

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE



APLICACIÓN FOLIAR DE UNA PELÍCULA DE CAOLÍN Y TENSION DE LA
HUMEDAD DEL SUELO EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL FRUTO DE
CALABACITA (*Cucurbita pepo* L.)

Tesis

Que presenta ADOLFO ISMAEL MARTÍNEZ SANDOVAL

Como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Saltillo, Coahuila

Mayo 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

APLICACIÓN FOLIAR DE UNA PELÍCULA DE CAOLÍN Y TENSIÓN DE LA
HUMEDAD DEL SUELO EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL FRUTO DE
CALABACITA (*Cucurbita pepo* L.)

Por:

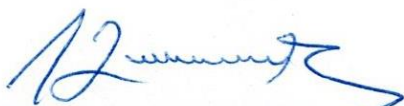
ADOLFO ISMAEL MARTÍNEZ SANDOVAL

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. Luis Armando Moreno Ibarra



M.C. Aarón Isaín Melendrez Álvarez

Asesor



M.C. Sergio Sánchez Martínez

Coordinador de la división de Ingeniería.

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

APLICACIÓN FOLIAR DE UNA PELÍCULA DE CAOLÍN Y TENSIÓN DE LA
HUMEDAD DEL SUELO EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL FRUTO DE
CALABACITA (*Cucurbita pepo* L.)

Por:

ADOLFO ISMAEL MARTÍNEZ SANDOVAL

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

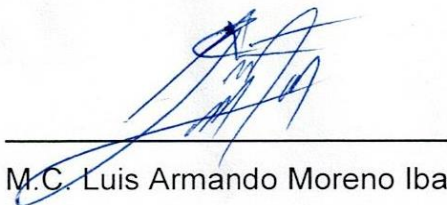
INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACION

Aprobada por el Comité de Asesoría



Dr. Alejandro Zermeño González.

Asesor Principal



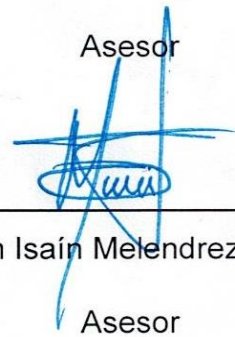
M.C. Luis Armando Moreno Ibarra

Asesor



Dr. José Alexander Gil Marín

Asesor



M.C. Aarón Isaín Melendrez Álvarez

Asesor

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo 2025

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 (auto plagio), comprar, robar y prestado los datos o la tesis para presentarla como propio, omitir referencia bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas, 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 mismo me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante.

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Adolfo', is written over a horizontal line. The signature is stylized with loops and a long horizontal stroke extending to the right.

Adolfo Ismael Martínez Sandoval

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la oportunidad de lograr una meta más en mi vida y seguir adelante en cada reto que se me presenta.

A mi Alma Terra Mater por brindarme educación, aprendizaje, resguardo, alimentación durante mi formación académica y prepararme para los retos que me presente la vida profesional.

A mi compañeros y amigos de la carrera por brindarme su amistad: Juan Trinidad, Jesús González, Heriberto Calihua, Rolando Pérez, Heredia Domínguez, Daniel Espinoza.

Al Dr. Alejandro Zermeño por compartir sus conocimientos y darnos la confianza para desarrollar nuestras habilidades en los cultivos del jardín hidráulico.

Al Dr. José Alexander Gil por el conocimiento y apoyo brindado en mi trabajo de tesis.

Al Dr. Fernando Villareal por darme la confianza de aplicar mis conocimientos adquiridos tanto en la carrera como a lo largo de mi vida.

Al M.C. Armando Moreno por brindar su conocimiento, apoyo y amistad durante mi tesis, así como la confianza para aplicar mis conocimientos en el ámbito laboral.

A mis amigos Ángel Morales, Henry Albarrán, Inocente Trujillo, Ricardo García, Ángel Perdomo que siempre estuvieron al pendiente a pesar de la distancia.

DEDICATORIAS

A mi madre Laura Oralia Sandoval Millán por siempre estar al pendiente de mí a pesar de la distancia, por brindarme ese aliento, apoyo y cariño en los momentos que más lo necesitaba.

A mi hermana Mayra Sinai por estar apoyándome y tratando de estar comunicados a pesar de tener diferentes carreras y nuestras diferencias.

A mis tíos Daniel y Yaniery por estar al pendiente siempre dándome ánimos para salir adelante.

A mis primos Miriam y Axel que siempre preguntaban cuando regresaba para salir a distraernos un rato.

A mi familia por estar presente, darme aliento para seguir adelante e impulsarme a dar lo mejor de mí en cada momento a no darme por vencido ante las adversidades.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	IV
DEDICATORIAS	V
INDICE GENERAL.....	VI
LISTA DE CUADROS	VIII
LISTA DE FIGURAS	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCCIÓN	1
HIPÓTESIS.....	3
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Clasificación taxonómica de la calabacita	4
Importancia del cultivo	4
Importancia económica y social del cultivo.....	5
Estados productores del país.	5
Estadísticas de rendimientos.....	5
Países a los que se exporta	6
Países productores de calabaza	6
Valor nutricional.....	7
Características físico-químicas del caolín.....	7
Aplicaciones del caolín en la agricultura.....	8
Efecto del caolín en el rendimiento y calidad de la cosecha de cultivos.....	9
Tensión de humedad del suelo y el rendimiento de cultivos.....	10

Aplicación de caolín y tensión de humedad del suelo	10
MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
Localización del sitio experimental.	12
Características físico-químicas del suelo y agua.	12
Establecimiento y manejo del cultivo.	12
Variables Evaluadas	16
Diámetro ecuatorial y longitud del fruto.	16
Peso del fruto y rendimiento total	16
Análisis estadístico	16
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
Calidad del fruto	17
Rendimiento de frutos.....	19
CONCLUSIONES	22
BIBLIOGRAFÍA	23

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Tensión, tiempos y frecuencia de riego de los tratamientos de riego.	13
Cuadro 2. Solución nutritiva aplicada al cultivo de calabacita CV Carola F1.	14
Cuadro 3. Efecto de la tensión de humedad del suelo antes de la aplicación del riego y la aplicación foliar de una película de caolín sobre parámetros de calidad del fruto de calabacita híbrida Carola F1.	18
Cuadro 4. Efecto de la tensión de humedad del suelo antes de la aplicación del riego y la aplicación foliar de una película de caolín sobre parámetros de rendimiento de calabacita híbrida Carola F1.	20

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Características de la molécula de caolín. Fuente: Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, SC, Norma Mexicana NMX-C-414-ONNCCE-1999. Industria de la Construcción - Cementos Hidráulicos - Especificaciones y Métodos de Prueba.....	8
Figura 2. Vista en planta del área de estudio con la distribución de los tratamientos en los diferentes bloques.....	15

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación foliar de una película de caolín y tres niveles de tensión de la humedad del suelo para la aplicación de los riegos en el rendimiento y calidad del fruto de un cultivo de calabacita (*Cucurbita pepo* L.), híbrido Carola F1. El experimento se llevó a cabo en el campo agrícola experimental del Jardín Hidráulico del Departamento de Riego y Drenaje, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, durante el ciclo de cultivo de verano de 2023. Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, donde la parcela mayor fue la tensión de humedad del suelo antes de la aplicación del riego (20, 35 y 50 kPa) (medida con tensiómetros a 20 cm de profundidad); la parcela menor fue con y sin la aplicación de caolín, para seis tratamientos repetidos cuatro veces. Los resultados del estudio mostraron que, para cualquier nivel de tensión de la humedad del suelo (20, 35 y 50 kPa) la aplicación de una película foliar de caolín en las plantas de calabacita híbrido Carola F1, aumenta la longitud y diámetro del fruto, así como el número de frutos por planta y el rendimiento respecto a las plantas sin la película de caolín.

Palabras clave: tensión de humedad del suelo, caolín, reflectancia solar, fertirrigación, tensiómetros, *Cucurbita pepo* L.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of foliar application of a kaolin film and three levels of soil moisture tension for irrigation application on the yield and fruit quality of a zucchini crop (*Cucurbita pepo* L.), hybrid Carola F1. The experiment was carried out in the experimental agricultural field of the Hydraulic Garden of the Irrigation and Drainage Department of the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro during the 2023 summer crop cycle. A randomized block design with a split-plot arrangement was used, with the largest plot being the soil moisture tension (20, 35, and 50 kPa) for irrigation application (measured with tensiometers at 20 cm depth); the smallest plot was with and without kaolin application, for six treatments replicated four times. The results of the study showed that, for any level of soil moisture tension (20, 35, and 50 kPa), the application of a kaolin foliar film on the leaves of zucchini plants Carola F1 hybrid, increased the fruit length and diameter, as well as the number of fruits per plant and yield compared to plants without the kaolin film.

Key words: soil moisture tension, tensiometer kaolin, solar reflectance, fertigation, *Cucurbita pepo* L.

INTRODUCCIÓN

La calabacita (*Cucurbita pepo* L.) es un cultivo importante en México por su tradición culinaria y social (Basurto-Peña, 2015). Sus frutos se consumen principalmente inmaduros, como fruto verdura, tanto en el mercado nacional como en el de exportación. La calabacita es rica en carbohidratos y aminoácidos, y también contiene muchos minerales para el consumo humano. En 2020 se cultivaron 25.375 ha con un rendimiento medio de 19,16 t ha⁻¹, inferior al de Bahrein (74,44 t ha⁻¹), Indonesia (66,57 t ha⁻¹) y China (52,48 t ha⁻¹), y también inferior al promedio mundial (20,39 t ha⁻¹) (FAO, 2023), lo que evidencia la necesidad de elevar el rendimiento nacional. Esta situación ha llevado a que se realicen nuevos estudios para el desarrollo de tecnologías apropiadas a dicho cultivo y que el rendimiento pueda incrementarse, así como la utilidad económica. Dentro de este paquete tecnológico se encuentra el uso de los sistemas de riego por goteo con diferentes estrategias de aplicación para aumentar el rendimiento y calidad de los frutos.

Además, en los últimos años, la cantidad de agua disponible para la agricultura a nivel global ha disminuido debido al rápido crecimiento de la población y la mayor incidencia de sequías causadas por el cambio climático (El-Mageed y Semida, 2015). Muchas de las zonas donde se cultiva calabacita tienen problemas por limitación de agua disponible, situación que se agravará debido al cambio climático (Anwar et al., 2013).

Debido al alto crecimiento de la población (urbano e industrial), la disponibilidad de superficie y agua para la agricultura está decreciendo apreciablemente, por lo que es fundamental desarrollar técnicas para mejorar la productividad del agua y la superficie disponible, con el fin de aumentar los rendimientos por unidad de superficie y de volumen de agua disponible. Una estrategia es reducir la tasa de calentamiento de las hojas de las plantas aplicando materiales reflectantes de la radiación solar, como el caolín, para reducir la tasa de transpiración y el volumen de agua aplicado en los riegos, con lo que se mejora la eficiencia del uso del

agua sin reducir la asimilación de bióxido de carbono (Glenn y Puterka, 2005; Cantore et al., 2009).

El caolín es un mineral arcilloso de aluminosilicato ($\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$), no tóxico, que rociado sobre la superficie de las hojas aumenta la reflectancia de las hojas a la radiación solar y reduce la temperatura foliar y la tasa de transpiración, mejorando la fotosíntesis respecto a las plantas sin la película de caolín en condiciones de altos niveles de radiación solar (Ibrahim y Selim, 2010). Estudios previos en cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum*) y papa (*Solanum tuberosum*) han demostrado que las aplicaciones foliares de películas de partículas de caolín reducen el estrés de la planta, mejoran el crecimiento, el rendimiento y la calidad del fruto (Anwar, 2005; Pace et al., 2007; Cantore et al., 2009).

Dado que pocos estudios a nivel de campo se han desarrollado para evaluar el efecto combinado de diferentes niveles de tensión de la humedad del suelo y la aplicación de una película de caolín, y bajo la hipótesis de que la aplicación foliar de una película de caolín aumenta el rendimiento y calidad del fruto para diferentes niveles de tensión de humedad del suelo, y que el rendimiento y calidad del fruto decrecen con el incremento de la tensión, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación foliar de una película de caolín y tres niveles de tensión de la humedad del suelo para la aplicación de los riegos, en el rendimiento y calidad del fruto de un cultivo de calabacita (*Cucurbita pepo* L.).

HIPÓTESIS

Para cualquier valor de tensión de humedad del suelo para la aplicación de los riegos, el rendimiento y calidad de frutos del cultivo de calabacita es mayor en las plantas con una película foliar de caolín que el de las plantas sin la película de caolín.

OBJETIVO GENERAL

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación foliar de una película de caolín y tres niveles de tensión de la humedad del suelo para la aplicación de los riegos en el rendimiento y calidad del fruto de un cultivo de calabacita (*Cucurbita pepo* L.).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar el efecto de tres tensiones de la humedad del suelo en el rendimiento y calidad de frutos de la calabacita (*Cucurbita pepo* L.).

Determinar el efecto de la aplicación de una película foliar de caolín en el rendimiento y calidad de frutos.

Analizar la interacción entre la tensión de la humedad del suelo para la aplicación de los riegos y la presencia de una película de caolín en las hojas de las plantas, en el rendimiento y calidad de frutos de la calabacita.

REVISIÓN DE LITERATURA

Clasificación taxonómica de la calabacita

La calabacita (*Cucurbita pepo* L.) tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Violales
Familia	Cucurbitaceae
Genero	Cucurbita L., 1753
Especie	pepo L., 1753
Subespecie	pepo NA

(CONABIO, S.F)

Importancia del cultivo

La calabacita, también conocida como calabacín o calabaza de verano, es originaria de Mesoamérica. En algunos países de América Latina se conoce como “zapallito”. Este tipo de vegetal tiene la característica de crecer a lo largo del suelo, por lo que se le conoce como “rastrera”, y puede medir hasta 10 metros de longitud. Es una planta monoica (con ambos sexos), pero con flores masculinas y femeninas debidamente separadas. La temperatura óptima para la germinación de la semilla oscila entre 22 y 25 °C.

Las calabacitas tienen diferentes colores, tamaños y formas según la especie a la que pertenezcan. La longitud de los frutos es de 12 a 15 centímetros. Crecen en climas cálidos y son intolerantes a las heladas. Los tallos, que están cubiertos de vellos, son erectos en las primeras etapas de desarrollo, hasta antes del tercer corte de frutos (SIAP, 2018).

Importancia económica y social del cultivo.

El valor económico de la calabacita en México es de 3,444 millones de pesos (fuente). La disponibilidad de calabacita fresca en nuestro país es constante durante todo el año, gracias a su explotación tanto en otoño-invierno como en primavera-verano. En México, el cultivo de calabacita tiene una singular importancia por el papel que representa en la culinaria del país desde tiempos prehispánicos, pero también por los servicios ecosistémicos que ofrecía al antiguo sistema de producción agrícola llamado milpa.

Actualmente, en México, la calabacita se cultiva en 30 entidades federativas y se considera que el consumo per cápita anual es de 1.1 kg, mientras que el volumen generado representa el 3.4 % de la producción nacional de hortalizas (SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2024).

Estados productores del país.

Los estados con mayor producción de calabacita (millas de toneladas) son: Sonora, 144.78; Puebla, 76,235; Sinaloa, 66.92; Michoacán, 42.99; Hidalgo, 35.69. Es importante enfatizar que, en conjunto, se concentran dos terceras partes de la producción anual. De igual forma, su cultivo a lo largo del país permitió generar un valor de 3,444 millones de pesos (SIAP, 2024).

Estadísticas de rendimientos

En el año agrícola 2022, los productores dedicados a este cultivo destinaron 26 mil hectáreas para su producción. Del año 2013 al 2022, la producción promedio en México fue de 570 mil toneladas. Desafortunadamente, en 2022, la producción registrada fue de 552 mil toneladas, indicando que fue 2.2 % menor a lo observado en el año anterior y 3.2 % menos al promedio de los últimos 10 años (SIAP, 2024).

Países a los que se exporta

En cuanto al comercio exterior, los volúmenes enviados al mercado internacional le permitieron al país obtener ingresos por 211 millones de pesos. El destino principal de la calabacita mexicana es EE.UU. UU. (SIAP, 2024).

Países productores de calabaza

La República Popular China es el mayor productor de calabaza del mundo con una producción de 7.439.924,26 toneladas al año. India ocupa el segundo lugar con 5.203.113,51 toneladas de producción anual. Con 1.314.540 toneladas de producción al año, Ucrania es el tercer mayor productor de calabaza. México, con 738,009.25 toneladas de producción por año, se clasifica en octavo lugar.

País	Producción (toneladas)	Producción por persona (Kg)	Superficie (Hectárea)	Rendimiento (Kg / Hectárea)
 República Popular China	7,439,924.26	5.338	401,581	18,526.6
 India	5,203,113.51	3.893	541,941	9,600.9
 Ucrania	1,314,540	31.103	63,600	20,668.9
 Federación Rusa	1,174,579.9	7.997	56,739	20,701.5
 Estados Unidos de América	1,069,290	3.262	45,325	23,591.6
 España	789,780	16.927	16,590	47,605.8
 Turquía	771,651	9.549	100,853	7,651.2
 México	738,009.25	5.916	35,334	20,886.6
 Bangladesh	696,000	4.215	60,622	11,481
 Italia	601,660	9.955	19,950	30,158.4
 Indonesia	542,753.71	2.048	8,153	66,572.5
 Pakistán	466,121	2.309	29,913	15,582.6

(ATLAS GRANDE, 2025)

En el año agrícola de 2022, los productores dedicados a este cultivo destinaron 26 mil hectáreas para su producción en México (SIAP, 2024).

Valor nutricional

La calabacita contiene vitamina A, B2, C y E, betacaroteno, flavonoides, aminoácidos y minerales, en especial potasio. Gracias a estos nutrientes, se le atribuyen propiedades que van desde las antiinflamatorias, antivirales, como analgésico, antidiabético y antioxidante. La importancia nutricional de la calabacita radica principalmente en su alto contenido de agua y fibra. Es rica en vitaminas B6, C y K, riboflavina, ácido fólico, potasio y manganeso; ayuda en la digestión y previene enfermedades como úlceras y cáncer de colon (PROFECO, 2021).

Características físico-químicas del caolín

El caolín es el producto de una alteración argílica avanzada, proveniente de zonas de condensación de vapor con fluidos en un pH muy ácido de 2 a 3, y temperaturas cercanas a los 100 °C (Canet et al., 2022). Pertenece al grupo de las caolinitas (García et al., 2022), el cual está integrado por: caolinita, haloisita, dickita y nacrita (como marcadores de alteraciones argílica), minerales arcillosos típicos en ambientes hidrotermales en función de las fases de cambio y asociación de minerales (Fulfnati, 2020). El caolín es un silicato de aluminio hidratado ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) (Clark et al., 2020). Además, suele estar acompañado de otros minerales de hierro como: hematita, magnetita, goethita, pirita, entre otros (González y Ruiz, 2006).

En cuanto a su obtención, se clasifica en dos procesos de acuerdo con su calidad: el seco y el húmedo. El proceso en seco se utiliza en caolines con mayores contenidos de sílice y el húmedo en caolines con contenidos superiores de alúmina. En el seco, sólo se retira la arena, se clasifica por tamaño y se seca; en el húmedo, se realizan lavados para obtener un caolín más fino, de mayor calidad y pureza (López, 2013).

Tabla 1 Parámetros estructurales de la caolinita.

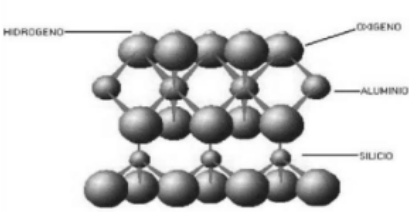
	Nombre	Caolinita
	Fórmula	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$
	Estructura	Triclínica
	Grupo espacial	P1
	Ángulos	$\alpha \neq \beta \neq \gamma$
	Longitud de aristas	$a \neq b \neq c$

Figura 1. Características de la molécula de caolín. Fuente: Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, SC, Norma Mexicana NMX-C-414-ONNCCE-1999. Industria de la Construcción - Cementos Hidráulicos - Especificaciones y Métodos de Prueba.

El caolín produce una suspensión estable (Carrasquero et al., 2019), por lo que puede ser utilizado mezclado en agua, dejando reposar durante 24 h para que la arcilla se hidrate (Marín-Velázquez et al., 2020).

Aplicaciones del caolín en la agricultura

Ramírez-Cuesta et al. (2022) mencionan que la aplicación foliar del caolín tiene múltiples beneficios en la agricultura, ya que aumenta la resistencia de las plantas al estrés térmico y al ataque de plagas, lo que puede reducir la tasa de transpiración y aumentar la fotosíntesis foliar. El uso del caolín podría ayudar a mitigar el efecto del cambio climático en el incremento de la temperatura ambiental, que está teniendo un fuerte impacto en la transpiración de los cultivos (Boari et al., 2016; Costa et al., 2019). Además, también se usa como polvo insecticida para diversas plagas y para proteger los granos almacenados contra su incidencia (Subramanyam y Roesli, 2000; Stadler et al., 2010).

Efecto del caolín en el rendimiento y calidad de la cosecha de cultivos

La presencia de una película de caolín sobre las hojas de las plantas aumenta la reflectancia a la radiación solar, lo que puede reducir la temperatura foliar y tener efectos favorables en la fisiología de las plantas (Glenn y Puterka, 2004).

Por ello, la aplicación de caolín se ha convertido en una práctica muy difundida como protector solar. Su aplicación ha logrado minimizar las quemaduras solares en frutos de granado en la región de Alicante, España (Melgarejo et al., 2004). Además, su efecto en frutos de manzano se ha reducido considerablemente las quemaduras de sol, encontrándose diferencias significativas a favor de los tratamientos con partículas de caolín (Gindaba et al., 2005). De igual forma, Chabbal et al. (2014) evaluaron aplicaciones sobre frutos de mandarino de la variedad 'Okitsu' y encontraron que se logró un 97 % de frutos libres de daño, sin afectar su calidad interna.

El contenido de clorofila en hojas de nogal pecanero aumentó debido a aplicaciones foliares de un insecticida a base de caolín (Lombardini et al., 2005). En cultivo de olivo, la aplicación foliar generó un aumento significativo en el peso y tamaño de los frutos (Perera et al., 2015). El estudio de Ramírez-Cuesta et al. (2022) mostraron que el caolín funciona mejor bajo condiciones de temperaturas extremas, observándose un mayor contenido de sólidos solubles totales en frutos de vid con caolín en comparación con plantas sin aplicación.

Tensión de humedad del suelo y el rendimiento de cultivos

El rendimiento de un cultivo depende de varios factores, como: las características de la variedad, fertilización, control de plagas y enfermedades, y el uso correcto del agua de riego para el control de la tensión de humedad del suelo y la tasa de evapotranspiración (Mendoza-Pérez et al., 2016; Nunes et al., 2016), lo cual permite un uso eficiente del agua y obtener altos rendimientos. Con el manejo adecuado de la tensión de humedad se puede optimizar el uso del agua y fertilizantes, ya que se puede determinar la frecuencia de riegos y la profundidad del bulbo de humedecimiento, con lo que se incrementaría el rendimiento y calidad de las cosechas (Khan y Mohammadi, 2019; Vatta et al., 2018).

Núñez-Martínez et al. (2021) mencionan que el mayor rendimiento en un cultivo de maíz se obtiene cuando los riegos se aplican a una tensión de 10 a 20 kPa, indicando que la precocidad de las plantas aumenta con la tensión de humedad del suelo.

Aplicación de caolín y tensión de humedad del suelo

Estudios realizados por Ramírez-Cuesta et al. (2022) mostraron que plantas de vid que recibieron una aplicación foliar de caolín a una dosis de 50 kg ha⁻¹ tuvieron menor efecto del estrés hídrico en su crecimiento. Otros estudios han demostrado que una película de caolín sobre hojas puede reducir la tasa de transpiración por una menor temperatura foliar (Moftah y Al-Humaid, 2005; Glenn et al., 2010). El estudio de Chabbal et al. (2014) mostraron que la aplicación de caolín sobre frutos de mandarina reduce la quemadura por incidencia de la radiación solar.

La aplicación foliar de caolín puede tener un impacto favorable en la agricultura, ya que puede reducir el estrés térmico de las hojas al aumentar su reflectancia. Este tipo de estrés limita el crecimiento, reduciendo el rendimiento y calidad de las cosechas. Además, la película de caolín protege a las plantas contra plagas

transmisoras de enfermedades (Sharma et al., 2015). El estudio de Ashrafunnesa et al. (2018) demostró que plantas de chile dulce con aplicaciones foliares de caolín tuvieron mayor número de frutos por planta en comparación con aquellas sin aplicación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del sitio experimental.

El experimento se llevó a cabo en el Jardín Hidráulico del Departamento de Riego y Drenaje, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, con coordenadas geográficas 25° 22' de latitud norte y 101° 22' de longitud oeste, a 1743 msnm. El clima es semifrío semihúmedo, con una temperatura promedio de 14 a 18 °C y una precipitación media anual de 214 mm (INIFAP, 2015).

Características físico-químicas del suelo y agua.

Previo a la siembra del cultivo, se realizó análisis de suelo y agua. Para el suelo, se determinan las propiedades físicas y químicas en el estrato de 0–40 cm. Los análisis de suelo y agua se realizaron en el Laboratorio de Calidad de Aguas de la UAAAN, así como también la determinación de la porosidad del suelo en el laboratorio de RASPA del Departamento de Riego y Drenaje de la UAAAN. La densidad aparente se determina por el método del cilindro, utilizando una barrena de corazones, mientras que la densidad de partículas se obtiene con el método del picnómetro. La porosidad del suelo (η) se calcula con los valores de densidad aparente (ρ_b) y densidad de partículas (ρ_s).

Establecimiento y manejo del cultivo.

El cultivo establecido fue calabacita (Cucurbita pepo L.), híbrido Carola F1, con un ciclo de maduración de 60 días. La siembra se realizó de forma directa el día 7 de mayo de 2023, colocando la semilla a una profundidad de 1 cm. La emergencia ocurrió cinco días después de la siembra. El cultivo se inició en un campo abierto, en una superficie de 460 m². Previo a la siembra, se efectuó la preparación del terreno con un barbacoa y dos pasos de rastra. Se fabrican 3 camas (1,2 m de ancho × 8 m de largo) para cada tratamiento, con acolchado

plástico de color negro. La distancia entre plantas fue de 0,5 m y 1,2 m entre camas.

El riego se aplicó con un sistema por goteo, con una cinta de 16 mm de diámetro calibre 6 mil, una separación entre emisores de 20 cm, y un caudal de 1.3 LPH a una presión de 10 psi. La determinación del volumen total de las camas de siembra permitió determinar los tiempos de riego para los diferentes tratamientos de tensión de la humedad del suelo (Cuadro 1). La máxima capacidad de almacenamiento de agua del suelo del área de estudio (40 % con base a volumen) se calcula con una sonda TDR (HydroSense II, Campbell Sci., Inc., Logan, Utah, EE. UU.), con varillas de 20 cm de profundidad, después de haber saturado el suelo.

Lectura de tensión KPa	Tiempo de riego	Frecuencia
20	1 hora con 15 minutos	Diariamente
35	1 hora con 45 minutos	Cada dos días
50	2 horas con 15 minutos	Cada tres días

Cuadro 1. Tensión, tiempos y frecuencia de riego de los tratamientos de riego.

Se utilizó un diseño estadístico de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, donde la parcela fue la tensión de humedad del suelo para la aplicación de los riegos, con tres niveles: 20, 35 y 50 kPa, que se midieron con tensiómetros (marca Irrometer, Irrometer Inc., Riverside, CA, USA) a una profundidad de 20 cm bajo la superficie del suelo. La parcela menor fue la aplicación foliar de una película de caolín con dos niveles: con y sin película de caolín, para un total de seis tratamientos, con cuatro repeticiones (Figura 1). La película de caolín (marca Surround) se aplicó disuelta en agua (20 litros) a una dosis de 5 %. La aplicación se realizó con una mochila aspersora a los 15 días después de la emergencia. Posteriormente, tras cada incidencia de precipitación, se aplicó una nueva

película de caolín para reponer la pérdida ocasionada por el lavado. En total, se dieron 10 aplicaciones durante el ciclo del cultivo.

La cantidad de fertilizante utilizada para preparar la solución nutritiva se hizo considerando el Cuadro 2 y utilizando los aportes del suelo y agua. Esta se aplicó diariamente a partir de los 15 días después de la siembra; las aplicaciones posteriores se realizaron semanalmente.

Fertilizante	Mg/l
Urea	25
Map técnico	25
Sulfato de potasio	100
Nitrato de calcio	2.5
Sulfato de magnesio	20
Sulfato ferroso	50
Sulfato de cobre	8

Cuadro 2. Solución nutritiva aplicada al cultivo de calabacita CV Carola F1.

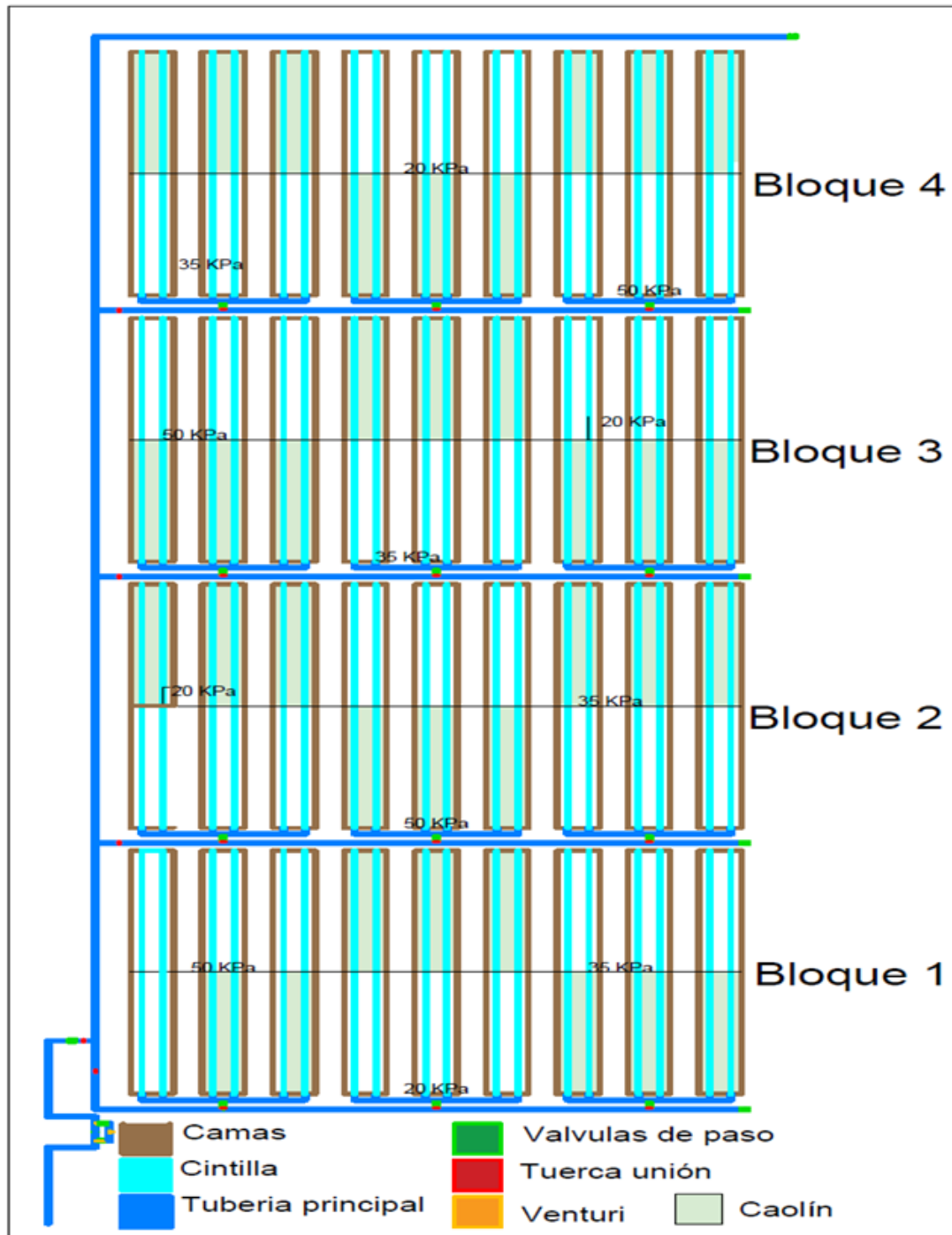


Figura 2. Vista en planta del área de estudio con la distribución de los tratamientos en los diferentes bloques.

Variables Evaluadas

Diámetro ecuatorial y longitud del fruto.

El diámetro se midió en el extremo más grueso del fruto con un vernier digital (marca Mitutoyo, modelo CD-8" CSX) en cada corte. La longitud del fruto se obtuvo midiendo desde la base del fruto hasta el inicio del pedúnculo, utilizando una regla milimétrica de 30 cm.

Peso del fruto y rendimiento total

Se pesaron los frutos con una balanza semianalítica marca OHAUS R para obtener el peso promedio por fruto. Para la variable de rendimiento, se realizaron 14 cortes, en los que se cosecharon frutos con las características específicas de madurez para consumo.

Análisis estadístico

Los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el procedimiento Proc GLM (modelos lineales generales) del software SAS (SAS Institute, Inc., Cary, NC), con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$. El análisis de varianza (ANOVA) se realizó para determinar las diferencias entre tratamientos para cada parámetro, según lo aplicable al diseño completo de bloques al azar dispuestos en un procedimiento de parcelas divididas. La comparación múltiple de medios de tratamiento se realizó con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad del fruto

El crecimiento, desarrollo y rendimiento de un cultivo depende de la combinación de diferentes factores, como la genética del cultivo, condiciones ambientales, programación de la irrigación, características del suelo, programa de fertilización y la capacidad de las plantas para tolerar cualquier estrés (Benavides et al., 2017; Mendoza-Macías et al., 2023). En este estudio, tanto la película de caolín como la tensión de humedad del suelo afectarán los parámetros de calidad del fruto.

Los tres niveles de tensión de humedad del suelo (20, 35 y 50 kPa) para la aplicación del riego no afectarán la longitud del fruto (Cuadro 3). Pero sí la película de caolín en las hojas de las plantas, ya que la longitud promedio del fruto en los tres niveles de tensión en las plantas con caolín fue 5.34 % mayor que en el de las plantas sin caolín (Cuadro 3). La tensión de humedad del suelo antes de la aplicación del riego afectó el diámetro del fruto, debido a que disminuyó 3.22 % a la tensión de 35 kPa y 4.38 % a la tensión de 50 kPa, respecto a la tensión de 20 kPa, pero fue estadísticamente igual a 35 kPa y 50 kPa (Cuadro 3). La película de caolín también aumentó el diámetro del fruto, ya que el valor promedio de este en las plantas con la película de caolín fue 2.83 % mayor que el de las plantas sin la película de caolín (Cuadro 3).

La longitud del fruto fue igual en la tensión de humedad del suelo de 20 y 35 kPa, y el diámetro del fruto solo disminuye el 3.22 % cuando la tensión aumenta de 20 a 35 kPa. Este resultado permite inferir que, para condiciones de escasa disponibilidad de agua, sería más recomendable aplicar los riegos cuando la tensión de humedad del suelo sea de 35 kPa para el cultivo de calabacita híbrida Carola F1, con el fin de incrementar la superficie de riego (reduciendo el volumen de agua por unidad de superficie), con un efecto mínimo en la reducción de la calidad del fruto. Diversos estudios previos han reportado el efecto del nivel de riego en la calidad del fruto del cultivo de calabacita. Por ejemplo, Gil-Marín y Córdova-Rodríguez (2021) encontraron que la longitud y el diámetro del fruto del

cv. Shiraz se reduce 12.03 % y 9.36 %, respectivamente, cuando el nivel de riego disminuye de 120 a 60 % de la evapotranspiración del cultivo (ETc). De manera similar, Amer (2011) reportó que el diámetro y la longitud del fruto se reducen significativamente cuando el nivel de riego es menor al 100 % de la ETc. El estudio de Ertek et al. (2004) muestra que, para el cultivo de calabaza de verano, las relaciones entre los componentes del rendimiento y el volumen de agua de riego aplicado fueron directamente proporcionales.

Los resultados de este estudio muestran claramente que la aplicación foliar de una película de caolín aumenta la longitud y el diámetro del fruto. Al respecto, Glenn (2009) reporta que el uso de partículas reflectantes de la radiación solar puede mitigar el estrés ambiental de las plantas y mejorar el rendimiento y la calidad de los cultivos. En el cultivo de higo (*Ficus carica* L.) cv. "Sultani", Hussein y Kassem (2021) encontraron que el diámetro y la longitud del fruto aumentan con la aplicación foliar de una película de caolín. De igual forma, Shellie (2015) y Dinis et al. (2016) observaron resultados similares en un cultivo de vid (*Vitis vinifera* L.) cultivar injertado.

Cuadro 3. Efecto de la tensión de humedad del suelo antes de la aplicación del riego y la aplicación foliar de una película de caolín sobre parámetros de calidad del fruto de calabacita híbrida Carola F1.

Tensión de humedad del suelo (KPa)	Longitud del fruto (mm)	Diámetro del fruto (mm)
20	150.53 a	61.79 b
35	149.64 a	59.86 b
50	148.31 a	59.19 b
p	ns	0.0309
Película de caolín		
Con PC	153.38 a	61.12 a
Sin PC	145.61 b	59.44 b

p	<.0001	0.0361
Interacción p	ns	ns
CV (%)	1.27	2.76

Medias con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$); CV = coeficiente de variación; PC = película de caolín.

Rendimiento de frutos

Los tres niveles de tensión de la humedad del suelo antes de la aplicación del riego no afectarán el número de frutos por planta ni el peso del fruto (Cuadro 4). Sin embargo, el rendimiento (kg planta^{-1}) fue 13,93 % mayor en la tensión de 35 kPa que en la de 50 kPa, e igual al de 20 kPa (Cuadro 4). La película de caolín no tuvo efecto en el peso del fruto, pero el número de frutos y el rendimiento por planta fueron 11.06 % y 12.80 % mayores en las plantas con película de caolín que en las plantas sin caolín (Cuadro 4).

Dado que el número de frutos por planta, el peso del fruto y el rendimiento son iguales a 20 y 35 kPa de tensión de humedad del suelo (Cuadro 4), y con el fin de mejorar la eficiencia del uso del agua, se puede recomendar reponer la humedad del suelo cuando los tensiómetros indiquen una tensión de 35 kPa para la producción de calabacita híbrida Carola F1. Estudios realizados por Contreras et al. (2017) reportan que, a medida que disminuye el contenido de agua del suelo a partir de su máxima capacidad de retención, se ocasiona un estrés hídrico que puede producir caída de la producción del cultivo de calabacita (*Cucurbita pepo* L. cv. Victoria). El rendimiento del cultivo de ricino (*Ricinus communis*) disminuyó hasta 157,67 % cuando la tensión de la humedad del suelo aumentó de -15 kPa a -75 kPa (Ríos et al., 2014). En otro estudio, Pereira et al. (2009) observaron que cuando la tensión de humedad del suelo es mayor de -15 kPa, en el cultivo de gladiolo (*Gladiolus* spp. L.), el número de flores se reduce.

Cuadro 4. Efecto de la tensión de humedad del suelo antes de la aplicación del riego y la aplicación foliar de una película de caolín sobre parámetros de rendimiento de calabacita híbrida Carola F1.

Tensión de humedad del suelo (kPa)	Numero de frutos por planta	Peso del Fruto (g)	Rendimiento (kg planta ⁻¹)
20	7.5125 a	247.01 a	1.752 ab
35	7.1875 a	243.91 a	1.857 a
50	6.725 a	240.79 a	1.630 b
p	ns	ns	0.0473
Película de caolín			
Con PC	7.53 a	246.66 a	1.85 a
Sin PC	6.78 b	241.14 a	1.64 b
p	0.0097	ns	0.0072
Interacción p	ns	ns	ns
CV (%)	7.7	2.6	8.8

Medias con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$); CV = coeficiente de variación; PC = película de caolín.

De igual forma, dado que el número de frutos por planta y el rendimiento son mayores con la aplicación de la película de caolín, también se podría recomendar la aplicación foliar de caolín para reducir el estrés térmico de las plantas e incrementar el rendimiento del cultivo de calabacita híbrida Carola F1. El rendimiento del cv. Syriiaca del mismo cultivo de calabacita también se incrementó con la aplicación foliar de una película de caolín (Khalili y Nejatizadeh, 2021). En un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivar Rio Grande, el rendimiento fue 23.8 % mayor en las plantas con caolín con relación a las plantas control (sin la película de caolín) (Djurović et al., 2016). El estudio de Faghieh et al. (2019) señala que los árboles de manzano (*Malus domestica* L.) cultivares

'Golab' y 'Shaf-Abadi' tuvieron mayor rendimiento y mayor eficiencia en el uso del agua con la aplicación de una película foliar de caolín respecto a los árboles sin aplicación de caolín. Otros han reportado efectos no favorables del caolín en el rendimiento de cultivos. Por ejemplo, el estudio de Ćosić et al. (2015) reportó que la aplicación foliar de caolín en las plantas de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cultivar Elephant Ear no incrementó el peso promedio de frutos ni el rendimiento.

CONCLUSIONES

Para cualquier nivel de tensión de la humedad del suelo (20, 35 y 50 kPa), la aplicación de una película foliar de caolín en las plantas de calabacita híbrida Carola F1 aumenta la longitud y el diámetro del fruto, así como el número de frutos por planta y el rendimiento, respecto a las plantas sin la película de caolín. Dado que la longitud y el peso del fruto, así como el número de frutos por planta y el rendimiento, son iguales a 20 y 35 kPa, para mejorar la eficiencia del uso del agua en el cultivo de calabacita híbrida Carola F1, se recomienda aplicar el riego hasta que la tensión de humedad del suelo sea de 35 kPa.

BIBLIOGRAFÍA

- Amer. K.H. (2011). Effect of irrigation method and quantity on squash yield and quality. *Agricultural Water Management*, 98: 1197-1206.
- Anwar, M.R., Liu, D.L., Macadam, I., & Kelly, G. (2013). Adapting agriculture to climate change: a review. *Theor. Appl. Climatol.* (113): 225–245.
- Anwar, R.S. (2005). Response of potato crop to biofertilizers, irrigation and antitranspiration under sandy soil conditions. Ph. D. Thesis, Fac. Agric., Zagazig Univ., Egypt, 172 pp.
- Ashrafunnesa, A.; Akter, S.; Monir, M.R. y Kabir, M.H. (2018) Growth and yield response of bell pepper (*Capsicum annuum*) to the application of kaolin and 4-CPA under net protected condition. *Journal of Experimental Biosciences*. 9(1): 9-16.
- ATLAS BIG. (24 de Marzo de 2025). ATLAS BIG. Obtenido de ATLAS BIG: <https://mx.atlasbig.com/paises-por-produccion-de-calabaza>
- Basurto-Peña, F. (2015). Etnobotánica de las calabazas cultivadas (*Cucurbita* spp.) en valles centrales de Oaxaca, México. *Agro Productividad* 8: 47-53.
- Benavides, O.E., Barraza, A., Fernando, V., Navia E., & Fernando, J. (2017). Efectos del riego por goteo y exudación sobre el rendimiento vegetal en un clima frío. *Revista De Ciencias Agrícolas* , 34 (1): 108–116.
- Boari F, Antonio Donadio, Bernardo Pace, Maria Immacolata (2016) Kaolin improves salinity tolerance, water use efficiency and quality of tomato. *Agricultural Water Management* 167(Suppl. 3):29-37
- Canet, Carles, Franco, Sara I., Morelos-Rodríguez, Lucero, Rajabi, Abdorahman, & Núñez-Useche, Fernando. (2021) Apunte geológico y revisión histórica de la zona geotérmica de Pathé, Hidalgo. *Geofísica internacional*, 60(3), 258-279.
- Cantore, V., Pace, B., Albrizio, R. (2009). Kaolin-based particle film technology affects tomato physiology yield and quality. *Environ. Exper. Bot.* 66: 279–288

- Carrasquero-S, Martínez MF, Castro MG, López Y, Díaz A, Colina G. (2019) Remoción de turbidez usando semillas de *Tamarindus indica* como coagulante en la potabilización de aguas. *Rev. bases de la Cienc.*4(1):19- 44.
- Castro Popoca, Martiniano, Águila Marín, Francisco Miguel, Quevedo Nolasco, Abel, Kleisinger, Siegfried, Tijerina Chávez, Leonardo, y Mejía Sáenz, Enrique. (2008) Sistema de riego automatizado en tiempo real con balance hídrico, medición de humedad del suelo y lisímetro. *Agricultura técnica en México*, 34(4), 459-470.
- Chabbal MD, Piccoli AB, Martínez GC, Avanza MM, Mazza SM, Rodríguez, V A. (2014) Aplicaciones de caolín para el control del golpe de sol en mandarino 'okitsu'. *Cultivos Tropicales*. Scielo; 35(1): 50-56.
- .
- Clark R.N., Swayze G.A., Wise R.A., Livo K.E., Hoefen T.M., Kokaly R.F., Sutley S.J., (2007) USGS Digital Spectral Library splib06a, USGS Digital Data Series, 231.
- CONABIO. ((S.F)). Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados (SIOVM). Obtenido de Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados (SIOVM): http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/20870_sg7.pdf
- Contreras, J.I., Alonso, F., Cánovas, G., & Baeza, R. (2017). Irrigation management of greenhouse zucchini with different soil matric potential level. *Agronomic and environmental effects*. *Agric. Water Manag.* 183: 26–34.
- Ćosić, M., Djurović, N., Todorović, M., Maletić, R., Zečević, B., & Stričević, R. (2015). Effect of irrigation regime and application of kaolin on yield, quality and water use efficiency of sweet pepper. *Agricultural Water Management*, 159: 139–147.
- Dinis, L.T., Bernardo, S., Conde, A., Pimentel, D., Ferreira, H., Félix, L., Moutinho-Pereira, J. (2016). Kaolin exogenous application boosts antioxidant capacity and phenolic content in berries and leaves of grapevine under summer stress. *Journal of Plant Physiology*, 191: 45–53.

- Djurović, N., Ćosić, M., Stričević, R., Savić, S., & Domazet, M. (2016). Effect of irrigation regime and application of kaolin on yield, quality and water use efficiency of tomato. *Scientia Horticulturae*, 201: 271–278.
- El-Mageed, T.A.A., & Semida, W.M. (2015). Effect of deficit irrigation and growing seasons on plant water status, fruit yield and water use efficiency of squash under saline soil. *Scientia Horticulturae*. (186): 89–100.
- Ertek, A., Şensoy, S., Küçükyumuk, C., & Gedik, İ. (2004). Irrigation frequency and amount affect yield components of summer squash (*Cucurbita pepo* L.). *Agricultural Water Management*, 67: 63-76.
- Faghih, S., Zamani, Z., Fatahi, R., & Liaghat, A. (2019). Efectos del riego deficitario y la aplicación de caolín sobre el crecimiento vegetativo y las características de la fruta de dos cultivares de manzana de maduración temprana. *Investigación biológica*, 52(1). doi:10.1186/s40659-019-0252-5
- FAOSTAT. 2021. The statistics division of the food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/es/#home.54167/tecnociencia.v16i1.882>
- Flores Toala, Jeniffer Monserrath, Sánchez Quispe, Hugo Rolando, López Pumalema, José Israel (2021) ¿Qué método aplicar para el control de humedad en fincas dedicadas a la agricultura en el oriente ecuatoriano?. *Dominio de las Ciencias*, ISSN-e 2477-8818, pág. 38.
- Fulignati, P. (2020) Clay minerals in hydrothermal systems. *Minerals*, 10(10), 919.
- García, Angela Valeria, Sánchez, John J., Torio, Elizabeth, Bonilla, Germán E., & Rodríguez, Andrés I.. (2022). Caracterización de minerales de alteración en domos y depósitos piroclásticos del Área Geotérmica de Paipa, Colombia. *Boletín de Geología*, 44(3), 219-233.
- Gil-Marin, J. A., & Cordova-Rodriguez, M. X. (2021). Requerimiento hídrico y edad de trasplante del calabacín (*Cucurbita pepo* L.) bajo riego por goteo en el Valle del Rio Guarapiche. *Rev. de investig. agroproducción sustentable* 5(1): 39-49.

- Glenn DM y Puterka GJ. (2005) Particle films: a new technology for agriculture. Horticultural reviews, 31(1).
- Glenn, D. M., N. Cooley, R. Walker, P. Clingeleffer y K. Shellie. (2010) Impact of Caolín Particle Film and Water Deficit on Wine Grape Water Use Efficiency and Plant Water Relations. Hortscience 45(8):1178–1187
- Glenn, D.M., & Puterka, G.J. (2005). Particle films: a new technology for agriculture. Hortic. Rev., 31: 1–44.
- Glenn, D.M. (2009). Particle film mechanisms of action that reduce the effect of environmental stress in 'Empire' Apple. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 134: 314–321.
- Glenn, D.M. y G. Puterka. (2004) Particle Film Technology: An Overview of History, Concepts and Impact In Horticulture. Acta Hort. (ISHS) 636: 509-511.
- González, J., & Ruiz, M. d. (2006) Bleaching of kaolins and clays by chlorination of iron and titanium. Applied Clay Science, 33, 219-229.
- Guevara, L. (2018). Evaluación de la humedad del suelo por medio de la sonda de reflectometría magnética (FDR) en el cultivo de banano. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/13259>
- Hussien, M., & kassem, M. (2021). Influence of Spraying Kaolin, Silicon and Calcium on Productivity and Quality of Sultani Fig. Egyptian Journal of Horticulture , 48 (1): 9-18.
- Ibrahim, E., & Selim, E. (2010). Effect Of Irrigation Intervals And Antitranspirant (Kaolin) On Summer Squash (Cucurbita Pepo L.) Growth, Yield, Quality And Economics. Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering, 1(8): 883–894.
- Khalili, M., Nejatzadeh, F. (2021). Efecto del riego deficitario y arcilla de caolín sobre el rendimiento y los componentes del rendimiento de la calabaza (Cucurbita pepo L.). SN Applied Sciences 3: 559 .
- Khan, J. Z. and N. K. Mohammadi. (2019) A review on drip fertigation on field crops. Int. J. Eng. Res. Technol. 8: 722 729.

- Li, R. Li, M. Ashraf, U. Liu, S. and Zhang, J. (2019) Exploring the relationships between yield and yield-related traits for rice varieties released in China from. *Frontiers in Plant Science*. 10:1-12.
- Lombardini, L., M. Harris, and D. Glenn. (2005) Effects of particle film application on leaf gas exchange, water relations, nut yield, and insect populations in mature pecan trees. *HortScience* 40:1376–1380
- Marín-Velásquez, Tomás Darío, Arriojas-Tocuyo, Dany Day Josefina. (2020) Remoción de turbidez de agua mediante filtración utilizando cáscara de coco (*Cocos nucífera*) a nivel de laboratorio. *Revista ION*, 33(2), 99-110.
- Mendoza-Macias, C.I., Caballero-Vera, M.H., Guaranda-Menéndez, K.E., Caballero-Vera, J.C., Murillo, K.B., Caballero- Vera, H.H., & Intriago, J.L. (2023). Evaluación de cuatro híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en cultivo protegido en el cantón Santa Ana. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 10(1): 61-65.
- Moftah, A. E. and Al-Humaid, A. R. (2005) Effects of Antitranspirants on Water Relations and Photosynthetic Rate of Cultivated Tropical Plant (*Polianthes tuberosa* L.). *Polish Journal of Ecology*, 53: 165-175.
- Nunes, J. A. S., E. M. Bonfim-Silva, and T. J. A. da Silva. (2016) Bulk density and water tensions in the soil on corn root production. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Amb.* 20: 357-363.
- Núñez-Ramírez, Fidel, Escobosa-García, Isabel, Cárdenas-Salazar, Víctor, Santillano-Cázares, Jesús, Ruelas-Islas, Jesús del Rosario, Preciado-Rangel, Pablo, & Díaz-Ramírez, Jairo. (2020) Tensión de humedad del suelo, crecimiento, eficiencia en el uso del agua y rendimiento de maíz cultivado en el noroeste de México. *Terra Latinoamericana*, 38(4), 805-815.
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C., Norma Mexicana NMX-C-414-ONNCCE-1999. Industria de la Construcción -Cementos Hidráulicos -Especificaciones y Métodos de Prueba.

Pace, B., Boari, F., Cantore, V., Leo, L., Vanadia, S., De Palma, E., & Phillips, N. (2007). Effect of particle film technology on temperature: yield and quality of processing tomato. *Acta Hortic.* 758: 287–293.

PROFECO. (28 de Febrero de 2021). Procuraduría Federal del Consumidor. Obtenido de Procuraduría Federal del Consumidor: <https://www.gob.mx/profeco/articulos/consume-calabacita-esta-temporada?idiom=es#:~:text=Rica%20en%20nutrientes%20y%20parte%20fundamental%20de%20la%20cocina%20mexicana&text=Su%20nombre%20cient%C3%ADfico%20es%20Cuc%C3%ABarbita%20pepo%20L.&text=Contiene%20lut>

Ramírez-Cuesta J. M., F. Sanz-Caballer, A. Yeves-Carrascosa, D. Guerra, D. Cale, G. Piccinni, J. Marti, D. S. Intrigliolo. (2022) Protección solar de las vides con la aplicación foliar de caolín. Efectos fisiológicos y sobre la composición de la uva. *Acta Horticultura No. 91.* págs. 139-143

Santiago Perera González, Luisa Trujillo Díaz y Guacimara Medina Alonso (2015) Efecto de la aplicación de caolín en olivo en el sur de tenerife (ii). Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural del Cabildo Insular de Tenerife. Ficha Técnica.

Sharma, R.R.; Reddy, S.V. y Datta, S.C. (2015) Particle films and their applications in horticultural crops. *Applied Clay Science.* 116: 54-68.

Shellie, K. (2015). Foliar reflective film and water deficit increase anthocyanin to soluble solids ratio during berry ripening in merlot. *Am. J. Enol. Vitic.* 66: 348–356.

SIAP. (17 de abril de 2018). Servicio de Informacion Agroalimentaria y Pesquera. Obtenido de Servicio de Informacion Agroalimentaria y Pesquera: <https://www.gob.mx/siap/articulos/calabacita-hortaliza-versatil-con-la-que-se-pueden-elaborar-diversos-platillos?idiom=es>

SIAP. (4 de Abril de 2024). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Obtenido de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera: <https://www.gob.mx/siap/articulos/calabacitas-tiernas-para-el-tradicional-platillo-a-la-mexicana?idiom=es#:~:text=En%20nuestro%20pa%C3%ADs%20el%20cul>

tivo%20de%20calabacita%20tiene,al%20antiguo%20sistema%20de%20produc
ci%C3%B3n%20agr%C3%ADcola%20llamada%

Stadler Teodoro, Buteler Micaela, Weaver David K. (2010) Nanoinsecticidas: Nuevas perspectivas para el control de plagas. Rev. Soc. Entomol. Argent. 69 (3-4): 149-156.

Subramanyam, B., Roesli, R. (2000) Alternatives to Pesticides in Stored-product IPM. Springer, US, pp. 321–380.

Vatta, K., R. S. Sidhu, U. Lall, P. S. BIRTHAL, G. Taneja, B. Kaur, N. Devineni, and C. MacAlister. (2018) Assessing the economic impact of a low-cost water-saving irrigation technology in Indian Punjab: the tensiometer. Water Int. 43: 305-321.

Wünsche, J.N., L. Lombardini y D.H. Greer. (2004) ‘Surround’ Particle Film Applications - Effects on Whole Canopy Physiology of Apple. Acta Hort. 636, 565 – 571.