

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**



TESIS:

**PARTENOCARPIA, FITORREGULADORES SINTÉTICOS Y
LOMBRICOMPOSTA EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE
CALABACITA CULTIVADA BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

PRESENTA:

LEONARDO ROMÁN ROMÁN

DIRECTOR:

DR. FELIPE AYALA TAFOYA

CO-DIRECTOR:

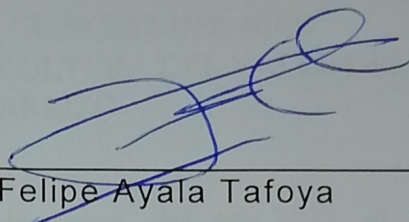
DR. JESÚS ENRIQUE LÓPEZ AVENDAÑO

CULIACÁN, SINALOA, MÉXICO. MARZO DE 2023

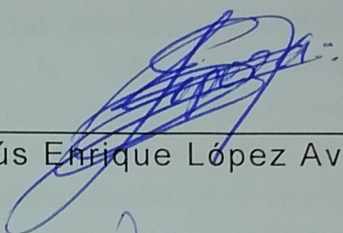
Esta tesis fue realizada por **Leonardo Román Román**, bajo la dirección del Consejo Particular que se indica; ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

Doctor en Ciencias Agropecuarias

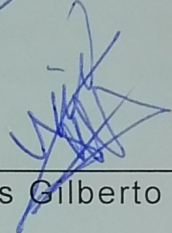
Director de tesis:


Dr. Felipe Ayala Tafoya

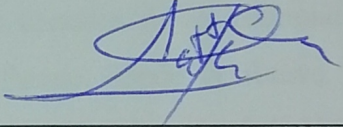
Co-director de tesis:


Dr. Jesús Enrique López Avendaño

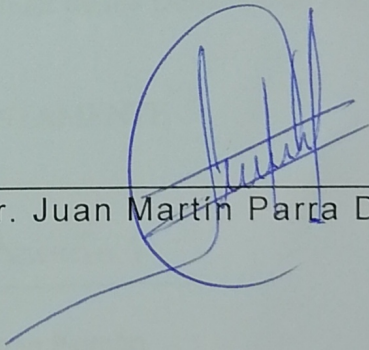
Asesor:


Dr. Moisés Gilberto Yáñez Juárez

Asesor:


Dr. Carlos Alfonso López Orona

Asesor:


Dr. Juan Martín Parra Delgado

Culiacán, Sinaloa, México. Marzo de 2023



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA CULIACÁN
FACULTAD DE AGRICULTURA DEL VALLE DEL FUERTE
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
FACULTAD DE AGRICULTURA DEL VALLE DEL
CARRIZO

En la Ciudad de Culiacán el día 10 del mes de marzo del año 2023, el que suscribe Leonardo Román Román, alumno del Programa de Doctorado de Ciencias Agropecuarias con número de cuenta 05209171, de la Unidad Académica Facultad de Agronomía, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la UAS, manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de el Dr. Felipe Ayala Tafoya y del Dr. Jesús Enrique López Avendaño y cede los derechos del trabajo titulado "Partenocarpia, fitorreguladores sintéticos y lombricomposta en el crecimiento y rendimiento de calabacita cultivada bajo condiciones protegidas", a la Facultad de Agronomía, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Sinaloa para su difusión, con fines académicos y de investigación por medios impresos y digitales, todo esto en apego al artículo 27 de la Ley Federal de Derechos de Autor.

La Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México) protege el contenido de la presente tesis. Los usuarios de la información contenida en ella deberán citar obligatoriamente la tesis como fuente, dónde la obtuvo y mencionar al autor intelectual. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ATENTAMENTE

Leonardo Román R

Leonardo Román Román

CORREO ELECTRÓNICO: leo_roman16@hotmail.com
CURP: RORL901115HSLMMN02



Dirección General de Bibliotecas



U n i v e r s i d a d A u t ó n o m a d e S i n a l o a

REPOSITORIO INSTITUCIONAL

UAS- Dirección General de Bibliotecas

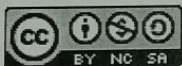
Repositorio Institucional

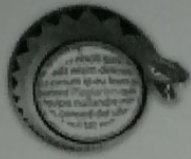
Restricciones de uso

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual, 4.0 Internacional.





Informe del Detector de Plagio Viper

tesis completo Román Román 2018-2022 (3) (2) (2) (1)
escaneado Mar 9, 2023

Porcentaje Total

16%

4.1%

Agricultura. El cultivo del calabacín. 1ª parte. -...
<https://infoagro.com/hortalizas/calabacin.htm>

3.3%

Vermicomposta, auxinas sintéticas y producci...
<https://www.redalyc.org/journal/573/57363391003/ht>

1.4%

FITOSOFIA: CULTIVO DE CALABACÍN EN I...
<https://fitosofia.blogspot.com/2015/11/cultivo-de-calabacin-en-i.html>

1.0%

Desarrollo de calabacita (Cucurbita pepo L.) c...
<https://era.ujat.mx/index.php/rera/article/view/1803>

0.6%

Impacto de variables ambientales en la fenolo...
<https://www.redalyc.org/journal/621/62157576009/ht>

AGRADECIMIENTOS:

A mis padres, por su apoyo moral y económico, y por guiarme por el buen camino de la vida.

Al CONACYT, por la gran oportunidad que me brindó de concluir uno de mis más grandes objetivos, ser Doctor en Ciencias Agropecuarias con buena formación académica.

A la Universidad Autónoma de Sinaloa y Facultad de Agronomía.

Al Dr. Felipe Ayala Tafoya, por guiarme como director de tesis durante estos cuatro años, por su asesoría, consejos y todo el apoyo que me brindo para concluir con el proyecto.

A mis asesores: Dr. Jesús Enrique López Avendaño, Dr. Moisés Gilberto Yáñez Juárez, Dr. Carlos Alfonso López Orona y Dr. Juan Martín Parra Delgado, por su colaboración.

DEDICATORIAS:

A Dios, por darme esta gran vida, y conocer tantas personas buenas.

A mis padres: Rosario (†) y Eva Angelina, por su apoyo y confianza que siempre me han brindado.

A mis hermanos: Bulmaro, Juan, Aníbal, Adrián, María, Daniel, Ismael y Lamberto.

A mis abuelas Isabel (†) y María (†).

A todos mis amigos y compañeros, a los que tuve la oportunidad de conocer y compartir gratos momentos a lo largo de este proceso y me ayudaron a formarme como la persona que soy hoy.

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
RESUMEN GENERAL.....	iv
GENERAL ABSTRACT.....	v
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL Y REVISIÓN DE LITERATURA.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
1.2.1. Cucurbitáceas.....	2
1.2.1.1. <i>Cucurbita pepo</i> L.....	3
1.2.1.2. Taxonomía.....	3
1.2.1.3. Morfología.....	4
1.2.1.4. Biología floral y desarrollo del fruto.....	5
1.2.2. Importancia del cultivo.....	5
1.2.3. Estructuras de protección.....	8
1.2.3.1. Mallas o casa sombra.....	8
1.2.3.2. Invernadero.....	9
1.2.4. Exigencias climáticas.....	9
1.2.5. Exigencias de suelo.....	10
1.2.6. Labores culturales.....	10
1.2.6.1. Siembra.....	10
1.2.6.2. Trasplante.....	10
1.2.6.3. Aclareos.....	10
1.2.6.4. Tutorado.....	11
1.2.6.5. Desbrote.....	11
1.2.6.6. Deshoje.....	11
1.2.6.7. Limpieza de frutos.....	11
1.2.6.8. Marco de plantación.....	12
1.2.6.9. Fertirrigación.....	13

1.2.7.	Partenocarpia.....	14
1.2.8.	Fitorreguladores sintéticos.....	15
1.2.9.	Lombricompostas.....	16
CAPÍTULO 2.	PRODUCCIÓN DE CALABACITA CON Y SIN POLINIZACIÓN MANUAL EN CONDICIONES DE CASA MALLA.....	18
2.1.	INTRODUCCIÓN.....	18
2.2.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
2.3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
2.3.1.	Crecimiento y peso seco de plantas.....	22
2.3.2.	Componentes del rendimiento.....	25
2.3.3.	Rendimiento.....	28
CAPÍTULO 3.	LOMBRICOMPOSTA Y ÁCIDO NAFTALENACÉTICO EN CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE CALABACITA EN CASA SOMBRA.....	31
3.1.	INTRODUCCIÓN.....	31
3.2.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
3.3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
3.3.1.	Crecimiento de plantas.....	35
3.3.2.	Producción de biomasa.....	38
3.3.3.	Componentes del rendimiento.....	39
3.3.4.	Rendimiento.....	43
CAPÍTULO 4.	EFEECTO DE LOMBRICOMPOSTA Y AGROMIL PLUS EN LA PRODUCCIÓN DE CALABACITA EN CASA SOMBRA.....	46
4.1.	INTRODUCCIÓN.....	46
4.2.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	47
4.3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49
4.3.1.	Crecimiento de las plantas.....	49
4.3.2.	Crecimiento de frutos y rendimiento.....	51
4.3.3.	Calidad de frutos.....	52

CAPÍTULO 5.	CONCLUSIONES.....	55
CAPÍTULO 6.	LITERATURA CITADA.....	56

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Área cosechada y volumen de producción de los principales países productores de calabazas, durante 2021.....	6
Cuadro 2. Área cosechada y volumen de producción de los principales estados productores de calabazas, durante 2021.....	7
Cuadro 3. Área cosechada, volumen de producción y rendimiento de calabazas en los municipios del Estado de Sinaloa, durante 2021.....	7
Cuadro 4. Temperaturas críticas para calabacita en las distintas fases de su desarrollo.....	9
Cuadro 5. Altura, diámetro de tallo, índice de área foliar y peso seco de parte aérea en plantas de 10 cultivares de calabacita (<i>Cucurbita pepo</i> L.) con (CP) y sin polinización (SP) bajo condiciones de casa malla. Culiacán, Sinaloa, México.....	24
Cuadro 6. Cuajado, diámetro, longitud y peso de frutos de 10 cultivares de calabacita (<i>Cucurbita pepo</i> L.) con (CP) y sin polinización (SP) bajo condiciones de casa malla. Culiacán, Sinaloa, México.....	27
Cuadro 7. Características fisicoquímicas y microbiológicas del suelo y la lombricomposta.....	33
Cuadro 8. Efecto de lombricomposta (LC) y ácido naftalencético (ANA) sobre la altura (AP), diámetro de tallo (DT), verdor foliar (VF), número de hojas (NH) e índice de área foliar (IAF) de plantas de dos cultivares de calabacita bajo condiciones de casa sombra. Culiacán, Sinaloa, México.....	37
Cuadro 9. Efecto de lombricomposta (LC) y ácido naftalenacético (ANA) sobre el peso seco de hojas (PSH), tallo (PST) y planta completa (PSP) de dos cultivares de calabacita bajo condiciones de casa sombra. Culiacán, Sinaloa, México.....	39

Cuadro 10.	Efecto de lombricomposta (LC) y ácido naftalenacético (ANA) sobre el cuajado (CF), número (NF), diámetro (DF), longitud (LF) y peso de fruto (PF) de dos cultivares de calabacita bajo condiciones de casa sombra. Culiacán, Sinaloa, México.....	42
Cuadro 11.	Efecto de lombricomposta (LC) y ácido naftalenacético (ANA) sobre rendimiento comercial y frutos rezaga de dos cultivares de calabacita bajo condiciones de casa sombra. Culiacán, Sinaloa, México.....	44
Cuadro 12.	Efecto de lombricomposta (LC) y Agromil®Plus (AMP) sobre la altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), número de hojas (NH) y peso seco (PS) de plantas de calabacita, cultivar Jacobo y Aurora, en condiciones de casa sombra. Culiacán, Sinaloa, México.....	50
Cuadro 13.	Efecto de lombricomposta (LC) y Agromil®Plus (AMP) sobre el diámetro (DF), longitud (LF) y peso de fruto (PF) y rendimiento de calabacita, cultivar Jacobo y Aurora, en condiciones de casa sombra. Culiacán, Sinaloa, México.....	52
Cuadro 14.	Efecto de lombricomposta (LC) y Agromil®Plus (AMP) sobre el pH, firmeza y sólidos solubles totales (SST) de frutos de calabacita, cultivar Jacobo y Aurora, en condiciones de casa sombra. Culiacán, Sinaloa, México.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Efecto de la polinización en el rendimiento de 10 cultivares de calabacita (<i>Cucurbita pepo</i> L.) bajo condiciones de casa malla. Culiacán, Sinaloa, México.....	29

RESUMEN

La agricultura protegida promueve mejores condiciones de crecimiento para optimizar la producción de cultivos, la calidad del producto y la eficiencia en el uso de recursos. El cuajado de frutos influye en la calidad o cantidad del rendimiento y, su adecuado manejo, puede contribuir a la obtención de rendimientos sostenibles. Se realizaron tres investigaciones en cultivos de calabacita bajo condiciones protegidas. En el primer experimento se determinaron las características de crecimiento, cuajado de frutos y rendimiento de 10 cultivares de calabacita, con y sin polinización manual de las flores. Del primer experimento se seleccionaron dos cultivares de calabacita (HMX58 y Prestige) para llevar a cabo la segunda investigación y evaluar el efecto de la lombricomposta y ácido naftalenacético sobre el crecimiento de plantas, cuajado de frutos y rendimiento de calabacita. En el tercer experimento, también con dos cultivares (Jacobo y Aurora), se estudió el efecto de la lombricomposta y Agromil®Plus en la producción de calabacita. El cultivo sin polinización (SP) ocasionó incrementos en altura de plantas (SP/HMX58), diámetro de tallo (SP/Ebano), índice de área foliar (SP/Ebano), peso seco de planta (SP/HMX58) y rendimiento para mercado nacional (SP/Aurora), mientras que con polinización (CP) hubo incremento en el cuajado de frutos (CP/Verona, CP/Jacobo y CP/ Torino: 100%), diámetro de fruto (CP/Hurakan), longitud de fruto (CP/Verona), peso de fruto (CP/Jacobo), rendimiento total (CP/HMX58) y rendimiento con calidad de exportación (CP/ HMX58). La lombricomposta (LC) y el ácido naftalenacético (ANA) no afectaron el diámetro de tallo, verdor foliar y número de hojas. El cultivar HMX58 expresó la mayor altura de planta, y el cultivar Prestige el índice de área foliar, peso seco de hojas y peso seco de parte aérea. El cuajado de fruto se indujo con Prestige+LC, y las plantas de HMX58+LC originaron mayor número de frutos, diámetro de fruto, rendimiento y menor frutos rezaga; mientras que por efecto de Prestige+ANA y Prestige+LC+ANA se incrementó la longitud y peso de fruto. El cultivar Aurora alcanzó la mayor altura de planta, y el diámetro de tallo fue favorecido por la lombricomposta (LC) y Agromil®Plus (AMP), no así el diámetro de fruto. La longitud de fruto se incrementó con Jacobo+LC+AMP. Sin embargo, lombricomposta y/o Agromil®Plus incrementaron el peso de fruto y rendimiento en los dos cultivares (Jacobo y Aurora).

Palabras clave: ácido naftalenacético, Agromil®Plus, *Cucurbita pepo*, lombricomposta, polinización manual.

ABSTRACT

Protected agriculture promotes better growing conditions to optimize crop production, product quality and efficiency in the use of resources. Fruit set influences the quality or quantity of yield, and its proper management can contribute to obtaining sustainable yields. Three investigations were carried out in zucchini cultures under protected conditions. In the first experiment, the growth, fruit set and yield characteristics of 10 zucchini cultivars were determined, with and without manual pollination of the flowers. From the first experiment, two zucchini cultivars (HMX58 and Prestige) were selected to carry out the second investigation and evaluate the effect of vermicompost and naphthaleneacetic acid on plant growth, fruit set and zucchini yield. In the third experiment, also with two cultivars (Jacobo and Aurora), the effect of vermicompost and Agromil®Plus on zucchini production was studied. The cultivation without pollination (SP) caused increases in plant height (SP/HMX58), stem diameter (SP/Ebano), leaf area index (SP/Ebano), plant dry weight (SP/HMX58) and yield for national market (SP/Aurora), while with pollination (CP) there was an increase in fruit set (CP/Verona, CP/Jacobo and CP/Torino: 100%), fruit diameter (CP/Hurakan), length of fruit (CP/Verona), fruit weight (CP/Jacobo), total yield (CP/HMX58) and export quality yield (CP/HMX58). Vermicompost (LC) and naphthaleneacetic acid (ANA) did not affect stem diameter, leaf greenness and number of leaves. The HMX58 cultivar expressed the highest plant height, and the Prestige cultivar the leaf area index, leaf dry weight and aerial part dry weight. Fruit set was induced with Prestige+LC, and HMX58+LC plants produced a greater number of fruits, fruit diameter, yield, and fewer fruits lagging behind; while due to the effect of Prestige+ANA and Prestige+LC+ANA the length and weight of the fruit increased. The Aurora cultivar reached the highest plant height and stem diameter was favored by vermicompost (LC) and Agromil®Plus (AMP), but fruit diameter was not. Fruit length increased with Jacobo+LC+AMP. However, vermicompost and/or Agromil®Plus increased fruit weight and yield in the two cultivars (Jacobo and Aurora).

Key words: Agromil®Plus, *Cucurbita pepo*, hand pollination, naphthaleneacetic acid, vermicompost.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL Y REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL

Las calabazas (*Cucurbita* spp.) son un producto hortícola de importancia mundial. De acuerdo con los datos más recientes disponibles, en 2021 se cosecharon 11 501 696 hectáreas en las que se obtuvo una producción de 23 783 936.4 toneladas (FAOSTAT, 2021). Para la temporada 2021, en México se sembraron 26 370.1 ha y cosecharon 564 588 t (SIAP, 2022), de las cuales 76.17 y 74.16% correspondieron a calabacita o fruto verdura, que es la forma de aprovechamiento más importante en México de los frutos de calabaza, tanto para consumo nacional como para exportación (Sedano-Castro *et al.*, 2005). En Sinaloa, durante el año agrícola 2021, se cosecharon 2409.7 ha y produjeron 56 923.7 t de calabacita (SIAP, 2022).

El cultivo de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) bajo condiciones de invernadero tiene ventajas con respecto al sistema de campo abierto, como son: mayor producción por unidad de superficie, mejor calidad de frutos, reducción en la incidencia de plagas y enfermedades y, por lo tanto, disminución en la aplicación de plaguicidas (Ayala-Tafoya *et al.*, 2012).

Sin embargo, en invernadero existen dificultades para cuajar frutos de forma natural, lo cual hace necesaria la introducción de abejas o abejorros. Pero cuando no se puede contar con los polinizadores, se puede recurrir al uso de fitorreguladores sintéticos, cuyas pulverizaciones son dirigidas a las plantas o a las flores, para inducir el cuajado de frutos (Li *et al.*, 2002; Yasukawa y Hayata, 2002; Maroto *et al.*, 2005; Ayala-Tafoya *et al.*, 2012).

Otra manera de lograr un buen cuajado de fruto en condiciones de invernadero es mediante el uso de variedades con alto porcentaje de partenocarpia (Robinson y Reiners, 1999); es decir, donde el fruto se desarrolla en ausencia de fertilización (Varoquaux *et al.*, 2000).

La partenocarpia puede inducirse mediante el uso de reguladores de crecimiento sintéticos, con acción en las plantas como la de las auxinas, citoquininas y giberelinas naturales (Miguel y Maroto, 2000; Núñez *et al.*, 2008; Lozano *et al.*, 2009)

Las auxinas, giberelinas y citocininas naturales, que estimulan procesos involucrados en el crecimiento de las plantas, están presentes con singular riqueza en compostas y lombricompostas, las cuales además de contener nutrientes esenciales para las plantas, deben valorarse también porque ejercen un efecto multilateral en las propiedades agronómicas del suelo, al contribuir al mantenimiento y desarrollo de la microflora y microfauna, que a su vez incrementa la disponibilidad y asimilación de los nutrientes por las raíces (Domínguez *et al.*, 2010; Calvo *et al.*, 2014; Aremu *et al.*, 2015).

La lombricomposta aplicada al suelo, como fuente de las sustancias naturales promotoras del crecimiento, podría contribuir en la producción de frutos, a pesar de que no se polinicen las flores o se apliquen fitorreguladores sintéticos a las plantas por la vía foliar. Por tanto, el objetivo de este trabajo es conocer el efecto de la aplicación foliar de auxinas y de lombricomposta al suelo en el crecimiento de las plantas y el rendimiento de calabacita bajo condiciones protegidas.

1.2. REVISIÓN DE LITERATURA

1.2.1.1. Cucurbitáceas

La familia Cucurbitaceae está constituida por 118 géneros y poco más de 825 especies, distribuidas principalmente en los trópicos y subtrópicos. Los principales géneros son: *Cayaponia* (60 especies), *Momordica* (45 especies), *Gurania* (40 especies), *Sicyos* (40 especies), *Trichosanthes* (40 especies) y *Cucumis* (33 especies). Las principales especies domesticadas (plantas alimenticias) son: *Citrullus lanatus* (sandía), *Cucumis sativus* (pepino), *Cucumis melo* (melón), *Cucumis anguria* (pepinillo de monte), *Cucurbita* (cinco especies de calabacitas y calabazas), *Momordica charantia* (melón amargo), *Sechium edule* (chayote), *Luffa* (dos especies de estropajo), *Lagenaria siceraria* (calabaza botella), *Benincasa hispida* (calabaza blanca),

Trichosanthes (dos especies de calabaza serpiente), *Telfairia* (dos especies de kueme), *Sicana odorifera* (calabaza melón), *Coccinia grandis* (pepino cimarrón), *Praecitrullus fistulosus* (tinda), *Cyclanthera pedata* (pepino de relleno), *Cucumeropsis mannii* (melón de semillas blancas) (Márquez y Osuna, 2008).

En México se cultivan principalmente calabaza (*Cucurbita* spp.), melón (*Cucumis melo* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.) y sandía (*Citrullus lanatus* L.).

1.2.1.2. *Cucurbita pepo* L.

La calabacita del género *Cucurbita* tiene sus orígenes en México y América Central, ha sido parte importante de la alimentación del hombre americano (Basurto-Peña *et al.*, 2015).

1.2.1.3. Taxonomía

La calabaza está descrita taxonómicamente de la siguiente manera:

Reino: Plantae.

Clase: Dicotyledoneae.

Subclase: Choripetales.

Orden: Cucurbitales.

Familia: Cucurbitaceae.

Género: *Cucurbita*.

Especie: 26 spp., de las cuales cinco son cultivadas: *Cucurbita pepo* L., *C. moschata* (Duch. ex Lam.) Duch. ex Poir., *C. angyrosperma* Huber (también referida como *C. mixta* Pang.), *C. maxima* Duch. ex Lamb. y *C. ficifolia* Bouché (Márquez y Osuna, 2008).

1.2.1.4. Morfología

Cucurbita pepo es una planta anual, herbácea, de crecimiento indeterminado y porte rastrero, con las siguientes características morfológicas (Cortés, 2003; Monares-Gallardo *et al.*, 2012):

Sistema radicular. Presenta un sistema radicular muy potente, donde la raíz principal axonomorfa alcanza un gran desarrollo en relación con las raíces secundarias, las cuales se extienden superficialmente. Aparecen a veces raíces adventicias en los entrenudos de los tallos cuando están en contacto con tierra húmeda.

Tallo. Posee un tallo principal herbáceo, grueso, anguloso, que puede alcanzar diversas alturas, que varía según la variedad, condiciones climáticas y de cultivo. El tallo es cilíndrico, y el grosor es diferente según la variedad de calabacita. Los entrenudos del tallo son más o menos cortos dependiendo del tipo de variedad. Para mejorar la calidad del fruto se debe guiar, aunque hay tipos de calabacita que no se pueden tutorar por el peso del fruto.

Hojas. Las hojas son palmeadas, de limbo grande y sostenidas por alargados peciolos. Los peciolos parten del tallo, alternándose de forma helicoidal. Son largos, huecos, consistentes, con vellosidades y espinas cortas y finas distribuidas a lo largo del mismo. El limbo está formado por cinco lóbulos. En función de la variedad están más o menos pronunciados. Los nervios principales parten de la inserción del peciolo con la hoja dirigiéndose al centro de cada lóbulo y éstos a su vez se subdividen a los extremos de las hojas. El haz de las hojas es suave al tacto y el envés áspero, recubierto de espinas cortas a lo largo de las nervaduras.

Flores. La planta es monoica, es decir, presenta flores femeninas y masculinas independientes en el mismo pie. Son vistosas, grandes de colores amarillos y acampanados. Una de las características del cáliz es que es zigomorfo o irregular. Consta de cinco sépalos verdes y puntiagudos y de la corola que es actinomorfa o regular. El pedúnculo de la flor masculina es largo y cilíndrico, pudiendo alcanzar una

longitud de hasta 40 cm. La flor femenina se une al tallo por un corto y grueso pedúnculo de sección irregular pentagonal o hexagonal.

Fruto. El fruto es una baya carnosa, sin cavidad central, de color verde o amarillo. La piel es lisa y muy sensible a rozaduras. Es alargado, cilíndrico y con pedúnculo muy corto.

1.2.1.5. Biología floral y desarrollo del fruto

Las flores masculinas y femeninas se presentan individualmente en las axilas de las hojas de la misma planta. Las flores femeninas, al crecer el ovario después de la fecundación, dan lugar al fruto. Los granos de polen deben llegar desde las flores masculinas a las femeninas (de la misma o de otra planta) y de esa operación se encargan normalmente insectos polinizadores (Vidal *et al.*, 2006). Para la formación completa del fruto es necesario que la flor femenina sea polinizada con un número elevado de granos de polen (1500 a 2000), lo que supone 10 a 12 visitas de abejas a la misma flor y, además, que el polen sea fértil. Cuando la polinización es deficiente en alguna de sus fases (formación del polen, viabilidad de este, transporte escaso, falta de crecimiento del tubo polínico, etc.) el fruto será pequeño, deformado o inexistente. En un proceso normal, los óvulos fecundados se transforman en semillas y el ovario en el fruto. Para una determinada variedad y condiciones de cultivo, hay una correlación positiva entre el número de semillas y tamaño del fruto (Vidal *et al.*, 2010).

1.2.2. Importancia del cultivo

El sector hortícola mundial está compuesto por alrededor de 120 productos, entre los que la calabaza tiene una participación del 1.39%, para ocupar un noveno lugar en la producción mundial de hortalizas. La calabaza es producida en más de 114 países, en superficies que fluctúan de una a más de 401 581 ha, con producciones desde 16.9 hasta casi 8 000 000 t (FAOSTAT, 2021), con una media mundial de 15.8 t ha⁻¹. Los países que destacan en superficie sembrada, es China, China, Camerún y Turquía, aunque, en cuanto a producción sobresale China, Ucrania, Rusia y Estados Unidos de

América (E. U. A.). En México, en 2021 se cosecharon 738 009 t, ocupando el séptimo lugar a nivel mundial en producción (Cuadro 1).

Cuadro 1. Área cosechada y volumen de producción de los principales países productores de calabazas, durante 2021.

País	Área cosechada (ha)	País	Producción (t)
China	401 581	China	7 439 924
Camerún	153 991	Ucrania	1 314 540
Turquía	100 853	Rusia	1 174 579
Ucrania	63 600	E. U. A.	1 069 290
Bangladesh	60 622	España	789 780
Rusia	56 739	Turquía	771 651
Ruanda	50 765	México	738 009
E. U. A.	45 325	Bangladesh	696 000
México	35 334	Italia	601 660
Sudáfrica	34 273	Pakistán	466 121
Mundo	1 501 696	Mundo	23 783 936

Fuente: FAOSTAT (2021).

Durante el año agrícola 2021, Sinaloa ocupó tercer lugar a nivel nacional en cuanto a producción obtenida con 56 923.7 t y en superficie cosechada (2409.7 ha) antecedido por Sonora y Puebla (Cuadro 2), y tercer lugar nacional en rendimiento por hectárea de 23.62 t ha⁻¹ (SIAP, 2022), superado por Zacatecas y Sonora.

En el mismo año agrícola, Guasave fue el municipio del estado, con mayor área cosechada (795.4 ha) y volumen de producción obtenida (13 542 t). Mientras que los mejores rendimientos por hectárea se registraron en el municipio de Angostura de 35.25 t ha⁻¹ (Cuadro 3). De acuerdo con datos reportados de Sinaloa, fueron canalizadas al mercado internacional 19 000.6 t de calabacita, y el resto para el consumo nacional (SIAP, 2022).

Cuadro 2. Área cosechada y volumen de producción de los principales estados productores de calabacita, durante 2021.

Estado	Superficie cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t ha ⁻¹)
Sonora	6360	164 209.1	25.82
Puebla	3918.6	70 550.3	18.04
Sinaloa	2409.7	56 923.7	23.62
Michoacán	1812.2	40 249.3	22.21
Hidalgo	1796.4	41 410	23.05
Morelos	1260.5	20 162.2	16
Jalisco	1164	23 913.8	20.54
Yucatán	952	14 768.1	15.51
México	929.1	14 076.3	15.15
Zacatecas	850.4	27 411.8	32.24
<i>Total</i>	<i>26 370.1</i>	<i>564 588</i>	<i>21.48</i>

Fuente: SIAP (2022).

Cuadro 3. Área cosechada, volumen de producción y rendimiento de calabazas en los municipios del Estado de Sinaloa, durante 2021.

Municipio	Superficie cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t ha ⁻¹)
Guasave	795.4	13 542.2	17.03
Angostura	595	20 975	35.25
Ahome	452.4	9216.7	20.37
Elota	158	4112.1	25.96
Culiacán	113.7	2440.9	21.47
<i>Total</i>	<i>2409.7</i>	<i>56 963.7</i>	<i>23.62</i>

Fuente: SIAP (2022).

1.2.3. Estructuras de protección

El campo de los cultivos hortícolas está experimentando una tendencia cada vez más marcada hacia la obtención de producciones anticipadas (precocidad), mayores rendimientos por unidad de superficie, mejor calidad y más homogénea de los productos, así como a reducir las aplicaciones de agroquímicos, lo cual ha creado la necesidad del uso de diversos sistemas y estructuras de protección de los cultivos que excluyan las plagas, al funcionar como barreras físicas entre las plantas y los insectos vectores de virus, por ejemplo, y para forzar su desarrollo, proporcionando condiciones climáticas más favorables, como sucede con los cultivos de clima caliente desarrollados durante los meses fríos: pepinos, melones, sandías y calabazas (Bastida y Ramírez, 2008).

1.2.3.1. Mallas o casas sombra

Estas estructuras están constituidas por un tejido plástico con entramado o cuadros de diferentes tamaños, la mayoría de las veces sostenidas por estructuras parecidas a invernaderos, son utilizadas como cubierta protectora, para controlar la exposición de los cultivos a los rayos solares, con la que además se obtiene protección contra insectos y otras plagas (Wener, 1999; Bastida y Ramírez, 2008).

Para la producción intensiva en las regiones semitropicales, donde las temperaturas alcanzan los 40 °C, las mallas sombra se han convertido en una herramienta muy eficaz para controlar el exceso de temperatura, obtener una mayor ventilación y sombrear el área de producción de manera económica y productiva. En regiones de Sinaloa, Nayarit, Colima, Chiapas y Tabasco, actualmente se están utilizando para la producción de trasplantes y cultivos intensivos que requieren de una mayor ventilación, previniendo el efecto del viento, reducen la evaporación y la transpiración de las plantas y evitan el ingreso de insectos, que muchas veces son portadores de peligrosas enfermedades virales. Otra de las ventajas de las casas sombra es que se reducen las aplicaciones de agroquímicos y se aprovecha mejor el espacio vertical para el crecimiento adecuado de las variedades indeterminadas (García, 1996).

1.2.3.2. Invernadero

Esta estructura especial permite reproducir, simular y mejorar las condiciones bajo las cuales crecen las plantas en su hábitat natural, mediante el control de factores como la temperatura, el aire, la nutrición y la humedad óptima para el crecimiento (Bastida y Ramírez, 2011).

En Almería, España, la casi totalidad de las plantaciones de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) se hacen tutorando el cultivo, lo que además de alargar el ciclo productivo y mejorar la calidad y presentación del fruto, favorece la sanidad del cultivo y facilita los trabajos de recolección. La siembra, que suele hacerse con semilla pre-germinada, o el trasplante se hace con marcos de plantación de 2 x 1 m, o bien, 1.5 x 1 m, es decir, densidades de 0.5 y 0.66 plantas/m², respectivamente (Robles, 1994; Bretones, 1995).

1.2.4. Exigencias climáticas

El cultivo de calabacita soporta temperaturas (Cuadro 4) más elevadas que el melón, pepino y sandía (Cortés, 2003).

Cuadro 4. Temperaturas críticas para calabacita en las distintas fases de su desarrollo.

Fases del cultivo	Temperatura (°C)		
	Óptima	Mínima	Máxima
Germinación (temperatura del suelo)	20 a 25	15	40
Crecimiento vegetativo	25 a 30	10	35
Floración	20 a 25	10	35

El fruto contiene aproximadamente el 95% de agua, lo que nos indica que se trata de un cultivo exigente en agua, por lo que se tiene que las plantas se deben de mantener bien hidratadas cuando las temperaturas se incrementan.

La humedad relativa óptima del aire en el invernadero oscila entre 65 y 80%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación.

1.2.5. Exigencias en suelo

Se adapta a cualquier tipo de suelo, aunque prefiere aquéllos de textura franca, profundos y bien drenados, exigente en materia orgánica, pH óptimos que oscilan entre 5.6 y 6.8, es decir, suelos ligeramente ácidos. Es una especie un poco tolerante a la salinidad del suelo y del agua de riego, menos que el melón y la sandía y más que el pepino (Robles, 1994; Cortés, 2003).

1.2.6. Labores culturales

1.2.6.1. Siembra

El cultivo de calabacita suele realizarse en siembra directa en el suelo o en la capa de arena, a razón de dos a tres semillas por golpe, que se sembrarán juntas con el objeto de que al emerger rompan la costra del suelo con mayor facilidad, cubriéndolas con 3 a 4 cm de tierra o arena, según corresponda (Introzzi, 1986; Robles, 1994; Cortés, 2003). Sin embargo, también suele realizarse en plántulas para posteriormente llevarlas a campo

1.2.6.2. Trasplante

Se lleva a cabo cuando se desea mantener el cultivo anterior más tiempo en el terreno, trasplantando el cepellón procedente del semillero cuando la planta tiene dos hojas verdaderas (Cortés, 2003).

1.2.6.3. Aclareos

Cuando nace más de una planta por golpe, se lleva a cabo el aclareo, esto cuando las plantas cuentan con dos a tres hojas verdaderas (8 a 10 días desde la germinación), dejando la más vigorosa y eliminando las restantes (Cortés, 2003).

1.2.6.4. Tutorado

Es una práctica que se realiza cuando el tallo comienza a inclinarse, con objeto de restablecer su verticalidad, mediante la colocación de un hilo, generalmente de polipropileno (rafia) que se sujeta por un extremo al tallo y por el otro al emparrillado del invernadero. De este modo se aprovecha mejor la iluminación, se mejora la ventilación, reduciendo el ataque de enfermedades y se facilitan las labores y prácticas culturales (Introzzi, 1986; Robles, 1994; Cortés, 2003).

Pueden considerarse dos modalidades. Una de ellas consiste en hacer un nudo corredizo en el extremo del hilo que va atado al emparrillado de forma que se pueda ir soltando hilo para ir rodeando a la planta conforme ésta crezca. La segunda modalidad consiste en dejar el hilo fijo e ir atando el tallo de la planta con trozos de hilo más cortos al hilo principal (Cortés, 2003).

1.2.6.5. Destalle

No se realiza la poda de formación en el cultivo de calabacita, por lo que la poda se limita a la limpieza de brotes secundarios, que deben ser eliminados cuanto antes (Robles, 1994; Cortés, 2003).

1.2.6.6. Deshoje

El deshoje solo se lleva a cabo cuando las hojas, de la parte baja de la planta, están muy envejecidas o cuando su excesivo desarrollo dificulte la luminosidad o la aireación, ya que de lo contrario traería consigo una reducción de la producción (Cortés, 2003).

1.2.6.7. Limpieza de frutos

Se debe de eliminar los frutos que presenten daños de enfermedades, malformaciones o crecimiento excesivo, para eliminar posibles fuentes de inóculo y evitar el agotamiento de la planta (Cortés, 2003).

1.2.6.8. Marco de plantación

Dependiendo del cultivar a establecer es densidad de plantación, siendo la más habitual de 1 planta/m². Con marcos de 2 x 0.75 m; 1 x 1 m; 1.33 x 1 m; 1.5 x 0.75 m, dependiendo de la variedad y de la estructura del invernadero (Cortés, 2003).

1.2.6.9. Fertirrigación

El cultivo de calabacita es exigente en humedad, por lo que requiere de riegos frecuentes con la aparición de los primeros frutos. Sin embargo, los encharcamientos le son perjudiciales, y en las primeras fases del cultivo no son convenientes los excesos de agua en el suelo para un buen enraizamiento (Introzzi, 1986; Robles, 1994; Cortés, 2003).

En riego por goteo, el primer aporte de agua debe hacerse un día antes de la siembra, no siendo conveniente alargar demasiado los riegos posteriores a la emergencia, dando riegos ligeros tras la misma, de volumen y frecuencia variable en función del suelo y época de siembra. Es aconsejable someter a la planta a un pequeño período de sequía en estado de tres a cuatro hojas verdaderas, con el fin de favorecer un potente sistema radicular. Aproximadamente una semana antes del inicio de la recolección deben incrementarse los riegos tanto en volumen como en frecuencia, siendo este aumento progresivo hasta que el cultivo alcance la plena producción (Cortés, 2003).

En riego por gravedad, el primer aporte de agua se realiza un día antes de la siembra. Tras la nacencia es conveniente retrasar los riegos hasta los 20 a 25 días cuando el suelo está en tempero. A partir del segundo riego, los riegos se llevarán a cabo cada 7 a 10 días, dependiendo fundamentalmente de la climatología (Cortés, 2003).

El consumo de agua dependerá del marco de siembra, época de cultivo y sistema de riego, oscilando en cultivos con riego localizado entre los 2000 y 2500 metros cúbicos por hectárea y ciclo de cultivo y entre 500 y 600 metros cúbicos por hectárea y ciclo en riego a pie (Cortés, 2003).

En cultivo hidropónico el riego está automatizado y existen distintos sistemas para determinar las necesidades de riego del cultivo, siendo el más extendido el empleo de bandejas de riego a la demanda. El tiempo y el volumen de riego dependerán de las características físicas del sustrato, oscilando el consumo total entre 1500 y 2000 metros cúbicos por hectárea y ciclo de cultivo (Cortés, 2003).

Actualmente se emplean básicamente dos métodos para establecer las necesidades de fertilización: en función de las extracciones del cultivo, sobre las que existe una amplia y variada bibliografía, y en base a una solución nutritiva ideal a la que se ajustarán los aportes previo análisis de agua. Este último método es el que se emplea en cultivos hidropónicos, y para poder llevarlo a cabo en suelo o en enarenado, requiere la colocación de sondas de succión para poder determinar la composición de la solución del suelo mediante análisis de macro y micronutrientes, CE y pH (Cortés, 2003).

Para una producción media de 80 000 a 100 000 kg ha⁻¹ las extracciones medias oscilan entre: 200 a 225 kg de nitrógeno, 100 a 125 kg de P₂O₅ y 250 a 300 kg de K₂O, lo que supone un equilibrio aproximado de 2-1-2.5 (Cortés, 2003).

Comúnmente los fertilizantes sólidos más utilizables son el nitrato de calcio, nitrato de potasio, nitrato de amonio, fosfato monopotásico, fosfato monoamónico, sulfato de potasio, sulfato de magnesio y en forma líquida; ácido fosfórico y ácido nítrico, debido a su bajo costo y a que permiten un fácil ajuste de la solución nutritiva, aunque existen en el mercado fertilizantes complejos sólidos cristalinos y líquidos que se ajustan adecuadamente, solos o en combinación con los fertilizantes simples, a los equilibrios requeridos en las distintas fases de desarrollo del cultivo (Cortés, 2003).

El aporte de microelementos, que años atrás se había descuidado en gran medida, resulta vital para una nutrición adecuada, pudiendo encontrar en el mercado una amplia gama de sólidos y líquidos en forma mineral y en forma de quelatos, cuando es necesario favorecer su estabilidad en el medio de cultivo y su absorción por la planta (Cortés, 2003).

También se dispone de numerosos correctores de carencias tanto de macro como de micronutrientes que pueden aplicarse vía foliar o riego por goteo, aminoácidos de uso preventivo y curativo, que ayudan a la planta en momentos críticos de su desarrollo o bajo condiciones ambientales desfavorables, así como otros productos (ácidos húmicos y fúlvicos, correctores salinos, etc.), que mejoran las condiciones del medio y facilitan la asimilación de nutrientes por la planta (Cortés, 2003).

1.2.7. Partenocarpia

El desarrollo de un fruto sin polinización, y que por tanto no produce semillas, recibe el nombre de partenocarpia (Varoquax *et al.*, 2000; Lora *et al.*, 2011). Dos mecanismos principalmente son los responsables de la formación de frutos sin semillas: 1) partenocarpia, donde el fruto se desarrolla en ausencia de fertilización, como en las piñas cultivadas, algunos cítricos y bananas; y 2) estenospermia, donde la polinización y la fertilización son necesarias, pero los embriones no se forman, o bien abortan antes de la completa formación de la semilla, como ocurre en las sandías y uvas sin semilla (Lora *et al.*, 2011).

El desarrollo de los frutos partenocárpicos en tomate está controlado por varios genes recesivos, en pepino dulce (*Solanum muricatum*) parece que es sólo un gen dominante el implicado en el control genético de la partenocarpia (Ehlenfeldt y Vorsa, 2007). Estudios moleculares y fisiológicos han dilucidado la implicación de genes tan diversos como aquellos que controlan la síntesis de auxinas, giberelinas y citocininas (Ehlenfeldt y Vorsa, 2007). Este carácter ha sido observado en invernadero en melón, calabacita, tomate y pimiento (Rylski y Aloni, 1990). Pero, aunque la partenocarpia inducida por reguladores del crecimiento ha sido objeto de numerosos estudios en calabacita (Suleiman y Suwwan, 1990; Atasayar y Vural, 1993; Sanz, 1995), poco se sabe sobre la partenocarpia natural o genética en esta especie. En Almería, España, ninguna de las variedades híbridas comerciales que se utilizan actualmente tiene el nivel de partenocarpia suficiente para eliminar los tratamientos con auxinas sintéticas (Ruiz, 2013).

1.2.8. Fitorreguladores sintéticos

La auxina más conocida es el ácido indolacético (AIA), sustancia de crecimiento sintetizada por la propia planta, pero hay otras, como el ácido indolbutírico (AIB), ácido 4-clorofenoxiacético (4-CPA), ácido naftalenacético (ANA) y ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D), de composición y efectos muy similares. Estos compuestos estimulan la división celular y, por tanto, el crecimiento de los tejidos. Se emplean para provocar la formación de frutos (tomate, berenjena, melón), pero también para impedir o dificultar su desprendimiento (naranjas, manzanas); para inducir el crecimiento de raíces en estacas de vegetales (numerosas plantas leñosas); para estimular el crecimiento del callo y enraizamiento de los brotes en cultivo *in vitro* y como herbicida (Cantera, 1997).

Las citocininas son sustancias derivadas de la adenina, una de las bases de las moléculas del DNA y RNA. En la planta interactúan con las auxinas en la promoción de la división celular. Se emplean sobre todo en el cultivo de tejidos. En algunos casos favorecen el crecimiento del fruto y causan partenocarpia, pero hasta hace poco no se habían empleado con estos fines en horticultura. También retrasan la senescencia (Miguel, 2000, 2001).

Se han llevado a cabo algunos trabajos para inducir la partenocarpia, en tomate, sandía y pepino, empleando algunos fitorreguladores de crecimiento (Miguel y Maroto, 2000; Núñez *et al.*, 2008; Lozano *et al.*, 2009).

La pulverización de la planta de sandía con auxinas parece ser el método más cómodo y barato, pues con un simple tratamiento a la plantación es suficiente. De los productos ensayados, el de mejores resultados fue el 2,4-D, ya sea en forma de ácido o sal amina, pero también en forma de éster isooctílico o isopropílico obtuvo similar efecto. La concentración que mejores resultados ha ofrecido, especialmente en variedades triploides, es de 8 mg L⁻¹, aunque desde 4, 12 o incluso 16 mg L⁻¹ puede funcionar. En ocasiones, con concentraciones altas, se produce un cierto porcentaje de frutos con ahuecado interior. El ahuecado se presenta también en las variedades triploides

polinizadas naturalmente, con abejas, con más intensidad unos años que otros, y más frecuentemente en plantaciones tempranas (Miguel, 2000, 2001).

La aplicación de ácido naftalanacético (ANA) incrementa el grosor del epicarpio y mesocarpio de los melones, además incrementa el contenido de sólidos solubles totales de los frutos (Montaño y Méndez, 2009).

En Japón es práctica habitual o, al menos, se realiza eventualmente, el polinizar a mano las flores de sandía cuando las condiciones ambientales hacen problemático el cuaje natural, especialmente en primaveras lluviosas y frías, cuando las abejas no trabajan activamente. Los intentos de sustituir la polinización verdadera por la aplicación de fitorreguladores que estimulen el crecimiento del fruto, aunque no haya habido polinización o ésta hubiera sido deficiente, no les había dado resultado hasta la aparición y empleo de una citoquinina derivada de la urea, el CPPU o forclorfenurón [1-(2-cloro-4-piridil)-3-fenilurea]. Este producto puede aplicarse con un pincel sobre el pedúnculo de la flor o pulverizado sobre el ovario o también sumergiendo la flor en una disolución que lo contenga. Se han probado distintas concentraciones, desde 25 hasta 200 mg L⁻¹ sobre plantas triploides, aunque normalmente, con la concentración más baja se obtienen porcentajes de cuaje menores. Prácticamente la totalidad de las flores tratadas con CPPU se desarrolla en fruto, principalmente las fecundadas naturalmente. Pero si el número de flores cuajadas en una planta es demasiado elevado, ésta puede llegar a morir por agotamiento (Hayata *et al.*, 2002). Otra citoquinina, la benziladenina, es también capaz de cuajar frutos sin que haya habido polinización, pero su eficacia es mucho más reducida (Miguel, 2001).

1.2.9. Lombricompostas

A partir de su aplicación a los suelos, se puede proporcionar a las plantas algunos nutrientes como materia orgánica, nitrógeno, fósforo, magnesio, carbono orgánico, potasio, calcio, cobre, sodio, manganeso, entre otros elementos, especialmente micronutrientes (Campos *et al.*, 2011).

La rápida descomposición de los residuos orgánicos que llevan a cabo las lombrices, con los abundantes microorganismos en su tracto digestivo, da lugar a sustratos con una actividad y diversidad microbianas considerablemente mayores que las del residuo de partida, llegándose a multiplicar varias veces los valores iniciales de fertilidad y microbiológicas. Este incremento de la actividad microbiana además de aumentar la tasa de transformación de nutrientes a formas más fácilmente asimilables por las plantas puede afectar al crecimiento vegetal mediante el incremento en la actividad enzimática, la supresión de enfermedades y la producción de sustancias reguladoras del crecimiento: auxinas, giberelinas y citoquininas (Domínguez *et al.*, 2010).

En diversos trabajos se ha encontrado que con el uso de lombricomposta no solo se puede obtener un aumento en el crecimiento de las plantas y la producción de biomasa (David-Santoya *et al.*, 2018; Hidalgo-Loggiodice *et al.*, 2009), sino también, inducir y diversificar la actividad microbiológica del suelo. El té de lombricomposta también es de gran importancia ya que cuenta con una diversidad de comunidades microbianas que son benéficas para el crecimiento de las plantas (Fritz *et al.*, 2012).

El uso de la lombricomposta permite incrementar la porosidad, aireación y capacidad de retención de agua del suelo, incrementa la superficie aérea de las plantas, facilita la absorción y retención de nutrientes, por un largo periodo (Sadegh *et al.*, 2015).

El conjunto de sustancias naturales promotoras del crecimiento y ácidos fenólicos presentes en la lombricomposta actúan de diversas maneras y contribuyen a las numerosas respuestas fisiológicas tales como aumento de crecimiento y rendimiento, así como una respuesta mejorada a diversos tipos de estrés biótico y abiótico (Aremu *et al.*, 2015).

CAPITULO 2. PRODUCCIÓN DE CALABACITA CON Y SIN POLINIZACIÓN MANUAL EN CONDICIONES DE CASA MALLA

2.1. INTRODUCCIÓN

La agricultura protegida mexicana (invernadero + casa malla + macro túnel) alcanzó una extensión de 42 515 ha en 2017, de la cual 60.6% correspondió al cultivo de hortalizas, 33.9% fue destinada al cultivo de frutales y 5.5% a la floricultura. La mayor parte de la superficie está concentrada principalmente en tres estados: Sinaloa (20%), Jalisco (20%) y Michoacán (17%). El cultivo protegido de hortalizas representó más de 3.2 millones de toneladas anuales, con un valor comercial de 3232 millones de dólares, del cual 68% correspondió a tomate, 15% a pepino, 13.5% a chile verde, 3.1% a berenjena y 0.2% a calabacita (SIAP, 2019).

En 2019, a nivel mundial se cultivaron 1.54 millones de hectáreas y produjeron 22.9 millones de toneladas de calabaza (*Cucurbita* spp.) (FAOSTAT, 2020). México participó con 33 941 ha y 821 277 t, de las cuales 79.1 y 84%, respectivamente, correspondieron a calabacita o fruto verdura (SIAP, 2019), que es la forma de aprovechamiento más importante tanto para consumo nacional como para exportación (Sedano-Castro *et al.*, 2011).

En México, el cultivo de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) se realiza principalmente a cielo abierto y sólo 4 ha en condiciones de agricultura protegida, con rendimientos de 25.7 y 74.8 t ha⁻¹, respectivamente (SIAP, 2019). En países como España sucede lo contrario, ya que el 78.3% de la superficie cultivada con calabacita (10 851 ha) se realizó bajo condiciones protegidas, con un rendimiento de 61.3 t ha⁻¹ (MAPA, 2019); con lo cual obtuvieron el 87.8% de la producción de México, pero en 40.4% de la superficie respectiva.

El cultivo de calabacita bajo condiciones protegidas tiene, con respecto al cultivo a cielo abierto, las ventajas de mejorar la calidad y producción de frutos por unidad de superficie, reducir el daño por plagas y enfermedades, así como el uso de agroquímicos (Shaw y Cantliffe, 2005; Francisco-Illescas *et al.*, 2013; Ayala-Tafoya *et*

al., 2020); sin embargo, la monoecia de las plantas de calabaza sugiere la introducción de colonias de insectos polinizadores para conseguir el cuajado y crecimiento de los frutos (Vidal *et al.*, 2010; Artz y Nault, 2011; Petersen *et al.*, 2013).

El cuajado y crecimiento de los frutos pueden verse limitados debido a una polinización ineficaz en cultivos de calabacita por condiciones climáticas y ambientales adversas, por ejemplo, debido a una mala maduración del polen o pocas especies polinizadoras, que normalmente ocurren en invernaderos o durante períodos de poca luz y temperaturas frías (Knapp *et al.*, 2016; Knapp y Osborne, 2017). Para evitar este problema, se requiere de la partenocarpia, es decir, del desarrollo natural o artificial del fruto sin polinización/fertilización. La aplicación de reguladores de crecimiento sintéticos es una práctica común para inducir partenocarpia estimulante en cultivares de calabacita, pero este método aumenta los costos de producción y puede causar defectos en los frutos. Las desventajas asociadas con esto se pueden superar mediante el uso de cultivares con partenocarpia vegetativa, que logran el cuajado de los frutos sin ningún estímulo externo (Pomares-Viciano *et al.*, 2017); sin embargo, la partenocarpia vegetativa todavía tiene un uso limitado en calabacita.

Estudios fisiológicos y moleculares sobre partenocarpia en calabaza han dilucidado la implicación de genes tan diversos como aquellos que controlan la síntesis de auxinas, giberelinas y citocininas (Méndez-López *et al.*, 2018; Pomares-Viciano *et al.*, 2017, 2019); pero, aunque la partenocarpia inducida por reguladores del crecimiento ha sido objeto de numerosos estudios en calabacita (Li *et al.*, 2005; Pomares-Viciano *et al.*, 2017; Ayala-Tafoya *et al.*, 2020; Pagoto *et al.*, 2020) y otros se han realizado para evaluar el nivel de partenocarpia natural o genética (Robinson y Reiners, 1999; Kurtar, 2003; Méndez-López, 2018), pocos estudios se han llevado a cabo para evaluar la dependencia a la polinización (Knapp *et al.*, 2016) en cultivares de calabacita utilizados actualmente. Por lo tanto, conocer cómo la polinización y la falta de ésta influyen la calidad o cantidad del rendimiento puede contribuir a mejorar la orientación a los productores para obtener rendimientos productivos y sostenibles.

En el presente estudio, se evaluaron 10 cultivares de calabacita, de los tipos “gray zucchini” y “green zucchini”, con el objetivo de establecer la influencia de la polinización en el crecimiento de plantas y rendimiento de frutos, bajo condiciones de casa malla.

2.2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó dentro de en una estructura de protección de cultivos tipo invernadero (Baticenital 740-350®, ACEA), constituida por tres naves de 7.4 de ancho y 50 m de largo, orientadas de norte a sur y con una cobertura total de malla anti-áfidos (16 × 10 hilos cristalinos cm⁻²; 25% de sombra), ubicada en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa, a 24° 48' 30" LN, 107° 24' 30" LO y 38.5 m de altitud.

En Culiacán, Sinaloa, el clima es BS1(h´)w(w)(e): semiseco muy cálido extremoso con lluvias de verano, con un porcentaje de precipitación invernal con respecto al total anual menor de cinco (García, 2004). Las medias de temperatura (21.9 °C) y humedad relativa (69.5%) registradas durante el ciclo de cultivo (01/11/2018 al 19/03/2019), registradas mediante termohigrómetros (DT171, Twilight), estuvieron dentro de los intervalos óptimos (18 a 24 °C y 65 a 80%) para el cultivo de calabaza (Molinar *et al.*, 1999; Cortés, 2003).

El suelo del área experimental se preparó manualmente hasta lograr un buen desmenuzamiento de los terrones, luego se formaron camas hortícolas separadas a 1.8 m una de otra, las cuales fueron acolchadas con polietileno coextruido blanco/negro. La siembra se hizo en charolas de poliestireno de 128 cavidades llenas de turba (Brown 025W, Kekkila) y tapada con vermiculita (Gruesa A3, KBW Supply). El trasplante se realizó cuando las plántulas contaban con dos hojas verdaderas, colocándolas a hilera sencilla con una separación de 45 cm, para una densidad de 12,346 plantas/ha.

El suministro de agua y fertilizantes se realizó con un sistema de riego por goteo. Se empleó la solución nutritiva de Steiner (1984), a una concentración de nutrientes del 50% desde el trasplante hasta la antesis de la segunda o tercera flor femenina, y

posteriormente se aplicó la solución completa. El riego era suministrado cuando los tensiómetros (2725ARL, Soil Moisture Equipment) colocados a 30 cm de profundidad del suelo indicaron una tensión de humedad de 20 a 25 kPa.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con seis repeticiones. El diseño de tratamientos fue factorial completo 2 x 10, con un total de 20 tratamientos. El tamaño de la unidad experimental fue de 4.86 m² (seis plantas). Un factor de variación correspondió a la polinización, cuyos niveles fueron: con polinización de flores a mano, realizada el día de la antesis mediante el frote de anteras de dos a tres flores masculinas en el estigma de cada flor femenina (1176 flores femeninas fueron polinizadas a mano, con un promedio de 18.4 flores/planta); y sin polinización, para lo cual las flores femeninas se cubrieron con bolsas de papel glassine, 1 a 2 días antes de la antesis (1536 flores femeninas fueron cubiertas, con un promedio de 24 flores/planta). Otro factor fue el cultivar de calabaza utilizado, con 10 niveles, cinco de los cuales fueron del tipo calabacita gris o “grey zucchini” ('Aurora' de Sakata; 'Chabela', 'HMX586429', 'Macaria' y 'Hurakan' de HM Clause) y cinco del tipo calabacita verde o “green zucchini” ('Prestige' de HM Clause; 'Verona' y 'Torino' de Lark Seeds; 'Ebano' y 'Jacobo' de Syngenta).

Con relación al crecimiento de las plantas se evaluaron las siguientes variables: altura de planta, desde la base hasta el ápice de crecimiento por medio de una cinta métrica; diámetro de tallo, en el primer entrenudo del tallo, mediante un vernier digital (6MP, Truper); índice de área foliar (IAF) en m² de área foliar por m² de superficie de suelo, obtenida al dividir el área foliar por planta entre la superficie ocupada por cada planta (0.81 m²). El área foliar de cada hoja fue estimada con la ecuación: $AF = 4.77 + (0.61 \times \text{Ancho}^2)$, propuesta por Rouphael *et al.* (2006); peso seco de la parte aérea de las plantas (hojas y tallo), obtenido al final del ciclo de cultivo, con una balanza de precisión (CP622, Sartorius) y después de secar el material vegetal en horno eléctrico (292, Felisa) a 70 °C hasta peso seco constante.

Para las variables de producción, los frutos fueron cosechados 5 a 7 días después de la antesis y se analizaron las siguientes: cuajado de frutos, obtenido mediante la

ecuación: cuajado (%) = (número de frutos con longitud ≥ 127 mm / número de flores polinizadas o cubiertas) x 100; diámetro y longitud de fruto, determinados con vernier digital (6MP, Truper); peso de fruto, obtenido con balanza de precisión (CP622, Sartorius); rendimiento con calidad de exportación: frutos con longitud entre 127 y 203 mm (Molinar *et al.*, 1999; USDA, 2016); rendimiento para mercado nacional: frutos con longitud entre 80 y 126 mm (SECOFI, 1982); en ambos casos frutos bien desarrollados, enteros, sanos, frescos, limpios, de consistencia firme y buen color; y rendimiento total (exportación + nacional).

Los resultados obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza y prueba de comparaciones de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) mediante el paquete STATISTICA 7.0 (StatSoft, 2004).

2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.3.1. Crecimiento y peso seco de plantas

La altura de las plantas cultivadas sin polinización fue 18.3% mayor a la alcanzada por las plantas con polinización. El cultivar HMX586429 (HMX58) presentó las plantas más altas, sin diferencias con respecto a 'Aurora' y 'Ebano', pero que superaron a los demás cultivares desde 21.1% (Macaria) hasta 136.2% (Verona). Las plantas del tratamiento SP/HMX58 alcanzaron 193.4 cm, sin diferencia con la altura de las plantas de SP/Aurora, CP/HMX58, SP/Ebano, SP/Macaria, CP/Aurora, SP/Chabela y CP/Ebano (Cuadro 5), pero superaron a las plantas del resto de tratamientos desde 23.6% (SP/Jacobo) hasta 190% (CP/Verona). Dasgan y Bozkoylu (2007), Díaz *et al.* (2016) y Ayala-Tafoya *et al.* (2020) informaron altura de 210.9 a 288.3, 76 y 53.2 cm en plantas de calabaza 'Alata Yesili', 'Spineless Perfection' y 'Obsession', respectivamente, en condiciones de invernadero.

El diámetro de tallo en las plantas sin polinización fue 11.2% más grueso que el de las plantas polinizadas (Cuadro 5). Los cultivares Ebano, Torino, Jacobo, Verona, HMX58 y Aurora presentaron las plantas con diámetro de tallo más grueso, sin diferencias entre sí. El mayor diámetro de tallo lo presentaron las plantas del tratamiento

SP/Ebano (20.4 mm), sin diferencia con SP/Verona, CP/Jacobo, SP/Torino, SP/Prestige, SP/Jacobo, CP/Torino y SP/Aurora, pero superior desde 29.1% hasta 72.9% con relación al grosor de tallo de CP/Hurakan y CP/Chabela, respectivamente (Cuadro 5). Ayala-Tafoya *et al.* (2020) reportaron 11.3 mm de diámetro de tallo para plantas de calabaza 'Obsession'.

A los 56, 63, 77, 91 y 105 ddt se podaron entre cinco y siete hojas de cada planta, por senectud y para reducir inóculo de *Oidium* sp. Lo cual ocasionó que, durante ese período, las plantas mantuvieran más o menos constante el número de hojas (20 a 25 hojas/planta). No obstante, el IAF de las plantas sin polinización fue 46% mayor al de las plantas con polinización, lo cual pudo deberse a una menor competencia por asimilados entre órganos vegetativos y reproductores, es decir, fue menor la fuerza de demanda de los frutos en las plantas con menor porcentaje de cuajado y los asimilados restantes se utilizaron en la expansión de las hojas (Queiroga *et al.*, 2009). El mayor IAF se presentó en SP/Ebano ($3.5 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$), el cual no mostró diferencias con respecto a los demás cultivares sin polinización (excepto 'Hurakan') y CP/HMX58, CP/Aurora y CP/Jacobo, pero superó a los tratamientos restantes desde 79.8% (CP/Chabela) hasta 350% (CP/Hurakan) (Cuadro 5). Rouphael y Colla (2005) reportaron IAF de $2.7 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ (verano-otoño) a $5.1 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ (primavera-verano) en plantas de calabacita 'Afrodite' en condiciones de invernadero.

La producción de materia seca por las plantas sin polinización fue 41.2% superior al peso seco de las plantas con polinización. Lo cual concuerda con El-Keblawy y Lovett-Doust (1996), quienes encontraron que plantas de melón con menor carga de frutos tenían significativamente más materia seca en tallos, hojas y zarcillos, con relación a plantas con mayor carga de frutos, debido al dominio de los frutos sobre la asignación proporcional y absoluta de fotosintatos.

Cuadro 5. Altura, diámetro de tallo, índice de área foliar y peso seco de parte aérea en plantas de 10 cultivares de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) con (CP) y sin polinización (SP) bajo condiciones de casa malla. Culiacán, Sinaloa, México.

Tratamiento	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Índice de área foliar (m ² m ⁻²)	Peso seco de parte aérea (g)
CP/Chabela	130.1 def [§]	11.8 e	1.9 b-f	341.1 a-d
CP/HMX58	177.9 ab	15.6 b-e	2.6 abc	359.6 a-d
CP/Aurora	166.4 abc	15.0 b-e	2.5 a-d	325.4 b-f
CP/Macaria	138.0 cde	13.1 de	1.8 b-f	249.1 efg
CP/Hurakan	89.0 ghi	15.8 b-e	0.8 f	192.9 g
CP/Prestige	89.7 ghi	13.5 cde	0.9 ef	195.1 g
CP/Ebano	164.9 abc	15.5 b-e	1.6 b-f	242.0 fg
CP/Verona	66.7 i	14.2 b-e	1.0 def	201.5 g
CP/Jacobo	129.5 def	17.5 abc	2.3 a-e	298.7 c-f
CP/Torino	74.1 hi	16.6 a-d	1.1 c-f	205.3 g
SP/Chabela	165.2 abc	14.9 b-e	2.9 ab	415.6 ab
SP/HMX58	193.4 a	15.8 b-e	3.1 ab	425.7 a
SP/Aurora	190.4 a	16.3 a-d	2.7 ab	407.4 ab
SP/Macaria	168.5 ab	14.8 b-e	2.6 abc	351.1 a-d
SP/Hurakan	101.2 fgh	15.0 b-e	1.8 b-f	279.2 d-g
SP/Prestige	113.5 efg	17.1 a-d	3.0 ab	360.9 a-d
SP/Ebano	177.3 ab	20.4 a	3.5 a	376.1 abc
SP/Verona	90.5 ghi	18.0 ab	2.8 ab	336.8 a-e
SP/Jacobo	156.5 bcd	16.6 a-d	2.9 ab	383.7 abc
SP/Torino	96.9 gh	17.3 a-d	2.7 ab	351.3 a-d
DMSH (0.05)	28.9	4.0	1.5	91.9
Significancia				
POLINIZACIÓN	***	***	***	***
CULTIVAR	***	***	***	***

[§]Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). DMSH = diferencia mínima significativa honesta; ns, *, **, ***: no significativo a $p \leq 0.05$, significativo a $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ y $p \leq 0.001$.

El mayor peso seco de la parte aérea se presentó en plantas de SP/HMX58 (425.7 g), sin diferencias con las plantas de los demás cultivares sin polinización (excepto 'Hurakan'), CP/HMX58 y CP/Chabela, pero superó a los demás cultivares desde 30.8% (CP/Aurora) hasta 120.7% (CP/Hurakan) (Cuadro 5). Rauphael y Colla (2005) obtuvieron 462.4 g/planta de calabaza 'Afrodite'.

Las diferencias observadas en altura de planta, diámetro de tallo, índice de área foliar y peso seco de parte aérea concuerdan con Loy (2004), quien señala una considerable variación morfo-fisiológica entre calabazas (*Cucurbita* spp.) y aún entre cultivares de la misma especie. Por otro lado, la fuerza dominante sobre la demanda de fotosintatos por parte de los frutos, en relación con la capacidad de producción de asimilados por la planta, puede regular tanto el desarrollo vegetativo como la formación de nuevos frutos (Loy, 2004; Sedano-Castro *et al.*, 2005; Orozco *et al.*, 2016); lo cual explica el mayor desarrollo vegetativo en las plantas sin polinización, en comparación con las polinizadas, las cuales presentaron mayores porcentajes de cuajado de frutos (Cuadro 6).

2.3.2. Componentes del rendimiento

El cuajado de frutos en las plantas con polinización fue 2.7 veces mayor comparado con el registrado en las plantas sin polinización (31.6%). Las plantas de los tratamientos CP/Prestige, CP/Ebano y CP/Verona presentaron el mayor cuajado de frutos (100%), el cual no mostró diferencias con respecto a CP/Jacobo, CP/Torino y CP/HMX58, pero también significó desde 1.3 hasta 24.4 veces el cuajado de frutos ocurrido en CP/Chabela y SP/Verona, respectivamente (Cuadro 6). La variación en el cuajado de los cultivares manejados sin polinización (4.9 a 52.1%) concuerda con aquella observada por Robinson y Reiners (1999), quienes señalan que la capacidad de algunos cultivares para producir frutos sin polinización es fortuita porque no fueron seleccionados por esa característica. También concuerdan con Kurtar (2003), quien obtuvo los porcentajes de cuajado más altos en cultivares tipo calabacita verde con respecto a otros tipos de calabazas, lo cual también sucedió en este trabajo, ya que ese grupo superó a las del tipo calabacita gris en 32.3 y 35.7%, al considerar las

plantas con y sin polinización, respectivamente. En general, los resultados tienen relación con el 49.3% de cuajado de frutos obtenido por Pagoto *et al.* (2020) con la calabaza 'Antonella'; también con el rango de 59.5 a 77.9% de cuajado en calabaza 'Obsession' informado por Ayala-Tafoya *et al.* (2020); así como, con el 56% de cuajado en calabaza 'Tosca' sin polinización y el 98% de cuajado que alcanzó cuando las flores fueron polinizadas a mano (Knapp y Osborne, 2017).

Las plantas con polinización originaron frutos con mayor diámetro (42.4%) y longitud (43.6%) que aquellos producidos por las plantas sin polinización. También mostraron características relacionadas con el tipo de calabacita, ya que el diámetro de fruto de la calabacita gris fue mayor en 14 y 44.6% comparados con el diámetro de la calabacita verde con y sin polinización, respectivamente; mientras que, la calabacita verde presentó una longitud 39.9 y 5.9% mayor que la calabacita gris con y sin polinización, respectivamente. Los frutos de CP/Hurakan presentaron el mayor diámetro (52.3 mm), sin diferencias con respecto a CP/HMX58, CP/Macaria, CP/Aurora y CP/Chabela, pero superaron a los demás desde 14.4% (CP/Torino) hasta 110.9% (SP/Verona) (Cuadro 6). Por otra parte, los frutos de CP/Verona promediaron la mayor longitud (204 mm), la cual no mostró diferencias con CP/Prestige, CP/Jacobo y CP/Torino, pero superaron a los demás desde 13.3% (CP/Ebano) hasta 99.6% (SP/Hurakan) (Cuadro 6). Estos resultados son similares a los observados por Pomares-Viciano *et al.* (2017) en frutos de calabaza 'MUCU-16' (no partenocárpica), 'Cavilli' y 'Whitaker' (partenocárpicas), cuyo diámetro de fruto procedente de flores polinizadas a mano o no polinizadas promedió 50 y 30 mm, respectivamente, y con la longitud que alcanzaron los frutos de 'MUCU-16' sin polinización (130 mm). No obstante, son relativamente inferiores a la longitud de 200 mm o más alcanzada por los frutos de 'Cavilli' y 'Whitaker', con o sin polinización, ya que sólo con CP/Verona, CP/Prestige y CP/Jacobo se obtuvo esa longitud de fruto. De forma semejante, Knapp y Osborne (2017) registraron 228 y 156 mm de longitud de fruto en calabaza 'Tosca' polinizada y sin polinización, respectivamente.

Cuadro 6. Cuaje, diámetro, longitud y peso de frutos de 10 cultivares de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) con (CP) y sin polinización (SP) bajo condiciones de casa malla. Culiacán, Sinaloa, México.

Tratamiento	Cuaje de frutos (%)	Diámetro de fruto (mm)	Longitud de fruto (mm)	Peso de fruto (g)
CP/Chabela	75.3 bcd*	48.4 abc	140.1 cd	190.1 bc
CP/HMX58	84.1 abc	50.4 a	148.5 c	229.1 ab
CP/Aurora	73.4 b-e	49.9 ab	142.1 cd	214.0 ab
CP/Macaria	72.5 b-f	50.0 a	142.4 cd	218.9 ab
CP/Hurakan	63.1 c-g	52.3 a	133.0 cde	221.8 ab
CP/Prestige	92.4 ab	43.3 d	203.7 a	247.3 a
CP/Ebano	95.0 ab	43.5 d	180.1 b	233.3 ab
CP/Verona	100.0 a	42.6 de	204.0 a	254.6 a
CP/Jacobo	100.0 a	45.1 cd	202.1 a	263.2 a
CP/Torino	100.0 a	45.7 bcd	198.0 a	262.1 a
SP/Chabela	21.5 ij	38.5 ef	115.5 fgh	126.5 de
SP/HMX58	49.3 fgh	42.3 de	129.1 def	191.3 bc
SP/Aurora	4.9 j	35.9 f	103.9 h	91.9 ef
SP/Macaria	40.3 ghi	42.2 de	122.5 efg	160.8 cd
SP/Hurakan	18.1 ij	36.6 f	102.2 h	125.4 de
SP/Prestige	51.4 e-h	28.3 g	128.0 def	87.9 ef
SP/Ebano	9.0 j	26.2 g	109.4 fgh	55.3 f
SP/Verona	33.3 hi	24.8 g	120.5 efg	63.1 f
SP/Jacobo	36.1 hi	27.0 g	120.6 efg	83.1 ef
SP/Torino	52.1 d-h	28.9 g	128.3 def	98.1 ef
DMSH (0.05)	23.6	4.2	15.8	49.6
Significancia				
POLINIZACIÓN	***	***	**	***
CULTIVAR	***	***	**	***

*Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). DMSH = diferencia mínima significativa honesta; ns, *, **, ***: no significativo a $p \leq 0.05$, significativo a $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ y $p \leq 0.001$.

En cuanto al peso de fruto, las plantas con polinización (233.4 g) produjeron frutos que pesaron 115.5% más que los frutos de las plantas sin polinización. El mayor peso de fruto registrado fue de 263.2 g con CP/Jacobo, sin diferencia con respecto a los frutos de otros cultivares con polinización, con excepción de CP/Chabela, cuyos frutos pesaron 38.4% menos (Cuadro 6). El peso de fruto en los cultivares sin polinización fue desde 1.4 hasta 4.8 veces menor (SP/HMX58 y SP/Ebano, respectivamente) comparados con CP/Jacobo. Ayala-Tafoya *et al.* (2020) registraron pesos desde 133.7 hasta 164.3 g en frutos de calabacita cultivar Obsession, en los tratamientos testigo y con aplicación foliar de auxinas sintéticas, respectivamente, semejantes al peso de fruto de los cultivares sin polinización. Rauphael y Colla (2005) obtuvieron 201 g de peso de fruto con 'Afrodite', similar a lo observado con los cultivares con polinización del presente estudio.

En general, todos los componentes del rendimiento estudiados fueron positivamente influidos por la fertilización de óvulos del ovario de las flores polinizadas, lo cual ocasionó la formación de semillas, cuyos embriones en desarrollo promovieron la síntesis de fitohormonas en niveles necesarios para provocar el agrandamiento celular, cuajado y crecimiento normal de los frutos (Li *et al.*, 2005; Knapp *et al.*, 2016; Pomares-Viciano *et al.*, 2017). Mientras que, los ovarios de las flores no polinizadas, desde 4.9% (SP/Aurora) hasta 52.1% (SP/Torino) aumentaron el tamaño que presentaban el día de la antesis: 14.4 mm de diámetro y 50.8 mm de longitud, hasta alcanzar o superar la talla mínima de fruto para exportación: 25.4 mm de diámetro y 127 mm de longitud (Molinar *et al.*, 1999; USDA, 2016).

2.3.3. Rendimiento

El rendimiento, total y con calidad de exportación, logrado con polinización de flores superó en 69 y 214.7%, respectivamente, al obtenido sin polinización. Mientras que, el rendimiento para mercado nacional obtenido sin polinización fue 269.4% superior al cosechado con polinización. Con CP/HMX58 se lograron los rendimientos más altos, total (76.3 t ha⁻¹) y exportable (70.8 t ha⁻¹), sin diferencias con respecto a los obtenidos con CP/Macaria, CP/Aurora y SP/HMX58 o CP/Jacobo, en rendimiento total o

exportable, respectivamente. Con polinización, 92.2% del rendimiento alcanzó la calidad de exportación y 7.8% fue para mercado nacional; mientras que, 54.4% del rendimiento obtenido sin polinización cumplió los requerimientos del mercado nacional y sólo 45.6% los de exportación (Figura 1).

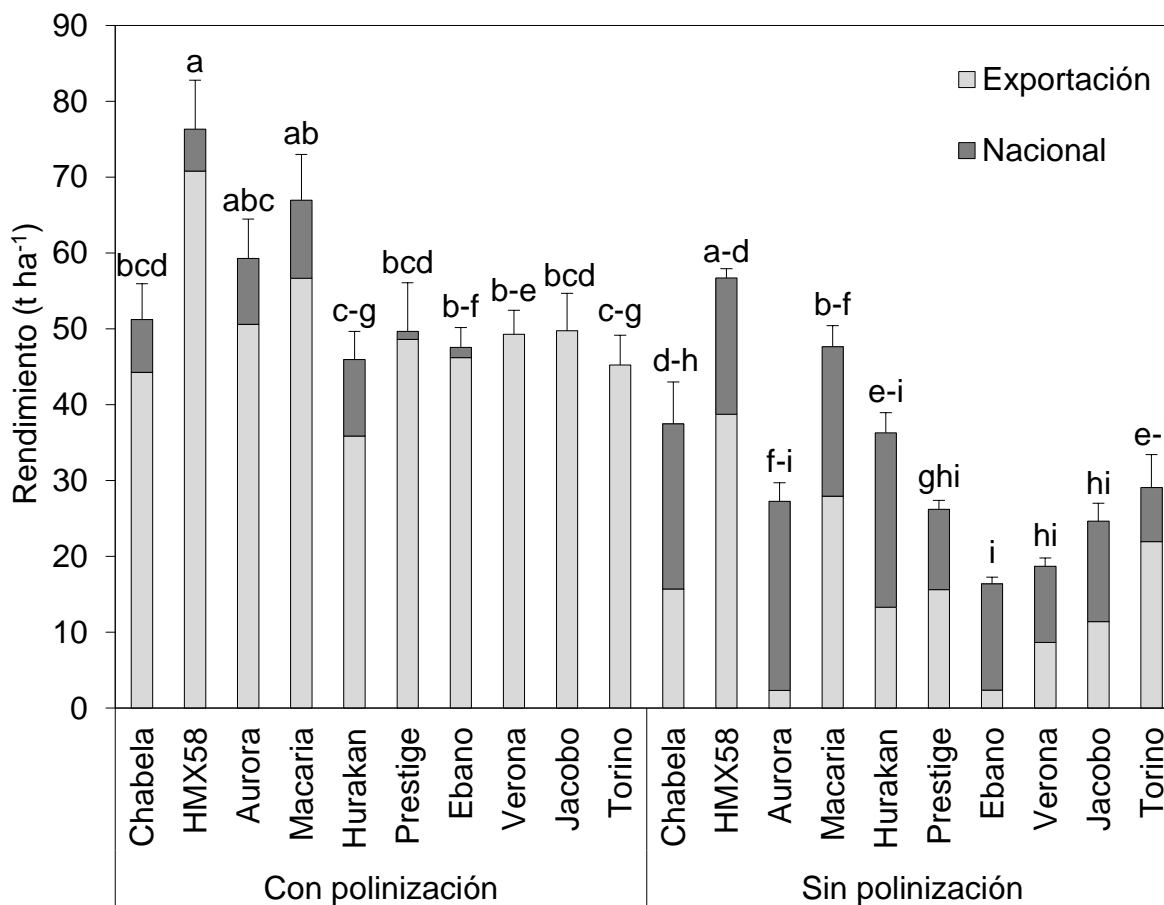


Figura 1. Efecto de la polinización en el rendimiento de 10 cultivares de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) bajo condiciones de casa malla. Medias de rendimiento total \pm error estándar con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$). Culiacán, Sinaloa, México.

El rendimiento obtenido con cultivares polinizados, y por dos sin polinización ('HMX58' y 'Macaria'), superó al rendimiento más alto obtenido por Ayala-Tafoya *et al.* (2020) con 'Obsession' (40.5 t ha⁻¹) y por Díaz *et al.* (2016) con 'Spineless Perfection' (31.3 t ha⁻¹). También se observa analogía con los rendimientos de 25.2 y 68.9 t ha⁻¹ en cultivo

de calabacita 'Anita' de otoño/invierno y primavera, respectivamente, obtenidos por Neocleous y Savvas (2018) bajo condiciones de invernadero. Knapp y Osborne (2017) refieren que alrededor de la mitad (56%) de las flores experimentales de calabaza 'Tosca' sometidas al tratamiento de no polinización pudieron producir frutos de tamaño y peso comercializables, lo cual tiene relación con los resultados obtenidos con los cultivares HMX58, Prestige y Torino, del presente estudio.

CAPITULO 3. LOMBRICOMPOSTA Y ÁCIDO NAFTALENACÉTICO EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE CALABACITA EN CASA SOMBRA

3.1. INTRODUCCIÓN

El uso de compostas y lombricompostas es una práctica cultural y ecológica que mejora las condiciones de los suelos agrícolas (Villegas-Cornelio y Laines, 2016) e induce aumento del rendimiento comercial de los cultivos (De la Cruz-Lázaro *et al.*, 2009; Blouin *et al.*, 2019).

Además de contener nutrientes esenciales para las plantas, las lombricompostas ejercen un efecto positivo en la porosidad, aireación y capacidad de retención de agua del suelo, contribuyen al mantenimiento y desarrollo de la microflora y microfauna, incrementan la disponibilidad y asimilación de los nutrientes por las raíces (Aremu *et al.*, 2015; Zanol *et al.*, 2018), estimulan las reacciones bioquímicas del suelo que promueven la emergencia, floración y fructificación de las plantas (Ramos *et al.*, 2019; Steffen *et al.*, 2019), ya que producen sustancias con efectos fitohormonales (Domínguez *et al.*, 2010), como el ácido indolacético, ácido giberélico y kinetina (Ravindran *et al.*, 2016).

Las fitohormonas presentes en las lombricompostas juegan un papel importante en la regulación de varios procesos del crecimiento de las plantas (Zhang *et al.*, 2015; Wong *et al.*, 2020). Las auxinas promueven la elongación celular, inhiben el crecimiento de raíces primarias, median la respuesta a tropismos, reprimen la abscisión de órganos e inducen el desarrollo floral y de frutos; las giberelinas regulan el crecimiento de la planta, mediante la elongación de tallos, movilización de reservas y germinación de semillas, así como el desarrollo floral y de frutos; y las citocininas estimulan la división celular, activan la brotación de yemas, inducen organogénesis y retardan la senescencia (Jordán y Casaretto, 2006).

La aplicación exógena de reguladores del crecimiento vegetal, depende de varios factores: genotipo de plantas, temporada de crecimiento, tipo de regulador y concentración aplicada (Tantasawat *et al.*, 2015), y hay algunos que han sido

ampliamente utilizados en hortalizas, para mejorar el cuajado de frutos e incrementar la producción, tales como: el ácido indolacético (Montaño y Méndez, 2009), ácido giberélico (Pichardo-González *et al.*, 2018), ácido naftalenacético (Soriano-Melgar *et al.*, 2020; Sedighehsadat *et al.*, 2021), ácido β -naftoxiacético (Martínez *et al.*, 2016) y CPPU (Rueda-Luna *et al.*, 2018). En este sentido, el ácido naftalenacético ha sido ampliamente utilizado en melón (Barzegar *et al.*, 2015; Menchaca-Ceja *et al.*, 2018), sin embargo, su efecto en calabaza es poco conocido.

En el cultivo de cucurbitáceas en México, la calabacita (*Cucurbita pepo*) ocupa el tercer lugar en importancia económica (3386 millones de pesos), antecedida por el pepino (*Cucumis sativus*) y la sandía (*Citrullus lanatus*). Los estados de Sonora y Puebla ocupan el primero y segundo lugar en superficie cultivada, con 6200 y 3889 ha, respectivamente. Sinaloa tiene el tercer lugar en superficie sembrada (2426 ha), segundo lugar en producción (78 215 t) y primer lugar en rendimiento (32.28 t ha⁻¹), 40% por arriba de la media nacional (SIAP, 2021).

No obstante, el cultivo tutorado de calabaza en condiciones protegidas, independientemente de la utilización de técnicas específicas para mejorar la producción de calabacita, es poco investigado en México. Por ello, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de lombricomposta al suelo y ácido naftalenacético en aspersion foliar sobre el crecimiento y rendimiento de calabacita bajo condiciones de casa sombra.

3.2. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo dentro de una estructura de protección de cultivos, tipo casa sombra, en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa, localizada a 24° 48' 30" LN, 107° 24' 30" LO y una altitud de 38.54 m. En Culiacán, Sinaloa, el clima es BS1(h')w(w)(e): semiseco muy cálido, extremoso con lluvias de verano, con un porcentaje de precipitación invernal con respecto al total anual menor de cinco (García 2004). Las medias de temperatura (21.9 °C) y humedad relativa (69.5%) registradas mediante termohigrómetros (DT171, Twilight) durante el ciclo de cultivo (16/11/2019 al 04/03/2020), estuvieron dentro de

los intervalos óptimos (18 a 24 °C y 65 a 80% de temperatura y humedad relativa respectivamente) para el cultivo de calabaza (Molinar *et al.*, 1999; Cortés, 2003).

Se realizaron labores de preparación del suelo y se formaron camas a 1.8 m de distancia una de otra, a la mitad de las cuales se aplicó lombricomposta. Antes del trasplante se realizaron análisis de fertilidad y microorganismos fitobenéficos en el suelo y lombricomposta utilizados (Cuadro 7).

Cuadro 7. Características fisicoquímicas y microbiológicas del suelo y lombricomposta.

Análisis	Suelo	Lombricomposta
Parámetros físicos: pH 1:1 (H ₂ O)	7.85	5.98
CE (dS m ⁻¹)	0.58	7.75
PS (%)	79	96
MO (%) Walkley-Black	1.21	26.49
Arena (%)	21	77
Limo (%)	20	16
Arcilla (%)	59	7
Cationes: Na ⁺ (Ac. NH ₄ pH 7)	2.2	0.91
(cmol+ kg ⁻¹) K ⁺ (Ac. NH ₄ pH 7)	0.22	2.11
Ca ²⁺ (Ac. NH ₄ pH 7)	2.32	43.16
Mg ²⁺ (Ac. NH ₄ pH 7)	0.78	13.57
Aniones: N-NO ₃ ⁻ (Brusina)	0.97	3.4
(mg kg ⁻¹) P-PO ₄ ⁻ (Bray I)	0.06	0.29
S-SO ₄ ²⁻ (Turbidímetro)	0.12	50.43
Fitobenéficos: Bacterias aeróbicas (BK)	266 667	3 400 000
(ufc g ⁻¹ o propágulos g ⁻¹) Bacterias anaeróbicas (BK)	116 667	913 333
<i>Bacillus</i> sp. (BK)	243 333	1 666 667
Actinomicetos (AN)	100 000	233 333

Después se colocó doble cinta de riego y acolchado de polietileno coextruido blanco/negro encima de cada cama. La siembra se hizo en charolas de poliestireno de 128 cavidades llenas de turba (Brown 025W, Kekkila) y el trasplante se realizó el 16 de noviembre de 2019, con una densidad de 11 820 plantas por hectárea.

Para la nutrición del cultivo se utilizó la solución Steiner (1984), al 50% desde el trasplante hasta la antesis de la primera flor, y posteriormente se adicionó la solución completa. La aplicación del riego se realizó cuando tensiómetros (2725ARL, Soil Moisture Equipment) colocados a 0.30 m de profundidad del suelo indicaron tensión de humedad de 20 a 25 kPa.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con arreglo factorial 2A x 2B x 2C, con ocho tratamientos y 10 repeticiones. El factor A correspondió al cultivar de calabacita: 'Prestige', del tipo "green zucchini", y 'HMX586429' (HMX58), del tipo "gray zucchini". El factor B, correspondió a la lombricomposta (LC), aplicada al suelo a razón de 0 y 10 t ha⁻¹. El factor C fue el ácido naftalenacético (ANA), asperjado en dosis de 0 y 50.0 mg L⁻¹.

Los tratamientos (interacción A x B x C): Prestige + lombricomposta + ácido naftalenacético (T1 = Prestige+LC+ANA), Prestige + lombricomposta (T2 = Prestige+LC), Prestige + ácido naftalenacético (T3 = Prestige+ANA), Prestige (T4 = Prestige), HMX586429 + lombricomposta + ácido naftalenacético (T5 = HMX58+LC+ANA), HMX586429 + lombricomposta (T6 = HMX58+LC), HMX586429 + ácido naftalenacético (T7 = HMX58+ANA) y HMX586429 (T8 = HMX58), se establecieron con diez repeticiones en 250 m² de área experimental, con tres plantas como parcela útil.

Las variables de crecimiento evaluadas fueron: altura de planta (AP), con una cinta métrica; diámetro de tallo (DT), mediante un vernier digital (6MP, Truper); número de hojas por planta (NH); índice de verdor foliar (VF), con un medidor portátil de clorofila (SPAD 502, Minolta), índice de área foliar (IAF) en m² de área foliar por m² de superficie de suelo, obtenida al dividir el área foliar por planta entre la superficie ocupada por cada planta (0.81 m²), el área foliar de cada hoja fue estimada con la

ecuación: $AF = 4.77 + (0.61 \times \text{Ancho}^2)$ propuesta por Rouphael *et al.* (2006). También se evaluó el peso seco de tallo (PST), hojas (PSH) y planta (PSP), obtenido al final del ciclo de cultivo (109 días después del trasplante), con una balanza de precisión (CP622, Sartorius), después de secar el material vegetal en horno eléctrico (292, Felisa) a 70 °C hasta peso seco constante.

Con respecto a la producción de calabacita, los frutos fueron recolectados entre 5 y 7 días después de la antesis y se contabilizó el número de frutos (NF) por planta, con los cuales se determinó: porcentaje de cuajado de frutos [CF (%) = (número de frutos con longitud ≥ 127 mm / número de flores femeninas) $\times 100$]; diámetro (DF) y longitud de fruto (LF), mediante un vernier digital (6MP, Truper); peso de fruto (PF), con balanza de precisión (CP622, Sartorius), rendimiento (Molinar *et al.*, 1999; USDA, 2016) y rezaga.

Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza y prueba de comparaciones múltiples de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) mediante el software para análisis estadístico STATISTICA versión 7.0 (StatSoft, 2004).

3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.3.1. Crecimiento de las plantas

La altura de planta fue afectada únicamente por el factor cultivar (Cuadro 8), ya que, HMX58 superó en 53.6% a la altura de planta del cultivar Prestige. Este resultado concuerda con Román-Román *et al.* (2022), quienes también observaron mayor altura en plantas del cultivar HMX58, en comparación con las de Prestige. Dasgan y Bozkoylu (2007), Díaz *et al.* (2016) y Ayala-Tafoya *et al.* (2020) obtuvieron alturas de 210.9 a 288.3, 76 y 53.2 cm en plantas de calabaza 'Alata Yesili', 'Spineless Perfection' y 'Obsession', respectivamente, en condiciones de invernadero. Todo lo cual concuerda con Loy (2004), quien señala una considerable variación morfo-fisiológica entre calabazas (*Cucurbita* spp.) y aún entre cultivares de la misma especie.

El factor cultivar también influyó significativamente en las variables de diámetro de tallo y verdor foliar, en las cuales el valor de Prestige superó a HMX58 (Cuadro 8). El diámetro de tallo osciló de 13.4 a 15.0 mm y el índice de verdor foliar de 49.8 a 54.4 valores SPAD, en ambos casos, sin diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) por efecto de los tratamientos. El diámetro de tallo y el índice de verdor foliar (valores SPAD) indican buen vigor de plantas (Mendoza *et al.*, 1998; Swiader y Moore, 2002; García-Bañuelos *et al.*, 2016) y concuerdan con lo informado sobre ambas variables estudiadas por Ayala-Tafoya *et al.* (2020) y Román-Román *et al.* (2022).

Así mismo, ni la cantidad total de hojas producidas por planta (62.9 a 67) durante el periodo de estudio, ni el número final de hojas (NH) que permaneció en las plantas (Cuadro 8) después de cinco podas de hojas realizadas, fue afectado significativamente por los tratamientos. La poda de cuatro a seis hojas/planta cada 12 a 14 días se realizó con el fin de evitar la pérdida de fotosintatos en hojas inferiores senescentes, así como, disminuir el inóculo de *Oidium* sp. y la población de inmaduros de *Bemisia tabaci* (Román-Román *et al.*, 2022). Esta práctica mantuvo en las plantas una densidad foliar más o menos constante, a partir de los 40 días después del trasplante (ddt), que concuerda con el número de hojas reportadas por Monares-Gallardo *et al.* (2012) y Román-Román *et al.* (2022).

Sin embargo, el índice de área foliar sí fue influido significativamente por los factores cultivar y ácido naftalenacético, así como, por la interacción cultivar x lombricomposta (Cuadro 8). El mayor índice de área foliar se obtuvo con las plantas del tratamiento Prestige, estadísticamente igual a la respuesta inducida por Prestige+LC, HMX58+LC y Prestige+ANA, el cual superó desde 41.2 (HMX58+ANA) hasta 118.2% (HMX58) al obtenido con el resto de los tratamientos.

El índice de área foliar obtenido con 'Prestige' concuerda con el reportado por Roupheal y Colla (2005) en plantas de calabacita 'Afrodite' en condiciones de invernadero (IAF de 2.7 m² m⁻²) y Román-Román *et al.* (2022) con el mismo cultivar. Las diferencias observadas en índice de área foliar concuerdan con Loy (2004), quien

señala una considerable variación morfo-fisiológica entre calabazas (*Cucurbita* spp.) y aún entre cultivares de la misma especie.

Cuadro 8. Efecto de lombricomposta (LC) y ácido naftalencético (ANA) sobre la altura (AP), diámetro de tallo (DT), verdor foliar (VF), número de hojas (NH) e índice de área foliar (IAF) de plantas de dos cultivares de calabacita bajo condiciones de casa sombra. Culiacán, Sinaloa, México.

Tratamiento	AP (cm)	DT (mm)	VF (SPAD)	NH	IAF (m ² m ⁻²)
Prestige+LC+ANA	92.1 b [§]	14.6 a	52.8 a	23.9 a	1.5 bc
Prestige+LC	91.9 b	15.0 a	52.7 a	24.4 a	2.0 ab
Prestige+ANA	91.9 b	14.8 a	54.4 a	24.3 a	1.8 ab
Prestige	93.1 b	14.7 a	52.2 a	26.3 a	2.4 a
HMX58+LC+ANA	139.0 a	13.4 a	49.8 a	22.7 a	1.5 bc
HMX58+LC	147.8 a	13.8 a	50.6 a	26.0 a	2.0 ab
HMX58+ANA	143.3 a	13.6 a	50.1 a	25.1 a	1.1 c
HMX58	136.5 a	14.0 a	52.1 a	24.1 a	1.7 bc
DMSH (0.05)	20.6	2.8	7.3	4.7	0.6
Significancia					
CULTIVAR	***	*	*	ns	**
LC	ns	ns	ns	ns	ns
ANA	ns	ns	ns	ns	***
CULTIVAR x LC	ns	ns	ns	ns	**
CULTIVAR x ANA	ns	ns	ns	ns	ns
LC x ANA	ns	ns	ns	ns	ns

[§]Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey ≤ 0.05). DMSH = diferencia mínima significativa honesta; ns, *, **, ***: no significativo a $p \leq 0.05$, significativo a $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ y $p \leq 0.001$.

3.3.2. Producción de biomasa

El peso seco de hojas fue influido significativamente por los factores cultivar, ácido naftalenacético y la interacción de estos (Cuadro 9). Las plantas del cultivar Prestige superaron en 51.6% el peso seco de hojas de las plantas del cultivar HMX58. Por lo cual, el mayor peso seco de hojas fue obtenido con el tratamiento Prestige, sin diferencia con Prestige+LC, pero superior desde 53.3 (Prestige+ANA) hasta 115.2% (HMX58+ANA) al peso seco de hojas inducido por el resto de los tratamientos. Por otra parte, la aplicación de ácido naftalenacético disminuyó el peso seco de hojas.

El factor cultivar afectó el peso seco de tallo, pues esta variable del cultivar HMX58 superó en 22.1% a la del cultivar Prestige (Cuadro 9). El mayor peso seco de tallo se obtuvo con HMX58+LC, el cual superó en 49.6 y 51.2% al producido por Prestige+ANA y Prestige+LC+ANA, pero sin diferencias con el efecto del resto de tratamientos.

Los factores cultivar y ácido naftalenacético afectaron el peso seco de planta entera; ya que, con el cultivar Prestige se superó en 17.7% esa variable del cultivar HMX58 y con la aplicación de ácido naftalenacético disminuyó en 14.5% el peso seco por planta. (Cuadro 9). Así, las plantas del tratamiento Prestige tuvieron el mayor peso seco, aunque solamente superó al obtenido con los tratamientos HMX58+ANA, HMX58 y HMX58+LC+ANA, desde 31.5 hasta 39.1%.

Las diferencias observadas en la producción de peso seco concuerdan con la variación morfo-fisiológica entre cultivares de calabacita, señalada por Loy (2004). Además, la fuerza dominante sobre la demanda de fotosintatos que ejercen los frutos, en relación con la capacidad de producción de asimilados por la planta, también puede regular el desarrollo vegetativo (Loy, 2004; Sedano-Castro *et al.*, 2005; Luna *et al.*, 2015; Orozco *et al.*, 2016), lo cual explica el mayor peso seco en las plantas del cultivar Prestige, en comparación con las del cultivar HMX58, las cuales desarrollaron más frutos por planta (Cuadro 10).

Cuadro 9. Efecto de lombricomposta (LC) y ácido naftalenacético (ANA) sobre el peso seco de hojas (PSH), tallo (PST) y planta completa (PSP) de dos cultivares de calabacita bajo condiciones de casa sombra. Culiacán, Sinaloa, México.

Tratamiento	PSH (g)	PST (g)	PSP (g)
Prestige+LC+ANA	132.6 bc [§]	45.7 b	364.7 abc
Prestige+LC	175.0 ab	51.1 ab	438.6 ab
Prestige+ANA	135.2 bc	46.2 b	367.1 abc
Prestige	207.2 a	56.3 ab	450.0 a
HMX58+LC+ANA	99.2 c	63.0 ab	342.0 bc
HMX58+LC	130.3 bc	69.1 a	387.1 abc
HMX58+ANA	96.8 c	57.5 ab	323.5 c
HMX58	102.5 c	53.9 ab	324.1 c
DMSH	59.2	21.3	108.4
Significancia			
CULTIVAR	***	**	***
LC	ns	ns	ns
ANA	***	ns	**
CULTIVAR x LC	ns	ns	ns
CULTIVAR x ANA	*	ns	ns
LC x ANA	ns	ns	ns

[§]Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey ≤ 0.05). DMSH = diferencia mínima significativa honesta; ns, *, **, ***: no significativo a $p \leq 0.05$, significativo a $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ y $p \leq 0.001$.

3.3.3. Componentes del rendimiento

El cuajado de fruto fue afectado por los factores cultivar y lombricomposta, ya que, las plantas del cultivar Prestige superaron en 34.8% al cuajado de frutos de HMX58 y con la aplicación de lombricomposta éste se incrementó en 22.6%. También influyeron en esta variable la interacción entre cultivar y lombricomposta, cultivar y ácido

naftalenacético o lombricomposta y ácido naftalenacético (Cuadro 10). Un mayor porcentaje de cuajado de frutos fue obtenido con el tratamiento Prestige+LC, el cual superó al conseguido con HMX58+ANA, HMX58 y HMX58+LC+ANA, desde 42.3 hasta 199.6%.

El porcentaje de cuajado de frutos, obtenido con plantas de calabaza manejadas sin polinización (24.8 a 68.3%), concuerda con el 38 a 82% observado por Robinson y Reiners (1999), quienes señalan que la capacidad de algunos cultivares para producir frutos sin polinización es fortuita porque no fueron seleccionados por esa característica. También concuerdan con Kurtar (2003), quien obtuvo los porcentajes de cuajado más altos en cultivares del tipo “green zucchini” comparados con otros tipos de calabacitas. En general, el resultado de cuaje obtenido se acerca al 49.3% de cuajado de frutos obtenido por Pagoto *et al.* (2020) con la calabacita 'Antonella', también al rango de 59.5 a 77.9% de cuajado en calabacita 'Obsession' informado por Ayala-Tafoya *et al.* (2020) o el 56% de cuajado de calabacita 'Tosca' sin polinización descrito por Knapp y Osborne (2017).

El incremento en el cuajado de frutos logrado con la lombricomposta evidencia que su aplicación al suelo, como fuente de sustancias naturales promotoras del crecimiento (Fritz *et al.*, 2012; Calvo *et al.*, 2014; Aremu *et al.*, 2015), puede ser útil para aumentar las concentraciones de fitohormonas endógenas y propiciar el crecimiento de los frutos de calabacita (Li *et al.*, 2002; 2005), en ausencia de insectos polinizadores.

Los factores: cultivar, lombricomposta y ácido naftalenacético, así como, la interacción entre lombricomposta y ácido naftalenacético, influyeron el número de frutos producidos por planta (Cuadro 10). El cultivar HMX58 produjo 15.1% más frutos que el cultivar Prestige, mientras que, con la aplicación de lombricomposta esta variable se incrementó en 10.7%. El tratamiento HMX58+LC indujo el mayor número de frutos por planta, sin diferencia con la respuesta presentada por Prestige+LC, pero que superó a la inducida por el resto de los tratamientos, desde 18.4 (HMX58) hasta 55.6% (Prestige+LC+ANA). Este resultado concuerda con Rodríguez-Dimas *et al.* (2007) y Ayala-Tafoya *et al.* (2020), quienes observaron un aumento en el número de frutos por

planta como consecuencia de la aplicación de lombricomposta al suelo; de cuya práctica, Mogollón *et al.* (2014) refieren aumentos de la actividad enzimática y respiración edáfica.

El diámetro de fruto fue influido significativamente por todos los factores principales e interacciones analizadas (Cuadro 10). El cultivar HMX58 presentó un diámetro de fruto 15.7% mayor al observado en los frutos del cultivar Prestige. La aplicación de lombricomposta y ácido naftalenacético lo incrementaron en 6.4 y 9.9%, respectivamente. Por ello, los tratamientos HMX58+LC, HMX58+ANA y HMX58+LC+ANA indujeron un diámetro de fruto que superó al efecto de los demás tratamientos, desde 9.5 (Prestige+ANA) hasta 38.9% (Prestige).

En la variable longitud de fruto también influyeron todos los factores e interacciones, con excepción de la interacción entre cultivar y lombricomposta (Cuadro 10). Aunque, contrario al diámetro de fruto, con el cultivar Prestige se registró una longitud de fruto 30.9% mayor con respecto al cultivar HMX58. Así mismo, con la aplicación de lombricomposta y ácido naftalenacético se incrementó la longitud de fruto en 6.1 y 10.7%, respectivamente. Los tratamientos Prestige+ANA y Prestige+LC+ANA ocasionaron una longitud de fruto que superó al efecto causado por los demás tratamientos, desde 9 (Prestige+LC) hasta 56.7% (HMX58).

El peso de fruto fue favorecido por los factores lombricomposta y ácido naftalenacético, y también, por las interacciones entre cultivar y ácido naftalenacético, y entre lombricomposta y ácido naftalenacético (Cuadro 10). La lombricomposta incrementó el peso de fruto en 14.6% y el ácido naftalenacético lo aumentó en 34.9%. El mayor peso de fruto se obtuvo con los tratamientos Prestige+ANA y Prestige+LC+ANA, cuyo peso promedio superó desde 68 hasta 77.9% al obtenido con los tratamientos Prestige+LC, Prestige y HMX58; pero, sin diferencias con el efecto de los demás tratamientos.

La monoesia de las plantas de calabaza hace necesaria la intervención de insectos polinizadores para conseguir el cuajado y producción de frutos (Vidal *et al.*, 2010; Petersen *et al.*, 2013) o realizar polinización manual para optimizar la fructificación de

la calabacita bajo condiciones de casa malla, cuando las abejas o abejorros no están disponibles (Román-Román *et al.*, 2022). Sin embargo, Ayala-Tafoya *et al.* (2020) refieren que la aplicación de lombricomposta en el cultivo de calabacita indujo el cuajado de los frutos. Además, el uso del abono orgánico también promueve el incremento en las variables diámetro, longitud y peso de fruto (Rodríguez-Dimas *et al.*, 2007; Ayala-Tafoya *et al.*, 2020).

Cuadro 10. Efecto de lombricomposta (LC) y ácido naftalenacético (ANA) sobre el cuajado (CF), número (NF), diámetro (DF), longitud (LF) y peso de fruto (PF) de dos cultivares de calabacita bajo condiciones de casa sombra. Culiacán, Sinaloa, México.

Tratamiento	CF (%)	NF	DF (mm)	LF (mm)	PF (g)
Prestige+LC+ANA	52.1 ab [§]	26.8 e	37.9 bc	187.4 a	202.6 a
Prestige+LC	68.3 a	36.1 ab	35.2 cd	171.9 b	158.9 bc
Prestige+ANA	58.2 ab	28.4 de	38.8 b	189.0 a	213.0 a
Prestige	57.8 ab	30.2 cde	31.9 d	154.8 c	120.6 c
HMX58+LC+ANA	48.0 b	32.7 bcd	42.5 a	137.8 d	189.0 ab
HMX58+LC	58.4 ab	41.7 a	44.3 a	141.3 cd	195.1 ab
HMX58+ANA	44.2 b	30.2 cde	43.2 a	137.5 d	197.1 ab
HMX58	24.8 c	35.2 bc	36.4 bc	120.6 e	119.7 c
DMSH	15.2	5.4	3.2	13.1	37.1
Significancia					
CULTIVAR	***	***	***	***	ns
LC	***	***	***	***	***
ANA	ns	***	***	***	***
CULTIVAR x LC	**	ns	*	ns	ns
CULTIVAR x ANA	*	ns	*	***	*
LC x ANA	***	**	***	***	***

[§]Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey ≤ 0.05). DMSH = diferencia mínima significativa honesta; ns, *, **, ***: no significativo a $p \leq 0.05$, significativo a $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ y $p \leq 0.001$.

Los tratamientos con ANA promovieron aumento de diámetro, longitud y peso de fruto, en ambos cultivares. Las auxinas promueven el agrandamiento celular, como consecuencia del incremento de la plasticidad de las paredes celulares (Jankiewics y Acosta-Zamudio, 2003; Ayala-Tafoya *et al.*, 2012) y a que el tejido donde la auxina se encuentra en concentración suficientemente alta se convierte en punto de atracción de nutrientes y de otras sustancias hormonales como las giberelinas (Jankiewics y Acosta-Zamudio, 2003).

3.3.4. Rendimiento

Los factores cultivar y lombricomposta, y las interacciones entre cultivar y lombricomposta, lombricomposta y ácido naftalenacético, tuvieron efecto significativo en el rendimiento (Cuadro 11). El cultivar HMX58 produjo 54.2% más rendimiento que el cultivar Prestige, mientras que, con lombricomposta se incrementó en 31.3%, comparado con la no aplicación del abono orgánico (Figura 2). El rendimiento más alto se obtuvo con HMX58+LC, el cual superó al rendimiento logrado con el resto de los tratamientos desde 38.1 (HMX58+LC+ANA) hasta 183.2% (Prestige).

El rendimiento obtenido con el cultivar HMX58 y con el tratamiento HMX58+LC concuerda con el reportado por Román-Román *et al.* (2022) para el mismo cultivar, con (79.7 t ha⁻¹) y sin polinización manual (56.7 t ha⁻¹). Lo cual indica que, además del nivel de partenocarpia natural del cultivar, el rendimiento fue favorecido con la aplicación de la lombricomposta al suelo, ya que ésta, además de aumentar la disponibilidad de nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y microelementos (Olivares-Campos *et al.*, 2012), también aporta sustancias activas con efectos fitohormonales (Domínguez *et al.*, 2010; Calvo *et al.*, 2014; Aremu *et al.*, 2015), que promueven el crecimiento de los frutos (Rodríguez-Dimas *et al.*, 2007; Ayala-Tafoya *et al.*, 2020) e inducen aumento del rendimiento (Reyes *et al.*, 2017; Ayala-Tafoya *et al.*, 2020).

Ayala-Tafoya *et al.* (2020) indicaron que las auxinas: ácido 1-naftalenacético (0.45%) + 1-naftalenacetamida (1.2%) aumentaron el porcentaje cuajado de frutos, número de frutos por planta y rendimiento de calabacita. En este caso, el ácido naftalenacético

(ANA), aunque no mejoró el cuajado de frutos y número de frutos por planta, sí promovió el rendimiento en calabacita, al aumentar el diámetro, longitud y peso de los frutos

Cuadro 11. Efecto de lombricomposta (LC) y ácido naftalenacético (ANA) sobre rendimiento comercial y frutos rezaga de dos cultivares de calabacita bajo condiciones de casa sombra. Culiacán, Sinaloa, México.

Tratamiento	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Rezaga (t ha ⁻¹)
Prestige+LC+ANA	36.0 cd [§]	10.4 a
Prestige+LC	50.0 bc	0.0 d
Prestige+ANA	44.4 bcd	10.8 a
Prestige	29.7 d	10.3 a
HMX58+LC+ANA	60.9 b	6.2 b
HMX58+LC	84.1 a	1.5 cd
HMX58+ANA	60.6 b	5.4 b
HMX58	41.3 cd	5.2 bc
DMSH	16.1	3.6
Significancia		
CULTIVAR	***	***
LC	***	***
ANA	ns	***
CULTIVAR x LC	**	**
CULTIVAR x ANA	ns	*
LC x ANA	***	***

[§]Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey ≤ 0.05). DMSH = diferencia mínima significativa honesta; ns, *, **, ***: no significativo a $p \leq 0.05$, significativo a $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ y $p \leq 0.001$.

La variable producción de fruto rezaga fue influida por todos los factores e interacciones. El cultivar HMX58 produjo 71.5% menos frutos de rezaga que los

generados por las plantas del cultivar Prestige. De manera semejante, la lombricomposta redujo en 75.5% la producción de fruto sin calidad comercial (rezaga). Los tratamientos que mejor optimizaron el rendimiento fueron Prestige+LC, con el cual se produjo 100% de fruto con calidad comercial, y HMX58+LC, cuya producción de fruto rezaga fue de 1.8%, comparados con los tratamientos Prestige+LC+ANA, Prestige+ANA y Prestige, los cuales produjeron 22.4, 19.6 y 25.8% de fruto rezaga, respectivamente (Cuadro 11). Aunque, lo contrario sucedió por efecto del ácido naftalenacético, ya que la aplicación de este provocó el aumento de frutos rezaga. Montaña y Méndez (2009) y Ariza *et al.* (2015) mencionan que el efecto provocado por el ácido naftalenacético ha sido en detrimento del rendimiento en algunos cultivos.

CAPITULO 4. EFECTO DE LOMBRICOMPOSTA Y AGROMIL PLUS EN LA PRODUCCIÓN DE CALABACITA EN CASA SOMBRA

4.1. INTRODUCCIÓN

Las lombricompostas son abonos orgánicos que se pueden utilizar para satisfacer la demanda nutritiva de las plantas (Moreno-Resendez *et al.*, 2019) y mejorar las propiedades fisicoquímicas de los suelos (Villegas-Cornelio y Laines, 2016), además, sus derivados, tales como lixiviados y té de lombricompostas, son también alternativas de producción sustentable (Piña-Ramírez *et al.*, 2015).

La combinación de dichos abonos orgánicos con los fertilizantes inorgánicos puede contribuir a la reducción del empleo de agroquímicos, y con ello cuidar el medio ambiente y la salud de los consumidores (Romero-Romano *et al.*, 2012).

La incorporación de las lombricompostas promueve la germinación, crecimiento, floración, fructificación y la resistencia a patógenos (Domínguez *et al.*, 2010), como la inhibición en el desarrollo de *Fusarium* en el cultivo de tomate (Zhao *et al.*, 2010). Todo lo cual orienta, consecuentemente, hacia una deseable promoción del rendimiento (Sarmiento-Sarmiento *et al.*, 2019).

Por otra parte, la aplicación de fitorreguladores a base de auxinas, citocininas y/o giberelinas, para la inducción del cuajado de fruto y aumento del rendimiento ha sido objeto de muchos estudios, en campo abierto y en sistemas protegidos, en cultivos de chile, mango, sandía, nopal y calabacita (Ramírez-Luna *et al.*, 2005; Pérez-Barraza *et al.*, 2009; Rueda-Luna *et al.*, 2015; Varela-Delgadillo *et al.*, 2018; Ayala-Tafoya *et al.*, 2020).

En México, el cultivo de calabacita ocupa el tercer lugar, de acuerdo con la importancia de los cultivos de cucurbitáceas, pero el 99.8% se produce en condiciones de campo abierto (SIAP, 2021).

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de lombricomposta y un complejo de reguladores de crecimiento vegetal (Agromil®Plus) en la producción de calabacita bajo condiciones de casa sombra.

4.2. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se llevó a cabo dentro de una estructura de protección de cultivos, tipo casa sombra, en el campo experimental de la Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa, localizada a 24° 48' 30" LN, 107° 24' 30" LO y una altitud de 38.54 m. El análisis de fertilidad, realizado antes del cultivo, indicó que el suelo tiene textura arcillosa (59% de arcilla, 21% de arena y 20% de limo), bajo contenido de materia orgánica (1.21%), porcentaje de saturación de 79%, pH de 7.85, CE de 0.58 dS m⁻¹, RAS de 1.77 y PSI de 1.33 (Cuadro 7). En Culiacán, Sinaloa, el clima es BS1(h´)w(w)(e): semiseco muy cálido, extremoso con lluvias de verano, con un porcentaje de precipitación invernal con respecto al total anual menor de cinco (García, 2004). Las medias de temperatura (21.9 °C) y humedad relativa (69.5%) registradas mediante termohigrómetros (DT171, Twilight), estuvieron dentro de los intervalos óptimos (18 a 24 °C y 65 a 80%) para el cultivo de calabaza (Molinar *et al.*, 1999, Cortés 2003).

El suelo del área experimental se preparó mediante herramientas agrícolas de uso manual, luego se formaron camas a 1.8 m de distancia una de otra, a la mitad de las cuales se aplicó lombricomposta 10 t ha⁻¹ (Cuadro 7), luego se colocaron dos líneas de cinta de riego con goteros cada 0.20 m encima de cada cama y se colocó acolchado con polietileno coextruido blanco/negro. La siembra se hizo en charolas de poliestireno de 128 cavidades llenas de turba (Brown 025W, Kekkila) y cuando las plantas contaban con dos hojas verdaderas se llevaron a campo para el trasplante (27 de noviembre 2020), con una densidad de 11 820 plantas por hectárea.

La aplicación de agua y fertilizantes se realizó mediante un sistema de riego por goteo, utilizando la solución Steiner (1984), al 50% desde el trasplante hasta la antesis de las primeras flores femeninas, y posteriormente se adicionó la solución completa. La aplicación del riego sucedió cuando tensiómetros (2725ARL, Soil Moisture Equipment)

colocados a 30 cm de profundidad del suelo indicaron tensión de humedad de 20 a 25 kPa.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con arreglo factorial 2A x 2B x 2C, con ocho tratamientos y 6 repeticiones. El factor A correspondió al cultivar de calabacita, con dos niveles: 'Jacobo', del tipo "green zucchini", y 'Aurora', del tipo "gray zucchini". El factor B, también con dos niveles, correspondió a la lombricomposta (LC): con 0 y 10 t ha⁻¹ aplicadas al suelo. El factor C, igualmente con dos niveles, fue Agromil®Plus (AMP): extractos de origen vegetal, 83.39%; citocininas, 2081.9 ppm; giberelinas, 31.0 ppm; auxinas, 30.5 ppm; vitaminas, 947.95 ppb; asperjado en dosis de 0 y 2.5 mL L⁻¹.

Las variables de crecimiento evaluadas fueron: altura de planta (AP), con una cinta métrica; diámetro de tallo (DT), mediante un vernier digital (6MP, Truper); número de hojas formadas por planta (NH); peso seco de planta (PS), obtenidas al final del ciclo de cultivo, con una balanza de precisión (CP622, Sartorius), después de secar el material vegetal en horno eléctrico (292, Felisa) a 70 °C hasta peso seco constante.

Para evaluar el rendimiento de calabacita, en los frutos recolectados entre 5 y 7 días después de la anthesis, se determinó: diámetro de fruto (DF) con un vernier digital (6MP, Truper); longitud de fruto (LF) con una cinta métrica; y peso de fruto (PF) con balanza de precisión (CP622, Sartorius); además del rendimiento (Molinar *et al.*, 1999; USDA, 2016).

Para valorar la calidad de los frutos se determinó: pH con un medidor multiparamétrico (HI98130, Hanna), firmeza (N) mediante un penetrómetro (GY-4, Yuchengtech) y sólidos solubles totales (SST: °Brix) con un refractómetro (RHW040, Yieryi).

Los resultados obtenidos de las variables evaluadas fueron sometidos al análisis de varianza y prueba de comparación múltiple de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) mediante el software STATISTICA versión 7.0 (StatSoft, 2004).

4.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.3.1. Crecimiento de las plantas

Por influencia de los factores cultivar y Agromil®Plus fue afectada significativamente la altura de las plantas de calabaza, así como, por la interacción entre lombricomposta y Agromil®Plus (Cuadro 12). Las plantas del cultivar Aurora fueron 17.9% más altas, que las plantas del cultivar Jacobo. Por efecto del tratamiento Aurora se obtuvo la mayor altura de planta (123.3 cm), sin diferencias con las plantas de los tratamientos Aurora+LC y Aurora+LC+AMP, pero superior al efecto del resto de los tratamientos desde 20.6 (Aurora+AMP) hasta 47.1% (Jacobo+AMP). La altura alcanzada por las plantas de ambos cultivares fue inferior a la reportada por Román-Román *et al.* (2022), de 190.4 (Aurora) y 156.5 cm (Jacobo).

Las interacciones entre los factores cultivar y Agromil®Plus, lombricomposta y Agromil®Plus influyeron el diámetro de tallo de las plantas de calabaza. Por lo que, los tratamientos Jacobo+LC y Jacobo+AMP indujeron el mayor diámetro de tallo (Cuadro 12), sin diferencias ($p \leq 0.05$) con respecto a Aurora+LC y Aurora, pero superaron el diámetro de tallo que presentaron las plantas de los demás tratamientos desde 16 (Aurora+LC+AMP) hasta 33.3% (Jacobo). Estos resultados coinciden con lo reportado por Román-Román *et al.* (2022).

El número de hojas formadas por planta no fue afectado por los tratamientos (Cuadro 12). No obstante, el peso seco de planta fue influido por el factor Agromil®Plus y por el efecto de la interacción entre cultivar y lombricomposta. La aplicación de Agromil®Plus provocó un decremento en 16.3% comparado con las plantas que no se sometieron a la aplicación de este. El mayor peso seco acumulado en la parte aérea de la planta fue promovido por el tratamiento Aurora+LC (329.6 g); aunque, solamente superó al peso seco inducido por los tratamientos Aurora+AMP y Jacobo+LC+AMP, en 36.8 y 41.2%, respectivamente. Román-Román *et al.* (2022) observaron mayor peso seco (Aurora: 407.4 g y Jacobo: 383.7 g) que lo obtenido en la presente investigación.

Cuadro 12. Efecto de lombricomposta (LC) y Agromil®Plus (AMP) sobre la altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), número de hojas (NH) y peso seco (PS) de plantas de calabacita, cultivar Jacobo y Aurora, en condiciones de casa sombra. Culiacán, Sinaloa, México.

Tratamiento	AP (cm)	DT (mm)	NH	PS (g)
Jacobo+LC+AMP	93.7 bc [§]	15.5 bc	22.2 a	233.5 b
Jacobo+LC	98.5 bc	18.8 a	23.2 a	288.3 ab
Jacobo+AMP	83.8 c	18.8 a	23.0 a	269.4 ab
Jacobo	99.8 bc	14.1 c	22.7 a	279.4 ab
Aurora+LC+AMP	107.3 ab	16.2 bc	22.2 a	273.0 ab
Aurora+LC	110.5 ab	17.8 ab	24.0 a	329.6 a
Aurora+AMP	102.2 b	15.6 bc	21.8 a	240.9 b
Aurora	123.3 a	17.0 ab	22.2 a	285.1 ab
DMSH	16.6	2.4	2.1	63.5
Significancia				
CULTIVAR	***	ns	ns	ns
LC	ns	ns	ns	ns
AMP	***	ns	ns	***
CULTIVAR x LC	ns	ns	ns	*
CULTIVAR x AMP	ns	**	ns	ns
LC x AMP	*	***	ns	ns

[§]Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey ≤ 0.05). DMSH = diferencia mínima significativa honesta; ns, *, **, ***: no significativo a $p \leq 0.05$, significativo a $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ y $p \leq 0.001$.

4.3.2. Crecimiento de frutos y rendimiento

La variable diámetro de fruto no mostró diferencias por efecto de los tratamientos (Cuadro 13). Sin embargo, fue menor al reportado (55.4 mm) por Moreno-Resendez *et al.* (2019). El cultivar Jacobo presentó la mayor longitud de fruto, la cual fue superior en 50% a la de los frutos del cultivar Aurora. La mayor longitud de fruto fue promovida por el tratamiento Jacobo+LC+AMP, superior en 81.1% a la obtenida con el tratamiento Aurora, pero sin diferencias con el resto de los tratamientos. La longitud de fruto puede atribuirse al efecto del cultivar, ya que Moreno-Resendez *et al.* (2019) reportaron longitud de fruto de 123.3 a 138.9 mm con el cultivar Mona Lisa F1 del tipo “gray zucchini”, que coincide con lo observado en el cultivar Aurora de la presente investigación.

El peso de fruto fue afectado significativamente por el factor Agromil®Plus (Cuadro 13), por lo que, todos los tratamientos que incluyeron Agromil®Plus (Jacobo+AMP, Aurora+LC+AMP, Jacobo+LC+AMP y Aurora+AMP) indujeron incrementos en el peso de fruto, que superaron estadísticamente ($p \leq 0.05$) al efecto del resto de los tratamientos, desde 24.7 (Jacobo+LC) hasta 56.8% (Aurora). Esta respuesta en aumento de peso de fruto, provocada por AMP, también fue observada en frutos de mango (Pérez-Barraza *et al.*, 2009). Moreno-Resendez *et al.* (2019) reportaron peso de fruto (180.4 a 274.6 g) mayor al observado por efecto de los tratamientos.

Por efecto del factor Agromil®Plus se indujo un aumento de 31.4% el rendimiento de calabacita. Los tratamientos Aurora+LC+AMP y Jacobo+AMP promovieron mayor rendimiento (48.1 y 45.1 t ha⁻¹), estadísticamente igual al obtenido con Aurora+AMP y Jacobo+LC+AMP (Cuadro 13), pero superior al rendimiento logrado con Aurora+LC, Jacobo+LC, Aurora y Jacobo, desde 26.3 hasta 50.8%. El rendimiento obtenido, concuerda con las 45.5 t ha⁻¹ de calabacita reportadas por Nogueira *et al.* (2011), con el cultivar Caserta.

Cuadro 13. Efecto de lombricomposta (LC) y Agromil®Plus (AMP) sobre el diámetro (DF), longitud (LF) y peso de fruto (PF) y rendimiento de calabacita, cultivar Jacobo y Aurora, en condiciones de casa sombra. Culiacán, Sinaloa, México.

Tratamiento	DF (mm)	LF (mm)	PF (g)	Rendimiento (t ha ⁻¹)
Jacobo+LC+AMP	47.9 a [§]	228.6 a	134.8 a	40.8 abc
Jacobo+LC	42.7 a	211.5 ab	108.1 b	34.5 cd
Jacobo+AMP	42.1 a	203.1 ab	145.0 a	45.1 a
Jacobo	41.3 a	205.7 ab	96.0 b	31.9 d
Aurora+LC+AMP	45.9 a	138.9 ab	139.7 a	48.1 a
Aurora+LC	45.2 a	141.3 ab	93.2 b	35.7 bcd
Aurora+AMP	53.0 a	159.6 ab	137.6 a	43.5 ab
Aurora	40.4 a	126.2 b	92.5 b	33.0 cd
DMSH	19.4	84.4	20.1	7.7
Significancia				
CULTIVAR	ns	***	ns	ns
LC	ns	ns	ns	ns
AMP	ns	ns	***	***
CULTIVAR x LC	ns	ns	ns	ns
CULTIVAR x AMP	ns	ns	ns	ns
LC x AMP	ns	ns	ns	ns

[§]Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey ≤ 0.05). DMSH = diferencia mínima significativa honesta; ns, *, **, ***: no significativo a $p \leq 0.05$, significativo a $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ y $p \leq 0.001$.

4.3.3. Calidad de frutos

Los tratamientos no influyeron en el pH de los frutos de calabacita (Cuadro 14). Soriano-Melgar *et al.* (2020) reportaron pH de 7.2 en frutos de la variedad Grey Zucchini, superiores a los observados en la presente investigación.

La firmeza de los frutos fue influida por el factor cultivar y también por la interacción entre los factores cultivar y Agromil®Plus. La firmeza de los frutos del cultivar Jacobo fue superior en 12.6% comparado con los frutos del cultivar Aurora. La mayor firmeza de fruto se logró por efecto del tratamiento Jacobo+LC, aunque solo superó la firmeza mostrada por los frutos obtenidos con el tratamiento Aurora+AMP (Cuadro 14). Este resultado difiere al obtenido por Soriano-Melgar *et al.* (2020) en frutos de la variedad Grey Zucchini (36.1 N), pero inferior al de 83.5 N reportado por Cortez-Vega *et al.* (2014). Uno de los problemas postcosecha es la pérdida de firmeza de los frutos, la cual depende del estado hídrico de los mismos (Urías-Orona *et al.*, 2012).

El contenido de sólidos solubles totales fue afectado significativamente por el factor cultivar, así como, por la interacción entre los factores cultivar y Agromil®Plus. El contenido de sólidos solubles totales de los frutos cosechados de las plantas del cultivar Jacobo superó en 11.1% a los frutos del cultivar Aurora. Sin embargo, los frutos obtenidos con los tratamientos Jacobo+LC+AMP, Jacobo y Jacobo+AMP presentaron los valores más altos de SST (°Brix), con diferencias ($p \leq 0.05$) respecto a los provocados por los tratamientos Aurora+LC+AMP y Aurora+AMP, a cuyos efectos superó en 18.2 y 24.2%, respectivamente (Cuadro 14). Estos valores coinciden con los 3.9 °Brix reportados por Soriano-Melgar *et al.* (2020). Sin embargo, Moreno-Resendez *et al.* (2019) informaron valores de SST entre 4.61 y 6.79 °Brix, superiores a los observados en esta investigación.

Cuadro 14. Efecto de lombricomposta (LC) y Agromil®Plus (AMP) sobre el pH, firmeza y solidos solubles totales (SST) de frutos de calabacita, cultivar Jacobo y Aurora, en condiciones de casa sombra. Culiacán, Sinaloa, México.

Tratamiento	pH	Firmeza (N)	SST (°Brix)
Jacobo+LC+AMP	6.5 a [§]	69.4 ab	4.1 a
Jacobo+LC	6.3 a	79.1 a	3.7 ab
Jacobo+AMP	6.5 a	68.1 ab	3.9 a
Jacobo	6.4 a	76.6 ab	4.0 a
Aurora+LC+AMP	6.6 a	68.2 ab	3.3 b
Aurora+LC	6.6 a	64.4 ab	3.7 ab
Aurora+AMP	6.6 a	63.1 b	3.3 b
Aurora	6.6 a	64.8 ab	3.7 ab
DMSH	0.4	14.5	0.5
Significancia			
CULTIVAR	*	**	***
LC	ns	ns	ns
AMP	ns	ns	ns
CULTIVAR x LC	ns	ns	ns
CULTIVAR x AMP	ns	*	**
LC x AMP	ns	ns	ns

[§]Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey ≤ 0.05). DMSH = diferencia mínima significativa honesta; ns, *, **, ***: no significativo a $p \leq 0.05$, significativo a $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ y $p \leq 0.001$.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES

Experimento 1. Los cultivares de calabacita evaluados en este estudio, presentaron un incremento en las variables: altura de plantas, diámetro de tallo, índice de área foliar, peso seco de planta y rendimiento para mercado nacional, cuando fueron manejadas sin polinización. Con polinización manual presentaron un incremento en las variables: cuajado, diámetro, longitud y peso de frutos, rendimiento total y con calidad de exportación. Los cultivares más destacados, con y sin polinización, fueron 'HMX586429' y 'Macaria', ambos del tipo calabacita gris.

Experimento 2. Los tratamientos no influyeron en diámetro de tallo, verdor foliar y número hojas. El cultivar Prestige obtuvo mayor índice de área foliar, peso seco de hojas y planta entera; mientras que, el cultivar HMX58 alcanzó más altura de planta. La aplicación de lombricomposta provocó incremento del porcentaje de cuajado y número de frutos por planta, así como, del rendimiento. El ácido naftalenacético incrementó el diámetro, longitud y peso de fruto.

Experimento 3. La altura de planta del cultivar Aurora fue mayor que la del cultivar Jacobo. La lombricomposta y Agromil®Plus fueron inductores del diámetro de tallo. El diámetro de fruto no fue afectado, mientras que la longitud de fruto fue promovida por la combinación del cultivar Jacobo con lombricomposta y Agromil®Plus. La combinación de Agromil®plus con lombricomposta, en ambos cultivares, indujeron mayor peso de fruto y rendimiento.

CAPÍTULO 6. LITERATURA CITADA

- Aremu, A. O., Stirk, W.A., Kulkarni, M.G., Tarkowská, D., Turečková, V., Gruz, J. and Strnad, M. 2015. Evidence of phytohormones and phenolic acids variability in garden-waste-derived vermicompost leachate, a well-known plant growth stimulant. *Plant Growth Regulation* 75(2): 483-492.
- Ariza, F. R., Barrios, A. A., Herrera, G. M., Barbosa, M. F., Michel, A. A., Otero, S. M. A. y Alía, T. I. 2015. Fitohormonas y bioestimulantes para la floración, producción y calidad de lima mexicana de invierno. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6 (7): 1653-1666.
- Artz D. and Nault, B. 2011. Performance of *Apis mellifera*, *Bombus impatiens*, and *Peponapis pruinosa* (Hymenoptera: Apidae) as pollinators of pumpkin. *Journal of Economic Entomology* 104:1153-1161. <https://doi.org/10.1603/ec10431>
- Atasayar, A. and Vural, H. 1993. An investigation on parthenocarpic fruit set level some commercial squash varieties. *Memories of the II National Horticultural Congress*. Adana, Turkey. pp: 203-206.
- Ayala-Tafoya, F., López-Urquídez, G. A. Parra-Delgado, J. M., Retes-Manjarrez, J. E., López-Orona, C. A. y Yáñez-Juárez, M. J. 2020. Vermicomposta, auxinas sintéticas y producción de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en invernadero. *Terra Latinoamericana* 38: 257-265. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.620>
- Ayala-Tafoya, F., Partida, R. L., Velázquez, A. T. J. y Díaz, V. T. 2012. Ácido 2,4-diclorofenoxiacético y producción de calabacita en invernadero. pp. 61-78. *In*: Guerra, L. J. E. (Coord.). *Tópicos Selectos de Ciencias Agropecuarias*. Universidad Autónoma de Sinaloa. México. pp. 61-78.
- Barzegar, T., Eliyasi, M. M. and Ghahremani, Z. 2015. Effect of foliar application of naphthalene acetic acid and plant thinning on sugar contents of melon (*Cucumis melo*) fruit cv. Khatooni. *Iranian Journal of Plant Physiology* 5 (2): 1281-1287.

- Bastida, T. A. y Ramírez, A. J. A. 2008. Los Invernaderos en México. Universidad Autónoma Chapingo. México. 233 p.
- Basurto-Peña, F., Castro-Lara, D., Mera-Ovando, L. M. y Juárez-Castro, T. 2015. Etnobotánica de las calabazas cultivadas (*Cucurbita* spp.) en valles centrales de Oaxaca, México. Agro Productividad 8 (1): 47-52. <http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/639>
- Blouin, M., Barrere, J., Meyer, N., Lartigue, S., Barot, S. and Mathieu, J. 2019. Vermicompost significantly affects plant growth. A meta-analysis. Agronomy for Sustainable Development 39: 34. <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0579-x>
- Calvo, P., Nelson, L. and Kloepper, J. W. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. Plant Soil 383: 3-41.
- Campos, M. E., Velázquez, R. A. y Gómez, H. A. M. 2011. Predicción y comparación de transferencia de nutrientes de dos tipos de vermicomposteo de lodos residuales a suelos forestales. Quivera. Revista de Estudios Territoriales 13 (1): 1-15.
- Cantera, A. 1997. Influencia de la utilización de hormonas en el amarre de flores y cuajado de frutos en melón, sandía, pimiento (bell pepper) y tomate. Memorias del IV Congreso Internacional de Nuevas Tecnologías Agrícolas. Puerto Vallarta, Jalisco, México. pp: 103-112.
- Cortés, M. M. M. 2003. El cultivo protegido del calabacín. *In*: Camacho, F. F. (Coord.) Técnicas de producción en cultivos protegidos. Ediciones Agrotécnicas, S.L. España. pp: 723-738.
- Cortez-Vega, W. R., Brose, P. I. B., Prentice, C. and Dellinghausen, B. C. 2014. Influence of different edible coatings in minimally processed pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch). International Food Research Journal 21: 2017-2023.

- Dasgan, H. Y. and Bozkoylu, A. 2007. Comparison of organic and synthetic-inorganic nutrition of soilless grown summer squash. *Acta Horticulturae* 747: 523-528. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.747.68>
- David-Santoya, J. J. E., Gómez-Álvarez, R., Jarquín-Sánchez, A. y Villanueva-López, G. 2018. Caracterización de vermicompostas y su efecto en la germinación y crecimiento de *Capsicum chinense* Jacquin. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 5 (14): 181-190. <https://doi.org/10.19136/era.a5n14.1465>
- De La Cruz-Lázaro, E., Estrada-Botello, M. A., Robledo-Torres, V., Osorio-Osorio, R., Márquez-Hernández, C. y Sánchez-Hernández, R. 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. *Universidad y Ciencia* 25 (1): 59-67.
- Díaz, F. A., Alvarado, C. M., Alejandro, A. F. y Ortiz, C. F. E. 2016. Crecimiento, nutrición y rendimiento de calabacita con fertilización biológica y mineral. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 32(4): 445-453.
- Domínguez, J., Lazcano, C. and Gómez-Brandón, M. 2010. Influence of vermicompost on plant growth. Contributions toward the development of an objective concept. *Acta Zoológica Mexicana* 2: 359-371.
- Ehlenfeldt, M. K. and Vorsa, N. 2007. Inheritance patterns of parthenocarpic fruit development in highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). *HortScience* 42 (5):1127-1130.
- El-Keblawy, A. and Lovett-Doust, J. 1996. Resource re-allocation following fruit removal in cucurbits: patterns in cantaloupe melons. *New Phytologist* 134: 413-422. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1996.tb04358.x>
- FAOSTAT (The Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database). 2020. Food and agriculture data. <http://faostat3.fao.org> (Diciembre 2020).

FAOSTAT (The Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database). 2021. Food and agriculture data. <http://faostat3.fao.org> (Enero 2022).

Francisco-Illescas, M. X., Villegas-Ramos, J. and Camacho-Ferre, F. 2013. Effects of interplanting on the yield and quality of zucchini crops (*Cucurbita pepo*) grown in greenhouses. *International Journal of Agronomy and Plant Production* 4 (9): 2361-2365.

Fritz, J. I., Franke-Whittle, I. H., Haindl, S., Insam, H. and Braun, R. 2012. Microbiological community analysis of vermicompost tea and its influence on the growth of vegetables and cereals. *Canadian Journal of Microbiology* 58 (7): 836-847.

García-Bañuelos, M. L., Sánchez-Chávez, E., Gardea-Béjar, A. A., Parra, J. M., Muñoz-Márquez, E. y Carrillo, M. G. 2016. Cultivares injertados de pimiento morrón con uso eficiente de nitrógeno para mejorar la producción. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 17: 3491-3507.

García, A. 1996. Las casas de sombra y otros complementos del invernadero. *Productores de hortalizas* 5 (8): 24-26.

García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM. México, D. F., México. 71 p.

Hayata, Y., Li, X-X. and Osajima, Y. 2002. Pollination and CPPU treatment increase endogenous IAA and decrease endogenous ABA in muskmelons during early development. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 127: 908-911.

Hidalgo-Loggiodice, P. R., Sindoni-Vielma, M. y Marín, C. 2009. Evaluación de sustratos a base de vermicompost y enmiendas orgánicas líquidas en la propagación de parchita (*Passiflora edulis* v. *flavicarpa*) en vivero. *Revista UDO Agrícola* 9 (1): 126-135.

- Introzzi, F. 1986. El cultivo moderno del calabacín. Ed. De Vecchi, S.A. Barcelona, España. 128 p.
- Jankiewics, L. S. y C. Acosta-Zamudio. 2003. Auxinas. pp. 21-66. In: L. S. Jankiewicz. (Coord.). Reguladores de crecimiento, desarrollo y resistencia en plantas. Vol. 1. Propiedades y acción. Mundi-Prensa-Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Jordán, M. y Casaretto, J. 2006. Hormonas y reguladores del crecimiento: auxinas, giberelinas y citocininas. En: Squeo, F. A. y Cademil. L. (ed.). Fisiología vegetal. Ediciones Universidad de la Serena. La Serena, Chile. 1-28 pp.
- Knapp, J. L., Bartlett, L. J. and Osborne, J. L. 2016. Re-evaluating strategies for pollinator-dependent crops: how useful in parthenocarpy? *Journal of Applied Ecology* 54(4):1171-1179. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12813>.
- Knapp, J. L. and Osborne, J. L. 2017. Courgette: pollination demand, supply, and value. *Journal of Economic Entomology* 110 (5): 1973-1979. <https://doi.org/10.1093/jee/tox184>
- Kurtar, E. S. 2003. An investigation on partenocarpy in some summer squash (*Cucurbita pepo* L.) cultivars. *Pakistan Journal of Agronomy* 2 (4): 209-213.
- Li, X-X., Hayata, Y. and Osajima, Y. 2002. p-CPA increases the endogenous IAA content in parthenocarpic muskmelon fruit. *Plant Growth Regulation* 37: 99-103.
- Li, X-X., Yasukawa, J. and Hayata, Y. 2005. Role of endogenous indole-3-acetic acid in fruit set of zucchini. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 74 (2): 167-169. <https://doi.org/10.2503/jjshs.74.167>
- Lora, J., Hormaza, J. I., Herrero, M. and Gasser, C. S. 2011. Seedless fruits and the disruption of a conserved genetic pathway in angiosperm ovule development. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108 (13): 5461–5465. <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1014514108>

- Loy, J. B. 2004. Morpho-physiological aspects of productivity and quality in squash and pumpkins (*Cucurbita* spp.). *Critical Reviews in Plant Sciences* 23 (4): 337-363. <https://doi.org/10.1080/07352680490490733>.
- Lozano, R., Giménez, E., Cara, B., Capel, J. and Angosto, T. 2009. Genetic analysis of reproductive development in tomato. *The International Journal of Developmental Biology* 53: 1635-1648. <https://doi.org/10.1387/ijdb.072440rl>
- Luna, M. R. A., Reyes, P. J. J., López, B. R. J., Reyes, B. M., Alava, M. A., Velasco, M. A., Alvarez, P. G., Cedeño, T. D. M. y Macias, P. R. 2015. Efectos de abonos orgánicos en el crecimiento y desarrollo del pimiento (*Capsicum annuum* L.). *Centro Agrícola* 42 (4): 11-18.
- MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación). 2019. Superficies y producciones anuales de cultivos. <https://www.mapa.gob.es/es/>. (Diciembre 2020).
- Maroto, J. V., Miguel, A., López-Galarza, S., San Bautista, A., Pascual, B., Alagarda, J. and Guardiola, J. L. 2005. Parthenocarpic fruit set in triploid watermelon induced by CPPU and 2,4-D applications. *Plant Growth Regulation* 45 (3): 209-213.
- Márquez, R. S. y Osuna, Z. J. M. 2008. Ácido 2,4-diclorofenoxiacético y producción de calabacita en invernadero. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa. 48 p.
- Martínez, S. B., Garbi, M., Carbone, A. V., Morelli, G., Argerich, C., Pacheco, R. y Puch, L. 2016. Aplicación de reguladores auxínicos: efecto sobre el cuajado de fruto en tomate para consumo fresco. *Horticultura Argentina* 35: 87.
- Menchaca-Ceja, F., Partida-Ruvalcaba, L., García-López, A. M., Ail-Catzim, C. A., Rodríguez-González, R. E., Ruiz-Alvarado, C. y Cruz-Villegas, M. 2018. Relación del ácido naftalenacético en componentes de calidad de melón cantaloupe (*Cucumis melo* L.). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 5 (14): 171-179. <https://doi.org/10.19136/era.a5n14.1397>

- Méndez-López, A., Sánchez-Vega, M., Villanueva-Verduzco, C., Rojas-Martínez, R. I. y Rodríguez-Pagaza, Y. 2018. Diversidad genética en variedades partenocarpicas de calabaza (*Cucurbita pepo* L.) mediante RAPD. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 21 (3): 447-455. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/2499/1192>
- Mendoza, M. M. N., Alcantar, G. G., Aguilar, S. A., Etchevers, B. J. D. y Santizó, R. J. A. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra Latinoamericana* 16 (2): 135-141.
- Miguel, A. 2000. Sandía diploide sin semillas. *Terralia* 14: 30-33. [En línea] Disponible en <http://www.terralia.com/articulo.php?recordID=1404&revID=> (Noviembre 2020).
- Miguel, A. 2001. Panorama actual del cultivo de sandía. *Vida Rural* No. 125. [En línea] Disponible en www.eumedia.es/articulos/vr/hortofrut/125sandia.htm (Noviembre 2020).
- Miguel, A. y Maroto, J. V. 2000. Nuevas técnicas en el cultivo de la sandía. Fundación Caja Rural Valencia. España. 89 p.
- Mogollón, J. P., Tremont, O. y Rodríguez, N. 2014. Efecto del uso de un vermicompost sobre las propiedades biológicas y químicas de suelos degradados por sales. *Venesuelos* 9: 48-57.
- Monares-Gallardo, I., Ceja-Torres, L. F., Escalera-Gallardo, C., Vázquez-Gálvez, G. y Ochoa-Estrada, S. 2012. Tamaño de partícula y tiempo de aplicación pre-siembra de harina de pescado (*Plecostomus* spp.) en producción de calabacita. *Terra Latinoamericana* 30 (2): 147-155.
- Molinar, R., Aguiar, J., Gaskell, M. and Mayberry, K. 1999. Summer squash production in California. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 7245. <https://doi.org/10.3733/ucanr.7245>

- Montaño, M. N. J. y Méndez, N. J. R. 2009. Efecto de reguladores de crecimiento sobre el epicarpo, mesocarpo y sólidos solubles totales del fruto de melón (*Cucumis melo* L.) cv Edisto 47. Revista UDO Agrícola 9 (2): 295-303.
- Moreno-Reséndez, A., Reyes-Carrillo, J. L., Preciado-Rangel, P., Ramírez-Aragón, M. G. y Moncayo-Luján, M. R. 2019. Desarrollo de calabacita con diferentes fuentes de fertilización bajo condiciones de invernadero. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 6 (6): 145-151. <https://doi.org/10.19136/era.a6n16.1803>
- Neocleous, D. and Savvas, D. 2018. Modelling Ca⁺² accumulation in soilless zucchini crops: physiological and agronomical responses. Agricultural Water Management 203:197-206. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.03.017>
- Nogueira, D. W., Maluf, W. R., Figueira, A. R., Maciel, G. M., Gomes, L. A. and Benavente, C. A. 2011. Combining ability of summer-squash lines with different degrees of parthenocarpy and PRSV-W resistance. Genetics and Molecular Biology 34 (4): 616-623.
- Núñez, F. J., Huitrón, M. V., Díaz, M., Dianéz, F. and Camacho-Ferre, F. 2008. Effect on production and quality of intensifying triploid watermelon crops using 'temporary trellises' and CPPU for fruit development. HortScience 43: 149-152.
- Olivares-Campos, M. A., Hernandez-Rodriguez, A., Vences-Contreras, C., Jáquez-Balderrama, J. L. y Ojeda-Barrios, D. 2012. Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. Universidad y ciencia 28 (1): 27-37.
- Orozco, V. J. A., E. Galindo P., Segura, C. M. A., Fortis, H. M., Preciado, R. P., Yescas, C. P. y Montemayor, T. J. A. 2016. Dinámica de crecimiento de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en un sustrato a base de vermicomposta en invernadero. Revista Internacional de Botánica Experimental 85: 117-124. <http://www.revistaphyton.fund-romuloraggio.org.ar/vol85/Orozco.pdf> (Noviembre 2020).

- Pagoto, S. N., Laudete, A. A., Neves, G. J., Degaspari, L. A., Araujo, L. M. and Andrade, F. R. 2020. Pollination techniques in zucchini production in the presence of boron fertilization. *Comunicata Scientiae* 11: e3326. <https://doi.org/10.14295/CS.v11i0.3277>
- Pérez-Barraza, M. H., Vázquez-Valdivia, V., Osuna-García, J. A. y Urías-López, M. A. 2009. Incremento del amarre y tamaño de frutos partenocárpicos en mango 'Ataulfo' con reguladores de crecimiento. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 15 (2): 183-188.
- Petersen, J. D., Reiners, S. and Nault, B. A. 2013. Pollination services provided by bees in pumpkin fields supplemented with either *Apis mellifera* or *Bombus impatiens* or not supplemented. *PLoS ONE* 8 (7): e69819. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0069819>.
- Pichardo-González, J. M., Guevara-Olvera, L., Couoh-Uicab, Y. L., González-Cruz, L., Bernardino-Nicanor, A., Medina, H. R., González-Chavira, M. M. y Acosta-García, G. 2018. Efecto de las giberelinas en el rendimiento de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9 (5): 925-934. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i5.1502>.
- Piña-Ramírez, F. J., Soto-Parra, J. M., García-Muñoz, S. A., Flores-Plascencia, J. B. y Pérez-Leal, R. 2015. Disminución de la solución nutritiva con aplicaciones de composta en la producción de tomate en invernadero. *Revista Científica Biológico-Agropecuaria Tuxpan* 3: 928-937.
- Pomares-Viciano, T., Die, J., Del Río-Celestino, M., Román, B. and Gómez, P. 2017. Auxin signalling regulation during induced and parthenocarpic fruit set in zucchini. *Molecular Breeding* 37 (56): 2-14. <http://doi.org/10.1007/s11032-017-0661-5>

- Pomares-Viciano, T., Del Río-Celestino, M., Román, B., Die, J., Pico, B. and Gómez, P. 2019. First RNA-seq approach to study fruit set and parthenocarpy in zucchini (*Cucurbita pepo* L.). *BMC Plant Biology* 19: 61. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-1632-2>.
- Queiroga, R. C. F., Puiatti M., Fontes, R. P. C. and Cecon, P. R. 2009. Yield and quality of muskmelon varying fruit number and position in the plant, in protected cultivation. *Horticultura Brasileira* 27: 23-29, <https://doi.org/10.1590/S0102-05362009000100005>
- Ramírez-Gil, J. G. 2017. Calidad de fruto de aguacate con aplicaciones de ANA, boro, nitrógeno, sacarosa y anillado. *Agronomía Mesoamericana* 28 (3): 591-603. <https://doi.org/10.15517/ma.v28i3.23688>
- Ramírez-Luna, E., Castillo-Aguilar, C.C., Aceves-Navarro, E. y Carrillo-Ávila, E. 2005. Efecto de productos reguladores de crecimiento sobre la floración y amarre de fruto en chile 'Habanero'. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11 (1): 93-98.
- Ramos, O. C. A., Castro, R. A. E., León, M. N. S., Álvarez, S. J. D. y Huerta, L. E. 2019. Lombricomposta para recuperar la fertilidad de suelo franco arenoso y el rendimiento de cacahuate (*Arachis hypogaea* L.). *Terra Latinoamericana* 37: 45-55. <https://doi.org/10.28940/tl.v37i1.331>
- Ravindran, B, Wong, J. W. C., Selvam, A. and Sekaran, G. 2016. Influence of microbial diversity and plant growth hormones in compost and vermicompost from fermented tannery waste. *Bioresource Technology* 217: 200-204. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.03.032>
- Reyes, P. J. J., Luna, M. R. A., Reyes, B. M. R., Yépez, R. A. J., Abasolo, P. F., Espinosa, C. K. A., López, B. R. J., Vázquez. M. V. F., Zambrano, B. Darwin., Cabrera, Bravo. D. A. y Torres, R. J. A. 2017. Uso del humus de lombriz y jacinto de agua sobre el crecimiento y desarrollo del pepino (*Cucumis sativus* L.). *Biocencia* 19 (2): 30-35.

- Robinson, R. W. and Reiners, S. 1999. Parthenocarpy in summer squash. HortScience 34: 715-717.
- Robles, J. 1994. Cómo se cultiva en invernadero. Editorial de Vecchi, S.A. Barcelona, España. 115-120 pp.
- Rodríguez-Dimas, N., Cano-Ríos, P., Favela-Chávez, E., Figueroa-Viramontes, U., Paul-Álvarez, V. P., Palomo-Gil, A., Márquez-Cándido, H. y Moreno-Reséndez, A. 2007. Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. Revista Chapingo Serie Horticultura 13 (2): 185-192.
- Román-Román, L., Ayala-Tafoya, F., Parra-Delgado, J. M., Díaz-Valdés, T., López-Orona, C. A. y Velázquez-Alcaraz, T. J. 2022. Producción de calabacita con y sin polinización de flores a mano en condiciones de casa malla. Revista Fitotecnia Mexicana 45 (2): 165-172. <https://doi.org/10.35196/rfm.2022.2.165>
- Romero-Romano, C. O., Ocampo-Mendoza, J., Sandoval-Castro, E. y Tobar-Reyes, J. R. 2012. Fertilización orgánica - mineral y orgánica en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananasa* Duch.) bajo condiciones de invernadero. Ra Ximhai 8: 41-49.
- Rouphael, Y. and Colla, G. 2005. Radiation and water use efficiencies of greenhouse zucchini squash in relation to different climate parameters. European Journal of Agronomy 23: 183-194. <https://doi.org/10.2026/j.eja.2004.10.003>
- Rouphael, Y., Rivera, C. M., Cardarelli, M., Fanasca, S. and Colla, G. 2006. Leaf area estimation from linear measurements in zucchini plants of different ages. Journal of Horticultural Science & Biotechnology 81 (2): 238-241. <https://doi.org/10.1080/14620316.2006.11512056>
- Rueda-Luna, R., Reyes-Matamoros, J., Flores-Yáñez, M.C., Romero-Hernández, M. y Marín-Castro, M. A. 2018. Cultivo de sandía diploide injertada en invernadero. Interciencia 43 (3): 198-201.

- Ruiz, P. A. L. 2013. Comparación de la partenocarpia, la calidad poscosecha y la producción de etileno en el fruto de diferentes variedades de calabacín (*Cucurbita pepo*) morfotipo zucchini. Universidad de Almería. Tesis de Licenciatura. 128 pp.
- Rylski, I. and Aloni B. 1990. Parthenocarpic fruit set and development in Cucurbitaceae and Solanaceae under protected cultivation in a mild winter climate. *Acta Horticulturae* 287: 117–126.
- Sadegh, H. N., Zakerin, H. R., Yousefi, T., Hashemi., S. M. and Farmambar, M. 2015. Influence of foliar application of micronutrients and vermicompost on some characteristics of crop plants. *Biological Fórum* 2: 657-665.
- Sanz, M. 1995. Fitorreguladores para el calabacín. *Hortofruticultura* 33: 46-48.
- Sarmiento-Sarmiento, G. J., Pino-Cabana, D., Mena-Chacón, L. M., Medina-Dávila, H. D. y Lipa-Mamani, L. M. 2019. Aplicación de humus de lombriz y algas marinas en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.) var. Santa Amelia. *Scientia Agropecuaria* 10 (3): 363–368. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.03.06>
- SECOFI (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial). 1982. Norma Mexicana NMX-FF-020-1982. Productos alimenticios no industrializados para uso humano - fruta fresca calabacita - (*Cucurbita pepo*). <https://www.yumpu.com/es/document/read/37010537/nmx-ff-020-1982>. (Diciembre 2020).
- Sedano-Castro, G., González-Hernández, V. A., Engleman, E. M. y Villanueva-Verduzco, C. 2005. Dinámica del crecimiento y eficiencia fisiológica de la planta de calabacita. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11: 291-297. <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2002.08.047>
- Sedano-Castro, G., González-Hernández, V. A., Saucedo-Veloz, C., Soto-Hernández, M., Sandoval-Villa, M. y 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.

- Sedighehsadat, K., Baninasab, B., Mobli, M. and Ehtemam, M. H. 2021. Effect of plant growth regulators on two different types of eggplant flowers regarding style length and fruit setting. Spanish Journal of Agricultural Research 19 (4): e0906. <https://doi.org/10.5424/sjar/2021194-17595>
- Shaw, N. L. and Cantliffe, D. J. 2005. Hydroponic greenhouse production of “baby” squash: selection of suitable squash types and cultivars. HortTechnology 15 (3): 722-728.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola [En línea]. Disponible en www.gob.mx/siap (Diciembre de 2020).
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2021. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola [En línea]. Disponible en www.gob.mx/siap (Agosto de 2021).
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2022. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola [En línea]. Disponible en www.gob.mx/siap (Diciembre de 2022).
- Soriano-Melgar, L. A., Izquierdo-Oviedo, H., Saucedo-Espinosa, Y. A. y Cárdenas-Flores, A. 2020. Efecto de la aplicación de bioestimulantes sobre calidad y capacidad antioxidante de frutos de calabacita (*Cucurbita pepo* L. ‘Grey Zucchini’). Terra Latinoamericana 38 (1): 17-28. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.516>
- StatSoft, Inc. 2004. STATISTICA (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com
- Steffen, G. P. K., Maldaner, J., Morais, R. M., Saldanha, C. W., Missio, E. L., Steffen, R. B. y Osorio, D. F. B. 2019. La vermicomposta anticipa la floración y aumenta la productividad del tomate. Agrociencia 23 (1): 4-10. <https://dx.doi.org/10.31285/agro.23.1.7>.

- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. Sixth International Congress on Soilless Culture. Wageningen, The Netherlands. pp: 633-650.
- Suleiman, F. A. S. and Suwwan, M. A. 1990. Effect of agritone on fruit set and productivity of summer squash (*Cucurbita pepo* L.) under plastic house conditions. *Acta Horticulturae* 4: 83-89.
- Swiader, J. M. and Moore, A. 2002. SPAD-chlorophyll II response to nitrogen fertilization. *Journal of Plant Nutrition* 25 (5): 1089–1100. <https://doi.org/10.1081/PLN-120003941>
- Tantasawat, P. A., Sorntip, A. and Pornbungkerd, P. 2015. Effects of exogenous application of plant growth regulators on growth, yield, and in vitro gynogenesis in cucumber. *HortScience* 50 (3): 374–382. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.50.3.374>
- Urías-Orona, V., Muy R. D., Osuna, E. T., Sañudo, B. A., Báez, S. M., Valdez, T. Benigno., Siller C. J. y Campos, S. J. 2012. Estado hídrico y cambios anatómicos en la calabacita (*Cucurbita pepo* L.) almacenada. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35 (3): 221-228.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2016. United states standards for grades of summer squash. <https://www.ams.usda.gov/grades-standards/summer-squash-grades-and-standards>. (Diciembre 2020).
- Varela-Delgadillo, O. E., Livera-Muñoz, M., Muratalla-Lúa, A. y Carrillo-Salazar, J. A. 2018. Inducción de partenocarpia en *Opuntia* spp. *Revista Fitotecnia Mexicana* 41 (1): 3-11.
- Varoquaux, F., Blanvillain, R., Delseny, M. and Gallois, P. 2000. Less is better: new approaches for seedless fruit production. *Trends in Biotechnology* 18: 233-242.

- Vidal, M. D. G., Jong, D. D., Wein, H. C. and Morse, R. A. 2006. Nectar and pollen production in pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *Revista Brasileira de Botânica* 29: 267-273.
- Vidal, M. D. G., Jong, D. D., Wein, H. C. and Morse, R. A. 2010. Pollination and fruit set in pumpkin (*Cucurbita pepo*) by honeybees. *Revista Brasileira de Botânica* 33: 107-113. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042010000100010>
- Villegas-Cornelio, V. M. y Laines, C. J. R. 2016. Vermicompostaje: II avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8 (2): 407-421.
- Wener, H. 1999. Tomate de invernadero y producción de pimiento en malla sombra en Israel. *Memorias del Congreso de Nuevas Tecnologías agrícolas* (Puerto Vallarta, Jalisco México) 5: 163-171.
- Wong, W. S., Zhong, H., Cros, A. T. and Wan, H. Y. J. 2020. Plant biostimulants in vermicomposts: characteristics and plausible mechanisms. *In: Geelen, D. & Xu, L. (eds.). The chemical biology of plant biostimulants.* John Wiley & Sons. pp: 155-180. <https://doi.org/10.1002/9781119357254.ch6>
- Yasukawa, J. and Hayata Y. 2002. Effect of plant regulators on the fruit set of zucchini. *Journal of the Japan Society for Horticultural Science* 71: 395.
- Zanor, G., López, P. M., Martínez-Yáñez, R., Ramírez, L. F., Gutiérrez, V. S. y León, F. 2018. Mejoramiento de las propiedades físicas y químicas de un suelo agrícola mezclado con lombricompostas de dos efluentes de biodigestor. *Ingeniería Investigación y Tecnología* 19 (4): 1-10. <https://doi.org/10.22201/ii.25940732e.2018.19n4.036>
- Zhao, H. T., Luo, J., Shan, Y. H., Wang, A. L., Liu, P. and Feng, K. 2010. Effects of vermicompost organic-inorganic mixed fertilizer on yield and quality components of cucumber cultivated in greenhouse. *Plant Nutrition & Fertilizer Science* 16: 1288–1293.

Zhang, H., Tan, SN., Teo, CH., Yew, Y. R., Ge, L., Chen, X. and Yong, J. W. 2015. Analysis of phytohormones in vermicompost using a novel combinative sample preparation strategy of ultrasound-assisted extraction and solid-phase extraction coupled with liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Talanta* 139: 189-97. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.02.052>