

Calidad de Fruto de *Cucurbita moschata* y *Cucurbita pepo* var. "Grey Zucchini" Asociada a Hongos Micorrícicos Arbusculares Fruit Quality of *Cucurbita moschata* and *Cucurbita pepo* var. "Grey Zucchini" Associated with Arbuscular Mycorrhizal Fungi

José Alberto Gío-Trujillo^{1*}, Carlos Juan Alvarado-López²,
Neith Aracely Pacheco-López³, Jairo Cristóbal-Alejo¹, Arturo Reyes-Ramírez¹,
Juan Candelero-de la Cruz⁴ y Ernesto Castañeda-Hidalgo⁵

¹ Tecnológico Nacional de México, Campus Conkal. ² Cátedras-CONAHCYT. Avenida Tecnológico s/n, Conkal. 97345, Conkal, Yucatán, México; (J.A.G.T.), (J.C.A.), (A.R.R.), (C.J.A.L.).

^{*} Autor para correspondencia: DD20800277@conkal.tecnm.mx

³ Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Unidad sureste. Tablaje Catastral 31264, km 5.5, Carretera Sierra Papacal-Chuburna Puerto Parque Científico, Tecnológico de Yucatán. 97302. Mérida, Yucatán, México; (N.A.P.L.).

⁴ Tecnológico Nacional de México, Campus Tizimín. Final Aeropuerto Cupul s/n, Col. Santa Rita. 97700, Tizimín, Yucatán, México; (J.C.C.).

⁵ Tecnológico Nacional de México, Campus Valle de Oaxaca. Ex-hacienda de Nazareno s/n, Centro. 71230. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México; (E.C.H.).

RESUMEN

Los hongos micorrícicos arbusculares, un método prometedor para incrementar la calidad de cosecha agrícolas, pueden hacer frente a la creciente demanda de alimentos con altos aportes nutrimentales. El objetivo fue evaluar el efecto de la inoculación micorrícica nativa y comercial en *Cucurbita moschata* y *Cucurbita pepo*, var. "Grey Zucchini", sobre variables de crecimiento morfológico, calidad de cosecha y postcosecha del fruto. La inoculación micorrícica inició en etapa de semillero con 60 esporas por tratamiento. En campo, se estableció un diseño de parcelas divididas (seis tratamientos-14 repeticiones). T1: Cepa nativa 1 (sistema agrícola) + 50% de fertilización química; T2: Cepa nativa 2 (sistema multipropósito) + 50% de fertilización química; T3: Cepa nativa 3 (vegetación secundaria) + 50% de fertilización química; T4: Cepa comercial + 50% de fertilización química; T5: Sin inoculación por 100% de fertilización química; Testigo: Sin inoculación por fertilización. Las variables evaluadas fueron: altura, grosor, brotes/flores; número de frutos, peso y diámetro; para calidad postcosecha: color, grosor de cáscara, textura, humedad, pH, cenizas, acidez titulable y sólidos solubles. *C. pepo*, representó la especie con mayor afinidad micorrícica. Asimismo, los resultados determinaron que las variables de crecimiento de los cultivos no presentaron diferencias estadísticas. Asimismo, en peso y tamaño del fruto se observó un efecto significativo entre la inoculación micorrícica nativa/comercial y el tratamiento con el 100% de fertilización. En calidad postcosecha, *C. pepo*, registró diferencias en textura, acidez titulable, colorimetría y grosor del fruto. *C. moschata*, en sólidos solubles, textura y colorimetría. En conclusión, la inoculación micorrícica arbuscular en ambas especies, reduce el uso de fertilizantes químicos durante su cultivo, influyendo positivamente en la calidad de cosecha (peso y diámetro) y en atributos poscosecha (propiedades físicas y químicas) del fruto, relevantes para el consumo humano.

Palabras clave: calabaza, calabacita italiana, fertilización, inoculación micorrícica, micorrizas.

SUMMARY

Arbuscular mycorrhizal fungi, a promising method to increase the quality of agricultural crops, can address the growing demand for foods with high nutritional content. The objective was to evaluate the effect of native and commercial mycorrhizal



Cita recomendada:

Gío-Trujillo, J. A., Alvarado-López, C. A., Pacheco-López, N. A., Cristóbal-Alejo, J., Reyes-Ramírez, A., Candelero-de la Cruz, J., & Castañeda-Hidalgo, E. (2024). Calidad de Fruto de *Cucurbita moschata* y *Cucurbita pepo* var. "Grey Zucchini" Asociada a Hongos Micorrícicos Arbusculares. *Terra Latinoamericana*, 42, 1-16. e1826. <https://doi.org/10.28940/terra.v42i0.1826>

Recibido: 24 de septiembre de 2023.

Aceptado: 15 de enero de 2024.

Artículo. Volumen 42.

Mayo de 2024.

Editor de Sección:

Dr. Roberto Gregorio Chiquito Contreras

Editor Técnico:

Dr. Benjamín Zamudio González



Copyright: © 2024 by the authors.

Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC ND) License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

inoculation on *Cucurbita moschata* and *Cucurbita pepo*, var. "Grey Zucchini", on variables of morphological growth, harvest quality and post-harvest of the fruit. Mycorrhizal inoculation began in the seedling stage with 60 spores per treatment. In the field, a divided plot design was established (six treatments-14 repetitions). T1: Native strain 1 (agricultural system) + 50% chemical fertilization; T2: Native strain 2 (multipurpose system) + 50% chemical fertilization; T3: Native strain 3 (secondary vegetation) + 50% chemical fertilization; T4: Commercial strain + 50% chemical fertilization; T5: No inoculation per 100% chemical fertilization; Control: No inoculation per fertilization. The variables evaluated were: height, thickness, buds/flowers; number of fruits, weight and diameter; for postharvest quality: colour, peel thickness, texture, humidity, pH, ash, titratable acidity and soluble solids. *C. pepo*, represented the species with the highest mycorrhizal affinity. Likewise, the results determined that the crop growth variables did not present statistical differences. Likewise, in fruit weight and size, a significant effect was observed between the native/commercial mycorrhizal inoculation and the treatment with 100% fertilization. In postharvest quality, *C. pepo* recorded differences in texture, titratable acidity, colorimetry and fruit thickness. *C. moschata*, in soluble solids, texture and colorimetry. In conclusion, arbuscular mycorrhizal inoculation in both species reduces the use of chemical fertilizers during cultivation, positively influencing harvest quality (weight and diameter) and postharvest attributes (physical and chemical properties) of the fruit, relevant for human consumption.

Index words: pumpkin, Italian zucchini, fertilization, mycorrhizal inoculation, mycorrhizae.

INTRODUCCIÓN

Cucurbita pepo y *Cucurbita moschata*, se consideran las dos especies del género *Cucurbita* de mayor importancia agrícola y comercial en el mundo (OECD, 2016). Por su valor nutricional pueden ser incluidas en iniciativas de programas para la mejora de la salud pública a nivel mundial, considerándose una alternativa para afrontar los retos de la insuficiencia alimentaria y hacer frente a la creciente demanda de alimentos con altos aportes nutrimentales (Wan Shafiin *et al.*, 2021).

En el mundo, se cosechan más de 23 millones de toneladas de calabazas por año (FAOSTAT, 2023). México, representa el 2.6% de la producción a nivel mundial (Alvarado-Camarillo, Aguilar, Cepeda, Rubí y Pineda, 2021). Un aspecto relevante en la producción de calabazas en el mundo es proponer prácticas eficientes en el manejo nutricional y agronómico del cultivo de *Cucurbita pepo* y *Cucurbita moschata* generando un mayor desarrollo, rendimiento y mejora en sus diversos aspectos agronómicos. Además, de contribuir con la reducción de insumos químicos (fertilizantes inorgánicos) (Sedano-Castro *et al.*, 2011; Aguilar-Carpio, Cervantes, Sorza y Escalante, 2022). En estudios anteriores, autores como Soriano-Melgar, Izquierdo, Saucedo y Cárdenas (2020), mediante el uso de bioestimulantes y reguladores del crecimiento vegetal, mejoró la calidad del fruto (color, peso, diámetro, pH) y el contenido nutraceutico de la calabacita italiana "Grey Zucchini." Asimismo, Golob *et al.* (2020), determinaron, que el manejo en la fertilización de *C. moschata*, influye en la traslocación de elementos minerales como Selenio y Yodo. Reflejándose en la acumulación en diferentes partes de la planta. En este contexto, mediante el manejo de la fertilización de cultivos para enriquecer el suelo, se puede mejorar la biodisponibilidad de minerales del suelo e incrementar la absorción y movilidad de minerales hacia el tejido vegetal para una mejor redistribución en la planta (Upadhayay, Singh, Khan, Lohani y Singh 2019).

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), constituyen un importante componente de los suelos y clave en los diferentes procesos bioquímicos que lo conforman (Tedersoo, Bahram y Zobel, 2020). Los HMA se han considerado como un potencial bioestimulante de la nutrición mineral y crecimiento vegetal de los cultivos agrícolas. Incrementando la eficiencia fisiológica y mejorando su respuesta a condiciones adversas (Berruti, Lumini, Balestrini y Bianciotto, 2016). Por lo tanto, pueden tomarse en cuenta como una alternativa para contribuir con la sostenibilidad agroalimentaria y la creciente demanda de alimentos de calidad (Upadhayay *et al.*, 2019). Estudios previos, han reportado el efecto directo de la inoculación de HMA con el incremento en la productividad de hasta

un 50% en peso y tamaño del fruto de tomate (Alvarado-Carrillo, Díaz y Peña del Río, 2014; Di Martino, Fioretto, Palmieri, Torino, y Palumbo, 2019) y chile pimiento (Díaz-Franco, Alvarado, Ortiz y Grageda, 2013). Asimismo, se han registrado mayor calidad nutracéutica en pepino (López-Morales, Leos, Alfaro y Morales, 2022). Además, de un incremento en la acumulación de minerales en la biomasa vegetal de diferentes hortalizas (Lehmann y Rillig, 2015).

Recientemente autores han registrado la afinidad micorrícica con el género *Cucurbita*, reportando un efecto estimulante en el cultivo e incremento en diversos rasgos agronómicos (crecimiento morfológico y rendimiento del fruto), comparándola con un manejo de fertilización convencional (Díaz-Franco, Alvarado, Alejandro y Ortiz, 2016; Alvarado-Carrillo, Díaz y Alejandro, 2018). Con lo anterior, el objetivo del estudio fue evaluar la influencia de la inoculación micorrícica arbuscular nativa y comercial en un cultivo de *C. moschata* y *C. pepo*, var. "Grey Zucchini", sobre las variables de crecimiento morfológico (altura por ancho de la planta, grosor de tallo, número de brotes florales y flores), calidad de cosecha (número de frutos, peso, diámetro ecuatorial y polar) y postcosecha (atributos físicos y químicos) del fruto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Estudio

Las parcelas experimentales se establecieron en el área de producción agrícola del Tecnológico Nacional de México (TECNM), Campus Tizimín, Yucatán, México. Precedente al establecimiento de los cultivos experimentales se desarrolló una descripción físico-química del suelo (Cuadro 1). El sitio experimental presentó un previo manejo de barbecho (con antigüedad de 6 años). La vegetación se caracterizó por vegetación secundaria, predominando vegetación pionera (fabáceas, gramíneas, etc.) y un previo establecimiento de árboles de mamey (*Mammea americana*) y pasto brizantha (*Brachiaria brizantha*).

Método de Inoculación Micorrícica

Se emplearon semillas criollas de *Cucurbita pepo*, var. "Grey Zucchini", HYDRO ENVIROMENT® y semillas nativas de *Cucurbita moschata*, provenientes del banco de germoplasma nativo del TECNAM, Campus Tizimín. Para la inoculación micorrícica se empleó el método de siembra de esporas en semillero (Sieverding, 1990). Se emplearon charolas de 77 cavidades (120 gramos) a una concentración de 60 esporas por tratamiento. Se usó sustrato orgánico como medio de cultivo sólido a una relación 60-40 v/v (suelo estéril-Peat Mose). La esterilización del sustrato (suelo y Peat Mose) se realizó por medio de autoclave a 120 °C por 90 minutos (Giampaoli, Brandan, Enrico, Coll y Lencina, 2014).

Diseño de las Parcelas Experimentales

Para el establecimiento de los cultivos se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas con dos parcelas mayores (*C. moschata* y *C. pepo*) con seis grupos experimentales conformada con 14 repeticiones cada uno (Cuadro 2). Cada parcela experimental presentaba dimensiones de 300 metros cuadrados.

Cuadro 1. Análisis del suelo precedentes al establecimiento de las parcelas experimentales.
Table 1. Soil analysis preceding the establishment of the experimental plots.

Da	Porosidad	Textura	M.O.	pH	CE
g cm ⁻³	%		%		ds m ⁻¹
0.88±0.10	68.56±1.10	FL	9.48±0.54	7.44±0.12	1.06±0.13

[†] Da = densidad aparente; M.O. = materia orgánica; pH = potencial de hidrogeno; CE = conductividad eléctrica; FL = franco Limoso. Medias ± Desviación estándar. [‡] La caracterización del suelo se realizó en el Laboratorio de Análisis, Suelo, Planta y Agua (LASPA) del TECNAM, Campus Tizimín.

[†] Da = bulk density; M.O. = organic matter; pH = hydrogen potential; EC = electrical conductivity; FL = silt loam. Means ± standard deviation. [‡] Soil characterization was performed at the Laboratory of Analysis, Soil, Plant and Water (LASPA) of TECNAM, Campus Tizimín.

Cuadro 2 Descripción de los grupos experimentales del estudio.
Table 2. Description of the experimental groups of the study.

ID	Tratamiento	Composición
T1	Cepa nativa de HMA (sistema agrícola) + 50 % de fertilización química (80N-50P-80K)	60 esporas/33 g de suelo
T2	Cepa nativa de HMA (sistema multipropósito) + 50 % de fertilización química (80N-50P-80K)	60 esporas/25 g de suelo
T3	Cepa nativa de HMA (vegetación secundaria) + 50 % de fertilización química (80N-50P-80K)	60 esporas/17 g de suelo
T4	Cepa comercial de HMA (GLUMIX, BIOKONEE®) + 50 % de fertilización química (80N-50P-80K)	60 esporas/1.4 g de suelo del producto comercial
T5	100 % de fertilización química (160N-100P-160K)	-----
CN	Sin inoculación-Sin fertilización	-----

T = tratamiento; CN = control negativo.

T = treatment; NC = negative control.

Manejo Agronómico del Cultivo

Los cultivos se establecieron en el ciclo octubre-diciembre y octubre-enero de 2022, a 14 y 16 días después de la siembra (DDS) para *C. pepo*, var. "Grey Zucchini" y *C. moschata*, respectivamente. Su trasplante se realizó en pocetas (20 cm de profundidad), a distancia de 1 m × 1 m (planta/surco). Trasplantando 84 plantas por especie (parcela). La aparición de los brotes florales de *C. pepo* y *C. moschata*, inicio a los 44 y 51 DDS, la floración a los 51 y 58 DDS, la etapa de fructificación y cuaje inicio a los 57 y 72 DDS, realizando cortes cada 5-7 días hasta el término del cultivo, 78 y 100 DDS. El manejo agronómico de los cultivos consistió en una fertilización inorgánica, 160N- 90P -160K (Alvarado-Carrillo *et al.*, 2018), cada 20-30 días durante todas fases fenológicas de los cultivos, empleando el método drench (Pérez, 2021). Complementariamente, se aplicó en dosis de 250 mL, IONGRO-COMPLEX-zinc, 4.85%; hierro, 4.30%; azufre, 5.79%; magnesio, 1.30%; manganeso, 0.30 %; cobre, 0.06%; boro, 0.88%; molibdeno, 0.02% y cobalto, 0.01% (p/v). Los micronutrientes se aplicaron a T1, T2, T3, T4 y CP, al momento de trasplante, desarrollo vegetativo, floración y fructificación. El riego se realizó por goteo (500 mL por planta⁻¹) cada dos días. Se monitorearon las condiciones agroclimáticas por medio de un Termómetro Higrómetro KAMYSEN®, registrando una temperatura promedio máxima de 30.77, mínima de 21 °C, humedad relativa de 68.65%. La precipitación pluvial durante todo el ciclo del cultivo se registró de 96.7 milímetros (CONAGUA, 2022).

Variables del Potencial Micorrícico

Se desarrolló un muestreo destructivo previo al trasplante (semillero) y término del cultivo (campo) para ambas especies inoculadas con cepas de HMA. Seleccionando diez segmentos de raíces al azar y diez muestras de suelo rizosférico (100 g) por tratamiento. Se empleó un microscopio LEICA DM4000® a una visión de 40 × (0.10 mm E=0.01 m) para visualizar las estructuras fúngicas. Para la densidad de esporas se usó un protocolo de tamizado en húmedo y centrifugación en solución de sacarosa al 60% (Gerdemann y Nicolson, 1963), cuantificándolas por el método de cuadrantes (Sieverding, 1990). El porcentaje de colonización se calculó por el protocolo de aclarado y tinción de raíces propuesto por Phillips y Hayman, (1970), modificado por Koske y Gemma (1989). Para la determinación del porcentaje de colonización se utilizó el método de Newman (1966).

$$\% \text{ de colonización micorrízica} = \frac{\# \text{ de cuadrantes colonizados}}{\# \text{ de cuadrantes visualizados}} \times 100 \quad (1)$$

Variables del Cultivo

Crecimiento morfológico: Se realizaron cada siete días mediciones morfológicas de los cultivos evaluados. Las variables morfológicas tomadas en planta fueron: altura de la planta (cm), grosor del tallo (cm), número de brotes florales (#) y flores masculinas/femeninas (#).

Calidad de cosecha del fruto: Se caracterizaron los frutos de acuerdo con la propuesta de Esquinas-Alcazar y Gulick (1983). Tomando en cuenta los siguientes datos: Número de frutos por planta (#), peso fresco del fruto por corte (g), diámetro polar (cm) y diámetro ecuatorial (cm). Adicionalmente, se clasificaron los frutos a nivel comercial. Para *C. moschata*: Rezaga (< 10 cm), pequeños (< 20 cm); mediano (20-39 cm) y grande (40-50 cm) (Gordillo-Manssur, Cos y Romero, 2018). Para *C. pepo*, "Grey Zucchini": Calidad nacional (12-15 cm); calidad exportación (16-25 cm) y rezaga-pequeños (< 12 cm) (Sedano-Castro, et al., 2011; Ayala-Tafoya et al., 2020). El pesaje y diámetro de los frutos fueron cuantificados empleando una báscula digital GUTSTARK® y un vernier digital 6" DASSCUA®.

Variables de Calidad Postcosecha del Fruto

Se seleccionaron por tratamiento 18 frutos al azar (n = 108 por especie), con madurez fisiológica, durante el primer corte de su cosecha.

Color. La colorimetría de la cáscara y pulpa se desarrolló por medio del modelo CIE L*a*b*, empleando un colorímetro espectral CR-30, determinando los parámetros de luminosidad (L*), coordenadas rojo/verde (a*) y coordenadas amarillo/azul (b*) (Soriano-Melgar et al., 2020).

Grosor de la cáscara. Para determinar el grosor de la cáscara se empleó un vernier digital 6" DASSCUA®. Tomando en cuenta sólo el endocarpio de la fruta (Esquinas-Alcazar y Gulick, 1983).

Textura (firmeza). Se empleó un texturímetro EZ TEST, SHIMADZU®, a una velocidad de ensayo de 10 cm min⁻¹, profundidad de desplazamiento de 10 mm. Expresando su fuerza máxima en Newton (N) con escala total de 500 N. Los datos se colectaron con compresión hacia abajo, tomando los datos en la zona ecuatorial del fruto (Moreno et al., 2023).

Porcentaje de humedad. Se determinó por el método de estufa de vacío de la NMX-F-083-1986 (1986) el porcentaje de pérdida de humedad de las muestras. Se colocaron 5 g de muestra fresca en crisoles previamente a peso constante. Las muestras fueron colocadas en una estufa de secado OVEN® (OV-12) a 105 °C por 24 h. Se colocaron en un desecador hasta alcanzar temperatura ambiente. La fórmula para calcular el % de humedad:

$$\frac{P - P1}{P2} \times 100 \quad (2)$$

Donde, P = crisol + muestra húmeda (g), P1 = crisol + muestra seca (g); P2 = peso de la muestra (g).

Porcentaje de cenizas. De acuerdo con la NMX-F-066-S-1978 (1978), se determinó el contenido mineral de las muestras, empleando el método de calcinación en mufla. El procedimiento para determinar cenizas se realizó por medio de una calcinación de la muestra a 540 °C × 30 minutos. Posteriormente, a incineración en una mufla FELISA® a 600 °C × 3 horas. La fórmula para calcular el % de ceniza:

$$(P - p) \times \frac{100}{M} \quad (3)$$

Donde: P = crisol + cenizas (g), p = crisol vacío (g) y M = muestra (g).

Potencial de hidrógeno (pH). Se desarrollo el método de potenciometría empleando el protocolo de NMX-F-317-S-1978 (1978), El pH se determinó en 10 g de muestra macerada + 50 mL de agua destilada, empleando un potenciómetro digital RedLemon® para la toma de datos.

Acidez titulable (AT). El contenido de ácidos orgánicos se determinó por medio del método de titulación según la NMX-F-102-S-1978 (1978), expresándose en mg de ácido cítrico 100 g⁻¹ de muestra. Se colocaron 100 g de muestra en 500 mL de agua destilada. Posteriormente, se filtra la solución sobrenadante, tomando una alícuota de 10 mL+0.3 mL de fenolftaleína al 1%, titulando la solución 0.01 N de NaOH. Se emplea la ecuación:

$$\% AT = \left(\text{ml de NaOH} \right) \frac{(0.01 N)(\text{meq ácido cítrico})}{100 \text{ g masa de la muestra}} \quad (4)$$

Sólidos solubles totales (SST). El contenido de azúcar se determinó por refractometría, empleando un refractómetro manual de precisión 0.05%, SELSE-043. Los datos se tomaron a partir de una gota de la pulpa según la NMX-F-103-1982 (1982), expresados en °Brix (g de azúcar por 100 g de muestra).

Análisis Estadístico

Los datos se sometieron a un ANOVA para un diseño de parcelas divididas. Con una prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) se determinaron las diferencias entre medias. Empleando el software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Potencial Micorrícico

La calabaza *Cucurbita moschata*, fue el hospedero de HMA más infectivo en el estudio. En ambos cultivos, se observaron diferencias estadísticas con relación a la densidad de esporas y colonización micorrícica. Donde, el T4 (GLUMIX®), representó el grupo experimental con mayor presencia de esporas de HMA (>30 esporas de HMA/g⁻¹⁰ de suelo) y porcentaje de colonización micorrícica (> 70%) en grado 4 (Trouvelot, Fardeau, Plenchette, Gianinazzi y Gianinazzi, 1986). Aunque su tendencia en multiplicación fue menor al 5% en *C. pepo* y decreció un 12.8% en *C. moschata*. Por su parte, la colonización micorrícica incremento un 12.3% en *C. pepo* y 4.8% en *C. moschata* desde su inoculación en semillero (Cuadro 3). En contraste, la multiplicación de esporas de HMA nativas representó la de mayor tasa de multiplicación micorrícica. El T3 en calabacita, registró un incremento del 17.13% en colonización y 5.47% en densidad de esporas. Asimismo, en *C. moschata*, se incrementó un 5.47% la colonización micorrícica (Cuadro 3).

Cuadro 3. Número de esporas de micorrizas arbusculares (g⁻¹⁰) en suelo rizosférico de *Cucurbita pepo*, var. "Grey Zucchini" y *Cucurbita moschata*, en semillero y en condiciones de campo.

Table 3. Number of arbuscular mycorrhizal spores (g⁻¹⁰) in rhizospheric soil of *Cucurbita pepo*, var. "Grey Zucchini" and *Cucurbita moschata*, in seedbeds and in field conditions.

ID	Colonización micorrícica (%)		Número de esporas (10 g suelo ⁻¹)	
	Semillero	Campo	Semillero	Campo
	14 DDS	78 DDS	16 DDS	100 DDS
<i>Cucurbita moschata</i>				
T1	35±9 b	42.83±4.22 c	18±7 c	15.29±2.81 bc
T2	49.3±13 ab	51.33±2.42 b	21±8 b	18.00±3.37 b
T3	50.7±10 ab	56.17±5.98 b	32±6 ab	20.86±4.53 b
T4	72.7±5 a	77.50±4.37 a	50.3±8 a	37.57±6.80 a
T5		31.50±5.65 d		10.86±3.34 c
CN		41.33±4.18 c		10.43±3.60 c
<i>Cucurbita pepo</i> var. "Grey Zucchini"				
T1	29.7±10 b	36.50±3.21 cd	16.7±8 b	18.14±5.58 b
T2	34.7±9 ab	39.17±3.92 c	17.7±3 b	24.57±4.89 b
T3	37.7±3 ab	54.83±3.82 b	19±4 b	24.00±4.08 b
T4	58.7±14 a	71.00±4.00 a	38±2 a	41.00±4.62 a
T5		29.83±6.65 d		9.71±2.69 c
CN		43.17±4.75 c		10.57±3.51 c

T1 = cepa nativa 1 de HMA (sistema agrícola) +50% de fertilización química; T2 = cepa nativa 2 (sistema multipropósito) de HMA+50% de fertilización química; T3 = cepa nativa 3 (vegetación secundaria) de HMA+50% de fertilización química; T4 = cepa comercial (GLUMIX®) +50% de fertilización química; T5 = 100% de fertilización química (160 N-100 P- 160 K); CN = sin inoculación-fertilización. † Medias ± desviación estándar. ‡ Letras comunes sin diferencias estadísticas. § La evaluación de la densidad de esporas de hongos micorrizcos arbusculares se realizó en el laboratorio de suelos del Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral regional (CIDIR), Unidad Oaxaca, Oaxaca de Juárez, Oaxaca, México.

T1 = native AMF strain 1 (agricultural system) +50% chemical fertilization; T2 = native strain 2 (multipurpose system) of AMF+50% chemical fertilization; T3 = native strain 3 (secondary vegetation) of AMF+50% chemical fertilization; T4 = commercial strain (GLUMIX®) +50% chemical fertilization; T5 = 100% chemical fertilization (160 N-100 P- 160 K); CN = without inoculation-fertilization. † Means ± Standard deviation. ‡ Common letters without statistical differences. § The evaluation of the spore density of arbuscular mycorrhizal fungi was carried out in the soil laboratory of the National Polytechnic Institute, Interdisciplinary Research Center for Regional Integral Development (CIDIR), Oaxaca Unit, Oaxaca de Juárez, Oaxaca, Mexico.

La tendencia de propagación micorrízica nativa observadas en el estudio, concuerda con lo reportado por Esquivel-Quispe, Quispe y Hernández (2021), al determinar que los inóculos nativos de hongos micorrízicos arbusculares reflejan un mayor potencial de multiplicación y prevalencia en condiciones de campo abierto. Al estar previamente adaptados a un ambiente específico y condiciones edáficas adversas.

Crecimiento Vegetativo del Cultivo

Las variables de crecimiento morfológico del cultivo nos indican una falta de diferencias significativas con relación a la altura de la planta, grosor del tallo, número de brotes florales y flores. No obstante, aritméticamente, el T5 (100% de fertilización química), registró los valores con mayor tasa de crecimiento cinético en los cultivos. Seguido de T4 (GLUMIX®) y T2 (cepa nativa de HMA) (Cuadro 4). La falta de variaciones estadísticas en el estudio nos permite inferir que el manejo agronómico de los tratamientos con inoculación micorrízica + 50% de fertilización química, representó el manejo agronómico más rentable, al reducir en un 50% la fertilización sintética. Sin afectar los índices y valores en su desarrollo fenológico y producción (Alvarado-Carillo *et al.*, 2018; Aguilar-Carpio *et al.*, 2022).

La misma aseveración es reportada por Sarhan, Mohammed y Teli, (2011) y Ayala-Tafoya *et al.*, (2020), al determinar un efecto significativo en calabacita "Grey Zucchini" con fertilización orgánica (Azotobacter), bioestimulantes (Auxinas) y compostas, observando un mayor crecimiento vegetativo (longitud, grosor del tallo, clorofila foliar y biomasa seca en follaje), en comparación a grupos experimentales con fertilización sintética.

En otros cultivos, similares respuestas se han reportado en el desarrollo de la planta y rendimientos. Díaz-Franco, Gálvez y Ortiz (2015) y Alvarado-Carillo *et al.* (2018), en sorgo y pepino, respectivamente, indicaron que la inoculación micorrízica juega un papel clave en la biodisponibilidad de nutrientes en suelo, permitiendo aportes importantes de minerales hacia la planta, compensando la reducción en un 50% de su fertilización inorgánica. Sharma, Reddy y Adholeya (2011) en trigo, han reportado los efectos de la inoculación micorrízica, con una reducción del 75% de la fertilización inorgánica, con rendimientos similares en comparación a dosis convencionales de N-P-K. Lo que implicaría una competitividad entre el uso de biofertilizantes con la fertilización química, considerándose una alternativa de rentabilidad agrícola, al reducir el uso de fertilización convencional, altos costo y los riesgos medioambientales.

Cuadro 4. Variables de crecimiento del cultivo de *Cucurbita moschata* y *Cucurbita pepo*, var. Grey Zucchini.
Table 4. Growth variables of the *Cucurbita moschata* and *Cucurbita pepo*, var. "Grey Zucchini".

ID	Altura por ancho	Grosor	Brotes florales	Flores
	cm	mm	#	#
<i>Cucurbita moschata</i>				
T1	165.67±112.09 a	10.05±4.07 a	11.43±5.16 a	8.86±5.05 a
T2	167.08±121.05 a	10.64±4.56 a	12.75±5.20 a	8.38±4.90 a
T3	165.67±121.68 a	10.13±4.31 a	13.00±5.15 a	9.00±4.41 a
T4	176.92±129.06 a	10.38±3.99 a	13.25±4.89 a	9.25±4.53 a
T5	178.58±139.17 a	10.43±5.13 a	13.38±5.10 a	9.88±4.61 a
CN	160.42±119.27 a	9.47±4.36 a	12.-13±4.97 a	6.88±4.19 a
<i>Cucurbita pepo</i> , var. "Grey Zucchini"				
T1	75.33±38.62 a	8.90±3.37 a	8.67±3.93 a	5.33±4.13 a
T2	79.22±46.27 a	8.69±3.37 a	12.00±4.00 a	8.00±5.80 a
T3	79.78±46.27 a	9.33±3.59 a	11.00±3.95 a	7.83±5.08 a
T4	86.88±53.95 a	8.75±3.61 a	11.20±3.35 a	7.60±5.73 a
T5	88.56±60.13 a	8.52±3.59 a	11.17±3.49 a	8.67±5.61 a
CN	65.67±41.67 a	8.34±3.46 a	9.00±3.03 a	7.33±4.68 a

T1 = cepa nativa 1 de HMA (sistema agrícola) +50% de fertilización química; T2 = cepa nativa 2 (sistema multipropósito) de HMA+50% de fertilización química; T3 = cepa nativa 3 (vegetación secundaria) de HMA+50% de fertilización química; T4 = cepa comercial (GLUMIX®) +50% de fertilización química; T5 = 100% de fertilización química (160 N-100 P- 160 K); CN = Sin inoculación-fertilización. † Medias ± desviación estándar. ‡ Letras comunes sin diferencias estadísticas.
T1 = native AMF strain 1 (agricultural system) +50% chemical fertilization; T2 = native strain 2 (multipurpose system) of AMF+50% chemical fertilization; T3 = native strain 3 (secondary vegetation) of AMF+50% chemical fertilization; T4 = commercial strain (GLUMIX®) +50% chemical fertilization; T5 = 100% chemical fertilization (160 N-100 P- 160 K); CN = Without inoculation-fertilization. † Means ± Standard deviation. ‡ Common letters without statistical differences.

Calidad del Fruto

Para las dos especies evaluadas se presentaron diferencias estadísticas en peso del fruto al corte, diámetro polar y ecuatorial, en *C. pepo* (< 0.0001 , < 0.0002 y < 0.0001) y *C. moschata* (< 0.0001 , < 0.0002 y < 0.0001). El T5, representa el tratamiento con mayor rendimiento (número de frutos, peso y tamaño del fruto), seguido de T4 (GLUMIX®) y T3 (inoculación de HMA nativa). Los tratamientos con inoculación micorrícica de HMA comerciales o nativos, registraron un peso promedio de 333.9 g por fruto en *C. pepo* y 555.6 g para *C. moschata* (Cuadro 5).

La respuesta agronómica de ambos cultivos presenta similitudes con lo reportado por otros autores. Díaz-Franco *et al.* (2016), determinaron en calabacita italiana asociada con HMA, una respuesta agronómica similar en altura de planta, calidad de fruto y rendimiento del cultivo, comparada a la respuesta de un cultivo con la fertilización inorgánica convencional de 120 N 90 P 0 K. Reportando un peso promedio de fruto al corte que osciló entre 160 a 230 gramos. Aguilar-Carpio *et al.* (2022), indicaron que la fertilización química al 50% + *Rhizophagus irregularis*, presentó similitud en rendimiento (peso, diámetro y largo del fruto) de calabacita italiana "Grey Zucchini" en comparación a la fertilización convencional al 100 por ciento.

Con base a la clasificación de los frutos para calidad comercial, *C. moschata* en cuatro cosechas registró un mayor número de frutos categorizados medianos (25-39 cm) y grandes (40-50 cm), constituyendo el 54.95% y 25.88%, respectivamente de la producción, seguido del 16.61 y 2.56 % para frutos pequeños y rezaga. Por tratamiento no se presentaron diferencias significativas. No obstante, T5 (fertilización química al 100%), T3 y T4 (cepas nativas de HMA), registraron el mayor aporte de frutos de calidad comercial, clasificados como frutos medianos y grandes (Figura 1).

Para *C. pepo*, en tres cosechas registradas, el 48.06% de frutos fue de calidad nacional (12-15 cm), 46.6% de calidad de exportación (16-25 cm) y 5.34% frutos rezaga. Asimismo, entre categorías se observaron diferencias estadísticas. Donde, el T5 y T2, representan los tratamientos con mayor aporte de frutos de calidad nacional. Asimismo, T4, registró el mayor número de calidad de exportación (Figura 2).

Cuadro 5. Rendimiento del cultivo del cultivo de *Cucurbita moschata* y *Cucurbita pepo*, var. "Grey Zucchini".
Table 5. Crop yield of *Cucurbita moschata* and *Cucurbita pepo*, var. "Grey Zucchini".

ID	Números de fruto	Peso	Diámetro polar	Diámetro ecuatorial
	#	g	----- cm -----	
<i>Cucurbita moschata</i>				
T1	11.25±3.59 a	312.16±196.82 b	10.10±3.06 c	5.12±0.88 c
T2	12.50±3.42 a	493.42±317.52 b	13.20±3.40 b	5.74±0.83 bc
T3	13.50±3.32 a	524.09±317.12 b	13.12±3.31 b	6.06±1.32 ab
T4	14.00±2.45 a	836.95±581.68 a	15.54±4.56 a	6.54±1.50 a
T5	14.50±3.11 a	828.84±682.17 a	15.18±5.14 ab	6.55±1.32 a
CN	11.75±4.03 a	507.87±301.77 b	13.09±2.84 b	5.72±0.91 bc
<i>Cucurbita pepo</i> , var. "Grey Zucchini"				
T1	8.00±3.00 a	215.75±104.25 b	14.10±1.81 a	5.24±0.94 bc
T2	8.67±2.31 a	295.00±149.71 ab	15.17±2.54 b	5.85±1.35 abc
T3	8.33±1.53 a	392.32±246.31 a	16.28±3.19 ab	6.02±1.00 ab
T4	10.00±2.00 a	413.50±240.60 a	17.92±2.87 a	6.38±1.47 ab
T5	9.67±1.15 a	434.38±167.55 a	16.41±4.16 ab	6.17±0.49 a
CN	7.00±1.00 a	229.33±49.44 b	15.14±2.66 b	5.10±0.41 c

T1 = cepa nativa 1 de HMA (sistema agrícola) +50% de fertilización química; T2 = cepa nativa 2 (sistema multipropósito) de HMA+50% de fertilización química; T3 = cepa nativa 3 (vegetación secundaria) de HMA+50% de fertilización química; T4 = cepa comercial (GLUMIX®) +50% de fertilización química; T5 = 100% de fertilización química (160 N-100 P- 160 K); CN = Sin inoculación-fertilización. † Medias ± desviación estándar. ‡ Letras comunes sin diferencias estadísticas.

T1 = native AMF strain 1 (agricultural system) +50% chemical fertilization; T2 = native strain 2 (multipurpose system) of AMF+50% chemical fertilization; T3 = native strain 3 (secondary vegetation) of AMF+50% chemical fertilization; T4 = commercial strain (GLUMIX®) +50% chemical fertilization; T5 = 100% chemical fertilization (160 N-100 P- 160 K); CN = without inoculation-fertilization. † Means ± Standard deviation. ‡ Common letters without statistical differences.

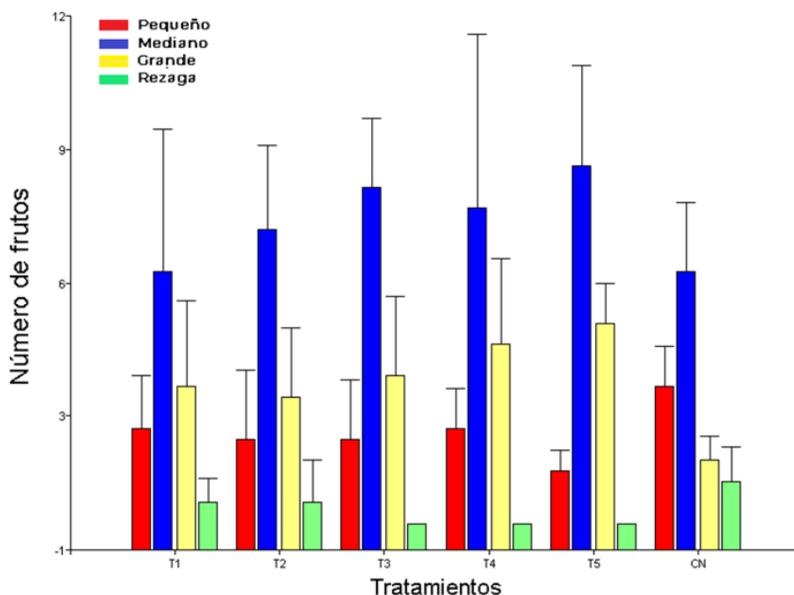


Figura 1. Clasificación comercial del fruto de *Cucurbita moschata*. T1 = cepa nativa 1 de HMA (sistema agrícola) +50% de fertilización química; T2 = cepa nativa 2 (sistema multipropósito) de HMA+50% de fertilización química; T3 = cepa nativa 3 (vegetación secundaria) de HMA+50% de fertilización química; T4 = cepa comercial (GLUMIX®) +50% de fertilización química; T5 = 100% de fertilización química (160 N-100 P- 160 K); CN = sin inoculación-fertilización.

Figure 1. Commercial classification of the fruit of *Cucurbita moschata*. T1 = native AMF strain 1 (agricultural system) +50% chemical fertilization; T2 = native strain 2 (multipurpose system) of AMF+50% chemical fertilization; T3 = native strain 3 (secondary vegetation) of AMF+50% chemical fertilization; T4 = commercial strain (GLUMIX®) +50% chemical fertilization; T5 = 100% chemical fertilization (160 N-100 P- 160 K); CN = without inoculation-fertilization.

Para *C. pepo*, en tres cosechas registradas, el 48.06% de frutos fue de calidad nacional (12-15 cm), 46.6% de calidad de exportación (16-25 cm) y 5.34% frutos rezaga. Asimismo, entre categorías se observaron diferencias estadísticas. Donde, el T5 y T2, representan los tratamientos con mayor aporte de frutos de calidad nacional. Asimismo, T4, registró el mayor número de calidad de exportación (Figura 2).

De manera general, en calabacita italiana, los tratamientos con inoculación micorrízica, representaron el 31.06% de los frutos con calidad nacional y 33.98% calidad para exportación. Asimismo, en frutos de calabaza, los tratamientos con inoculación micorrízica presentaron el 54.31% de frutos con calidad comercial (frutos medianos-grandes). Por lo que se infiere un efecto directo de los beneficios de la interacción micorrízica nativa o comercial, al estimular la calidad de cosecha en relación a la longitud, ancho y peso de los frutos. Por lo contrario, el control negativo (sin inoculación, sin fertilización) presentó el mayor número de frutos en rezaga para ambas especies evaluadas. En otros cultivos, Díaz-Franco *et al.* (2013) y Alvarado-Carrillo *et al.* (2014), demostraron que la inoculación de *Rhizophagus irregularis*, influye en el crecimiento y engorde del fruto en tomate y chile pimiento. Ambos autores determinaron un incremento en un 30%, en relación con el grupo sin inoculación + fertilización química. Asimismo, Di Martino *et al.* (2019) y Arcidiacono, Pellegrino, Nuti y Ercoli (2023), han reportado un efecto positivo en la productividad en un cultivo de tomate + HMA, incrementando el peso y tamaño de los frutos hasta en un 50%, en comparación a tratamientos con un manejo convencional.

Propiedades Físicas del Fruto

De acuerdo con el modelo CIE $L^*a^*b^*$, la cáscara y pulpa en *C. moschata*, solo presentan diferencias estadísticas en b^* (amarillo/azul) en cáscara en cáscara ($P = 0.00011$) y L^* (luminosidad) en pulpa ($P = 0.0001$) (Cuadro 6). Con respecto a las tonalidades y matices en la colorimetría en cáscara se observan tonalidades verde-amarillo oscuro presente en los tratamientos con inoculación micorrízica y tonalidades más claras en los grupos control positivo y negativo. En relación a la pulpa, solo se registran variaciones en luminosidad con tonos más oscuros en el grupo

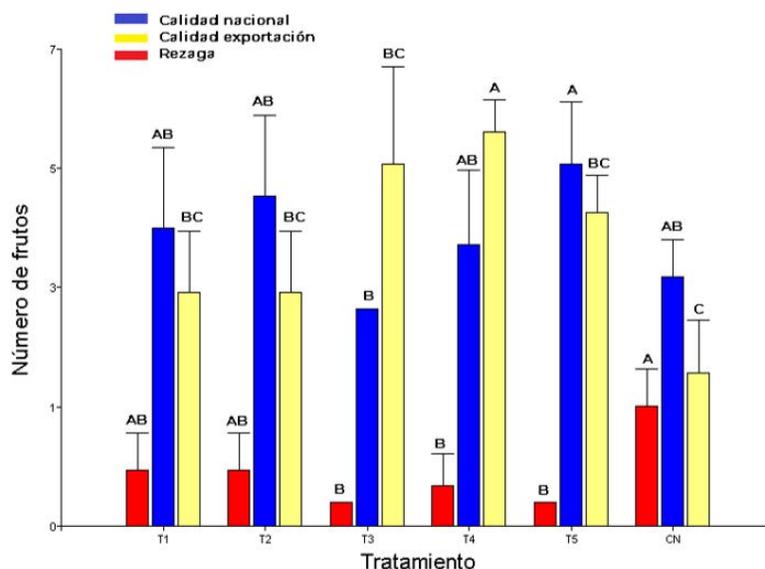


Figura 2. Clasificación comercial del fruto de *Cucurbita pepo* var. "Grey Zucchini". T1 = cepa nativa 1 de HMA (sistema agrícola) +50% de fertilización química; T2 = cepa nativa 2 (sistema multipropósito) de HMA+50% de fertilización química; T3 = cepa nativa 3 (vegetación secundaria) de HMA+50% de fertilización química; T4 = cepa comercial (GLUMIX®) +50% de fertilización química; T5 = 100% de fertilización química (160 N-100 P- 160 K); CN = sin inoculación-fertilización. † Letras comunes sin diferencias estadísticas.

Figure 2. Commercial classification of the fruit of *Cucurbita pepo* var. "Grey Zucchini". T1 = native AMF strain 1 (agricultural system) +50% chemical fertilization; T2 = native strain 2 (multipurpose system) of AMF+50% chemical fertilization; T3 = native strain 3 (secondary vegetation) of AMF+50% chemical fertilization; T4 = commercial strain (GLUMIX®) +50% chemical fertilization; T5 = 100% chemical fertilization (160 N-100 P- 160 K); CN = without inoculation-fertilization. † Common letters without statistical differences.

control negativo (Figura 3). Lo anterior responde a una mayor homogeneidad entre frutos y su estado de madurez fisiológica. Las diferencias observadas se pueden relacionar al manejo agronómico de la nutrición, al observar variaciones en comparación al tratamiento sin aportaciones minerales en el suelo o aplicación de bioproductos que promuevan la fertilización o biodisponibilidad de nutrientes en el suelo (Hassan y Emam, 2015). Lo que implica que la relación de la colorimetría de un fruto está fuertemente ligada a los procesos bioquímicos de un fruto durante las etapas fisiológicas de pre- madurez, maduración y poscosecha de un fruto (Pathare, Opara y Al-Said, 2013). Canul-Ku, Ramírez, Castillo y Chávez (2005), en estudios de caracterización en Yucatán, han reportado tonalidades similares en especies nativas de *C. moschata*, relacionadas con la madurez fisiológica del fruto. Conforme avanza su estado de madurez fisiológica, los colores van de un amarillo oscuro hasta una coloración café-marrón. La pulpa, en su madurez presenta una tonalidad dominante de anaranjado intenso.

En *C. pepo*, se observan variaciones estadísticas en los parámetros de grosor ($P = 0.0126$), textura de cáscara ($P = 0.0465$) tonalidades de L^* ($P = 0.0001$), a^* ($P = 0.0029$), b^* ($P = 0.0001$) en cáscara y a^* ($P = 0.0004$) y b^* ($P = 0.0204$) en pulpa. En relación a la coloración del fruto, la heterogeneidad en *C. pepo* se observan en T1, T4, T5 y CN. Los cuales presentaron un matiz verde-amarillento con tonalidades más clara en cáscara y amarillentas oscuras en pulpa. Por lo contrario, T2 y T3, con un matiz más oscuro en relación a verde-amarillo en cáscara y pulpa (Cuadro 6), (Figura 3). En otros estudios se han reportado similitudes en coloración en cáscara y pulpa en especies de *Cucurbita*. Soriano-Melgar *et al.* (2020), registraron en calabacita italiana var. "Grey Zucchini", diferencias en tonalidad y nitidez en colorimetría de la cáscara. Al determinar variaciones estadísticas en las tonalidades rojo/verde en la apariencia de la cascara en el grupo control al respecto a los grupos experimentales con presencia de inoculación con *Azotobacter chroococcum* + QUITOMAX®. La heterogeneidad reportada en calabacita var. "Grey Zucchini", responde a los diferentes grados de madurez que influyen en la coloración de esta variedad. Las tonalidades en cáscara y en la pulpa reportadas en el estudio concuerdan con Canul-Ku *et al.* (2005), quienes reportan una coloración que va desde verde claro a oscuro en cáscara y una pulpa que van del blanco o amarillo.

Cuadro 6. Colorimetría de frutos de *Cucurbita moschata* y *Cucurbita pepo*, var. "Grey Zucchini".
Table 6. Colorimetry of *Cucurbita moschata* and *Cucurbita pepo*, var. "Grey Zucchini".

ID	Cáscara			Pulpa		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
<i>Cucurbita moschata</i>						
T1	24.10±4.0 a	-2.43±0.72 a	4.33±1.1 a	83.30±5.1 ab	3.77±2.20 a	63.77±7.74 a
T2	21.27±2.7 a	-0.27±0.15 a	0.87±0.9 bc	80.73±3.41 b	3.80±0.70 a	65.30±2.95 a
T3	19.77±1.5 a	-0.6±0.50 a	2.13±2.2 bc	81.10±2.99 b	2.70±0.51 a	57.07±1.57 a
T4	22.03±0.9 a	-0.80±0.40 a	2.23±0.15 b	86.03±3.0 ab	5.57±0.85 a	64.77±3.54 a
T5	23.40±0.6 a	-1.10±0.61 a	0.40±0.44 c	87.53±0.8 ab	2.27±1.36 a	65.17±4.06 a
CN	19.80±3.1 a	-0.27±0.21 a	1.03±0.3 bc	94.57±6.83 a	3.57±1.98 a	66.50±5.23 a
<i>Cucurbita pepo</i> , Var. Grey Zucchini						
T1	55.67±0.4 a	-6.03±0.75 ab	22.03±1.8 a	90.70±3.91 a	-1.67±0.15 b	53.97±1.21 b
T2	39.23±2.6 c	-4.17±0.38 a	12.57±0.6 c	85.53±0.96 a	0.60±0.26 a	59.80±2.2 ab
T3	45.47±0.3 b	-4.40±0.53 a	16.23±1.3 b	86.90±1.90 a	1.40±0.52 a	61.77±1.88 a
T4	49.33±3.1 b	-5.63±1.37 ab	16.67±0.8 b	90.20±4.76 a	1.33±0.91 a	57.13±4.3 ab
T5	44.50±0.6 b	-7.23±0.45 b	21.03±1.0 a	91.73±3.06 a	1.60±0.62 a	59.83±2.30 ab
CN	47.17±1.8 b	-6.60±0.42 b	20.87±0.6 a	91.00±1.80 a	1.13±0.93 a	56.60±0.7 ab

L* = luminosidad; a* = rojo/verde; b* = amarillo/azul. T1 = cepa nativa de HMA (sistema agrícola) +50% de fertilización química; T2 = cepa nativa de HMA (sistema multipropósito) +50% de fertilización química; T3 = cepa nativa de HMA (vegetación secundaria) +50% de fertilización química; T4 = cepa comercial (GLUMIX[®]) +50% de fertilización química; T5 = 100% de fertilización química (160 N-100 P- 160 K); CN = sin inoculación-fertilización. † Medias ± Desviación estándar. ‡ Letras comunes sin diferencias estadísticas. § La caracterización física y química de los frutos se desarrolló en el laboratorio de inocuidad y trazabilidad alimentaria del sureste, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), Unidad sureste, Mérida, Yucatán, México. L* = luminosity; a* = red/green; b* = yellow/blue; T1 = native AMF strain (agricultural system) +50% chemical fertilization. T2 = native AMF strain (multipurpose system) +50% chemical fertilization; T3 = native AMF strain (secondary vegetation) +50% chemical fertilization; T4 = commercial strain (GLUMIX[®]) +50% chemical fertilization; T5 = 100% chemical fertilization (160 N-100 P- 160 K); CN = without inoculation-fertilization. † Means ± Standard deviation. ‡ Common letters without statistical differences. § The physical and chemical characterization of the fruits was developed in the Southeast Food Safety and Traceability Laboratory, Center for Research and Assistance in Technology and Design of the State of Jalisco (CIATEJ), Southeast Unit, Mérida, Yucatán, Mexico.

Referente a los atributos físicos de grosor de cáscara, textura, humedad y ceniza en *C. moschata* no presentaron variaciones estadísticas. Por lo que, este parámetro se encuentra homogeneizado en todos los valores registrados en los grupos experimentales. Asimismo, en *C. pepo*, se registraron diferencias estadísticas en el grosor de cáscara y firmeza (textura). Observando una heterogeneidad entre los tratamientos experimentales con relación a la dureza y firmeza en el fruto. Moreno *et al.* (2023), establecieron que los atributos texturales de pulpa y cáscara en especies de calabaza son determinadas por su diversidad genética, diversificando diferentes atributos como la dureza, firmeza, elasticidad, adhesividad y masticabilidad de un fruto. Otros autores como Adeeko *et al.*, (2020), al determinar que una menor firmeza de un fruto, fue influenciada por factores de manejo y ambientales de un cultivo de calabacita italiana en condiciones de campo.

Referente a los valores de química proximal en *C. moschata* y *C. pepo*, indican un rango óptimo en contenido de porcentaje de humedad y cenizas. Puesto que, los valores de humedad son > 90% y los valores de ceniza < 15%. (Cuadro 7). Estos resultados concuerdan con lo reportado por Bhattacharjee *et al.*, (2023) en *C. pepo* var. Zucchini, con valores entre el 93-96% de humedad y 0.5-0.8% de ceniza. Con respecto al grosor de cáscara, el estudio presenta concordancia con Chi-Sánchez, Alvarado, Cristobal y Reyes (2020). Los autores reportaron en accesiones de calabaza, diferencias significativas en grosor de cáscara, reportando una variabilidad morfo-fisiológica entre accesiones, al registrar entre 0.10 a 1.51 mm, hasta accesiones con 3.05-7.46 mm de grosor. En este contexto, los aportes minerales desde su desarrollo influyen directamente en el estado de madurez del fruto y otros parámetros propios de la calidad de una cosecha para su aceptación en el mercado (Hassan y Emam, 2015). Moreira-Salgado, de Sousa, Barbosa, Siqueira y Carbone (2016), mencionan a la absorción de elementos minerales como el nitrógeno (N) y calcio (Ca), nutrientes que se asocian a la textura y componentes integrales de la pared celular de la epidermis.

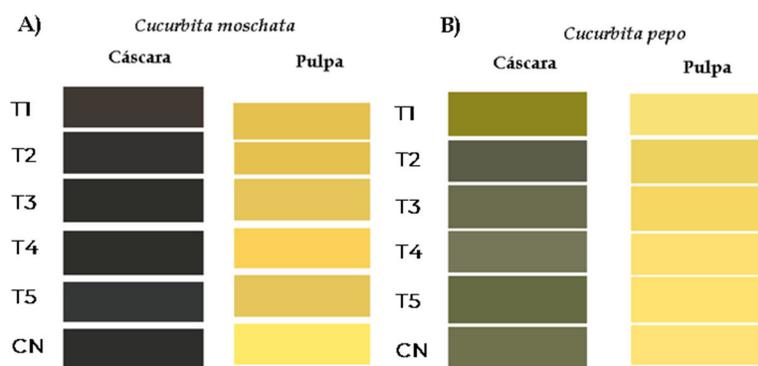


Figura 3. Representación del modelo CIE L*a*b* para la cáscara y pulpa: A) Cucurbita moschata y B) Cucurbita pepo var. "Grey Zucchini".

T1 = cepa nativa 1 de HMA (sistema agrícola) +50% de fertilización química; T2 = cepa nativa 2 (sistema multipropósito) de HMA+50% de fertilización química; T3 = cepa nativa 3 (vegetación secundaria) de HMA+50% de fertilización química; T4 = cepa comercial (GLUMIX®) +50% de fertilización química; T5 = 100% de fertilización química (160 N-100 P- 160 K); CN = sin inoculación-fertilización.

Figure 3. Representation of the CIE L*a*b* model for the peel and pulp: A) Cucurbita moschata and B) Cucurbita pepo var. "Grey Zucchini".

T1 = native AMF strain 1 (agricultural system) +50% chemical fertilization; T2 = native strain 2 (multipurpose system) of AMF+50% chemical fertilization; T3 = native strain 3 (secondary vegetation) of AMF+50% chemical fertilization; T4 = commercial strain (GLUMIX®) +50% chemical fertilization; T5 = 100% chemical fertilization (160 N-100 P- 160 K); CN = without inoculation-fertilization.

Cuadro 7. Parámetros físicos de Cucurbita moschata y Cucurbita pepo, var. "Grey Zucchini".
Table 7. Physical parameters of Cucurbita moschata and Cucurbita pepo, var. "Grey Zucchini".

ID	Grosor de la cáscara	Textura	Humedad	Cenizas
	mm	N	----- % -----	
<i>Cucurbita moschata</i>				
T1	1.50±0.36 a	49.16±4.22 a	94.29±1.14 a	0.55±0.02 a
T2	1.30±0.10 a	45.28±6.01 a	94.93±2.53 a	0.50±0.05 a
T3	1.70±0.26 a	51.51±16.65 a	96.05±3.71 a	0.59±0.34 a
T4	1.60±0.26 a	43.82±4.96 a	94.54±0.37 a	0.49±0.04 a
T5	1.83±0.29 a	52.42±14.18 a	94.61±2.82 a	0.53±0.09 a
CN	1.87±0.12 a	52.34±11.10 a	95.66±1.31 a	0.36±0.09 a
<i>Cucurbita pepo, Var. Grey Zucchini</i>				
T1	1.77±0.06 a	28.17±13.28 a	95.23±5.43 a	0.69±0.09 a
T2	1.13±0.12 b	22.92±2.73 ab	97.97±2.30 a	0.74±0.03 a
T3	1.67±0.21 ab	25.43±3.25 ab	97.69±3.01 a	0.74±0.04 a
T4	1.20±0.20 b	23.74±1.24 ab	96.95±2.08 a	0.64±0.07 a
T5	1.53±0.35 ab	21.94±2.82 ab	95.35±6.74 a	0.63±0.24 a
CN	1.57±0.15 ab	19.20±1.46 b	92.17±12.23 a	0.75±0.12 a

T1 = cepa nativa de HMA (sistema agrícola) +50% de fertilización química; T2 = cepa nativa de HMA (sistema multipropósito) +50% de fertilización química; T3 = cepa nativa de HMA (vegetación secundaria) +50% de fertilización química; T4 = cepa comercial (GLUMIX®) +50% de fertilización química; CP = 100% de fertilización química (160 N-100 P- 160 K); CN = sin inoculación-fertilización. † Medias ± Desviación estándar. ‡ Letras comunes sin diferencias estadísticas.

§ La caracterización física y química de los frutos se desarrolló en el laboratorio de inocuidad y trazabilidad alimentaria del sureste, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), Unidad sureste, Mérida, Yucatán, México.

T1 = native AMF strain (agricultural system) +50% chemical fertilization; T2 = native AMF strain (multipurpose system) +50% chemical fertilization; T3 = native AMF strain (secondary vegetation) +50% chemical fertilization; T4 = commercial strain (GLUMIX®) +50% chemical fertilization; CP = 100% chemical fertilization (160 N-100 P- 160 K); CN = without inoculation-fertilization. † Means ± Standard deviation. ‡ Common letters without statistical differences. § The physical and chemical characterization of the fruits was developed in the Southeast Food Safety and Traceability Laboratory, Center for Research and Assistance in Technology and Design of the State of Jalisco (CIATEJ), Southeast Unit, Mérida, Yucatán, Mexico.

Propiedades Químicas del Fruto

En relación con los parámetros químicos de ambas especies evaluadas, el pH osciló entre 6.2 a 6.7, considerados ligeramente alcalinos. La acidez titulable (AT) registró valores entre 0.07 a 0.1 mg de ácido cítrico por 100 g muestra. *C. moschata* y *C. pepo*, registraron variaciones estadísticas ($P = 0.0096$ y 0.0051). Asimismo, el contenido de azúcares ($^{\circ}$ Brix) solamente fue significativo en *C. moschata* ($P = 0.0002$), reportando entre especies valores de 4.3 a 7.3 para *C. moschata* y 3.6 a 5 para *C. pepo* (Cuadro 8). En ambas especies, los tratamientos con mayor relevancia estadística fueron los inoculados con HMA nativos y comercial, expresándose en una mayor concentración de azúcares, presencia de ácidos orgánicos y un pH característico de atributos con mayor preferencia en el mercado.

En estudios anteriores, se han reportado valores similares en *C. moschata*. En México, Jacobo-Valenzuela et al. (2011) reportaron valores de 6.77 en pH, 6.4 de $^{\circ}$ Brix (TSS) y 0.04 mg de ácido cítrico. En otras zonas del mundo, Moreno et al. (2023), registraron valores inferiores en pH (< 6.0) e índices altos de contenido de azúcares ($> 9-10^{\circ}$ Brix) y presencia de ácidos orgánicos con valores máximos de 0.28 y 1.73 mg de ácido málico y ácido ascórbico, respectivamente. Autores como Nawirska-Olszańska, Biesiada, Sokół y Kucharska (2014), han reportado en *C. moschata* un mayor contenido de ácido cítrico, ácido málico y ácido fumárico. En *C. pepo*, se han reportado contenidos inferiores en comparación a otras especies de Cucurbita, los cuales se relacionan con la maduración e intensidad del sabor del fruto. Así como en la presencia de compuestos orgánicos como aminoácidos, pectinas y ácidos orgánicos, directamente influenciados por el estado de madurez fisiológica de los frutos (Batista-Silva et al., 2018).

Las variaciones estadísticas entre los tratamientos, se relacionan directamente con el manejo de la nutrición del cultivo. Dado que, la eficiencia en la traslocación de minerales del suelo hacia la planta influye en diferentes procesos reguladores de su metabolismo. Por ejemplo, los procesos que se relacionan con la hidrólisis de azúcares en los frutos (Sedano-Castro et al., 2011). Estas mismas aseveraciones la mencionan Díaz-Franco et al. (2016) en sorgo dulce, García-Castellanos et al. (2019) en un cultivo de fresa y López-Morales et al., (2022) en pepino. Los autores registraron una mayor tendencia de contenido de azúcares en plantas micorrizadas en comparación a plantas con un manejo de fertilización convencional.

Cuadro 8. Parámetros químicos *Cucurbita moschata* y *Cucurbita pepo*, var. "Grey Zucchini".
Table 8. Chemical parameters of *Cucurbita moschata* and *Cucurbita pepo*, var. "Grey Zucchini".

ID	pH	Acidez titulable (%AT)	Total de sólidos solubles (TSS)
<i>Cucurbita moschata</i>			
T1	6.55±0.04 a	0.09±0.01 a	5.67±0.58 bc
T2	6.61±0.05 a	0.094±0.006 ab	5.7±0.60 bc
T3	6.63±0.12 a	0.090±0.012 ab	7.00±0.00 ab
T4	6.59±0.06 a	0.090±0.012 ab	7.33±0.58 a
T5	6.65±0.08 a	0.10±0.01 ab	6.33±0.58 ab
CN	6.56±0.04 a	0.08 ±0.01 b	4.33±0.58 c
<i>Cucurbita pepo</i> , Var. Grey Zucchini			
T1	6.73±0.07 a	0.08±0.01 b	4.33±0.58 a
T2	6.63±0.11 a	0.10±0.01 a	3.67±0.58 a
T3	6.65±0.02 a	0.08±0.01 b	3.67±0.58 a
T4	6.64±0.03 a	0.09±0.01 ab	5.33±0.58 a
T5	6.25±0.53 a	0.08±0.01 b	5.00±0.01 a
CN	6.57±0.03 a	0.07± b	4.00±1.00 a

T1 = cepa nativa de HMA (sistema agrícola) +50% de fertilización química; T2 = cepa nativa de HMA (sistema multipropósito) +50% de fertilización química; T3 = cepa nativa de HMA (vegetación secundaria) +50% de fertilización química; T4 = cepa comercial (GLUMIX[®]) +50% de fertilización química; T5 = 100% de fertilización química (160 N-100 P- 160 K); CN = sin inoculación-fertilización. [†] Medias ± Desviación estándar. [‡] Letras comunes sin diferencias estadísticas.

[§] La caracterización física y química de los frutos se desarrolló en el laboratorio de inocuidad y trazabilidad alimentaria del sureste, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), Unidad sureste, Mérida, Yucatán, México.
T1 = native AMF strain (agricultural system) +50% chemical fertilization; T2 = native AMF strain (multipurpose system) +50% chemical fertilization; T3 = native AMF strain (secondary vegetation) +50% chemical fertilization; T4 = commercial strain (GLUMIX[®]) +50% chemical fertilization; T5 = 100% chemical fertilization (160 N-100 P- 160 K); CN = without inoculation-fertilization. [†] Means ± Standard deviation. [‡] Common letters without statistical differences. [§] The physical and chemical characterization of the fruits was developed in the Southeast Food Safety and Traceability Laboratory, Center for Research and Assistance in Technology and Design of the State of Jalisco (CIATEJ), Southeast Unit, Mérida, Yucatán, Mexico.

CONCLUSIONES

La calidad de la cosecha y los principales atributos organolépticos en frutos de *C. moschata* y *C. pepo*, var. "Grey Zucchini" se relacionaron directamente con el manejo agronómico de la fertilización. Se observó un efecto estimulante en plantas asociadas con hongos micorrícicos arbusculares, principalmente en los factores productivos y de comercialización como el peso, largo y ancho del fruto. Asimismo, influyeron en diversos atributos físicos (grosor de cáscara, firmeza y color) y químicos (contenido de ácidos orgánicos y azúcares), que impactan en importantes aspectos para el consumo humano y aceptación en el mercado.

DECLARACIÓN DE ÉTICA

No aplicable.

CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

No aplicable.

DISPONIBILIDAD DE DATOS

Todos los datos generados durante este estudio se incluyen en este artículo.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

FINANCIACIÓN

No aplicable.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización, diseño y escritura: J.A.G.T. Metodología: J.A.G.T. Protocolo de laboratorio y supervisión: C.J.A.L.; N.A.P.L. y E.C.H. Revisión de resultados: C.J.A.L., N.A.P.L., J.C.A., A.R.R., J.C.C. y E.C.H.

AGRADECIMIENTOS

Al TECNМ, Campus Tizimín, Campus Valle de Oaxaca, CIDIR, Unidad Oaxaca y CIATEJ, Unidad Sureste, por prestar las facilidades para desarrollar los análisis. Al programa de Doctorado del TECNМ, Campus Conkal y al CONAHCYT por la beca de posgrado otorgada (623916).

LITERATURA CITADA

- Adeeko, A., Yudelevich, F., Raphael, G., Avraham, L., Alon, H., Presman, M. Z., ... & Ziv, C. (2020). Quality and storability of trellised greenhouse-grown, winter-harvested, new sweet acorn squash hybrids. *Agronomy*, *10*(9), 1443. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091443>
- Aguilar-Carpio, C., Cervantes-Adame, Y. F., Sorza-Aguilar, P. J., & Escalante-Estrada, J. A. S. (2022). Crecimiento, rendimiento y rentabilidad de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) fertilizada con fuentes químicas y biológicas. *Terra Latinoamericana*, *40*, 1-12. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1059>
- Alvarado-Camarillo, D., Aguilar, L. A., Cepeda-Dovala, J. M., Rubí-Arriaga, M., & Pineda-Pineda, J. (2021). Aplicación fraccionada de fertilizantes vía fertirriego y la eficiencia del nitrógeno, fósforo y potasio en calabacita: Aplicación fraccionada en calabacita. *Acta Agrícola y Pecuaria*, *7*(1), 1-9. <https://doi.org/10.30973/aap/2021.7.0071001>
- Alvarado-Carrillo, M., Díaz-Franco, A., & Peña del Río, M. A. (2014). Productividad de tomate mediante micorriza arbuscular en agricultura protegida. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *5*(3), 513-518. <https://doi.org/10.29312/remexca.v5i3.954>
- Alvarado-Carrillo, M., Díaz-Franco, A., & Alejandro-Allende, F. (2018). Gallinaza, micorriza arbuscular y fertilización química reducida en la productividad de calabacita y pepino. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, *34*(2), 273-279. <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.02.08>
- Arcidiacono, M., Pellegrino, E., Nuti M., & Ercoli, L. (2023). Field inoculation by arbuscular mycorrhizal fungi with contrasting life-history strategies differently affects tomato nutrient uptake and residue decomposition dynamics. *Plant and Soil*, 1-25. <https://doi.org/10.1007/s11104-023-05995-8>

- Ayala-Tafuya, F., López-Urquidez, G. A., Parra-Delgado, J. M., Retes-Manjarrez, J. E., López-Orona, C. A., & Yáñez-Juárez, M. G. (2020). Vermicomposta, auxinas sintéticas y producción de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en invernadero. *Terra Latinoamericana*, 38(2), 257-265. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.620>
- Batista-Silva, W., Nascimento, V. L., Medeiros, D. B., Nunes-Nesi, A., Ribeiro, D. M., Zsögön, A., & Araújo, W. L. (2018). Modifications in organic acid profiles during fruit development and ripening: Correlation or causation? *Frontiers In Plant Science*, 9, 1-20. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01689>
- Berruti, A., Lumini, E., Balestrini, R., & Bianciotto, V. (2016). Arbuscular mycorrhizal fungi as natural biofertilizers: let's benefit from past successes. *Frontiers In Microbiology*, 6, 1-13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01559>
- Bhattacharjee, D., Phookan, D. B., Chamuah, S., Nath, M. K., Gogoi, S., Das, S., & Debnath, P. (2023). Influence of planting time and spacing on quality of Zucchini (*Cucurbita pepo*) under naturally ventilated polyhouse. *Emergen Life Sciences Research*, 9(2), 43-50. <https://doi.org/10.31783/elsr.2023.924350>
- Canul-Ku, J., Ramírez-Vallejo, P., Castillo-González, F., & Chávez-Servia, J. L. (2005). Diversidad morfológica de calabaza cultivada en el centro-orientado de Yucatán, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(4), 339-349. <https://doi.org/10.35196/rfm.2005.4.339>
- Chi-Sánchez, F. A., Alvarado-López, C. J., Cristobal-Alejo, J., & Reyes-Ramírez, A. (2020). Características morfológicas y determinación de minerales por μ -xrf en fruto de calabaza (*Cucurbita moschata* DUCH). *Agrociencia*, 54(5), 683-690. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v54i5.2125>
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2022). Sistema de información y visualización de estaciones. Consultado el 5 de diciembre de 2022, desde, <https://smn.conagua.gob.mx/es/observando-el-tiempo/estaciones-meteorologicas-automaticas-ema-s>
- Díaz-Franco, A., Alvarado-Carrillo, M., Ortiz-Chairez, F., & Grageda-Cabrera O. (2013). Nutrición de la planta y calidad de fruto de pimiento asociado con micorriza arbuscular en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(2), 315-321. <https://doi.org/10.29312/remexca.v4i2.1251>
- Díaz-Franco, A., Alvarado-Carrillo, M., Alejandro-Allende, F., & Ortiz-Cháirez, F. E., (2016). Crecimiento, nutrición y rendimiento de calabacita con fertilización biológica y mineral. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32(4), 445-453. <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.04.08>
- Díaz-Franco, A., Gálvez-López, D., & Ortiz-Cháirez, F. E. (2015). Bioinoculación y fertilización química reducida asociadas con el crecimiento de planta y productividad de sorgo. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 31(3), 245-252.
- Di Martino, C., Fioretto, A., Palmieri, D., Torino, V., & Palumbo, G. (2019). Influence of Tomato Plant Mycorrhization on Nitrogen Metabolism, Growth and Fructification on P-Limited Soil. *Journal of Plant Growth Regulation*, 38, 1183-1195. <https://doi.org/10.1007/s00344-019-09923-y>
- Di Rienzo, J. A., Balzarini, M. G., González, L., Casanoves, F., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2008). *InfoStat. Manual del Usuario*. Córdoba, Argentina: Editorial Brujas.
- Esquinas-Alcázar, J. T., & Gulick, P. J. (1983). *Genetic resources of Cucurbitaceae*. Rome, Italy: International Board for Plant Genetic Resources. Consultado el 02 de marzo de 2022, desde, https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/104810/Genetic_Resources_of_Cucurbitaceae_1945.pdf?sequence=3
- Esquivel-Quispe, R., Quispe-Ochoa, J. O., & Hernández-Cuevas, L. V. (2021). Experiencias sobre la propagación y efectividad de los hongos micorrizógenos arbusculares en Latinoamérica. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 9(2), 99-110. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2021.090200099>
- FAOSTAT (Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database). (2023). Base de datos, cultivos (producción). Consultado el 23 de marzo de 2023, desde, <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
- García-Castellanos, V., Becerril-Román, E., Saucedo-Veloz, C., Velazco-Cruz, C., Calderón-Zavala, G., Espinosa-Hernández, V., & Jaén-Contreras, D. (2019). Combinación de fertilización orgánica, inorgánica y hongos micorrizicos para mejorar calidad de los frutos de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch). *Agrociencia*, 53(8), 1247-1255.
- Gerdemann, J. W., & Nicolson, T. H. (1963). Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, 46(2), 235-244. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(63\)80079-0](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(63)80079-0)
- Giampaoli, J., Brandan, C. I., Enrico, R. J., Coll-Araoz, M. V., & Lencina, V. B. (2014). Efecto de la esterilización con métodos físicos en suelo, sobre la flora micorrizica y en el cultivo del yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en Horco Molle, Tucumán. *Revista Agronómica del Noroeste de Argentina*, 34(2), 36-39.
- Golob, A., Kroflič, A., Jerše, A., Kacjan-Maršič, N., Šircelj, H., Stibilj, V., & Germ, M. (2020). Response of Pumpkin to Different Concentrations and Forms of Selenium and Iodine, and their Combinations. *Plants*, 9(7), 899. <https://doi.org/10.3390/plants9070899>
- Gordillo-Manssur, F., Cos-Farías, V., & Romero-Blacio, F. (2018). Residuos del cultivo de arroz como mulching para el cultivo de calabaza (*Cucurbita moschata* D). *Revista Universidad y Sociedad*, 10(1), 105-110.
- Hassan, A. H., & Emam, M. S. (2015). Improving fruit quality and storability of strawberry fruits by using pre and postharvest treatments. *Journal of American Science*, 11(1s), 44-50.
- Jacobo-Valenzuela, N., Zazueta-Morales, J. J., Gallegos-Infante, J. A., Aguilar-Gutiérrez, F., Camacho-Hernández, I. L., Rocha-Guzmán, N. E., & González-Laredo, R. F. (2011). Chemical and Physicochemical Characterization of Winter Squash (*Cucurbita moschata* D.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39(1), 34-40. <https://doi.org/10.15835/nbha3915848>
- Koske, R. E., & Gemma, J. N. (1989). A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. *Mycological Research*, 92(4), 486-488. [https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(89\)80195-9](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(89)80195-9)
- Lehmann, A., & Rillig, M. C. (2015). Arbuscular mycorrhizal contribution to copper, manganese and iron nutrient concentrations in crops-A meta-analysis. *Soil Biology and Biochemistry*, 81, 147-158. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.11.013>
- López-Morales, M. L., Leos-Escobedo, L., Alfaro-Hernández, L., & Morales-Morales, A. E. (2022). Impacto de abonos orgánicos asociados con micorrizas sobre rendimiento y calidad nutraceútica del pepino. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(5), 785-98. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i5.2868>
- Moreira-Salgado, F. H., de Sousa-Moreira, F. M., Barbosa-Paulino, H., Siqueira, J. O., & Carbone-Carneiro, M. A. (2016). Fungos micorrizicos arbusculares e estimulante micorrizico afetam a massa seca e o acúmulo de nutrientes em feijoeiro e soja. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, 46(4), 367-373.
- Moreno, S. R., Yazdanpanah, M., Huang, T., Sims, C. A., Chase, C. A., Meru, G., ... & Macintosh, A. J. (2023). Comparative Analysis of Qualitative Attributes for Selection of Calabaza Genotypes in the Southeast United States. *Horticulturae*, 9(3), 409. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9030409>
- Nawirska-Olszańska, A., Biesiada, A., Sokół-Łętowska, A., & Kucharska, A. Z. (2014). Characteristics of organic acids in the fruit of different pumpkin species. *Food chemistry*, 148, 415-419. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.080>

- Newman, E. I. (1966). A method of estimating the total length of root in a sample. *Journal of Applied Ecology*, 3(1), 139-145. <https://doi.org/10.2307/2401670>
- NMX-F-066-S-1978 (Norma Oficial Mexicana). (1978). Determinación de cenizas en alimentos. Food stuff Determination of ashes, publicada el 04 de agosto de 1978. *Diario Oficial de la Federación*. México, D. F.: SEGOB.
- NMX-F-102-S-1978 (Norma Oficial Mexicana). (1978). Determinación de la acidez titulable en productos elaborados a partir de frutas y hortalizas, publicada el 24 de octubre de 1978. *Diario Oficial de la Federación*. México, D. F.: SEGOB.
- NMX-F-317-S-1978 (Norma Oficial Mexicana). (1978). Determinación de pH en alimentos. Determination of pH in foods, publicada el 23 de mayo de 1978. *Diario Oficial de la Federación*. México, D. F.: SEGOB.
- NMX-F-103-1982 (Norma Oficial Mexicana). (1982). frutas y derivados. determinación de grados brix. foods. fruits and derivatives. determination of degrees Brix, publicada el 14 de octubre de 1982. *Diario Oficial de la Federación*. México, D. F.: SEGOB.
- NMX-F-083-1986 (Norma Oficial Mexicana). (1986). Determinación de humedad en productos Alimenticios. Foods. Moisture in Food Products- Determination, publicada el 14 de julio de 1986. *Diario Oficial de la Federación*. México, D. F.: SEGOB.
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). (2016). *Safety Assessment of Transgenic Organisms in the Environment, Volume 5*. Paris, France: OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264253018-en>
- Pathare, P. B., Opara, U. L., & Al-Said, F. A. J. (2013). Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food Bioprocess Technology*, 6, 36-60. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9>
- Pérez, G. M. (2021). Efecto del método de aplicación del fertilizante químico en la productividad del cultivo de café (*Coffea arabica*). *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 5(3), 9-12. <http://dx.doi.org/10.25127/aps.20213.813>
- Phillips, J. M., & Hayman, D. S. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 55(1), 158-161. [https://doi.org/10.1016/s0007-1536\(70\)80110-3](https://doi.org/10.1016/s0007-1536(70)80110-3)
- Sarhan, T. Z., Mohammed, G. H., & Teli, J. A. (2011). Effect of bio and organic fertilizers on growth, yield and fruit quality of summer squash. *Sarhad Journal of Agriculture*, 27(3), 377-383.
- Sedano-Castro, G., González-Hernández, V. A., Saucedo-Veloz, C., Soto-Hernández, M., Sandoval-Villa, M., & Carrillo-Salazar, J. A. (2011). Rendimiento y calidad de frutos de calabacita con altas dosis de N y K. *Terra Latinoamericana*, 29(2), 133-142.
- Sharma, M., Reddy, U., & Adholeya, A. (2011). Response of arbuscular mycorrhizal fungi on wheat (*Triticum aestivum*) grown conventionally and on beads in sandy loam soil. *Indian Journal Microbiology*, 3, 384-389. <https://doi.org/10.1007/s12088-011-0134-1>
- Sieverding, E. (1990). Ecology of VAM fungi in tropical agrosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 29(1-4), 369-390. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(90\)90303-U](https://doi.org/10.1016/0167-8809(90)90303-U)
- Soriano-Melgar, L. D. A. A, Izquierdo-Oviedo, H., Saucedo-Espinosa, Y. A., & Cárdenas-Flores, A. (2020). Efecto de la aplicación de bioestimulantes sobre la calidad y capacidad antioxidante de frutos de calabacita (*Cucurbita pepo* L. var. 'Grey Zucchini'). *Revista Terra Latinoamericana*, 38(1), 17-28. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.516>
- Tedersoo, L., Bahram, M., & Zobel, M. (2020). How mycorrhizal associations drive plant population and community biology. *Science*, 367(6480), eaba1223. <https://doi.org/10.1126/science.aba1223>
- Trouvelot, A., Fardeau, J. C., Plenchette, C., Gianinazzi, S., & Gianinazzi-Pearson, V. (1986). Nutritional balance and symbiotic expression in mycorrhizal wheat. *Physiologie Vegetale*, 24, 300-300.
- Upadhayay, V. K., Singh, J., Khan, A., Lohani, S., & Singh, A.V. (2019). Mycorrhizal Mediated Micronutrients Transportation in Food Based Plants: A Biofortification Strategy. In A. Varma, & D. Choudhary (Eds.). *Mycorrhizosphere and Pedogenesis*. (pp. 1-24). Singapore: Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6480-8_1
- Wan Shafiin, W. N. S., Ablah, N. L., Fatihah, H. N. N., Alam, M. A., Ma'Arup, R., Jahan, M. S., ... & Alias N. (2021). Breeding strategies for enhancing nutrient content and quality in Cucurbitaceae: a review. *International Journal of Vegetable Science*, 27(5), 1-24. <https://doi.org/10.1080/19315260.2020.1833125>