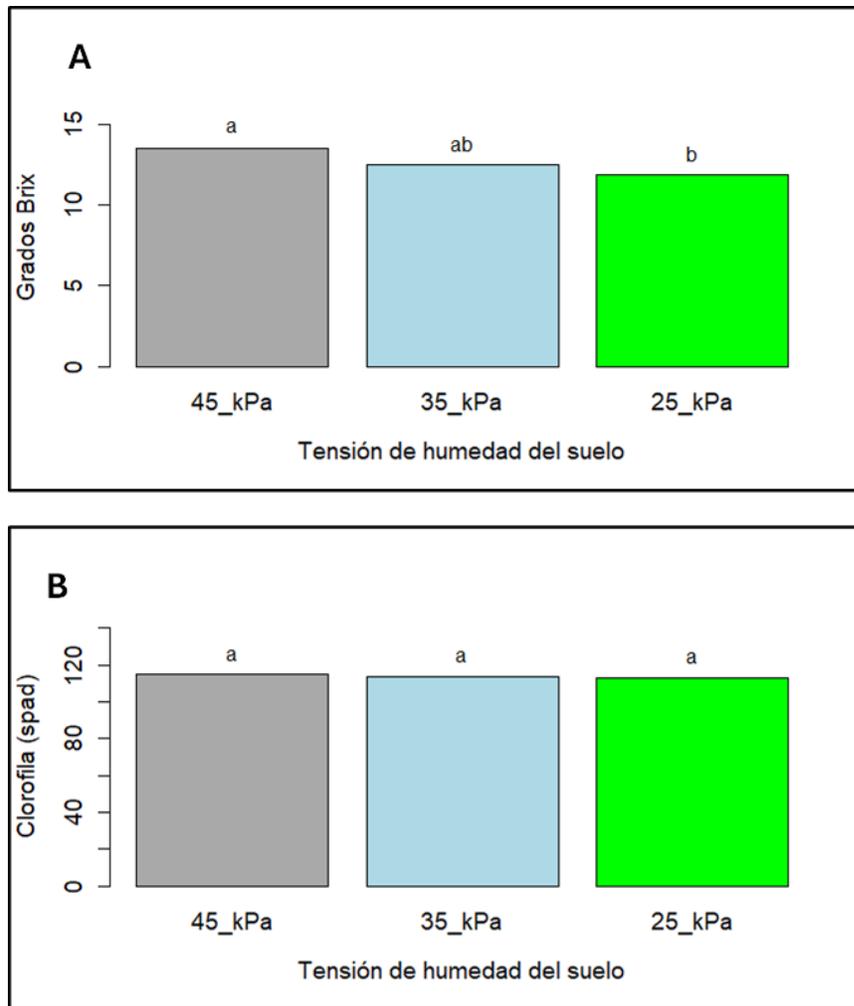


Figura 4. Efecto de la tensión de humedad del suelo para la aplicación de los riegos en los grados Brix de los frutos y el contenido de clorofila de las hojas.

CONCLUSIONES

El incremento al estrés hídrico de las plantas de 25 kPa a 45 kPa de tensión de humedad del suelo para la aplicación de los riegos incremento 13.87 % los grados Brix de los frutos, sin afectar el diámetro polar y peso de los frutos, el rendimiento y el contenido de clorofila. Además, al regar a 45 kPa de tensión de humedad el volumen de agua utilizado es 38.71 % menor que el usado al regar a 25 kPa de tensión de humedad del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- Amal, K., G. & Singh., O., N. 2010. Determination of threshold regime of soil moisture tension for scheduling irrigation in tropical aerobic rice for optimum crop and water productivity. *Experimental Agriculture*, 46(4):489-499. doi: 10.1017/S0014479710000359
- Apung-Atikah, T., Saraswati, D., & Zubaidah, S. 2023. Growth of melon (*cucumis melo* l.) varieties on different plant media compositions in conditions of hydroponic drip irrigation. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 137(5):98-108. doi: 10.18551/rjoas.2023-05.10
- Arba, M., Falisse, A., Choukr-allah, R., & Sindic, M. 2021. Impacto del riego durante la floración y el crecimiento del fruto sobre el rendimiento y la calidad del fruto *Opuntia* spp. *Acta agriculturae Slovenica*, , 117(2):1-12. doi: 10.14720/AAS.2021.117.2.1854
- Aziz, R.R., & Tahir, N.A. 2022. Genetic diversity and structure analysis of melon (*Cucumis melo* L.) genotypes using URP, SRAP, and CDDP markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*, pp. 70, 799-813. doi: 10.21203/rs.3.rs-1640623/v1
- Barzegar T., Heidaryan N., Lofti H., Ghahre-Mani Z. 2018 - Yield, fruit quality and physiological responses of melon cv. Khatooni under deficitirrigation. - *Adv. Hort. Sci.*, 32(4): 451-458
- Bayer. 2018. Bayer cross design y seminis melón, una fresca opción para tu siembra de verano. *Focos agronómicos*. <https://www.seminis.mx/melon-una-fresca-opcion-para-tu-siembra-de-verano/>
- Bezirganoglu, I. 2018. Botany of *Cucumis melo*. *Health Informatics Journal*, 2(3) doi: 10.15406/HIJ.2018.02.00032
- Bhatt, R., Arora, S., & Chew, C.C. 2016. Improving irrigation water productivity using Tensiometers. *Journal of Soil and Water Conservation*, 15, 120-124.

- Bicioni-Pacheco, A., Silva, T., Bonfim-Silva, E.M., Damasceno, A., Koetz, M & Duarte, T. 2022. Soil water tensions and potassium fertilization in cherry tomato cultivation. *Irriga*, 27(2): pp.419-439. doi: 10.15809/irriga.2022v27n2p419-439
- Buczowska, H., Sałata, A., Nurzyńska-Wierdak, R. 2023. Melon (*Cucumis melo* L.) Fruit Yield under Irrigation and Mycorrhiza Conditions. *Agronomy*, 13, 1559. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061559>
- Daryono, B.S., Virdausy, A.E., & Al-Mughni, E.W. 2018. Phenotypic Characters Stability of Melon (*Cucumis melo* L. Meloni Cultivar). pp141-149. doi: 10.1007/978-3-319-97553-5_14
- Das, K., Kim, M., Kang, M.G., Kang, I., Lee, S., & Jung, H.Y. 2023. First report of *Stagonosporopsis cucumeris* causing internal fruit rot on Oriental melon (*Cucumis melo* L.) in Korea. *Plant disease*, doi: 10.1094/pdis-01-23-0160-pdn
- De Jesus Silva, K. M., Aspiazú, I., Figueiredo Portugal, A., Mendes de Oliveira, R., Mara de Oliveira, P., Rodrigues dos Santos, S., & Alves Moreira, J. A. (2016). Determination of soil water tension for irrigation management of sweet sorghum. *Semina: Ciências Agrárias*, 37(3), 1189-1200. DOI: 10.5433/1679-0359.2016v37n3p1189
- FAO, 2022. Cultivos y Productos de Ganadería <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
- Fernandes, N.D., Luz, L., Alves-Filho, E.G., Souza-de Aragão, F.A., Zocolo, G.J., & Freitas, B.M. 2023. Differences in the Chemical Composition of Melon (*Cucumis melo* L.) Nectar Explain Flower Gender Preference by Its Pollinator, *Apis mellifera*. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, doi: 10.21577/0103-5053.20230010
- Fu, Z., Ciais, P., Feldman, A.F., Gentine, P., Makowski, D., Prentice, I.C., Stoy, P.C., Bastos, A., & Wigneron, J.P. 2022. Global critical soil moisture thresholds of plant water stress. doi: 10.5194/egusphere-egu23-4507.Ç

- Gascoin, S., & Boulet, G. 2023. Use of the Photochemical Reflectance Index to determine water stress in semi-arid climate conditions. doi: 10.5194/egusphere-egu23-13621
- Han, X.; Jing, Y.; Xu, C.; Gao, L.; Li, M.; Liu, Y.; Qi, H. 2022. Root-Zone CO₂ Concentration Affects Partitioning and Assimilation of Carbon in Oriental Melon Seedlings. *Int. J. Mol. Sci.*, 23, 10694. <https://doi.org/10.3390/ijms231810694>
- Huh, Y.S., Kim, E., Noh, S., Jeon, Y., Park, S., Yun, G., Kim, T., & Kim, Y. 2020. Characteristics of Growth, Yield, and Physiological Responses of Small-Sized Watermelons to Different Soil Moisture Contents Affected by Irrigation Starting Point in a Plastic Greenhouse. 29(4):388-398. doi: 10.12791/KSBEC.2020.29.4.388
- Jung, K., Sonn, Y., Han, K., & Zhang, Y. 2014. Responses of *Capsicum annum* (red pepper) to Fertilization Rates at Various Soil Moisture Conditions. doi: 10.7745/KJSSF.2014.47.5.332
- Kavya, K., & Manchali, S. 2019. Inheritance Pattern of F₂ Population of Melon (*Cucumis Melo*. L) for Various Fruit Traits and Ovary Characters. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(11):2091-2096. doi:10.20546/IJCMAS.2019.811.242
- Koohi, E., Gumiere, S. J., & Bonakdari, H. 2023: Artificial Intelligence Models for Detecting Spatiotemporal Crop Water Stress in schedule Irrigation: A review, EGU General Assembly 2023, Vienna, Austria, 24–28 Apr 2023, EGU23-3997, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-3997>
- Li S, Xue XZ, Guo WS, Li X, & Chen F. 2010. Effects of water supply tension on photosynthetic characteristics and root activity of greenhouse cucumber. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*. Jan;21(1):67-73. Chinese. PMID: 20387425.
- López, V.; Santana, A. y Rodríguez, L. 2007. Desarrollo sostenible y desempeño empresarial: un estudio basado en el índice de sostenibilidad de Dow Jones. *J. Autobús. Ética*. 75(3):285-300. 10.1007/s10551-006-9253-8.

- Maffei, M., Quintero, I., & Razuri, L. 2013. Efecto de diferentes niveles de tensión de humedad del suelo y fertilización química sobre los componentes del rendimiento en papa (*Solanum tuberosum* L.). Disponible en: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/download/27139/27761/>
- Maietti, A.; Tedeschi, P.; Stagno, C.; Bordiga, M.; Travaglia, F.; Locatelli, M.; Arlorio, M. y Brandolini, V. 2012. Trazabilidad analítica del melón (*Cucumis melo* var *reticulatus*): composición proximal, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en relación con el cultivar, el estado fisiológico de la planta y la variabilidad estacional. *J. ciencia de los alimentos*. 77(6):646-652. 10.1111 / j.1750-3841.2012.02712. x.
- Miceli, A.; Vetrano, F.; Torta, L.; Esposito, A.; Moncada, A. 2023. Effect of Mycorrhizal Inoculation on Melon Plants under Deficit Irrigation Regimes. *Agronomy*, 13, 440. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020440>
- Nahar, K., & Ullah, S. M. 2018. Drought Stress Effects on Plant Water Relations, Growth, Fruit Quality and Osmotic Adjustment of Tomato (*Solanum lycopersicum*) under Subtropical Condition. *Asian Journal of Agricultural and Horticultural Research*, 1(2), 1–14. <https://doi.org/10.9734/AJAHR/2018/39824>
- Nascimento, J.T., Medeiros, M.J., Júnior, J.A., Santos, H.C., & Oliveira, P.D. 2022. Effect of different soil water tensions and potassium fertilization on the production and quality of netted melon (*cucumis melo* l.) in the Amazon area. *Australian Journal of Crop Science*. pp:441-447. doi: 10.21475/ajcs.22.16.04. p3137
- Nasrabadi, H. N., Nemati, H., Kafi, M., & Arouei, H. 2015. Effect of foliar application with salicylic acid on two Iranian melons (*Cucumis melo* L.) under water deficit. *African Journal of Agricultural Research*, 10(33), 3305-3309
- Núñez-Ramírez, F., Escobosa-García, I., Cárdenas-Salazar, V., Santillano-Cázares, J., Ruelas-Islas, J. del R., Preciado-Rangel, P., & Díaz-Ramírez, J. 2020. Soil moisture tension, growth, water use efficiency, and yield of maize grown in northwest Mexico . *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 38(4), 805–815. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.763>

- Nurcan, Yavuz. 2021. Can grafting affect yield and water use efficiency of melon under different irrigation depths in a semi-arid zone? . *Arabian Journal of Geosciences*, (), -. doi:10.1007/s12517-021-07498-1
- Odhiambo,J. & Aguyoh,J.2022.Soil moisture levels affect growth, flower production and yield of cucumber. *Agricultura Tropica et Subtropica*,55(1) 1-8. <https://doi.org/10.2478/ats-2022-0001>
- Oletic, D. and Bilas, V. 2020, "How thirsty the crops are: Emerging instrumentation for plant-based field measurement of water stress," in *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, vol. 23, no. 2, pp. 37-46. doi: 10.1109/MIM.2020.9062686.
- Olguín, M.A., Fuente, M.C., Mendoza, A.B., Maldonado, A.J., Rangel, A.S., & Cusimamani, E.F. 2020. Commercial and nutraceutical quality of grafted melon cultivated under hydric stress. *Horticultural Science*, 47(3):139-149. doi: 10.17221/139/2019-HORTSCI
- Paulus, D., Zorzzi, I.C., Becker, D., Nava, G.A., Paula, A.L., & Paula, F.L. 2019. Physiological indicators and yield of the Chinese cabbage cultivated at different soil water tensions.. *Agronomy research*, 18(1):241-255. doi: 10.15159/AR.20.013
- Platas Galindo, E. 2022. Índice de estrés hídrico como un indicador del momento de riego en fresa (*Fragaria x ananassa*). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla <https://hdl.handle.net/20.500.12371/18655>
- Ramos-Barbosa, B.L., Queiróz, M., Da Silva-Barbosa, G. 2023. Morpho-agronomic diversity and botanical identification of melon accessions from northeastern Brazil. *Revista Caatinga*. 36. 251-261. 10.1590/1983-21252023v36n202rc.
- Rangel-Rodrigues, R.; Cola-Pizetta, S.; Euclides-Pechara Da Costa Jaeggi, M.; Sales-Rocha, R.; Guarnier-Da Silva, R. De K.; Pureza-Da Cruz, D.; Martins -Pereira, I.; Nogueira-Batista, J.; Gonçalves-Da Rocha, J.; Do Carmo-Parajara, M.; Cremonini-Entringer, G.; De Amaral-Gravina, G.; Figueiredo-Daher, R.; Gomes-De Souza, A.; De Castro-Monteiro, E.; De Freitas-Mateus, V.; & De Araújo-Capetini, 2020. S. Tomato cultivation in a

- protected environment under different soil water tensions. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 9, n. 11, p. e2289119777, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i11.9777.
- Rebward-Rafat, A., & Abdul-Razzak, T. 2022. Growth and fruit morpho-physicochemical diversity assessment of local melon genotypes. *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*, 22(3), pp.191–204. <https://doi.org/10.25130/tjas.22.3.21>
- Rivera-Hernández, B.; González-Jiménez, V.; Carrillo-Ávila, E.; Garruña-Hernández, R.; Andrade, J.L.; Quej-Chi, V.H.; & Arreola-Enríquez, J. 2022. Rendimiento, fisiología, calidad de la fruta y huella hídrica en lima persa (*Citrus latifolia* Tan.) en respuesta a la tensión de humedad del suelo en dos estados fenológicos en Campeche, México. 14, 1011. <https://doi.org/10.3390/w14071011>
- Rivera-Hernández. 2021. Efecto de la tensión de humedad en el suelo sobre la productividad de citrus latifolia tan. en una plantación de alta densidad de siembra. Disponible en https://conkal.tecnm.mx/images/POSGRADO_NEW/GEN_2021_DATS/Benigno%20Rivera%20Hern%C3%A1ndez.pdf
- Safdar, M.; Shahid, M.A.; Sarwar, A.; Rasul, F.; Majeed, M.D.; Sabir, R.M. 2023. "Crop Water Stress Detection Using Remote Sensing Techniques" *Environmental Sciences Proceedings* 25, no. 1: 20. <https://doi.org/10.3390/ECWS-7-14198>
- Sanches, A., Alves, C., Lamede, F., Fagner, T., Cruz, T., Gomes, E. 2022. Low-cost and high-efficiency automated tensiometer for real-time irrigation monitoring. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 26(5):390-395. doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v26n5p390-395
- Sanjuan-Martínez, J., Ortiz-Hernández, Y. D., Aquino-Bolaños, T., Cruz-Izquierdo, S., & Pérez-Pacheco, R. 2023. Respuesta del chile Huacle (*Capsicum annum* L.) al estrés hídrico bajo invernadero. *Agricultura, Sociedad Y Desarrollo*, 19(4), 421–435. <https://doi.org/10.22231/asyd.v19i4.1382>

- Saputra, H.E., Syukur, M., Suwarno, W., Sobir, S. 2022. Diversity and similarity of melon (*Cucumis melo* L.) groups and determination of distinguishing morphological characters. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 23(12) doi:10.13057/biodiv/d231221
- Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. 2021. Melón mexicano, de SADER Sitio web: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/melon-mexicano-rico-nutritivo-sabroso-y-productivo?idiom=es>
- Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. 2023. Melón mexicano, un fruto con creciente demanda y producción nacional: Agricultura sitio Web: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/melon-mexicano-un-fruto-con-creciente-demanda-y-produccion-nacional-agricultura>.
- Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera. 2023. Panorama Agroalimentario. 2022, de SIAP Sitio web: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/panorama-agroalimentario-258035>
- Shao, L., Xu-Zhang, X., Wen-Shan, G., Xia, L & Fei, C. (2010). Effects of water supply tension on photosynthetic characteristics and root activity of greenhouse cucumber. *Journal of Applied Ecology*, 21(1):67-73.
- Shaw, R.H. & Laing, D.R. 2015. *Moisture Stress and Plant Response*. Iowa State University, University of Sydney. pp 73-94. <https://doi.org/10.2134/1966.plantenvironment.c5>
- Shigita, G., Dung, TP., Pervin M.N., Duong, T.T., Imoh, O.N., Monden, Y., Nishida, H., Tanaka, K., Sugiyama, M., Kawazu, Y., Tomooka, N., Kato, K. 2022. Elucidation of genetic variation and population structure of melon genetic resources in the NARO Genebank, and construction of the World Melon Core Collection. *Breeding Science*, doi: 10.1270/jsbbs.22071
- Silva, J.T., Campos, A.D., Timm, P.A., Bueno, M.V., Parfitt, J.M., & Concenço, G. 2018. Soil water tension and rice grain quality. *Revista de Ciências Agrárias*, 41, 502-509.

- Tangune, B. F., Pereira, G. M., Souza, R. J. de, & Gatto, R. F. 2016. Produção de brócolis irrigado por gotejamento, sob diferentes tensões de água no solo. *Semina: Ciências Agrárias*, 37(1), 7–16. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n1p7>
- Teixeira do Nascimento, J. Medeiros, M. do B. Lacerda- Madeiros, C. Alvez de lima- Junior, J. Aguiar Santos, H.C. & Daniel de oliveira, P. 2022. Effect of different soil water tensions and potassium fertilization on the production and quality of netted melon (*cucumis melo* l.) in the Amazon area. *Australian Journal of Crop Science*. 441-447. [10.21475/ajcs.22.16.04.p31-37](https://doi.org/10.21475/ajcs.22.16.04.p31-37).
- Wang, X., Ando, K., Wu, S., Reddy, U.K., Tamang, P., Bao, K., Hammar, S.A., Grumet, R., McCreight, J.D., & Fei, Z. 2021. Genetic characterization of melon accessions in the U.S. National Plant Germplasm System and construction of a melon core collection. 1(1):pp1-13. doi: [10.1186/S43897-021-00014-9](https://doi.org/10.1186/S43897-021-00014-9)
- Yavuz, N. 2021. Can grafting affect yield and water use efficiency of melon under different irrigation depths in a semi-arid zone?. *Arab J Geosci* 14, 1118. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07498-1>
- Yetik, A.K., & Candoğan, B.N. 2022. Chlorophyll Response to Water Stress and the Potential of Using Crop Water Stress Index in Sugar Beet Farming. *Sugar Tech*, 25, 57 - 68.