



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
CAMPUS LOMA BONITA

DESEMPEÑO MORFOLÓGICO Y FISICOQUÍMICO DEL CULTIVO DE
CHILE HABANERO *Capsicum chinense* Jacq. CON LOMBRICOMPOSTAS
COMO SUSTRATO CON ADICIÓN DE LEONARDITA EN CASA SOMBRA

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE:

Maestro en Producción y Procesamiento Agrícola

PRESENTA:

C. José Eduardo Rivadeneyra Manzanilla

Director:

Dr. Rogelio Enrique Palacios Torres

Codirector:

DR. Hipólito Hernández Hernández

Loma Bonita, Oaxaca, México, 2024



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

OFICIO	DEP/2024/296
ASUNTO	Autorización de impresión de tesis

San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca, a 06 de septiembre de 2024

M. EN C. HÉCTOR LÓPEZ ARJONA
VICE-RECTOR ACADÉMICO
UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

Sirva la presente para informarle que, el jurado evaluador del examen para obtener el grado de **Maestro en Producción y Procesamiento Agrícola** del **C. José Eduardo Rivadeneyra Manzanilla**, con número de **Matrícula 21180013**, ha autorizado la impresión del manuscrito que lleva por título **“DESEMPEÑO MORFOLÓGICO Y FISICOQUÍMICO DEL CULTIVO DE CHILE HABANERO *Capsicum chinense* Jacq. CON LOMBRICOMPOSTAS COMO SUSTRATO CON ADICIÓN DE LEONARDITA EN CASA SOMBRA”**, para su posterior presentación y defensa por el sustentante.

Agradezco su atención y quedo a sus órdenes para cualquier duda o aclaración.

Atentamente
terra uberrima, mens aperta
Bou Lo-tama, chí jí jú

Dr. José Abad Zavaleta
Jefe de la División de Estudios de Posgrado



C.c.p. Dr. Rogelio Enrique Palacios Torres– Director de tesis.
C.c.p. Dra. Ana Rosa Ramírez Seañez– Coordinadora de la Maestría en Producción y Procesamiento Agrícola.
C.c.p. M. E. Yesenia Barrientos Arenal – Jefa del Departamento de Servicios Escolares.
C.c.p. Archivo

CAMPUS TUXTEPEC
C. Circuito central No. 200, Col. Parque Industrial.
C.P. 38301, Tuxtepec, Oax.
Tel. 01(287)8759240

www.unpa.edu.mx

CAMPUS LOMA BONITA
Av. Ferrocarril S/N, Ciudad universitaria.
C.P. 68400, Loma Bonita, Oax.
Tel. 01(281)8729230



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

OFICIO	DEP/2024/297
ASUNTO	Jurado para examen de grado

San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca, a 06 de septiembre de 2024


JOSÉ EDUARDO RIVADENEYRA MANZANILLA
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y PROCESAMIENTO AGRÍCOLA
UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

Por este medio le informo que el jurado de su examen para obtener el grado de **Maestro en Producción y Procesamiento Agrícola** estará integrado por los siguientes investigadores.

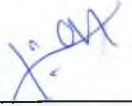
Profesor Investigador	Jurado de Examen
Dra. Ana Rosa Ramírez Seañez	Presidente
Dr. Rogelio Enrique Palacios Torres	Vocal
Dr. Adolfo Amador Mendoza	Secretario
Dr. José Antonio Yam Tzec	Primer Suplente
Dr. Hipólito Hernández Hernández	Segundo Suplente

Sin más por el momento, le envío saludos cordiales.

Atentamente
terra uberrima, mens aperta
Bou Lo-tama, chí jí jù


Dr. José Abad Zavaleta
Jefe de la división de estudios
de posgrado.




M. en C. Héctor López Arjona
Vicerrector Académico
Vo. Bo.



C.c.p. Dr. Rogelio Enrique Palacios Torres– Director de tesis.
C.c.p. Dra. Ana Rosa Ramírez Seañez– Coordinadora de la Maestría en Producción y Procesamiento Agrícola.
C.c.p. M. E. Yesenia Barrientos Arenal – Jefa del Departamento de Servicios Escolares.
C.c.p. Archivo.

CAMPUS TUXTEPEC
C. Circuito central No. 200, Col. Parque Industrial.
C.P. 38301, Tuxtepec, Oax.
Tel. 01(287)8759240

www.unpa.edu.mx

CAMPUS LOMA BONITA
Av. Ferrocarril S/N, Ciudad universitaria.
C.P. 68400, Loma Bonita, Oax.
Tel. 01(281)8729230

HOJA DE ORIGINALIDAD

El presente trabajo no ha sido aceptado o empleado para el otorgamiento de título o grado diferente o adicional al actual. La tesis es resultado de las investigaciones del autor, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas. El autor otorga su consentimiento a la **Universidad del Papaloapan** para la reproducción del documento con el fin del intercambio bibliotecario siempre y cuando se indique la fuente.

DEDICATORIA

Al **CONAHCYT** por brindarme una beca para poder realizar y culminar mis estudios de posgrado.

Bendiciones, besos y abrazos a mi **madre**, por siempre apoyarme, motivarme y ayudarme a crecer como persona.

A toda la comunidad universitaria presente que forman parte de la **Universidad del Papaloapan**, por hacer mis días un poco más fáciles y alegres mientras me mantuve dentro de esta hermosa institución.

Al programa de estudios impartido por el **Sistema de Universidades Estatales de Oaxaca (SUNEO)**. por brindarme las herramientas necesarias para formarme como Ingeniero Agrícola Tropical y ahora como Maestro en Producción y Procesamiento Agrícola.

A todos mis **maestros** por apoyarme y compartirme un poco del conocimiento que hoy poseo. Conocimientos que hoy en día he podido aplicar dentro y fuera de la institución.

Al **Dr. Rogelio Enrique Palacios Torres**, jefe de carrera de la Ingeniería Agrícola Tropical, profesional dedicado y comprometido con la educación superior, el cual me ha apoyado enormemente por mi paso en esta bella institución. **Gracias** por apoyarme en mi investigación y por asesorarme en cada momento. Por ser una buena persona conmigo dentro y fuera de las aulas (Más que mi profesor para mi es mi amigo).

A la **Dra. Ana Rosa Ramírez Seañez**, profesora investigadora de la carrera Ingeniería Agrícola Tropical, mujer alegre, carismática y dedicada con la investigación científica. **Gracias** por ayudarme a mejorar mi redacción. Por dedicarme su tiempo y su esfuerzo. Por forjarme como el profesional del campo que hoy en día soy. Por ayudarme

a crear mi primera investigación científica. Por aconsejarme y darme ánimos en todo momento (Agradecido de por vida con usted).

Al **Dr. Hipólito Hernández Hernández**, coordinador del posgrado de la Maestría en Producción y Procesamiento Agrícola (MPPA), profesional comprometido con la investigación científica y con la educación de sus alumnos y asesorados. **Gracias** por brindarme los conocimientos necesarios que me ayudan día con día a llevar mi vida profesional de una mejor manera, aplicando siempre los conocimientos adquiridos en las diversas materias impartidas dentro de la institución.

A mi **novia**, por ser mi compañera en los momentos más difíciles y en los más felices por tu paciencia, amor y apoyo incondicional durante este largo camino. Gracias por inspirarme a seguir adelante cuando más lo necesitaba y por recordarme que los sueños se alcanzan con esfuerzo y dedicación.

Compañeros y conocidos que han influenciado en mi vida profesional, académica o laboral, gracias por apoyarme y brindarme su confianza estaré eternamente agradecido con ustedes, **jamás los olvidaré.**

ÍNDICE DE CONTENIDO

1	ÍNDICE DE TABLAS	xii
2	ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
3	RESUMEN	xvii
4	ABSTRACT	xix
5	INTRODUCCIÓN	1
6	MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES	3
6.1	Antecedentes históricos del chile habanero	3
6.2	Importancia del chile habanero	3
6.3	Clasificación Taxonómica.....	4
6.4	Descripción botánica del chile habanero.....	4
6.5	Morfología de la planta	5
6.5.1	Raíz	5
6.5.2	Tallo.....	5
6.5.3	Hojas	6
6.5.4	Flores.....	6
6.5.5	Frutos	6
6.5.6	Semillas	6
6.6	Condiciones edafoclimáticas	6
6.7	Siembra del chile habanero.....	7
6.8	Trasplante	8
6.9	Riego	8
6.10	Entutoreo	9
6.11	Poda	9

6.12	Fertiirrigación.....	10
6.13	Plagas	12
6.14	Enfermedades	13
6.15	Lombricomposta.....	15
6.15.1	La lombriz roja californiana	15
6.15.2	Reproducción y desarrollo.....	16
6.16	Características de la materia orgánica que se utiliza en el lombricomposteo....	16
6.16.1	Tipo de contenedores en el lombricomposteo	17
6.16.2	Humedad y temperatura.....	18
6.16.3	Aireación y luminosidad	18
6.16.4	pH 19	
6.16.5	Contenido de nutrientes	19
6.17	Leonardita	20
6.18	Agricultura protegida	20
6.19	Estructuras más utilizadas de la agricultura protegida.....	21
7	HIPÓTESIS.....	21
8	OBJETIVOS	22
8.1	Objetivo general	22
8.2	Objetivos específicos.....	22
9	MATERIALES Y MÉTODOS	23
9.1	Tratamientos y diseño experimental.....	23
9.2	Localización del experimento	23
9.3	Tipo de estiércoles para las lombricompostas.....	24
9.4	Lombricomposteros (Contenedores)	25
9.5	Fabricación de sustratos.....	25
9.6	Lombriz empleada y densidades de siembra	25

9.7	Riego y control de la humedad y temperatura.....	26
9.8	Material vegetativo.....	26
9.9	Siembra	26
9.10	Riego de las semillas.....	27
9.11	Trasplante	27
9.12	Riego	27
9.13	Entutorado	28
9.14	Leonardita empleada en la producción de <i>Capsicum chinense</i> Jacq.....	28
9.15	Control de plagas y enfermedades.....	28
10	VARIABLES DE RESPUESTA	29
10.1	Desarrollo de lombrices y características de las lombricompostas	29
10.1.1	Longitud de las lombrices (mm)	29
10.1.2	Peso de las lombrices (g).....	29
10.1.3	Lombrices adultas	29
10.1.4	Lombrices juveniles	29
10.1.5	Cantidad de lombrices por kg.....	30
10.1.6	Nitratos, Fosfatos, Potasio y Calcio en (ppm)	30
10.1.7	pH.....	30
10.1.8	CE	30
10.2	Variables morfológicas del cultivo de chile habenero	31
10.2.1	Altura de la planta (cm)	31
10.2.2	Diámetro del tallo (mm).....	31
10.2.3	Número de flores.....	31
10.2.4	Área foliar (cm ²)	31
10.2.5	Peso fresco (g).....	31
10.2.6	Peso seco (g)	32
10.2.7	Número de frutos.....	32
10.2.8	Diámetro ecuatorial (mm).....	32

10.2.9	Diámetro polar (mm)	32
10.2.10	Peso del fruto (g).....	32
10.2.11	Rendimiento del cultivo (t ha ⁻¹).....	33
10.2.12	Número de lóculos	33
10.2.13	Grosor de pericarpio (mm)	33
10.3	Variables químicas del cultivo de chile habanero	33
10.3.1	Clorofila a, b y carotenoides.....	33
10.3.2	Extracto celular de peciolo (Nitrato, Fósforo y Potasio (ppm)).....	34
10.3.3	pH.....	34
10.3.4	Extracción y determinación de capsaicina por el método espectrofotométrico	35
11.1	<i>Eisenia foetida</i>	37
11.1.1	Longitud de lombriz (mm).....	37
11.1.2	Peso de lombriz (g)	39
11.1.3	Cantidad de lombrices por kg.....	41
11.1.4	Nitratos (ppm).....	43
11.1.5	Fosfatos (ppm)	45
11.1.6	Potasio (ppm)	47
11.1.7	Calcio (ppm).....	49
11.1.8	pH.....	51
11.1.9	CE (dS/m ⁻¹)	53
11.2	<i>Capsicum chinense</i> Jacq.....	55
11.2.1	Diámetro del tallo (mm).....	55
11.2.2	Altura de planta (cm).....	58
11.2.3	Número de flores.....	61
11.2.4	Área Foliar (cm ²)	63
11.2.5	Clorofila a (µg mL ⁻¹).....	65
11.2.6	Clorofila b (µg mL ⁻¹).....	68
11.2.7	Carotenoides (µg mL ⁻¹)	71
11.2.8	Extracto de peciolo celular NO ³⁻ (ppm).....	75
11.2.9	Extracto de peciolo celular P0 ₄ ³ (PPM).....	78

11.2.10	Extracto de peciolo celular K+ (ppm)	81
11.2.11	Peso fresco (g)	84
11.2.12	Peso seco (g)	86
11.2.13	Número de frutos.....	89
11.2.14	Diámetro polar (mm)	92
11.2.15	Diámetro ecuatorial (mm).....	95
11.2.16	Peso del fruto (g).....	98
11.2.17	Número de lóculos	101
11.2.18	Grosor de pericarpio (mm)	103
11.2.19	Rendimiento (g).....	105
11.2.20	Capsaicina.....	108
12	CONCLUSIONES	111
13	RERENCIAS	112
14	ANEXOS	129
14.1	Temperatura y humedad de los sustratos en proceso de elaboración dentro del invernadero.....	129
14.2	Temperatura y humedad de los sustratos en producción del cultivo dentro de la casa sombra	133
14.3	Ficha técnica de la leonardita utilizada en el experimento	137

1 ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Componentes esenciales de una solución nutritiva en las diferentes etapas de fenológicas del chile habanero (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.).	11
Tabla 2: Composición mineral de la leonardita empleada en la producción de (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.).	28
Tabla 3. Concentración de capsaicina y volumen de preparación de la solución madre para la realización de la curva de calibración.	35
Tabla 4: Diámetro del tallo de los híbridos Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.).	55
Tabla 5: Altura de planta del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.).	58
Tabla 6: Número de flores por planta del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.).	61
Tabla 7: Área foliar cm ² de las hojas de las plantas del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.).	63
Tabla 8: Clorofila A de las hojas en las plantas del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.).	65
Tabla 9: Clorofila b de las hojas en las plantas del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.).	68
Tabla 10: Carotenoides de las hojas en las plantas del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.).	72
Tabla 11: NO ³⁻ en la savia de las plantas del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.).	75
Tabla 12: PO ₄ ³⁻ en la savia de las plantas en los híbridos Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.).	78
Tabla 13: K ⁺ en la savia de las plantas del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.).	81

Tabla 14: Peso fresco de las plantas de los híbridos Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.).	84
Tabla 15: Peso seco de las plantas del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.).	86
Tabla 16: Número de frutos del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.).	89
Tabla 17: Diámetro polar de los frutos del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.).	92
Tabla 18: Diámetro ecuatorial de los frutos del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.).	95
Tabla 19: Peso de los frutos del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.). Periodo de evaluación, de los 90 ddt a los 165 ddt. Seis muestreos realizados durante todo el ciclo del cultivo.	98
Tabla 20: Número de lóculos en los frutos por planta del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.).	101
Tabla 21: Grosor de pericarpio en los frutos por planta del híbrido Kabal y Rey Votan (mm) en el cultivo de chile habanero (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.).	103
Tabla 22: Rendimiento de los frutos del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.).	105
Tabla 23: Capsaicina presente en los frutos de chile habanero (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.). en dos híbridos Kabal y Rey Votan.	109

2 ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Recolección del estiércol de cerdo (18° 089'662", -95°870'132").....	24
Figura 2: Recolección del estiércol de (Vaca y Borrego) (18° 142'938", -95°879'445")..	24
Figura 3: Longitud de la lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i>) en Loma Bonita, Oaxaca. T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/ Vaca (1:1:2) v/v/v. Periodo de evaluación del 16 de agosto al 13 de noviembre del 2022. dds = días después de la siembra. Tratamiento con diferente letra es significativamente distinta. (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Las bandas superiores indican el error estándar.	37
Figura 4: Peso de la lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i>) en Loma Bonita, Oaxaca. T1= Lombricomposta Vaca, T2= Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3= Lombricomposta Borrego/Cerdo/Vaca (1:1:2) v/v/v. Periodo de evaluación del 16 de agosto al 13 de noviembre del 2022. dds = días después de la siembra. Tratamiento con diferente letra es significativamente distinta (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Las bandas superiores indican el error estándar.	39
Figura 5: Cantidad de lombrices (<i>Eisenia foetida</i>) por kg de lombricomposta en Loma Bonita, Oaxaca. T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/ Vaca (1:1:2) v/v/v. CLI = Cantidad de lombrices iniciales. CJL = Cantidad de lombrices juveniles. CLA = Cantidad de lombrices adultas. CLT = Cantidad de lombrices totales. Periodo de evaluación del 16 de agosto al 13 de noviembre del 2022. dds = días después de la siembra. Tratamiento con diferente letra es significativamente distinto. (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Las bandas superiores indican el error estándar.	41
Figura 6: Cantidad de nitratos NO ₃ ⁻ presentes en los sustratos orgánicos. T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/Vaca (1:1:2) v/v/v. Periodo de evaluación del 16 de agosto al 13 de noviembre del 2022. dds = días después de la siembra. Tratamiento con diferente letra es significativamente distinta. (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Las bandas superiores indican el error estándar.	43

Figura 7: Cantidad de fosfatos PO_4^{3-} presentes en los sustratos orgánicos. T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1), T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/Vaca (1:1:2) v/v/v. Periodo de evaluación del 16 de agosto al 13 de noviembre del 2022. dds = días después de la siembra. Tratamiento con diferente letra es significativamente distinta (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Las bandas superiores indican el error estándar.45

Figura 8: Cantidad de potasio K^+ presente los sustratos orgánicos. T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1), T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/Vaca (1:1:2). Periodo de evaluación del 16 de agosto al 13 de noviembre del 2022. dds = días después de la siembra. Tratamiento con diferente letra es significativamente distinto. (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Las bandas superiores indican el error estándar.47

Figura 9: Cantidad de potasio K^+ presente los sustratos orgánicos. T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/Vaca (1:1:2) v/v/v. Periodo de evaluación del 16 de agosto al 13 de noviembre del 2022. dds = días después de la siembra. Tratamiento con diferente letra es significativamente distinta. (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Las bandas superiores indican el error estándar.49

Figura 10: pH promedio presente en los sustratos orgánicos. T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/Suelo, Vaca (1:1:2) v/v/v. Periodo de evaluación del 16 de agosto al 13 de noviembre del 2022. dds = días después de la siembra. Tratamiento con diferente letra es significativamente distinto. (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Las bandas superiores indican el error estándar.51

Figura 11: Conductividad eléctrica (CE) presente en los sustratos orgánicos. T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego, Cerdo/Suelo, Vaca (1:1:2) v/v/v. Periodo de evaluación del 16 de agosto al 13 de noviembre del 2022. dds = días después de la siembra. Tratamiento con diferente letra es significativamente distinto. (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Las bandas superiores indican el error estándar.53

Figura 12: Curva de calibración de la capsaicina, utilizando diferentes concentraciones.
Y = Ecuación de la recta lineal. R² Correlación.108

Figura 13: Temperatura (°C) y humedad (%) presente en la fabricación de los sustratos:
T1= Vaca, T2 = Cerdo/Suelo (1:1) v/v y T3 = Borrego/Cerdo/Vaca (1:1:2) v/v/v, dentro del
invernadero. Periodo de fabricación (1-93 dds). 130

Figura 14: Temperatura (°C) y humedad (%) presente dentro del invernadero, durante la
fabricación de los sustratos: T1= Vaca, T2 = Cerdo/Suelo (1:1) v/v y T3 =
Borrego/Cerdo/Vaca (1:1:2) v/v/v, Periodo de evaluación (1-93 dds)..... 131

Figura 15: Temperatura (°C) y humedad (%) de los sustratos: T1= Vaca, T2 = Cerdo/Suelo
(1:1) v/v y T3 = Borrego/Cerdo/Vaca (1:1:2) v/v/v, durante la producción de chile habanero
Capsicum Chinense Jacq. Periodo de evaluación (1-125 dds). 134

Figura 16: Temperatura (°C) y humedad (%), máxima y mínima, presente dentro de la
casa sombra, durante la producción de chile habanero *Capsicum Chinense* Jacq. Periodo
de evaluación (1-125 dds)..... 135

Figura 17: Ficha técnica de la leonardita empleada en el experimento.....137

3 RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo durante los meses de agosto de 2022 a mayo de 2023, en el área de producción que se encuentra dentro del instituto de la Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita. El objetivo del trabajo fue la evaluación del crecimiento de *Eisenia foetida*, la cantidad presente de nutrientes de la lombricomposta obtenida con esta lombriz, el crecimiento morfológico y la calidad química de los frutos de *Capsicum chinense* Jacq. en dos híbridos Kabal y Rey Votan. Las variables evaluadas fueron: longitud de la lombriz (L), peso de la lombriz (P), cantidad de lombrices por kg (CLK), nitratos (NO_3^-), fosfatos (PO_4^{3-}), potasio (K^+), calcio (Ca^{2+}) pH y conductividad eléctrica (CE) de las lombricompostas. Mientras que las variables evaluadas en el cultivo de chile habanero fueron: Altura de la planta (AP), diámetro del tallo (DT), número de flores (NFL), número de frutos (NF), peso del fruto (PF), rendimiento (R), diámetro ecuatorial/polar (DE, DP), número de lóculos (NL), área foliar (AF), nitratos (NO_3^-), fosfatos (PO_4^{3-}), potasio (K^+), clorofila a, b, carotenoides (CA, CB y C), peso fresco (PF), peso seco (PS) de las plantas, pH y capsaicina (CAP). Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar en la fabricación de los sustratos, mientras que en cultivo de chile habanero se ocupó un diseño dos factores, fertilizante (4) – híbridos (2), en bloques completamente al azar. Los tratamientos evaluados fueron T1 = Vaca, T2 = Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Borrego/Cerdo/Suelo (1:1:2) v/v/v y T4= Tezontle/Steiner. Los valores obtenidos fueron analizados mediante una prueba de medias de Tukey y un análisis de varianza ($p \leq 0.5$) en el programa estadístico InfoStat versión 2020. En la lombricomposta, el tratamiento T1 incremento el contenido de calcio (Ca^{2+}). La concentración de (NO_3^-), (PO_4^{3-}) y (CE) fue superior en el tratamiento T2. El tratamiento T3 favoreció la (L), (P), (K^+) y (CLK). El (pH) no presento diferencias significativas entre los tratamientos. En el chile habanero el híbrido Kabal incremento: (AP), (NFL), (CA) (CB), (PO_4^{3-}), el (PS), (NF), (DE), (GP), (R) y (pH). Mientras que el híbrido Rey Votan incremento: (C), (NO_3^-) (K^+), (DP) y (CAP). El (DT), (AF), (NL) (PF), no presentaron diferencias significativas entre los híbridos. El tratamiento T1 incrementa: (DT), (DE) y (pH). Los sustratos T2 y T3 favorecen la concentración de (K^+). La solución nutritiva T4 aumenta la cantidad de (NFL), (AF), (CA), (CB), (C), (NO_3^-), (PO_4^{3-}), (PS), (PF), (NF), (P)

y (R). Las variables (DT), (AP) (NL) y (CAP) no presentan diferencias significativas entre tratamientos.

Palabras claves: Capsaicina, *Capsicum chinense* Jacq., fertilizante, orgánico, lombricomposta.

4 ABSTRACT

This research work was carried out during the months of August 2022 to May 2023, in the production area located within the Papaloapan University Institute, Loma Bonita Campus. The objective of the work was to evaluate the growth of *Eisenia foetida*, the amount of nutrients present in the vermicompost obtained with this worm, the morphological growth and the chemical quality of the fruits of *Capsicum chinense* Jacq. in two Kabal and Rey Votan hybrids. The variables evaluated were: worm length (L), worm weight (P), number of worms per kg (CLK), nitrates (NO₃⁻), phosphates (PO₄³⁻), potassium (K⁺), calcium (Ca²⁺), pH and electrical conductivity (EC) of the vermicomposts. While the variables evaluated in the cultivation of habanero chili were: Plant height (AP), stem diameter (DT), number of flowers (NFL), number of fruits (NF), fruit weight (PF), yield (R), equatorial / polar diameter (DE, DP), number of locules (NL), leaf area (AF), nitrates (NO₃⁻), phosphates (PO₄³⁻), potassium (K⁺), chlorophyll a, b, carotenoids (CA, CB and C), fresh weight (PF), dry weight (PS) of the plants, pH and capsaicin (CAP). A randomized block experimental design was used in the manufacture of the substrates, while in the cultivation of habanero chili a two-factor design was used, fertilizer (4) - hybrids (2), in completely randomized blocks. The treatments evaluated were T1 = Cow, T2 = Pig/Soil (1:1) v/v, T3 = Sheep/Pig/Soil (1:1:2) v/v/v and T4= Tezontle/Steiner. The values obtained were analyzed using a Tukey means test and an analysis of variance ($p \leq 0.5$) in the InfoStat statistical program version 2020. In the vermicompost, treatment T1 increased the calcium content (Ca²⁺). The concentration of (NO₃⁻), (PO₄³⁻) and (CE) was higher in treatment T2. Treatment T3 favored (L), (P), (K⁺) and (CLK). The (pH) did not present significant differences between the treatments. In the habanero chili, the Kabal hybrid increased: (AP), (NFL), (CA) (CB), (PO₄³⁻), (PS), (NF), (DE), (GP), (R) and (pH). While the Rey Votan hybrid increased: (C), (NO₃⁻) (K⁺), (DP) and (CAP). The (DT), (AF), (NL) (PF), did not present significant differences between the hybrids. The T1 treatment increases: (DT), (DE) and (pH). The substrates T2 and T3 favor the concentration of (K⁺). The T4 nutrient solution increases the amount of (NFL), (AF), (CA), (CB), (C), (NO₃⁻), (PO₄³⁻), (PS), (PF), (NF), (P) and (R). The variables (DT), (AP) (NL) and (CAP) do not present significant differences between treatments.

Keywords: Capsaicin, *Capsicum chinense* Jacq., fertilizer, organic, vermicompost

5 INTRODUCCIÓN

El chile habanero es una planta nativa del continente americano, que se distribuyó desde las zonas centrales de América, hacia las zonas meridionales de Estados Unidos, llegando incluso hasta la Patagonia Argentina (Pickersgill, 1984). La distribución de este género (*Capsicum* spp.) permitió su domesticación temprana (MacNeish, 1964). Castillo (2019) menciona que junto con el maíz (*Zea mays*), la papa (*Solanum tuberosum*), el girasol (*Helianthus annuus*), el cacahuate (*Arachis hypogaea*), el tomate (*Solanum lycopersicum*) y el cacao (*Theobroma cacao*) fueron una de las primeras plantas en ser domesticadas. Lo que conllevó a que el género (*Capsicum* spp.) se diversificara al surgir nuevas especies, como lo fueron: *Capsicum annum.*, *Capsicum chinense*, *Capsicum frutescens*, *Capsicum baccatum* y *Capsicum pubescens* (Long-Solís, 1986).

El chile habanero *Capsicum chinense* Jacq. fue una de las primeras especies en llegar a nuestro país, específicamente al estado de Yucatán donde sufrió una segunda domesticación por parte de los agricultores Mayas DOF, (2018). Generando la diversidad genética más grande de esta especie dentro del territorio nacional (Ruiz-Lau *et al.*, 2011).

Es una planta herbácea en forma de arbusto, de tamaño variado, que llega a medir hasta 2.5 metros de altura. Los frutos son una baya, que presenta diversas tonalidades según su etapa de desarrollo, verdes o verdes oscuros en su etapa inmadura (inicial), anaranjada en su etapa semi-madura (media) y roja en su etapa madura (final) (Gómez y Ochoa, 2013). El aroma, color y sabor característico de la especie ha provocado su aceptación gradual dentro y fuera del mercado nacional, generando el aumento constante en la demanda de esta fruta, catalogándola como una fuente económica importante, siendo los estados de (Campeche, Yucatán, Tabasco y Quintana Roo), los líderes en la producción de este cultivo (González *et al.*, 2018).

La demanda nacional e internacional de este producto, ha provocado la utilización de fertilizantes nitrogenados, que ayudan a cubrir las necesidades nutricionales que el cultivo exige, generando la contaminación de los mantos acuíferos y la degradación de

los suelos, causando problemas en la salud de los productores, técnicos agrícolas y consumidores finales Polanco *et al.*, (2019). El aumento en las enfermedades derivadas del uso inadecuado de los pesticidas y fertilizantes en la agricultura, ha originado que los productores agrícolas obtén por llevar una agricultura más sustentable, por lo que se han visto en la necesidad de implementar nuevos métodos que ayuden a producir alimentos más sanos libres de contaminantes.

La agricultura orgánica ha sido una de estas opciones, debido a que se encuentra cimentada en el concepto de la sustentabilidad de los ecosistemas productivos agrícolas y forestales, los cuales utilizan los recursos naturales de la zona, transformándolos en bio-productos, que intervienen en los procesos productivos (Salazar *et al.*, 2003).

La lombricomposta es un biofertilizante orgánico con un alto contenido de ácidos húmicos y fúlvicos proveniente de la descomposición y la sedimentación de la materia orgánica, que ayudan a mejorar las características fisicoquímicas del suelo Veobides *et al.*, (2018). Al aportar los nutrientes y microorganismos necesarios que ayudan a mejorar la capacidad del intercambio catiónico, facilitando la disponibilidad de los macro nutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) y micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, B, Mo y Cl) a mediano y largo plazo (Trinidad y Velasco, 2016).

Bongiovanni y Lobartini, (2009) mencionan que la adición de ácidos húmicos y fúlvicos a través de la lombricomposta favorece el transporte de los nutrientes del suelo hacia la raíz, incrementando la retención de humedad y aireación. Sin embargo, su acción estabilizante depende de la condición edafoclimáticas que se presenten en la zona de trabajo (Zhang *et al.*, 2013).

Por otra parte, la aplicación de leonardita es una alternativa que se está utilizando para cubrir las necesidades nutricionales de las plantas, al aportar nitrógeno, fósforo y potasio en bajas concentraciones, así como también ser una fuente de ácidos húmicos y fúlvicos que ayudan a mejorar la estructura física y química de los suelos, permitiendo la degradación acelerada de la materia orgánica y el crecimiento adecuado de los cultivos (Rivero *et al.*, 2004). Estos beneficios que los fertilizantes nos aportan están siendo

potencializados por el uso de los invernaderos y casas sombras que permiten el aprovechamiento eficiente de los recursos Liu *et al.*, (2008). Al reducir el uso excesivo de aplicaciones químicas, permitiendo la producción de cultivos indeterminados por más tiempo, realizando el uso eficiente de fertilizantes y agua (Berrones *et al.*, 2013).

6 MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES

6.1 Antecedentes históricos del chile habanero

Todas las especies del género (*Capsicum* spp) son originarias del continente americano, en la época prehispánica debido a las migraciones constantes de los indígenas, el cultivo se extendió desde las zonas centrales de América del Sur, hacia América del Norte llegando a las zonas meridionales de Estados Unidos y hacia el sur llegando a las zonas templadas de Argentina (Pickersgill, 1984). Una hipótesis sugiere que la mayoría de las plantas del género (*Capsicum* spp) provienen de las zonas subcentrales de Bolivia Aguirre y Muños, (2015). En donde fueron domesticadas surgiendo distintas especies como: (*Capsicum annuum.*, *Capsicum chinense*, *Capsicum ji-utescens*, *Capsicum baccatuni* y *Capsicum jmbescens*) (Long, 1986).

(*Capsicum chinense* Jacq) fue uno de estos cultivos que llegó a nuestro país en la época prehispánica, específicamente al estado de Yucatán, donde sufrió una segunda domesticación por parte de los agricultores Mayas, propiciando su adaptación a las condiciones edafoclimáticas de la región DOF, (2018). Generando el surgimiento de plantas con frutos de diferentes formas, colores y tamaños (Ruiz *et al.*, 2011). Características que provocaron que este cultivo sea utilizado en diferentes rubros como la gastronomía y medicina (FIRCO, 2017).

6.2 Importancia del chile habanero

México actualmente posee la diversidad genética más grande de este cultivo en todo el mundo, provocando que aproximadamente el 90 % de chile habanero que se consume a nivel mundial sea de origen mexicano. La producción de este cultivo es destinada principalmente para el consumo en fresco, pero solamente el 80 % de este

producto se comercializa de esta manera, destinando el resto, a la fabricación de salsas, pastas y deshidratados, los cuales se exportan a países más industrializados como: Estados Unidos, Japón, Corea del Sur, Italia y Alemania (FIRCO, 2017).

Aunque la producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) está presente en todos los estados de la república, sólo la península de Yucatán (Yucatán, Quintana Roo y Campeche), poseen la denominación de origen de este cultivo desde el año 2010 (DOF, 2018).

6.3 Clasificación Taxonómica

- Clase: Angiosperma.
- Subclase: Dicotiledóneas
- Superorden Simpetalas
- Orden Tubifloral
- Familia Solanacea
- Género: *Capsicum*
- Especie *chinense* Jacq (Ruiz *et al.*, 2011).

6.4 Descripción botánica del chile habanero

El chile habanero es una planta herbácea, semi-perenne, de altura variable, dependiendo la especie, que va desde los 75 cm hasta los 150 cm. Las hojas son simples, lisas y lanceoladas de tamaño variado al igual que su color, que puede presentar las diferentes tonalidades de verdes existentes. Las flores son blancas. Los frutos son cápsulas con un peso aproximado de 11 g. El color de los frutos puede llegar a ser verde en sus etapas inmaduras y anaranjados y rojos en su etapa madura. Presenta de 3 a 4 lóbulos, sus semillas presentan una tonalidad café o café oscuro, su forma es ovalada, lisas y aplanadas, poseen un tamaño que va desde los 2.5 mm hasta los 3 mm (CONACyT y CICY, 2021). La planta presenta una raíz primaria pivotante, con un sistema

radicular secundario bien desarrollado. Su tallo es grueso, erecto, con tendencia a formar más de 2 tallos en la primera ramificación (Tun, 2001).

Por otra parte, Kumar, (2012) menciona que las plantas de (*Capsicum chinense* Jacq.) llegan a medir un aproximado de 50 a 100 cm, llegando a presentar una altura mayor si se cultivan bajo condiciones adecuadas. El tallo es de color verde con una pigmentación oscura en los nudos. Presenta hojas ovaladas con un característico arrugamiento. Las flores son hermafroditas de tonalidad blanquecina, con un toque de verde claro. La floración se presenta en racimos de 2 a 3 flores por nudo en plantas semi desarrolladas, mientras que en las plantas maduras rara vez se llegan a presentar más de dos. Las flores de las plantas presentan anteras de color azul, con filamentos morados (Castillo *et al.*, 2019). Los frutos llegan a medir un aproximado de 5 a 7 cm de largo, mientras que de ancho llegan a presentar un valor promedio 2.5 a 3.0 cm. El color de los frutos puede variar, al presentar colores verdes, rojos e incluso naranjas brillantes (Maldonado *et al.*, 2020).

6.5 Morfología de la planta

6.5.1 Raíz

La raíz principal de este cultivo es de tipo pivotante, que llega a crecer hasta 1.20 m, en donde se desarrolla un sistema radicular secundario, bien desarrollado, cuyo tamaño puede variar según la edad de la planta, las características del suelo y las prácticas de manejo que se les proporcione (Tun, 2001, Ruiz *et al.*, 2011, Guzmán *et al.*, 2018).

6.5.2 Tallo

El tallo es grueso de color verde oscuro de formación erecta y robusta, de crecimiento variado de acuerdo a las condiciones del clima y del suelo en donde se encuentre el cultivo (Ruiz *et al.*, 2011, Guzmán *et al.*, 2018).

6.5.3 Hojas

Sus hojas son simples, de textura lisa, alternas y de forma lanceolada, de tamaño variable al igual que su color, el cual puede llegar a presentar cualquier tipo de tonalidad de verde existente, dependiendo la variedad del cultivo (Ruiz, 2011, CONACyT y CICY, 2021).

6.5.4 Flores

Las flores presentan una tonalidad blanca. Su tamaño es variado de 1.5 a 2.5 cm de diámetro, el número de pétalos y sépalos es variable en todas las especies a un que varía entre cinco y siete aun dentro de la misma especie, Su distribución puede ser solitaria o en grupos de dos o más flores en cada una de las axilas (Ruiz, 2011, CONACyT y CICY, 2021).

6.5.5 Frutos

Los frutos son una baya muy poco carnosa y hueca que posee de tres a cuatro lóculos en donde se encuentra las semillas. Su tonalidad es de color verde en su etapa inicial y cuando se maduran pueden llegar a presentar una coloración anaranjada, amarilla, roja o café, llegando a medir entre 2 y 6 cm desde el pedúnculo hasta el ápice del fruto (Ruiz, 2011).

6.5.6 Semillas

Las semillas son lisas y pequeñas de testa café claro o café oscuro, que se alojan en la placenta del fruto, las cuales logran germinar de ocho a quince días después del trasplante Ruiz, (2011). Su tamaño cambia dependiendo la variedad a utilizar, a un que suelen rondar de 2.5 a 3 mm (CONACyT y CICY, 2021).

6.6 Condiciones edafoclimáticas

El chile habanero (*C. chinenses* Jacq.) se adapta y se desarrolla fácilmente a cualquier tipo de suelo que se encuentre en un pH aproximado de 6.5 y 7.0. Aunque

también puede desarrollarse adecuadamente en suelos con pH de 5.5. En suelos por debajo o por arriba de estos índices no se recomienda su establecimiento ya que la disponibilidad de nutrientes no se encuentra adecuada para el desarrollo del cultivo SADER-SIAP, (2018). Por otra parte, Borges *et al.*, (2014) mencionan que las condiciones edáficas para el establecimiento de este cultivo deben de ser en suelos con textura franco limosa, con densidad aparente baja y porosidad alta que facilite la aireación y el drenaje del agua. pH neutro o medianamente alcalino, con alto contenido de materia orgánica (MO) y elevada capacidad de intercambio catiónico (CIC). Concentraciones elevadas de N, P, K, medias de Mg y bajas de Cu, Mn. Con relieves menores al 5 %. Altura promedio de 0 a 500 msnm. Temperatura óptima anual de 21 a 27 °C Ramírez *et al.*, (2018).

6.7 Siembra del chile habanero

Las semillas de chile habanero serán sembradas en cada una de las 200 cavidades de las charolas de poliestireno, las cuales deberán estar cubiertas $\frac{3}{4}$ partes de la cavidad con sustratos inertes, recientemente humedecidos (Cosmopeat® o musgo canadiense de la marca Sunshine) que garanticen la humedad y aireación necesaria para la buena germinación de la plántula. Depositada la semilla se procederá a tapar las cavidades de manera uniforme con el mismo sustrato, al finalizar este proceso se aplicará un riego por aspersión ligero pero uniforme, para humedecer la charola sin llegar al escurrimiento, para posteriormente cubrirlas con un plástico de color negro, estiviéndolas en grupos de 10 o 15 charolas, en espacios de 8 a 10 días hasta su germinación (Castillo *et al.*, 2018).

Por otra parte, Villa *et al.*, (2014) mencionan que la siembra del chile habanero se lleva a cabo en charolas de poliestireno de 200 cavidades, dentro de un sistema cerrado tipo invernadero, con el fin de obtener plántulas de buena calidad libres de plagas y enfermedades. Las charolas usadas deberán ser desinfectadas antes de ser usadas por un tiempo de 30 minutos, para después ser enjuagadas con agua corriente, posteriormente se usará una mezcla de turba, perlita o vermiculita 70,15,15 en base v/v, como sustrato para el llenado de las charolas, las cual tendrá la cualidad de absorber y

drenar la humedad restante, en donde serán sembradas las semillas de chile habanero. Una vez sembradas las semillas, las charolas serán envueltas con una cubierta plástica negra. Las plántulas al emerger en un lapso de 7 a diez 10 serán destapadas y regadas con agua corriente hasta la aparición de las hojas verdaderas, para posteriormente ser regadas con solución nutritiva del 70 N-90 P-70 K mg L⁻¹ respectivamente, evitando siempre el uso de agua estancada, salina o con altos niveles de cloro y sodio.

6.8 Trasplante

El trasplante deberá realizarse a los 45 días después de la emergencia de la plántula, cuando presente al menos 10 mm de altura y 2 mm de diámetro de tallo con seis u ocho hojas verdaderas totalmente extendidas (López *et al.*, 2018).

López *et al.*, (2015) mencionan que el trasplante para el chile habanero se realizará cuando la planta presente de 4 a 6 folíolos, de 12 a 15 cm de altura, con un grosor 7 mm en el tallo, aunque estas características pueden variar de una región a otra, ya que el crecimiento de las plántulas puede ser más lento o rápido dependiendo de las condiciones climáticas de la zona, por lo que se recomienda realizar el trasplante de 35 a 45 días después de la siembra.

6.9 Riego

Diversos métodos, técnicas y dispositivos que se utilizan en la actualidad en la producción de hortalizas y otros cultivos a cielo abierto, se han transferido a las plantas producidas en invernaderos, mejorando y adaptando estos sistemas a los medios de producción empleadas en su crecimiento (Ojeda, 2007). Una de las formas de satisfacer esta necesidad hídrica dentro de los invernaderos es a través del riego por goteo, el cual utiliza tubos de polietileno o PVC por donde circula el agua a una presión de 1,2 kg cm², la cual pasa a través de goteros o emisores insertados en las mangueras que regulan el caudal de arrojé (2; 2.5; 3; 4 l/h) cayendo en gotas sin presión sobre los sustratos (Demin, 2014). Según lo mencionado por Shock y Welch, (2013) la implementación de un sistema de riego por goteo ayuda a suministrar de una mejor manera el agua, en caso ser de ser escasa o presentar precios elevados, permite las aplicaciones de nutrientes fungicidas e

insecticidas de manera precisa, eleva el rendimiento y la calidad de los frutos mediante la programación precisa del riego, lo que permite su automatización y el ahorro de tiempo. Por otra parte, Argerich *et al.*, (2010) mencionan que una de las desventajas de utilizar este tipo de sistema es la obturación por pequeñas partículas sólidas generadas por la materia orgánica en suspensión y por las sustancias químicas que se precipitan debido a las reacciones químicas, que tapan los conductos por los que fluye el agua, lo que genera que las plantas no reciban agua.

6.10 Entutoreo

El entutorado consiste en guiar el tallo principal verticalmente a lo largo de una cuerda de plástico o de tela, desde la base del tallo de las plantas hasta un alambre ubicado a una altura aproximada de 2.5 o 3 m sobre el ras del suelo (CIAA, 2009). Esta técnica favorece la aireación del cultivo, mejora el aprovechamiento de la radiación solar, facilita en gran medida las labores culturales, evita los daños mecánicos de las plantas y facilita la cosecha de los frutos, además que esta labor contribuye a elevar el rendimiento y la calidad de los frutos (Argerich *et al.*, 2010). Justamente como lo mencionan Olalde *et al.*, (2014) en donde pudieron comprobar en el cultivo de pepino incrementó su calidad y rendimiento cuando se utiliza rafia y malla en comparación a los pepinos cultivados al ras del suelo.

6.11 Poda

Las plantas de cualquier tipo de chile tienen un crecimiento muy particular, primero empieza a crecer el tallo con hojas verdaderas, posteriormente empieza el crecimiento de diversos tallos secundarios de un solo punto de crecimiento denominada cruceta, en este punto es donde surgen una o dos flores, las cuales se deberán eliminar, evitando así la aparición temprana de los frutos, cuando el tallo principal se empieza a desarrollar es normal la aparición de nuevos tallos secundarios o ramas por debajo de la cruceta, estos por lo general presentan poco crecimiento, son delgados y tienden a no presentar frutos por lo cual se deberán ser eliminados lo más pronto posible de las plantas, evitando de esta manera la extracción de nutrientes del sustrato. La poda de las hojas es otra de

las prácticas que se realizan con el fin de evitar problemas fitosanitarios al eliminar hojas viejas. Esta técnica ayuda a estimular el crecimiento de los meristemos apicales con el fin de generar nuevas flores y aumentar el crecimiento de los frutos (Cedillo *et al.*, 2021).

Prado, (2006) menciona que poda del chile habanero debe de realizarse eliminando con una tijera o navaja bien desinfectada los brotes o nuevas ramas que se encuentren por debajo del tallo principal, esta técnica se realiza alrededor de los 40 días después del trasplante, con el fin de obtener una producción uniforme y de mayor calidad. Al finalizar la poda se recomienda sellar las heridas con fungicidas preventivos impidiendo las posibles infecciones creadas por la entrada de algún agente patógeno.

El estudio realizado por López *et al.*, (2020) sobre el rendimiento y calidad del chile habanero en respuesta a la poda y el régimen nutrimental, menciona que los chiles habanero podados a 2, 3 y 4 tallos incrementan significativamente su tamaño a las plantas que no recibieron poda alguna.

6.12 Fertiirrigación

La fertiirrigación es la aplicación de agua con nutrientes solubles a través de un sistema de riego. En los sistemas de riego por goteo permiten suministrar de manera eficiente y uniforme la distribución de los fertilizantes, dosificándola en fracciones pequeñas y mediante riegos frecuentes (López *et al.*, 2015).

CONACyT y CICY, (2021) mencionan que fertilización debe emplearse a partir del noveno o décimo día del germinado, alternando la nutrición de nitrógeno, fósforo y potasio, un día con nutrición y dos días sin ella, posteriormente a los 9-15 días se deberá balancear la dosis de fertiirrigación a 0.412 g de nitrógeno, 0.445 g de fósforo y 0.3335 g de potasio, a los 15-20 días con 0.53 g de nitrógeno, 0.872 g de fósforo y 0.4165 g de potasio, a los 20-35 días con 0.718 g de nitrógeno, 0.93 g de fósforo y 0.8335 g de potasio, a los 35 días con 0.9375 g de nitrógeno, 1.125 g de fósforo y 0.8335 g de potasio y de los 35-45 días con 1.095 g de nitrógeno, 1.125 g de fósforo y 0.8335 g de potasio.

Posteriormente se podrá fertilizar con Polyfedd® a razón de (19-19-19) a razón de 1 g /l de agua cada tercer día.

Por otra parte, Villa *et al.*, (2014) mencionan que la fertilización se tiene que llevar cabo mediante el sistema de riego a través de una solución nutritiva, la cual contiene los nutrientes esenciales para el crecimiento las plantas, la solución debe de tener un pH promedio de 6 a 6.5 para propiciar la buena absorción de los nutrientes por las plantas, evitando de esta manera la presencia de deficiencias nutricionales. Para la preparación de la solución nutritiva pueden utilizarse fertilizantes comerciales como nitrato de potasio, nitrato de magnesio, nitrato de calcio, mono-fosfato de potasio, nitrato de amonio y ácido fosfórico, haciendo también uso de los quelatos comerciales para la aportación de microelementos. López *et al.*, (2015) menciona que algunos estudios han demostrado que los elementos nutricionales críticos en el chile habanero son: nitrógeno (N), Fósforo (P), Calcio (C), y Magnesio (Mg) como macro nutrientes y como micronutrientes, Zinc (Zn) y Boro (B).

Tabla 1: Componentes esenciales de una solución nutritiva en las diferentes etapas de fenológicas del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.).

Periodo de desarrollo	Solución nutrimental (meq L ⁻¹)	Concentración	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Trasplante a inicio de floración	15	% meq L ⁻¹	0.75	0.15	0.10	0.34	0.42	0.24
Inicio de floración a última cosecha	17	% meq L ⁻¹	11.25	2.25	1.50	5.10	6.30	3.60
			0.75	0.15	0.10	0.33	0.45	0.22
			12.75	2.55	1.70	5.61	7.65	3.74

Tabla 1. Concentración de los meq L⁻¹ utilizados de NO₃⁻, H₂PO₄⁻, SO₄²⁻, K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺ en las soluciones nutritivas preparadas en las diferentes etapas fenológicas del cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) (Villa *et al.*, 2014).

6.13 Plagas

Rodríguez y Ramírez, (2020) mencionan que uno de los factores más importantes en la producción del chile habanero es la presencia de insectos fitófagos, los cuales causan daños al alimentarse del tejido vegetal y de la savia de las plantas, transmitiendo por este medio enfermedades. Las plantas al ser atacadas disminuyen la productividad de los cultivos, afectando la calidad de los frutos, ocasionando pérdidas en el rendimiento (dependiendo a la edad y al grado de infestación), siendo la mosquita blanca (*Bemisia tabaci* Genn) y el picudo del chile (*Anthonomus eugenii* Cano) unas de las plagas principales del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq).

La mosquita blanca (*Bemisia tabaci* Genn) es un hemíptero que coloca sus huevos en el envés de las hojas, los cuales presentan una forma alisada e irregulares, la eclosión ocurre dentro de los 5-9 días después de la colocación, cuando las temperaturas presentes rondan los 30 °C, del huevo salen las ninfas las cuales se fijan a las hojas, en donde pasan el segundo y el tercer instar, en el tercer estadio las ninfas pasan por dos etapas más, una en donde se alimenta y otra en donde dejan de alimentarse antes de pasar a su etapa adulta, el adulto al emerger expande sus alas y se cubre con una capa cerosa, polvosa, blanquecina provenientes de una glándula en su abdomen.

El daño creado por la mosquita blanca (*Bemisia tabaci* Genn) es a través de la succión de la savia, debilitándose y en algunas ocasiones cuando la infestación es muy severa causando la muerte. Sin embargo, el verdadero problema causado por este insecto es la propagación de enfermedades virales, por lo cual no es indispensable que se encuentre en grandes poblaciones para generar la muerte de los cultivos (Garza, 2002).

El picudo del chile es un pequeño escarabajo que mide aproximadamente 3 mm largo. Su cuerpo tiene forma de pera, debido a que se encuentra ensanchada en su parte posterior, mientras que, en su parte anterior, en la cabeza posee un hocico largo y delgado que se proyecta fuertemente hacia delante, midiendo aproximadamente la mitad de lo largo de su cuerpo. (Dellinger y Day, 2022).

Los machos y las hembras de estos insectos son muy difíciles de distinguir, ya que presentan mucha similitud entre ellos. Los machos a diferencia de las hembras presentan una espina distal en la tibia de las patas meta-torácicas Eller y Palmquist, (2014). Además, las mandíbulas y las antenas son más cortas, por el contrario, las hembras presentaban mandíbulas más largas, presumiblemente por la necesidad de perforar profundamente los frutos y las yemas del pimiento para crear una cavidad suficientemente grande para la oviposición de los huevos (Fernández *et al.*, 2020). Las larvas al emerger del huevo llegan a medir 1.0 mm y alcanzar hasta 6 mm en su último estadio, en donde presentan un aspecto cilíndrico, curvado y anillado, de color cremoso, sin patas y con una cabeza fuertemente esclerosada de coloración amarilla oscura (Román y Aristides, 1989). La pupa de estos insectos es de color blanco que cambia de tonalidad con el tiempo, hasta llegar a presentarse de coloración marrón. En la etapa pupal el insecto se parece mucho al adulto, pero no presenta alas bien desarrolladas (Ostojá *et al.*, 2013). Al emerger de la pupa el insecto se alimenta principalmente del tejido celular que forma las anteras y los estambres, impidiendo la formación del polen, Los daños provocados por este insecto provoca el desprendimiento de los frutos pequeños cuando estos son atacados, mientras que en frutos de mayor tamaño el ataque puede llegar a formar cicatrices que pueden bajar su calidad comercial Torres y Rodríguez (2012). En infestaciones tempranas y severas, se puede llegar a perder la totalidad de la cosecha (Garza, 2001).

6.14 Enfermedades

Las enfermedades que más causan problemas en el cultivo de chile habanero son: *Phytophthora capsici* y *Cercospora capsici*. (López *et al.*, 2009). Koppert, (2023) menciona que el tizón del pimiento es un organismo muy destructivo que pertenece a la clase de los Oomycetes, los cuales se desarrollan a temperaturas de 15 a 23 C. *Phytophthora* inverna en las raíces y tubérculos infestados en modo de esporas, esporangios o micelio, las cuales se dispersan a través del agua. El patógeno se desarrolla en el tallo y en la superficie de la planta formando nuevos esporangióforos, que se dispersan a través del viento o de la lluvia que causan la caída del patógeno al suelo.

En las plantas *Phytophthora* la muerte radicular, el ahorcamiento del tallo (Damping off), la producción de los tallos, tubérculos, hojas y frutos, provocando en plantas adultas el marchitamiento de las hojas y su desprendimiento.

De acuerdo con lo mencionado por Chouaki *et al.*, (2002) *Trichoderma viridae* es un organismo antagónico de los hongos presentes en el suelo, este hongo suele aplicarse directamente a las semillas colonizándolas y multiplicándose para posteriormente matar a los patógenos del suelo presente o del sustrato que se esté utilizando. Por otra parte, el Metalaxil y el Mancozeb son productos comerciales, que actúan de diferente manera, mientras que el metalaxil actúa inhibiendo la síntesis de proteínas interfiriendo con la síntesis del ARN ribosomal, el Mancozeb reacciona a los grupos sulfhídricos de los aminoácidos y enzimas de las células fúngicas, interrumpiendo la respiración y la producción de ATP (Grupo Silverstre, 2012).

Por otra parte, la pudrición del tallo es una enfermedad creada por el hongo (*Cercospora spp.*). La cuál invade el tallo de la planta tornándose de un color café oscuro la cual presenta vellosidades, esta coloración oscura llega a medir de 15 a 20 cm de longitud, subiendo por el tallo hasta las ramas secundarias creando la caída de las hojas e impidiendo la maduración de los frutos que posteriormente terminan cayéndose (Apodaca *et al.*, 2008).

Al cortar el tallo se logra visualizar la presencia de la pudrición de la xilema y el floema y en su lugar se alcanza a notar una coloración café oscura viscosa. El hongo suele aparecer en suelos con poco drenaje y con exceso de humedad de textura arcillosa, por lo cual se recomienda realizar barbechos profundos para exponer los patógenos y crear un control mediante la solarización y aplicar riegos ligeros evitando el exceso de humedad. En caso de presentarse la enfermedad se recomienda la aplicación de fungicidas a base de cobre, así como Clorotalonil y Metalaxil a la base del tallo para el control oportuno de este problema (Apodaca *et al.*, 2008).

6.15 Lombricomposta

El lombricompostaje es una técnica que utiliza los microorganismos benéficos del suelo, en acción conjunta con las lombrices de tierra para crear un proceso de oxidación, y degradación, que estabiliza la materia orgánica para obtener un producto final homogéneo de granulometría fina. Domínguez, (2004). Que es conocido como lombricomposta o humus de lombriz, que posee una estructura física, de gran porosidad y alto contenido nutrimental Lara y Quintero (2006). Que, al ser aplicado directamente en el suelo, aporta los nutrientes y microorganismos necesarios que mejoran la capacidad del intercambio catiónico, facilitando la disponibilidad de los macro nutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) y micro nutrimentos (Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, B, Mo y Cl) a mediano y largo plazo (Trinidad y Velasco, 2016).

6.15.1 La lombriz roja californiana

Eisenia foetida es una lombriz de tierra, perteneciente a la familia Lumbricidae, del orden de los haplotáxidos, perteneciente a la subclase de los oligoquetos “gusanos terrestres” de tipo de anélido “gusanos cilíndricos segmentados”, de morfología hermafrodita (Castro *et al.*, 2013).

Castro *et al.*, (2011) menciona que la lombriz roja californiana es de color rojo oscuro, que respira a través de la piel, midiendo de 6 a 8 cm de largo y de 3 a 5 mm de diámetro, con un peso de aproximadamente 1 gramo en su estado adulto, llegando a reproducir un aproximado de 3500 lombrices al año, durante los meses más cálidos cuando las temperaturas rondan los 21 °C y dejándose de reproducirse cuando las temperaturas descienden por debajo de 7°C.

El cuerpo de este gusano es cilíndrico y alargado, en la su parte anterior tiene un lóbulo redondeado denominado prostomio, mientras que, en la parte final, en el último segmento se encuentra la cavidad anal denominado pigidio. Cada uno de los segmentos del cuerpo presentan formas de anillos, denominados unidad, que se encuentran

especializados en funciones determinadas. Los 5 o 6 anillos que se encuentran en la parte anterior del tercer tercio, forman un abultamiento llamado clípeo. Cada segmento del primero al último sirve para su desplazamiento. En la superficie dorsal presentan pequeños poros, que tienen la función de secretar un fluido que mantiene la lombriz humectada, que la protege de la deshidratación (Quiceno, 1995).

Eisenia foetida es una lombriz hermafrodita, que posee órganos reproductores femeninos y masculinos que no cuenta con la posibilidad de auto-fecundarse, cuando la lombriz alcanza su madurez sexual, se desarrolla un anillo llamado clitelo. El aparato genital masculino está integrado por los testículos que son glándulas secretoras de esperma, situados en la parte superior anterior del cuerpo muy cerca de la boca (Cardoso, 2002).

6.15.2 Reproducción y desarrollo

En la fase de copulación dos lombrices se acoplan girando en sentido opuesto una de la otra, conectando los dos aparatos genitales, de esta manera que cada acoplamiento recibe el esperma de la otra y lo retiene en su propio aparato genital femenino hasta su propia fecundación Cardoso, (2002). Este proceso se realiza una vez cada 10 días, posteriormente a los 21 días emergen de 2 a 20 lombrices pequeñas de color blanco de miden 1 mm de longitud que se vuelve rosadas a los 5 o 6 días, convierte definitivamente en rojo oscuro a los 15 o 20 días. El tamaño de un individuo adulto se alcanza a la edad de 7 meses. Cuando las condiciones del medio son favorables, esta lombriz ingiere diariamente una cantidad de comida equivalente a su propio peso, del cual excreta un 60 % del material orgánico consumido, en forma de humus. La lombriz roja puede llegar a vivir hasta 16 años (Fuentes, 1987).

6.16 Características de la materia orgánica que se utiliza en el lombricomposteo

Las lombrices pueden ser alimentadas a través de materiales órgano-domésticos los cuales deben mantenerse en precomposteo por un tiempo mínimo de 45 a 60 días, antes de introducirlos en donde se encuentren las lombrices. El material precomposteo

no debe de presentar coloraciones anormales, como zonas blanquecinas que indiquen la pérdida de proteína Oliver *et al.*, (2003). El papel y el cartón es otro material que es utilizado para la alimentación de las lombrices siempre y cuando se encuentre perfectamente humedecido Mejia y Palencia (2009). El papel limpio es un alimento ideal para su alimentación ya que se encuentran libres de metales pesados utilizados en la elaboración de tintas, que pueden llegar a intoxicar a las lombrices (Torres, 2002).

Las excretas de vacas, borregos, caballos y los desperdicios de las hortalizas, así como la hojarasca, son otro tipo de materia orgánica con la cual se alimentan a las lombrices CONAFOR, (2017). En el caso de utilizar residuos animales con alto contenido de nitrógeno como el de los burros, caballos y borregos, se tendrá que dejar compostar al menos un mes y combinarlo con otros desechos orgánicos. En caso de utilizar desechos orgánicos de vaca y toros, se pueden utilizar de manera directa sin la necesidad de mezclarlos con otros residuos orgánicos (ITA-TEKU, 2006).

6.16.1 Tipo de contenedores en el lombricomposteo

Las camas para el lombricomposteo también denominadas como módulos lechos o criaderos, deben de estar construidas bajo techo o en lugar sombreado Mejia y Palencia, (2009). La construcción de este tipo de estructuras puede realizarse con ladrillos, blocks, madera o malla, en caso de utilizar ladrillos estos tienen que ser unidos a partir de cemento. Las camas deben de tener 1 metro de ancho por 3 metros de largo y 40 cm de altura, respecto al piso, en el cual se recomienda emplear cemento, y así evitar posibles plagas. En caso de no contar con este material se podrán utilizar materiales que permitan la percolación del agua sobrante del lecho (García y Solano, 2005).

Arena, suelo, barro u otro material de consistencia firme también son utilizadas como piso en los contenedores (Osorio y Roldán, 2003). Aunque preferentemente se recomienda que sean realizadas con cemento (Mejia y Palencia 2009).

Las camas o contenedores tienen que almacenar el agua suficiente para mantener humedecido el sustrato en todo momento, conservando una humedad promedio del 70 % ya que de lo contrario se generan problemas en la salud de las lombrices provocando su muerte, por lo que se recomienda tener una pendiente del 2%, siendo ésta suficiente para que drenar los excedentes de agua de lluvia y de riego (González *et al.*, 2012).

6.16.2 Humedad y temperatura

Las condiciones ambientales para un buen desarrollo de las lombrices se basan en dos factores, la humedad y la temperatura, a un que también depende de otros parámetros, como la aireación y el pH del sustrato Luna-Canchari y Mendoza-Soto, (2020). La temperatura y la humedad son los dos factores más importantes en la elaboración de la lombricomposta, además de los microorganismos los producen calor a medida que consumen la materia orgánica en descomposición, debido a que los residuos orgánicos funcionan como un aislante ambiental, por lo cual se recomiendan temperaturas ideales para el lombricomposteo de 20-25 °C (Ruiz, 2011)

La humedad es vital para la supervivencia de la lombriz, ya que estas no cuentan con dientes ni mandíbulas con las cuales triturar el alimento, además su respiración se realiza por la piel, por lo cual se recomienda tener una humedad constante realizando riegos finos, varias veces al día, siendo conveniente regar una vez al día en lugares donde la temperatura sea de 20 °C o dos veces en climas con más de 30 °C Mejía, (2010). La humedad adecuada para el lombricomposteo ronda el 70 % que es donde mejor se desarrollan. Humedades menores al 50% pueden poner en peligro la reproducción de las lombrices, al bajar su actividad sexual de manera significativa (García y Gutiérrez, 2020).

6.16.3 Aireación y luminosidad

Somarriba y Guzmán, (2004) mencionan que para controlar la aireación y luminosidad se recomienda mover la materia orgánica contenidas en las camas al menos una vez cada semana, en este proceso es muy importante mantener a las lombrices fuera

de los rayos ultravioletas ya que la incidencia directa de estos suele causar su muerte por lo que se recomienda ubicar los contenedores en lugares sombreados.

6.16.4 pH

El pH de la materia orgánica a utilizar es otro factor importante que determina un buen funcionamiento de las lombrices, un pH de 6.5 a 7.5 son los valores en los que las lombrices empiezan los procesos degradativos de la materia orgánica. Los cuales pueden ser medidos utilizando una porción de muestra húmeda a la cual se introduce un papel tornasol o un potenciómetro, manteniéndolo sumergido por un tiempo de 20 a 30 segundos, luego se compara la coloración del papel con la escala de colores que trae el empaque de esta o el valor arrojado por el potenciómetro, si en esta medida se encuentra en un rango óptimo de 6.8 a 7.5 entonces se procederá a realizar la siembra de la lombriz Osorio y Roldán, (2003). En caso de que el pH sea ácido correrá el riesgo de desarrollar en el sustrato una plaga conocida como planaria (Torres, 2002).

6.16.5 Contenido de nutrientes

Las lombrices al finalizar el proceso de degradación convierten la materia orgánica en humus de lombriz que contiene en mayor concentración CO₂ y N, así como macro y micro nutrientes en diferentes proporciones, las cuales dependen principalmente de la fuente de origen que se esté utilizando y de la humedad del material al finalizar su proceso de degradación (Fraile y Obando 1994). Por otra parte, Prado, (2013) menciona que la lombricomposta es un bio-fertilizante que contiene nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y algunos micronutrientes necesarios para el crecimiento de los cultivos.

Acuña *et al.*, (2020) mencionan que la lombricomposta aporta zinc (Zn), Hierro (Fe) y Potasio (K) en cantidades adecuadas para el buen funcionamiento de las plantas, además que este contenido de nutrientes varía dependiendo de los residuos orgánicos que esté compuesta, siendo los macronutrientes potasio (K), Fósforo (P) y Nitrógeno (N) los principales nutrientes generados por este proceso.

Pérez *et al.*, (2008) Mencionan que el mayor contenido de nutrimentos se encuentra en los residuos de procedencia animal, ya que estos aportan un mayor contenido de MO, N, P, K, Ca y Mg en relación que al aportado por los residuos vegetales, por lo que se recomienda que al momento de elaborar enmiendas orgánicas incorporar materiales de origen animal con la finalidad de obtener un producto con mayor valor nutricional.

6.17 Leonardita

La leonardita es una roca formada por la oxidación de lignitos fósiles, que contiene ácidos húmicos y fúlvicos, entre otros macronutrientes como el potasio. Posee carga negativa por lo que se le considera una zeolita, que ayuda a conservar la humedad por más tiempo. El color de la leonardita puede variar de gris claro a gris oscuro, llegando incluso a mezclarse con carbón vegetal para enriquecer los suelos. Como todo mineral, la leonardita es de baja solubilidad, sin embargo, las partículas finas se solubilizan en el suelo con mayor rapidez en presencia de humedad (ZEOLITECH, 2022). Estas características le han permitido tener cada vez mayor aceptación entre los agricultores, debido a que su aplicación favorece la productividad de los cultivos Gonzales *et al.*, (2018). Especialmente cuando este material se mezcla con compuestos inorgánicos ya que aumenta el crecimiento de la planta y rendimiento de los cultivos, al mejorar las propiedades hidrofísicas del suelo, permitiéndoles superar los efectos adversos de la salinidad, al mejorar la agregación, aireación, y absorción de micro y macronutrientes (Ryabova, 2010).

6.18 Agricultura protegida

La agricultura protegida es aquella que se realiza bajo condiciones en las que el agricultor puede controlar algunos factores del medio ambiente, pudiendo minimizar el impacto de los cambios climáticos en los cultivos. Las instalaciones pueden ser de tamaño y de alturas diversas SENASICA, (2016). La agricultura en México generalmente se divide en tres categorías invernaderos de tecnología alta, invernaderos de tecnología baja y casas sombra, y una cuarta categoría intermedia, dependiendo de la tecnología

utilizada. Estas tecnologías se utilizan con mayor frecuencia en los cultivos comerciales de alto valor y cada vez más en la producción de verdura de hojas verdes, principalmente para el mercado local (Pratt y Ortega, 2019).

Casa sombra: estructura metálica que se encuentra cubierta con malla plástica, que permite la entrada de agua de lluvia a su interior, teniendo como función la protección de los cultivos contra plagas y granizo, a la vez que optimiza las condiciones climáticas que ayudan a mejorar el trabajo de las personas (Berrones *et al.*, 2013).

6.19 Estructuras más utilizadas de la agricultura protegida

(SENASICA, 2016) menciona que las mallas anti áfidas utilizadas en este tipo de estructuras, sirven como protección anti insectos y pájaros, además disminuyen la incidencia de los rayos solares y ayuda a moderar la temperatura del interior en noches frías.

Invernaderos: son lugares cerrados, estáticos y accesibles a pie, que se destina a la horticultura, están cubiertos de por una película plástica translúcida de plástico o vidrio en su exterior, que permite el control de la temperatura, la humedad y otros factores ambientales que favorecen el desarrollo de las plantas FIRCO (2016). Por otra parte, SENASICA, (2016) menciona que los invernaderos son estructuras herméticamente cerradas con materiales transparentes, que permiten la siembra de diversos cultivos en su interior.

7 HIPÓTESIS

La elaboración de lombricompostas con diferentes estiércoles utilizadas como sustratos complementada con leonardita, tendrán un aumento aceptable en la producción, en comparación a la fertilización convencional.

8 OBJETIVOS

8.1 Objetivo general

Elaborar lombricompostas utilizando excrementos de borrego, cerdo y vaca y conocer el contenido de nutrientes (N, P, K y Ca) y el pH y CE, así como conocer el desarrollo de las lombrices en los diferentes excrementos para utilizar las distintas lombricompostas como sustrato con la adición de leonardita y evaluar la morfología y contenido de nutrientes de las plantas y la calidad física y capsaicina de frutos de chile habanero *Capsicum chinense* Jacq. bajo condiciones de casa sombra.

8.2 Objetivos específicos

- Producir lombricomposta con excrementos de borrego, cerdo y vaca en diferentes concentraciones con adición de leonardita para ser utilizado como sustratos en la producción de chile habanero.
- Evaluar la longitud, diámetro y peso de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) alimentada con tres fuentes de estiércoles.
- Evaluar la cantidad de lombrices adultas y juveniles (*Eisenia foetida*) alimentada con tres fuentes de estiércoles.
- Evaluar el contenido de nutrientes (Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Calcio), así como el pH y la conductividad eléctrica (CE) de tres fuentes de estiércoles degradadas por la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*).
- Evaluar la morfología de la planta de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) con lombricomposta como sustrato elaborado con tres fuentes de estiércol y complementadas con leonardita.

- Evaluar el contenido de nutrientes de la planta de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) con lombricomposta como sustrato elaborado con tres fuentes de estiércol y complementadas con leonardita.
- Conocer la calidad física y contenido de capsaicina de los frutos de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) con lombricomposta como sustrato elaborado con tres fuentes de estiércol y complementadas con leonardita.

9 MATERIALES Y MÉTODOS

9.1 Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos evaluados fueron T1= Lombricomposta Vaca, T2= Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3= Lombricomposta Borrego, Cerdo/Suelo, Vaca (1:1:2) v/v, y T4= Tezontle/Steiner. Los cuales se ocuparon para el llenado de las macetas de poliuretano a razón de 7 kg por unidad. El tratamiento testigo utilizó Tezontle como medio de sustrato, el cual fue regado mediante la solución nutritiva Steiner al 75 % durante el primer mes del trasplante, aumentando la dosis de la aplicación 100 % durante todo el ciclo del cultivo restante. Los demás tratamientos T1, T2 y T3 fueron regadas con agua corriente durante todo el ciclo del cultivo, manteniendo siempre la humedad por arriba del 75 %. El diseño experimental constó de una distribución completamente al azar, de dos factores, híbrido (2) - fertilizante (4). Los datos obtenidos de los distintos tratamientos establecidos se interpretaron mediante un análisis ANOVA y una prueba de medias Tukey ($p \leq 0.05$), con el programa InfoStat en su versión actualizada 2020.

9.2 Localización del experimento

El presente experimento se llevó cabo en una casa sombra con malla 70 % ubicada en la Universidad del Papaloapan Campus Loma Bonita Oaxaca, la cual se localiza al norte del estado de Oaxaca colindando con el estado de Veracruz, con coordenadas geográficas 95° 53' longitud oeste y 18° 06' latitud norte, a una altura de 30 msnm INAFED, (2021). La temperatura de esta zona oscila entre los 20.5 y 29.4 °C, como

temperatura mínima y máxima promedio, presentando una precipitación anual estimada de 1,902.3 mm (SMN, 2010).

9.3 Tipo de estiércoles para las lombricompostas

Se recolectaron tres fuentes diferentes de estiércoles (Vaca, Borrego y Cerdo) en las siguientes posiciones geográficas.



Figura 1: Recolección del estiércol de cerdo (18° 08'9"662", -95°8'70'132").

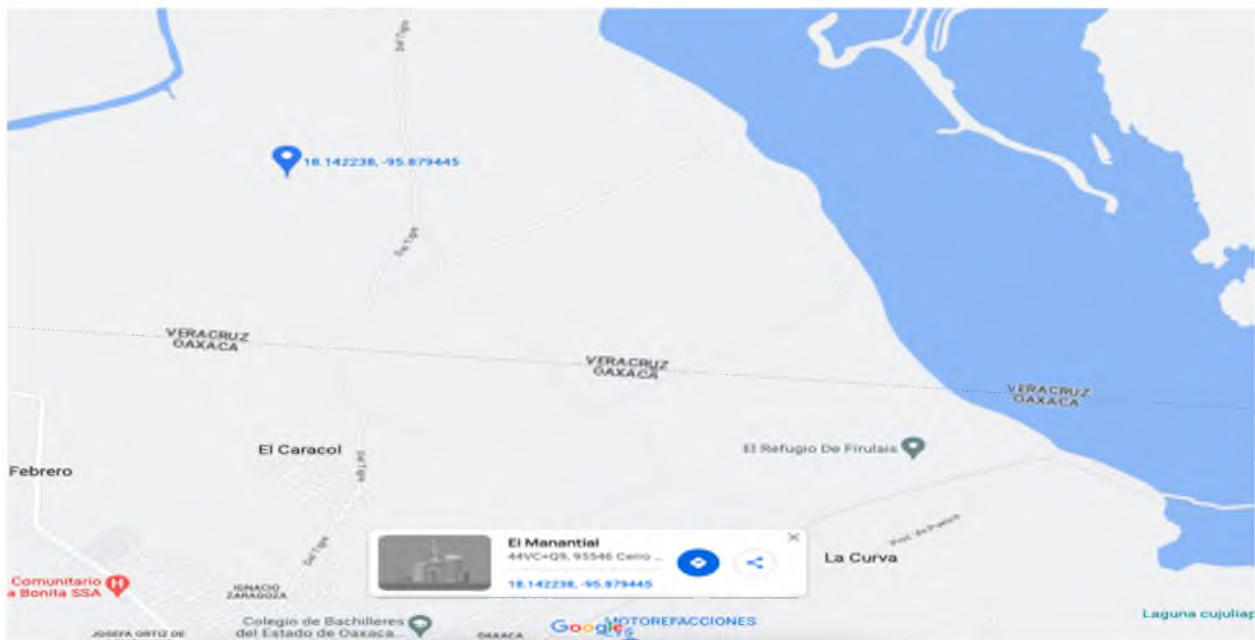


Figura 2: Recolección del estiércol de (Vaca y Borrego) (18° 14'2'938", -95°8'79'445").

9.4 Lombricomposteros (Contenedores)

El día 18 de mayo de 2022 se llevó a cabo la fabricación de 12 lombricomposteros o contenedores en donde se colocaron los estiércoles de (Vaca 65 kg, Cerdo/Suelo 80 kg (1:1) v/v y Vaca/Cerdo/Borrego 60 kg (2:1:2) v/v/v), de manera triplicada. Los contenedores fueron fabricados a partir de tablonces de madera de pino, forrados con plástico poliuretano blanco de invernadero calibre 720. Las dimensiones de los contenedores fueron de 78 cm de largo, 78 cm de ancho y 10 cm de altura.

9.5 Fabricación de sustratos

Se empezó con la fabricación de los sustratos el día 22 de mayo del 2022, iniciando con la esterilización del suelo agrícola. El día 15 de julio se llevó a cabo la mezcla del suelo agrícola y el estiércol de Cerdo en proporciones 1:1 v/v, con la finalidad de elevar mediante la incorporación de la materia orgánica el pH del estiércol Cerdo, al no lograr el resultado esperado, se sumergió durante 120 horas en agua de riego agrícola, aplicándole posteriormente ceniza de roble a proporción 0.1/1 v/v logrando elevar el pH del sustrato.

El sustrato formado por los tres tipos de estiércol (vaca, cerdo y borrego) fueron mezclados el 21 de junio del 2022, en proporciones 2:1:2 v/v/v. Por su parte, el sustrato vaca desde su recolección presentaba niveles óptimos para su utilización por lo que se ocupó de manera directa, sin sufrir alteración alguna. Los sustratos estuvieron durante todo el proceso de lombricompostaje en un invernadero tipo cenital de 500 m². Las condiciones de temperatura y humedad dentro del invernadero y en los sustratos se muestran en el Anexo (Ver Anexo).

9.6 Lombriz empleada y densidades de siembra

El 16 de agosto del 2022 se llevó a cabo la siembra de un número conocido de lombrices (*Eisenia foetida*), sobre los sustratos: (Vaca), (Cerdo/Suelo (1:1) v/v) y

(Vaca/Cerdo/Borrego (2:1:2) v/v/v). Las proporciones empleadas fueron 9:1 (9 lombrices por 1 kg de excremento).

9.7 Riego y control de la humedad y temperatura

El día 16 de agosto del 2022 se instalaron los sensores de humedad y temperatura en tres de los cuatro sustratos en donde se establecieron las lombrices (Vaca, Cerdo/Suelo (1:1) v/v y Vaca/Cerdo/Borrego (2:1:2) v/v/v), llevando el monitoreo diariamente de la temperatura y la humedad en cada uno de los sustratos. El riego se realizó de manera heterogénea sobre los sustratos cada vez que este presentaba un déficit hídrico menor al 80 %, permitiendo mantener los niveles óptimos de humedad y temperaturas estables durante el periodo de la lombricomposta. La temperatura promedio de los sustratos fueron de 23 °C a 28 °C, con una humedad del 75 al 90 %, condiciones ideales de desarrollo de las lombrices.

9.8 Material vegetativo

El material vegetativo empleado en el experimento constó de dos híbridos de chile habanero (*C. chinense*) Kabal y Rey Votan de la empresa US Agriseeds. Híbrido Kabal presenta plantas compactas, de ciclo mediano y de cosecha prolongada con alta producción. Frutos de tamaño grande “4 a 5 cm”, de forma típica y muy picosos, de color verde intenso en su etapa inmadura y de tono anaranjado intenso muy atractivo en su etapa madura.

Híbrido Rey Votan ofrece plantas compactas y de cosecha prologada, frutos medianos a grandes, de color amarillo al madurar y verdes en su etapa inicial, muy picosos y aromáticos (Tradecorp, 2014).

9.9 Siembra

La siembra de chile habanero (*C. chinense*) Kabal y Rey Votan se realizó el día 16 de octubre de 2022. Se emplearon charolas de poliestireno de 200 cavidades sustrato

Peat-Moss Cosmocel®. La siembra se realizó bajo condiciones controladas (invernadero) impidiendo la presencia de insectos que puedan dañar las plántulas.

9.10 Riego de las semillas

Las charolas con las semillas se regaron todos los días con agua durante las primeras dos semanas de la siembra. Posteriormente emergidas las plántulas, el riego se realizó con Nutri-pro XtraAlga 3 ml L y GreenBack-402 4 ml L, hasta el trasplante.

9.11 Trasplante

El trasplante se realizó el 5 de diciembre del 2022 a los 50 días después de la siembra, en esta actividad las plantas contaban con cepellón y fueron colocadas en macetas de plástico de 7 kg. Los sustratos utilizados en las macetas consistieron en diferentes tipos de lombricompostas (Vaca, Cerdo/suelo 1:1 v/v, y Vaca/Cerdo/Borrego 2:1:2 v/v/v) además de un sustrato mineral tezontle. Las macetas se colocaron en bloques a doble hilera. Los pasillos entre los bloques presentaron una separación de 1.20 m, mientras que los bloques presentaron un largo de 4.33 m por 0.80 m de ancho. La densidad de siembra fue de 910 plantas repartidas en 300 m² de casa sombra.

9.12 Riego

A los tratamientos de lombricomposta (Vaca, Cerdo/suelo 1:1 v/v, y Vaca/Cerdo/Borrego 2:1:2 v/v/v) se les colocaron sensores de humedad, los cuales se monitorean todos los días. Los sustratos se mantuvieron cercanos al 80 % de humedad. Al tratamiento testigo no se le colocó ningún tipo de sensor para su monitoreo, debido a que este tratamiento se regó tres veces al día a las 8 am, 12 pm y 6 pm reponiendo la humedad perdida por el sustrato Tezontle. El riego de este tratamiento se realizó aplicando un litro de agua de manera manual, en cada una de las horas mencionadas con anterioridad.

9.13 Entutorado

El entutorado se llevó a cabo con la ayuda de anillos de plástico colocados a 2 cm de altura del sustrato, abrazando el tallo principal del chile habanero. Al anillo se le colocó una rafia de poliuretano en el cual se enrolla el tallo principal de la planta, guiando de manera vertical su crecimiento. La rafia fue atada a un cable de acero, que se encuentra a dos metros sobre la base del suelo, colocada a lo largo de la casa sombra en dirección de las hileras en donde se ubican las macetas.

9.14 Leonardita empleada en la producción de *Capsicum chinense* Jacq.

A los tratamientos T1, T2 y T3 se les aplicó una dosis única de 450 g de leonardita mineral de la marca Glebar por planta a los 15 ddt.

Tabla 2: Composición mineral de la leonardita empleada en la producción de (*Capsicum chinense* Jacq.).

Composición Mineral	N	P ₂ O ₃	K ₂ O	C	C:N	Ca	SiO ₂	Al	AF	AH
	0.02 %	0.35 %	3.34 %	2.70 %	33.70 %	4.33 %	57.4 %	15.7 %	4.05 %	11.90 %

Tabla 2. Concentración mineral de la leonardita utilizada en la producción de habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) a los 15 ddt.

9.15 Control de plagas y enfermedades

El control de plagas y enfermedades que se lleva a cabo dentro la casa sombra sobre las plantas de chile habanero (*C. chinense* Jacq.) es a través de productos químicos y orgánicos. Las aplicaciones con insecticida orgánico fueron a través del extracto de Neem-Canela a razón de 5 mL/L⁻¹ la cual se aplicó a los 7 días después del trasplante, repitiendo este proceso cada 7 días después de la última aplicación, realizando un total de 4 aplicaciones. El control preventivo de (*Cercospora capsici*) se llevó a cabo el día 9 de diciembre del 2022, a los 4 días después del trasplante (ddt), mediante la aplicación de *Bacillus subtilis* a razón de 3 mL/L⁻¹, aplicando 50 mL del

preparado sobre la base del tallo, mientras que la parte aérea se cubrió en su totalidad con la misma solución. El día 13 de enero del 2023 a los 38 ddt se realizó la aplicación de abamectina a razón de 1.5 mL/L⁻¹ para el control de insectos áfidos “pulgones”.

10 VARIABLES DE RESPUESTA

10.1 Desarrollo de lombrices y características de las lombricompostas

10.1.1 Longitud de las lombrices (mm)

Se tomó la longitud de 10 lombrices al azar por tratamiento, midiéndolas desde la punta de la cabeza hasta el último segmento de la cavidad anal. Esta medición se realizó mediante un vernier digital de carátula tipo reloj de 150 mm de la marca Truper®. Las mediciones se realizaron al inicio de la siembra y posteriormente cada mes hasta la llegada de la cosecha, realizándose un total de 4 mediciones.

10.1.2 Peso de las lombrices (g)

El peso de las lombrices se tomó mediante una balanza de precisión tipo Adam de 120 gr. La toma de pesos de las lombrices se realizó al inicio de la siembra y posteriormente una vez cada mes, realizando un total de 4 evaluaciones.

10.1.3 Lombrices adultas

La cantidad de lombrices adultas se determinó al finalizar el proceso de lombricomposteo. Para obtener las lombrices se cernió la lombricomposta de los diferentes sustratos, separando manualmente las lombrices adultas de las juveniles, mediante la presencia del clitelo (aparato genital femenino de la lombriz), el cual nos indica que la lombriz ha pasado de la tapa juvenil a la etapa reproductiva.

10.1.4 Lombrices juveniles

La cantidad de lombrices juveniles se conoció al finalizar el proceso del lombricomposteo. Para obtener las lombrices se cernió la lombricomposta de los

diferentes sustratos, separando manualmente las lombrices juveniles de las adultas, éstas no presentan clitelo (genital femenino de la lombriz), el cual nos indica que la lombriz aún no ha pasado a la etapa adulta reproductiva.

10.1.5 Cantidad de lombrices por kg

La cantidad presente de lombrices por kilogramo de sustrato, se obtuvo al realizar una sumatoria total de las lombrices presente en cada uno de los sustratos (Vaca, Cerdo/suelo (1:1) v/v, y Vaca/Cerdo/Borrego (2:1:2) v/v/v) al finalizar el proceso del lombricomposteo.

10.1.6 Nitratos, Fosfatos, Potasio y Calcio en (ppm)

La cantidad de nitratos, fosfatos, Potasio y Calcio presentes en cada uno de los sustratos (Vaca, Cerdo/suelo (1:1) v/v, y Vaca/Cerdo/Borrego (2:1:2) v/v/v) se tomó al inicio del lombricomposteo y posteriormente una vez cada mes hasta la finalización de este proceso. Los valores se obtuvieron en ppm mediante los equipos portátiles de LAQUAtwin de la empresa Horiba.

10.1.7 pH

El valor de pH presente en cada uno de los sustratos (Vaca, Cerdo/suelo (1:1) v/v, y Vaca/Cerdo/Borrego (2:1:2) v/v/v) se tomó al inicio del lombricomposteo y posteriormente una vez cada mes hasta la finalización de este proceso. El valor en ppm se obtuvo mediante el equipo portátil medidor de pH de LAQUAtwin de la empresa Horiba.

10.1.8 CE

El valor de CE presente en cada uno de los sustratos (Vaca, Cerdo/suelo (1:1) v/v, y Vaca/Cerdo/Borrego (2:1:2) v/v/v) se tomó al inicio del lombricomposteo y posteriormente una vez cada mes hasta la finalización de este proceso. El valor en ppm se obtuvo mediante el equipo portátil medidor de conductividad eléctrica de LAQUAtwin de la empresa Horiba.

10.2 Variables morfológicas del cultivos de chile habenero

10.2.1 Altura de la planta (cm)

La altura de la planta se midió con una cinta métrica de 150 cm, desde la base del tallo hasta su ápice más largo de la planta. Este valor se tomó a partir de los 15 ddt, hasta el inicio de la primera cosecha a los 90 ddt.

10.2.2 Diámetro del tallo (mm)

El diámetro del tallo se midió con un vernier de carátula tipo reloj de la marca Truper de 150 mm, desde la base del tallo principal a 2 cm por encima del sustrato. Este valor se tomó a partir de los 15 ddt, hasta el inicio de la primera cosecha a los 90 ddt.

10.2.3 Número de flores

El número de flores por tratamiento se contó visualmente una vez cada 15 días, empezando a monitorear esta variable a los 90 ddt, al inicio de la primera cosecha y dejando de monitorear a los 165 ddt.

10.2.4 Área foliar (cm²)

Se midieron seis plantas por tratamiento, tomando dos hojas por planta. Para el largo de la hoja se medirá desde la base de la hoja, hasta el ápice y para el ancho de un extremo a otro desde el centro de la hoja. Para determinar el área foliar se utilizará la ecuación de regresión lineal $LA = 0.690 (LW)$, donde L es la longitud de la hoja y W es el ancho de la hoja.

10.2.5 Peso fresco (g)

Se seleccionaron 3 plantas por tratamiento las cuales se extrajeron cuidadosamente de las macetas contenedoras. Las plantas extraídas se cortaron en 3 partes (Raíz, Tallo y Follaje). El peso fresco del tallo, raíz y follaje se registró con el uso de una báscula digital de la marca Rhino de 20 kg. Este proceso se realizó por triplicado para cada uno de los sustratos utilizados.

10.2.6 Peso seco (g)

Las plantas seleccionadas y seccionadas (Raíz, Tallo y Follaje) se colocaron en bolsas de 28 cm de largo por 15 cm de ancho de papel estraza. Las bolsas con el material vegetativo fueron introducidas a un horno de secado de la marca ECOSHEL a una temperatura de 70 °C durante 48 horas, transcurrido este periodo las muestras, se extrajeron tomando el peso seco con ayuda de una balanza de precisión tipo Adam de 120 gr. Este procedimiento se realizó por triplicado para uno de los tratamientos realizados.

10.2.7 Número de frutos

El número de frutos por tratamiento se contó una vez cada 15 días, empezando a monitorear esta variable a los 90 ddt, al inicio de la primera cosecha y dejándose de monitorear a los 165 ddt, fecha cuando se realizó el último corte del cultivo.

10.2.8 Diámetro ecuatorial (mm)

El diámetro ecuatorial de los frutos se obtuvo seleccionando 15 frutos al azar por cada tratamiento, a los cuales se les midió la longitud horizontal en la parte media de este. La medición se realizó mediante un vernier digital de la marca Truper de 150 mm, repitiendo el proceso en cada uno de los cortes realizados.

10.2.9 Diámetro polar (mm)

El diámetro polar de los frutos se obtuvo seleccionando 15 frutos al azar por cada tratamiento, a los cuales se les midió la longitud desde el pedúnculo hasta la punta del fruto. La medición se realizó con un vernier digital de la marca Truper de 150 mm, repitiendo este proceso en cada uno de los cortes realizados.

10.2.10 Peso del fruto (g)

El peso del fruto se obtuvo mediante una balanza granataria de la marca (x) contabilizando los gramos de cada uno de los frutos de los diferentes tratamientos. Este

procedimiento se realizó en cada uno de los cortes realizados hasta la finalización del experimento.

10.2.11 Rendimiento del cultivo (t ha⁻¹)

El rendimiento se obtuvo al registrar el peso obtenido con anterioridad de cada uno de los frutos por tratamiento de cada corte, posteriormente se sumó el peso total de los cortes para cada tratamiento. El peso total obtenido de cada tratamiento se extrapola a una superficie de 10,000 m² para obtener el rendimiento total del cultivo por tratamiento.

10.2.12 Número de lóculos

Se contó el número de lóculos presentes en cada uno de los 15 frutos seleccionados por tratamiento con anterioridad, los cuales se cortaron de manera transversal, visualizando el número de cavidades (lóculos) que se presenten. Este procedimiento se repitió en cada uno de los tratamientos aplicados, en cada uno de los cortes realizados.

10.2.13 Grosor de pericarpio (mm)

Se tomaron 15 frutos al azar de cada tratamiento, los cuales se cortaron de manera transversal, con ayuda de un vernier digital de la marca Truper 150 mm, se midió el grosor del pericarpio de la parte más ancha del fruto.

10.3 Variables químicas del cultivo de chile habanero

10.3.1 Clorofila a, b y carotenoides

El contenido de clorofila se determinó mediante un equipo de espectrometría "UV-visible". Se seleccionaron 10 hojas al azar por tratamiento de la planta *C. chinenses* Jacq. Las hojas obtenidas se pesaron para obtener 4 g de muestra. La muestra se colocó en un mortero de cerámica en donde se agregaron 3 mL de acetona al 80 %. Con ayuda de un pistilo de cerámica se trituró la muestra obteniendo 3 mL de clorofila. Los 3 mL se colocaron dentro de tubos de ensayo con tapas de plásticos para realizar el centrifugado.

El centrifugado se realizó durante 20 minutos a 10,000 rpm, del sobrenadante obtenido se extrajo 1 mL con ayuda de una pipeta, para ser colocado dentro de otro tubo de ensayo de 10 mL, el cual se aforó con acetona al 80%. Posteriormente se programó el equipo a diferentes ondas de luz 470 - 647 – 664 nm para determinar el contenido de clorofila a, clorofila b, y carotenoides presentes en las hojas de las plantas de los diferentes tratamientos.

El contenido de clorofila se determinó de acuerdo con la metodología de Porra (2002):

$$\text{Chl a} = 12.25 * \text{Abs}_{664} - 2.55 * \text{Abs}_{647}$$

$$\text{Chl b} = 20.31 * \text{Abs}_{647} - 4.91 * \text{Abs}_{664} \quad \text{Chl a+b} = 17.76 \text{ Abs}_{647} + 7.34 \text{ Abs}_{664}$$

El contenido de carotenoides se determinó de acuerdo con Wellburn (1994):
 $\text{Carotenoides} = (1000 * \text{Abs}_{470} - 1.82 * \text{Chl a} - 85.02 * \text{Chl b}) / 198$.

10.3.2 Extracto celular de peciolo (Nitrato, Fósforo y Potasio (ppm))

Se llevó a cabo el corte de 15 hojas de cada tratamiento al finalizar cada cosecha. A las hojas recolectadas se les retiró el peciolo, colocándolas dentro de una prensa manual de la marca truper de 3" obteniendo un 1 mm de savia. La savia recolectada se vertió en cada uno de los electrodos de los equipos portátiles de la marca Horiba LAQUAtwin, los cuales midieron el contenido de Nitrato, Fósforo, Potasio, pH y CE, contenido en las plantas.

10.3.3 pH

El pH se determinó moliendo una cantidad de 300 g de muestra, a las cuales se les retiró el contenido de semillas presentes, filtrando el contenido restante a través de un algodón absorbente o papel de filtración rápida sobre un vaso de precipitado de 400 ml. La muestra obtenida se diluyó con 50 ml de agua recién hervida, enfriada y neutralizada. La medición se realizó con un potenciómetro combo (CE y pH) marca Hanna Combo HI98130. Este procedimiento se repitió por triplicado para cada muestra.

10.3.4 Extracción y determinación de capsaicina por el método espectrofotométrico

La extracción de capsaicina se realizó de acuerdo con la metodología propuesta por Maurya *et al.*, (2018) con algunas modificaciones. Los frutos frescos se cortaron en rodajas y se colocaron en una charola de acero inoxidable para su secado a peso constante en un horno a 65 °C durante 24 h. Posteriormente, la muestra seca se molió y se pesó 0.2 g en un tubo de ensayo y se agregó 12 mL de etanol y se calentó a 80 °C durante 4 h en un baño María, agitando cada 30 min. Enseguida se dejó enfriar y sedimentar y después el sobrenadante se centrifugó a 7500 rpm durante 15 min. La determinación de capsaicina se realizó mediante el método espectrofotométrico (González-Zamora *et al.*, 2015).

Para la obtención de la curva de calibración, se preparó una solución madre de capsaicina en un matraz aforado de 25 mL a una concentración de 500 mg L⁻¹, para lo cual se pesó 12.5 mg de capsaicina pura (Sigma-Aldrich®) y disolvió con etanol. Enseguida se preparó las concentraciones de capsaicina como se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3. Concentración de capsaicina y volumen de preparación de la solución madre para la realización de la curva de calibración.

Concentración de capsaicina (mg L ⁻¹) ¹⁾	Volumen de preparación (mL)	Volumen por tomar de la solución madre (µL)	Volumen aforado con etanol (µL)
20	5	200	4800
40	5	400	4600
60	5	600	4400
80	5	800	4200
100	5	1000	4000

Tabla 3. Concentración de capsaicina, volumen de preparación, volumen a tomar de solución madre y aforamiento con etanol.

Ejemplo para calcular el volumen por tomar de la solución madre:

$$V1=C2V2/C1$$

$$V1= 20 \text{ mg L}^{-1} * 5\text{mL} / 500 \text{ mg L}^{-1}$$

$$V1= 0.2 \text{ mL} = 200 \text{ }\mu\text{L}$$

El volumen aforado con etanol se obtiene por diferencia. Ejemplo: $5000 \text{ }\mu\text{L} - 200 \text{ }\mu\text{L} = 4800 \text{ }\mu\text{L}$

Una vez preparadas las concentraciones se tomó la lectura de la absorbancia a 280 nm en un espectrofotómetro UV-Vis (VELAB Modelo VE-5100UV). Después se utilizó las absorbancias obtenidas para graficar la curva de calibración. para obtener la ecuación de regresión lineal y el R^2 (debe ser 0.99). Posteriormente, se leerá la absorbancia de las muestras y con la ecuación de regresión se calculará la concentración de capsaicina (mg L^{-1}).

Para calcular el contenido de capsaicina por peso seco del fruto, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{mg de capsaicina/g de peso seco} = \text{capsaicina (mg/mL)} * \text{f.d.} * \text{volumen del extracto (mL)} / \text{PSM (g)}$$

dónde: capsaicina= es la concentración obtenida de la ecuación de regresión (convertir de mg L^{-1} a mg/mL)

f.d.= factor de dilución y PSM= Peso Seco de la Muestra.

11 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

11.1 Eisenia foetida

11.1.1 Longitud de lombriz (mm)

En el muestreo previo a la siembra de las lombrices en sus respectivos tratamientos, las lombrices del tratamiento T3 = (Borrego/Cerdo/Vaca (1:1:2) v/v/v) presentaron una mayor longitud que las otras lombrices sembradas en el tratamiento T1 = Vaca y T2 = Cerdo/Suelo (1:1) v/v ($p = 0.0354$). A los 30 días después de la siembra (dds) no se presentaron diferencias significativas ($p = 0.05$). En el tercer muestreo a los

60 dds, los tratamientos T1 = Vaca y T3 = (Borrego/Cerdo/Vaca (1:1:2) v/v/v, superaron al tratamiento T2 = Cerdo/Suelo (1:1) v/v ($p = 0.0408$). En el último muestreo 90 dds, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. ($P = 0.0546$).

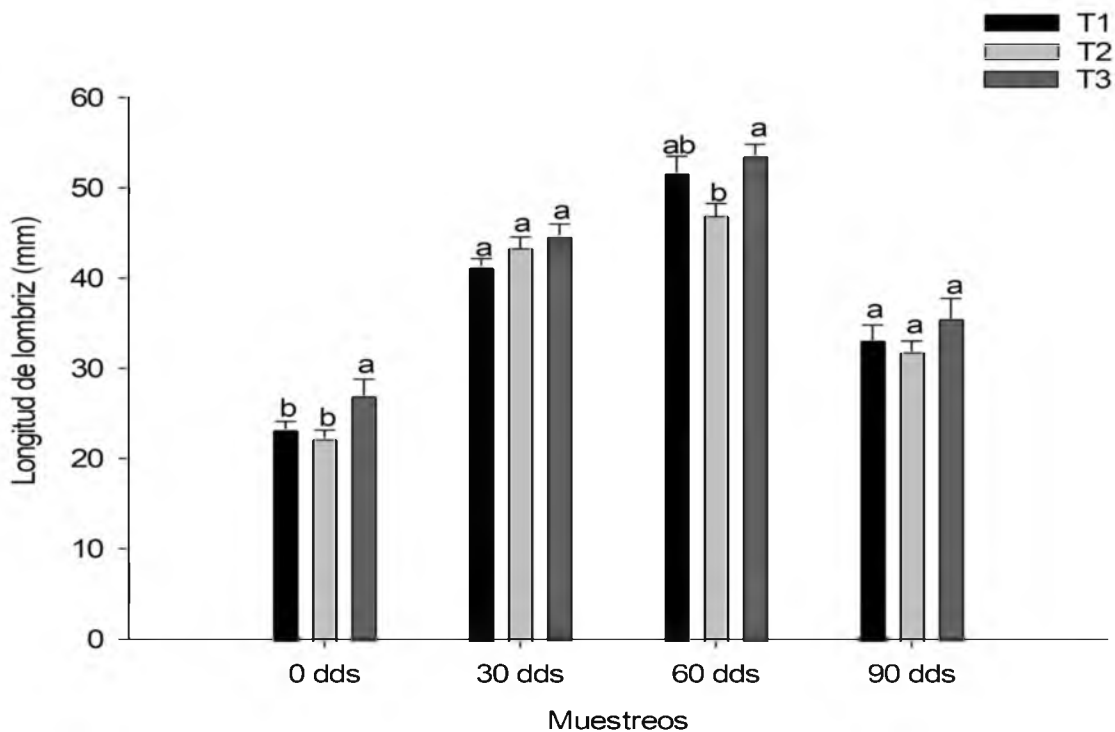


Figura 3: Longitud de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en Loma Bonita, Oaxaca. T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/ Vaca (1:1:2) v/v/v. Periodo de evaluación del 16 de agosto al 13 de noviembre del 2022. dds = días después de la siembra. Tratamiento con diferente letra es significativamente distinta. (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Las bandas superiores indican el error estándar.

Un estudio realizado por Chicaiza-Tejeda, (2007) evaluó el crecimiento de la lombriz roja californiana en cuatro estiércoles diferentes (caballo, cabra, vaca y cerdo). El mismo

autor, logró determinar que las lombrices alimentadas con el estiércol de cerdo fueron las que presentaron los mejores resultados sobre esta variable (120.08 mm). Avilés-Gómez, (2018) obtuvo que la longitud presentada por la lombriz roja californiana alimentada mediante excretas de vaca durante 90 días, presentaron un valor de 39.3 mm, datos similares a los que se reportan en nuestro experimento en el mismo periodo de tiempo. No obstante, la longitud reportada por Ccasani y Poma, (2012) se encuentran muy por encima de las longitudes mencionadas en nuestra investigación, al obtener en promedio 76.8 mm a los 90 ddt, cuando se alimentaron con estiércol de vaca. Diacono y Montemurro, (2012) mencionan que el tipo de alimento que ingieren las lombrices influye en su crecimiento y desarrollo, este mismo comentario lo reafirma Canales *et al.*, (2019), el cual menciona que las lombrices alimentadas con mezclas de sustratos presentan un comportamiento más activo debido a que la materia orgánica presenta una acumulación mayor de nutrientes N, P, K y Ca, incrementando la biomasa y longitud de las lombrices.

11.1.2 Peso de lombriz (g)

De los 4 muestreos realizados solo en los dos primeros muestreos a los 0 dds y a los 30 dds no se presentaron diferencias significativas, siendo estadísticamente iguales ($p = 0.05$). En los muestreos realizados a los 60 y 90 dds existió diferencias significativas entre tratamientos, siendo el tratamiento 3 el que obtuvo mejores resultados, presentando diferencias altamente significativas con el resto de los tratamientos ($p = 0.0040$).

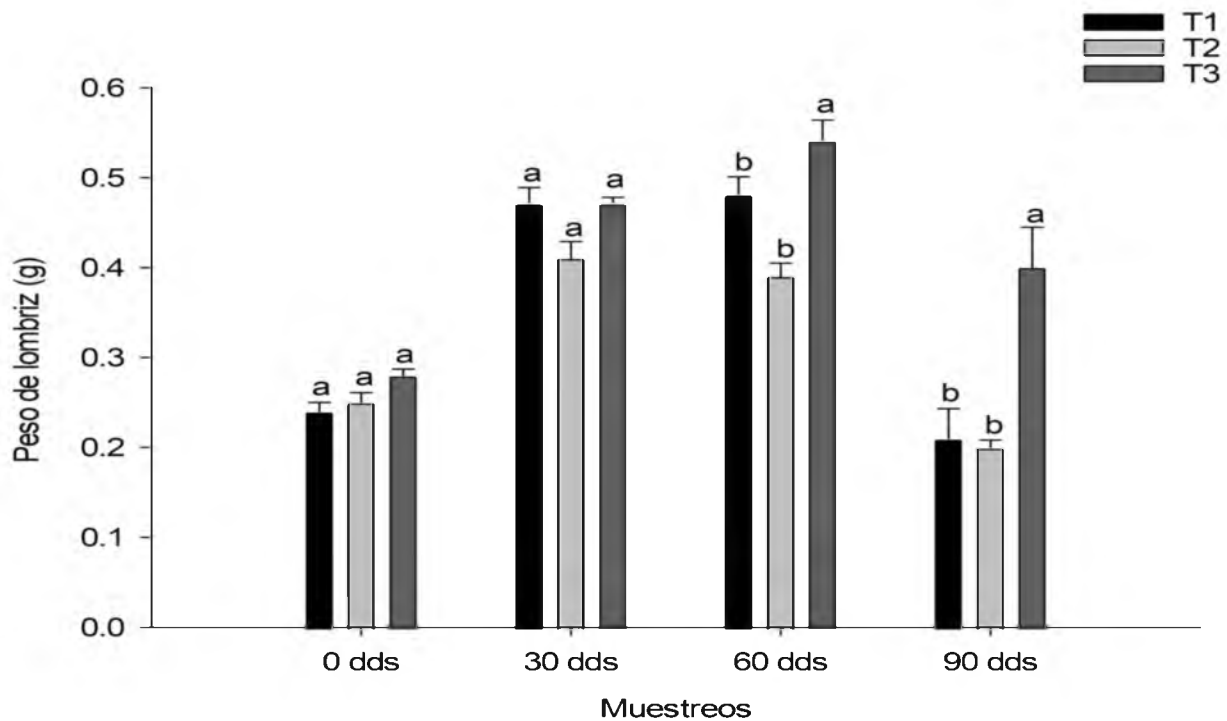


Figura 4: Peso de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en Loma Bonita, Oaxaca. T1= Lombricomposta Vaca, T2= Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3= Lombricomposta Borrego/Cerdo/Vaca (1:1:2) v/v/v. Periodo de evaluación del 16 de agosto al 13 de noviembre del 2022. dds = días después de la siembra. Tratamiento con diferente letra es significativamente distinta (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Las bandas superiores indican el error estándar.

Vodounnou et al., (2016) evaluaron cinco fuentes de materia orgánica distintas (conejo, oveja, vaca, cerdo, aves de corral) más una fuente vegetal, obteniendo que las lombrices alimentadas con estiércol de vaca presentan un incremento del 53 % a los 60 dds. Durán y Heriquez, (2007) lograron determinar que el peso de las lombrices alimentadas con estiércoles de vaca alcanza un peso promedio de 0.42 g a los 45 dds, disminuyendo hasta 0.37 g a los 90 ddt. Por otra parte, Avilés-Gómez, (2018) menciona que las lombrices alimentadas con el estiércol de vaca a los 90 ddt, presentan un peso de 1.28

g. individuo⁻¹. Mientras que el estudio realizado por León *et al.*, (1992) determinaron que las lombrices alimentadas con 50 % composta + 50 % excretas de cerdo lograron incrementar hasta 2.5 veces su peso inicial con respecto al final. Este mismo comportamiento se vio reflejado con el tratamiento 50 % composta + 50 % excretas de bovino, donde su incremento fue de 1.7 veces. Por lo que se puede determinar que las mezclas de sustratos tienen una influencia positiva sobre peso de las lombrices al presentar una mayor concentración de macro y micronutrientes N, P, K, Ca, Mg y Na (Peralta *et al.*, 2016).

11.1.3 Cantidad de lombrices por kg

A los 90 dds al finalizar el proceso de descomposición de la materia orgánica, se obtuvo un aumento significativo en la cantidad de lombrices juveniles (CLJ), en la cantidad de lombrices adultas (CLA) y en la cantidad de lombrices totales (CLT), cuando se utilizó el tratamiento T3 ($p = 0.0001$).

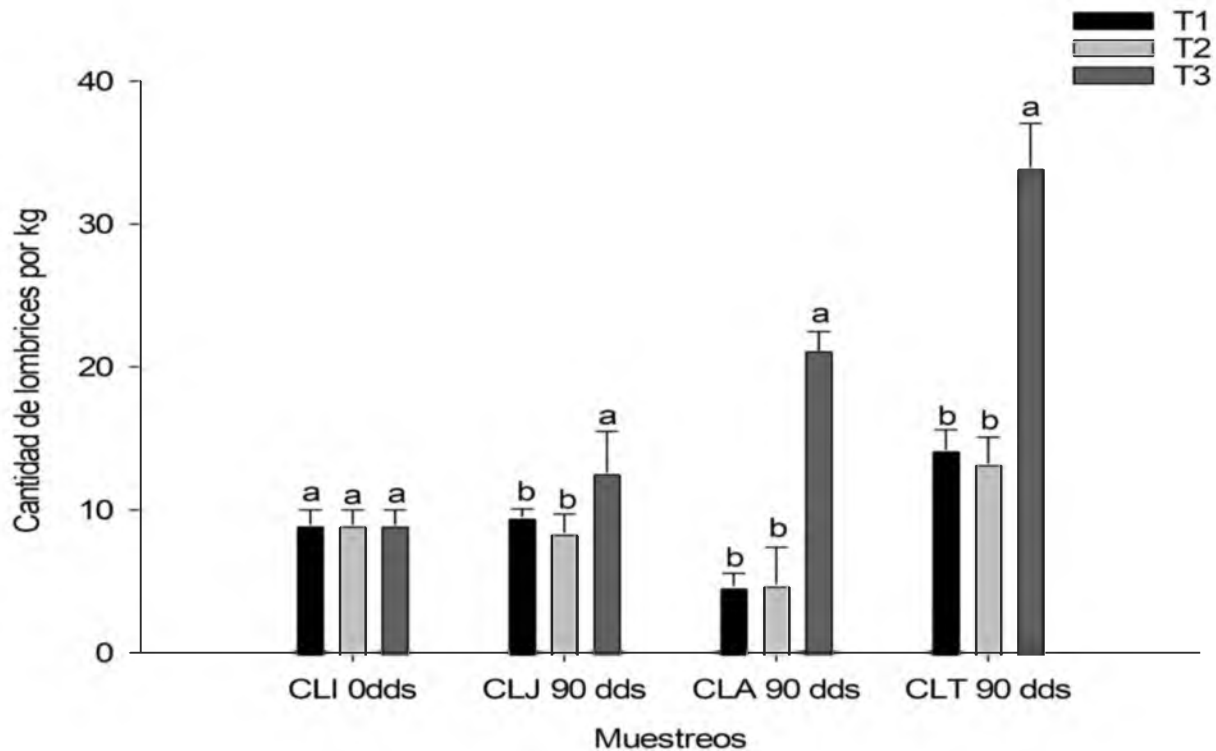


Figura 5: Cantidad de lombrices (*Eisenia foetida*) por kg de lombricomposta en Loma Bonita, Oaxaca. T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/ Vaca (1:1:2) v/v/v. CLI = Cantidad de lombrices iniciales. CLJ = Cantidad de lombrices juveniles. CLA = Cantidad de lombrices adultas. CLT = Cantidad de lombrices totales. Periodo de evaluación del 16 de agosto al 13 de noviembre del 2022. dds = días después de la siembra. Tratamiento con diferente letra es significativamente distinto. (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Las bandas superiores indican el error estándar.

Vodounnou *et al.*, (2016) evaluaron cinco fuentes de materia orgánica distintas en la fabricación de lombricomposta, a base de estiércoles (conejo, oveja, vaca, cerdo, aves de corral) más una fuente vegetal, obteniendo que las lombrices en el estiércol de vaca a los 90 dds incrementaron en un 675 %, pasando de 20 lombrices por kg a 676.65 lombrices al final del experimento. Este mismo comportamiento lo experimentó el tratamiento cerdo al incrementar su población en un 9.71 % a los 90 dds. Chicaiza-

Tejeda, (2007) menciona que la cantidad de lombrices presentes en los estiércoles de vaca y de cerdo, al finalizar el proceso del lombricompostaje, no presentan diferencias significativas entre sí. Por otra parte, Morales *et al.*, (2009) mencionan que el conteo final de lombrices es mayor en los sustratos fabricados con estiércol de cerdo en comparación de los sustratos fabricados a base de estiércol de vaca. Romero *et al.*, (2018) evaluaron 7 tratamientos diferentes entre los que se encontraban CC = cáscara de cacahuate, DB = deyecciones de bovino, DO = deyecciones de ovino y cuatro mezclas distintas, 50 % CC- 50 % DO, 50 % CC – 50 % DB, 50 % DO – 50 % DB y 30 % CC – 35 % DO – 35 % DB. Obteniendo que las mezclas de sustratos 30 % CC – 35 % DO – 35 % DB. incrementó el número de lombrices juveniles y el número de lombrices totales, en comparación a los tratamientos DB y DO por separado. Este comportamiento es explicado por Carrillo *et al.*, (2017) donde mencionan que los abonos orgánicos ricos en N y bajos en C restringe la proliferación de lombrices, como lo fue en el caso de los tratamientos DB y DO por separado. Asu vez, Bawa *et al.*, (2016) mencionan que la reproducción de lombrices optima se logra cuando la relación de C/N se encuentra en equilibrio debido a que las lombrices ocupan el C como fuente de energía y el N como un intermediario para la síntesis de proteínas en su proceso metabólico.

11.1.4 Nitratos (ppm)

De acuerdo con los resultados obtenidos a los 0, 30, 60 y 90 dds, el mejor tratamiento fue el T2 el cual presentó diferencias altamente significativas con el resto de los tratamientos ($p = 0.0001$).

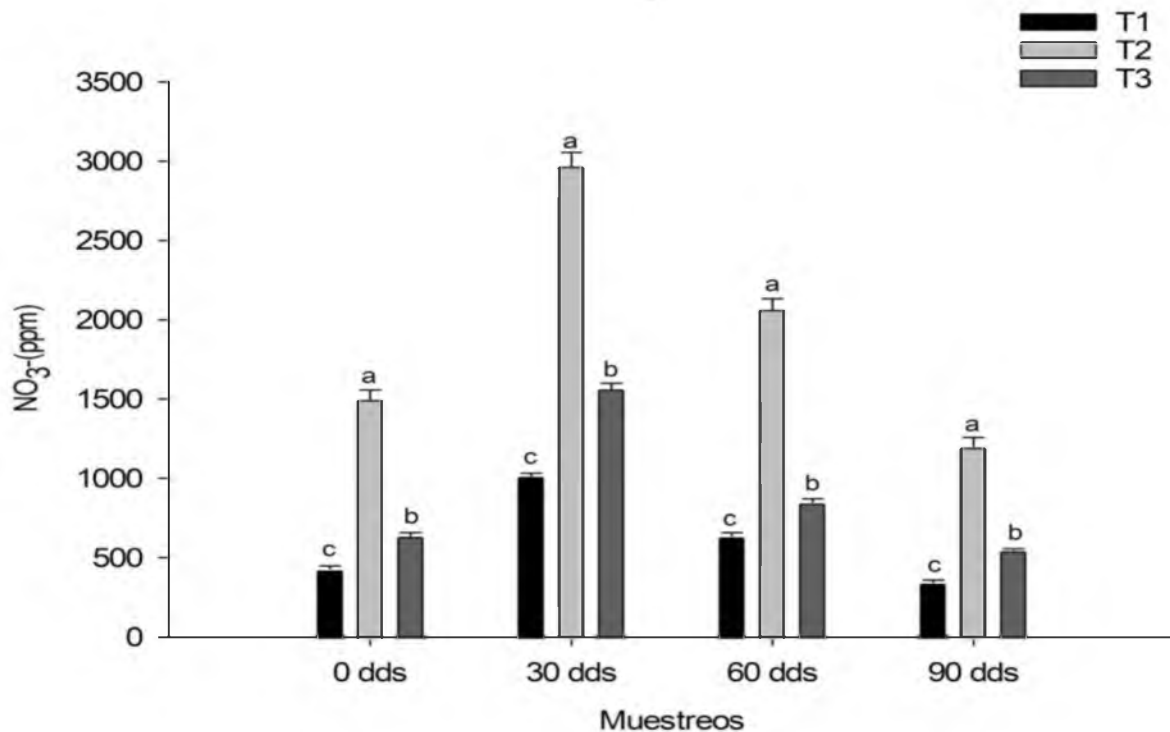


Figura 6: Cantidad de nitratos NO_3^- presentes en los sustratos orgánicos. T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/Vaca (1:1:2) v/v/v. Periodo de evaluación del 16 de agosto al 13 de noviembre del 2022. dds = días después de la siembra. Tratamiento con diferente letra es significativamente distinta. (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Las bandas superiores indican el error estándar.

Lalrinfela y Lalmuanzovi, (2018) realizaron un estudio para determinar contenido de macronutrientes en dos lombricompostas distintas, vaca y cerdo, obteniendo que la lombricomposta fabricada a partir de los estiércoles de cerdo aporta hasta un 9.8 % más de nitrógeno que las lombricompostas fabricadas a partir de estiércoles de vaca. Este mismo resultado lo obtuvo Morales *et al.*, (2009) quienes evaluaron diferentes sustratos orgánicos (vaca, cerdo, caballo y gallinaza) en la producción de lombricomposta, logrando obtener que la cantidad de nitratos aumentó cuando se utilizó excretas de cerdo. También Morales *et al.*, (2009), indican un aumento exponencialmente a los 30 dds y

disminuyendo gradualmente después de los 60 dds, Este comportamiento puede ser explicado por la pérdida constante del nitrógeno en forma de amonio. Así, lo indican De Guardia *et al.*, (2008) mencionan que la mineralización de la materia orgánica, afecta directamente la cantidad presente de nitrógeno en la materia orgánica, debido a la volatilización de este elemento (amonio). Por otra parte, Pinos *et al.*, (2012) indicaron que en excretas de animales obtenidas de sistemas tecnificados fue superior la cantidad de N, estas cantidades fueron obtenidas en dos experimentos en vacas lecheras y credos de granja. Con datos más precisos obtuvieron una concentración de 35.9 N – 6.1 P y 4.6 K, en un sistema no tecnificado en contraparte del tecnificado 129.6 N – 16.7 P y 3.7 K. De la misma manera estos mismos autores reportan concentraciones de 15.1 N – 4.7 P y 2.9 K en un sistema de baja productividad y de 32.0 N – 8.0 P y 3.6 K cuando se utilizó el sistema de alta productividad.

11.1.5 Fosfatos (ppm)

El tratamiento T2 demostró ser estadísticamente superior a los tratamientos T1 y T3 al obtener una concentración mayor de potasio a los 0, 30, 60 y 90 dds ($p = 0.0001$)

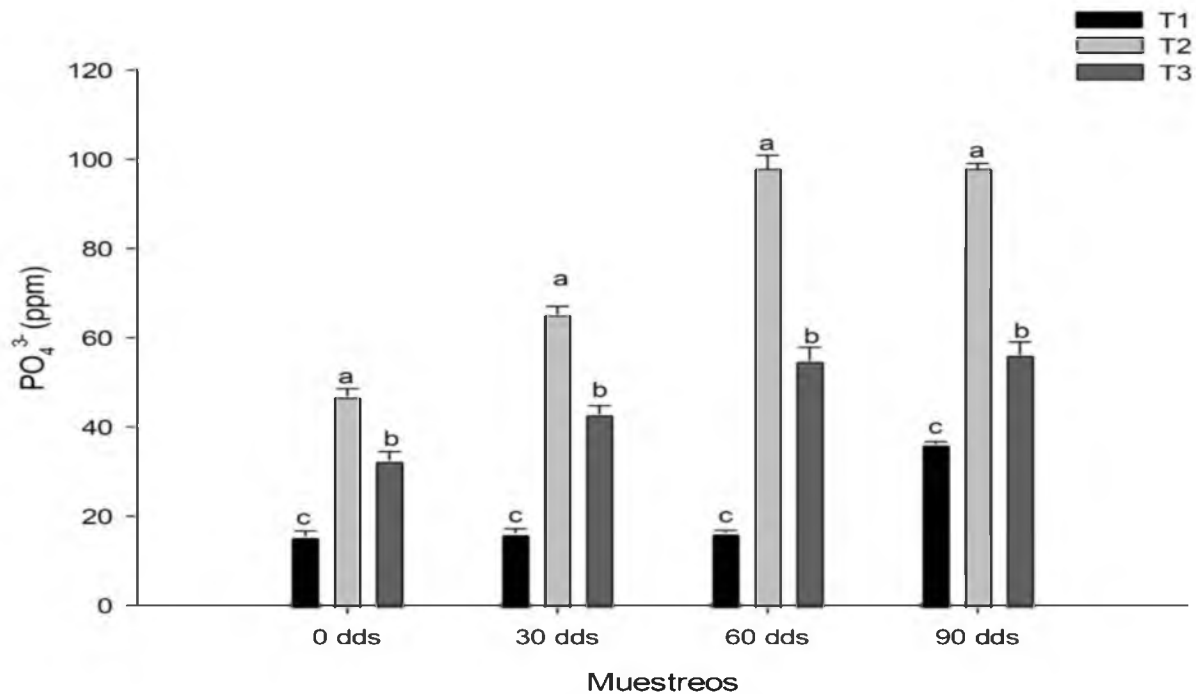


Figura 7: Cantidad de fosfatos PO_4^{3-} presentes en los sustratos orgánicos. T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1), T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/Vaca (1:1:2) v/v/v. Periodo de evaluación del 16 de agosto al 13 de noviembre del 2022. dds = días después de la siembra. Tratamiento con diferente letra es significativamente distinta (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Las bandas superiores indican el error estándar.

Un estudio previo a la siembra de la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* en los estiércoles (conejo, oveja, vaca, cerdo, aves de corral) más una fuente vegetal, demostró que el contenido de fósforo presente en el estiércol de cerdo es superior por 11.90 % al encontrado en estiércol de vaca (Vodounnou *et al.*, 2016). Turab *et al.*, (2020) analizaron 4 fuentes de sustratos orgánicos (suelo agrícola, estiércol de vaca y cerdo y el uso de biocarbón), analizando el contenido inicial y final de nutrientes, presentes en las lombricompostas. Estos mismos autores indican que la lombricomposta de cerdo presentó una concentración inicial (0 dds) de 2.21 g Kg^{-1} y una concentración final (60 dds) de 7.74 g Kg^{-1} , mientras que el tratamiento vaca, presenta una concentración inicial de 3.26 (0 dds) y una final (60 dds) de 3.41 Kg^{-1} , lo que nos indica que el tratamiento

cerdo incrementó su concentración en un 71.44 % mientras que el tratamiento vaca presenta un incremento del 4.39 % durante el proceso de lombricompostaje. Un resultado similar lo obtuvieron Lalrinfela y Lalmuanzovi, (2018) quienes encontraron que la cantidad de fósforo en el estiércol de cerdo presentó un incremento del 42.38. %, en comparación al presentado en el estiércol de vaca. En este mismo sentido Zavela *et al.*, (2017) mencionan que el contenido de fosfatos presentes en la lombricomposta de cerdo, es superior por 8.90 %, a la obtenida en la fabricación con estiércol de vaca.

11.1.6 Potasio (ppm)

A los 0 y 30 dds los tratamientos T2 y T3 no presentaron diferencias significativas entre sí, siendo ambos superiores al tratamiento T1 ($p = 0.0001$). En el tercer y cuarto muestreo a los 60 y 90 dds, el tratamiento T3 obtuvo una concentración mayor de potasio que los tratamientos T2 y T1 ($p = 0.0001$)

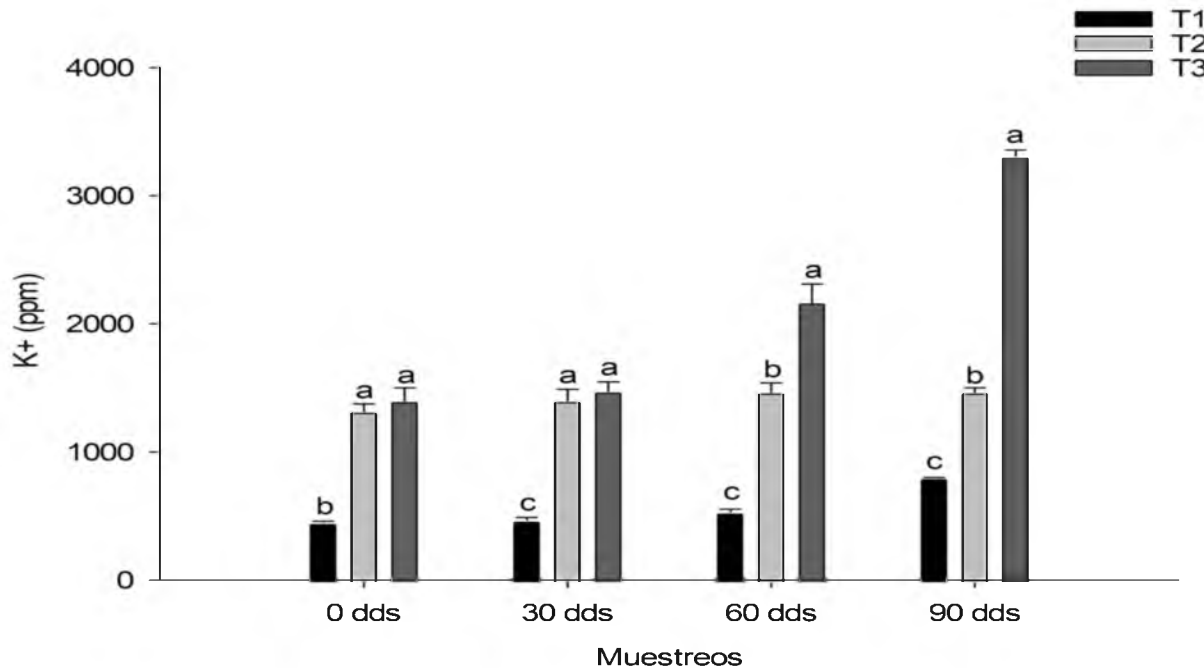


Figura 8: Cantidad de potasio K+ presente los sustratos orgánicos. T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1), T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/Vaca (1:1:2). Periodo de evaluación del 16 de agosto al 13 de noviembre del 2022. dds = días después de la siembra. Tratamiento con diferente letra es significativamente distinto. (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Las bandas superiores indican el error estándar.

Lalrinfela y Lalmuanzovi, (2018) al analizar dos fuentes de lombricomposta (cerdo y vaca) encontraron que la lombricomposta de cerdo aporta 42 % más de potasio que la lombricomposta fabricada a partir de estiércoles vacunos. Zavela *et al.*, (2017) también analizaron el contenido de nutrientes de 3 tipos de lombricomposta distintas (Bovina, Cunicola y Porcina) obteniendo que la lombricomposta fabricada con estiércol de cerdo, presenta un porcentaje mayor de este elemento, que el que se obtiene a partir de la fabricación con estiércol de vaca 60.24%. Por su parte, Turab *et al.*, (2020) pudieron determinar que el contenido de potasio presente en el proceso del lombricompostaje fue

superior por 31.36 % a los 0 dds, en el estiércol de cerdo, que, en el estiércol de vaca, mientras a los 90 dds, la lombricomposta de cerdo fue superior a la lombricomposta de vaca. Por otra parte, Sagasetta, (2016) utilizó diferentes desechos orgánicos (desechos domésticos, estiércoles porcinos y una mezcla de diferentes estiércoles más bokashi y compostaje en pila) en el proceso del lombricompostaje, obteniendo que el contenido de potasio presente en la mezcla de estiércoles (70 % bovino y 30 % caprino) fue superior por 14.19 %, al presentado en la lombricomposta creada con estiércol de cerdo.

11.1.7 Calcio (ppm)

De los cuatro muestreos realizados el tratamiento T1 fue superior estadísticamente al tratamiento T2 y al tratamiento T3 en todas las evaluaciones ($p = 0.0001$). Por otra parte, el tratamiento T3 fue superior al tratamiento T2 en cada uno de los muestreos realizados. El T2 presentó los valores más bajos en cada uno de los muestreos en esta variable.

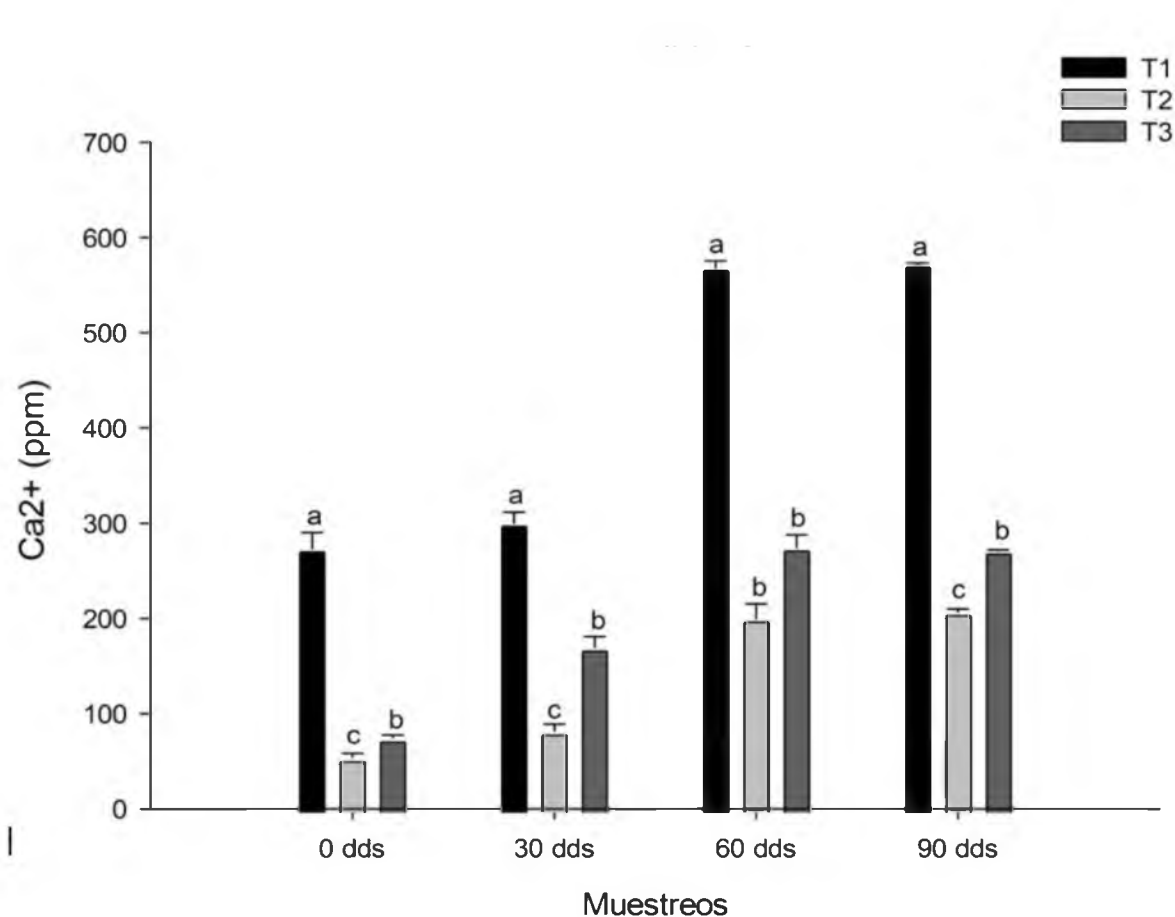


Figura 9: Cantidad de potasio K⁺ presente los sustratos orgánicos. T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/Vaca (1:1:2) v/v/v. Periodo de evaluación del 16 de agosto al 13 de noviembre del 2022. dds = días después de la siembra. Tratamiento con diferente letra es significativamente distinta. (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Las bandas superiores indican el error estándar.

El estudio realizado por Pérez *et al.*, (2008) en donde se evaluó 17 materiales orgánicos, determinó que el contenido inicial de calcio en las muestras analizadas con estiércol de vaca fue superior por 26.86 %, a las muestras analizadas con estiércol de cerdo. Un resultado similar presentó Turab *et al.*, (2020) en donde determinaron que el

contenido final de calcio se incrementa hasta un 20.90 % cuando se utiliza estiércol de vaca y no con el estiércol de cerdo.

11.1.8 pH

Se obtuvo el pH presente en cada uno de los tratamientos T1, T2 y T3 = ocupados para la fabricación de la lombricomposta. En los tres primeros muestreos (0, 30 y 60 dds no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.05$). En el último muestreo a los 90 dds el tratamiento T3 obtuvo diferencias altamente significativas al superar a los tratamientos T1 y T2 por 7.20 y 15.96 % respectivamente ($p = 0.0080$).

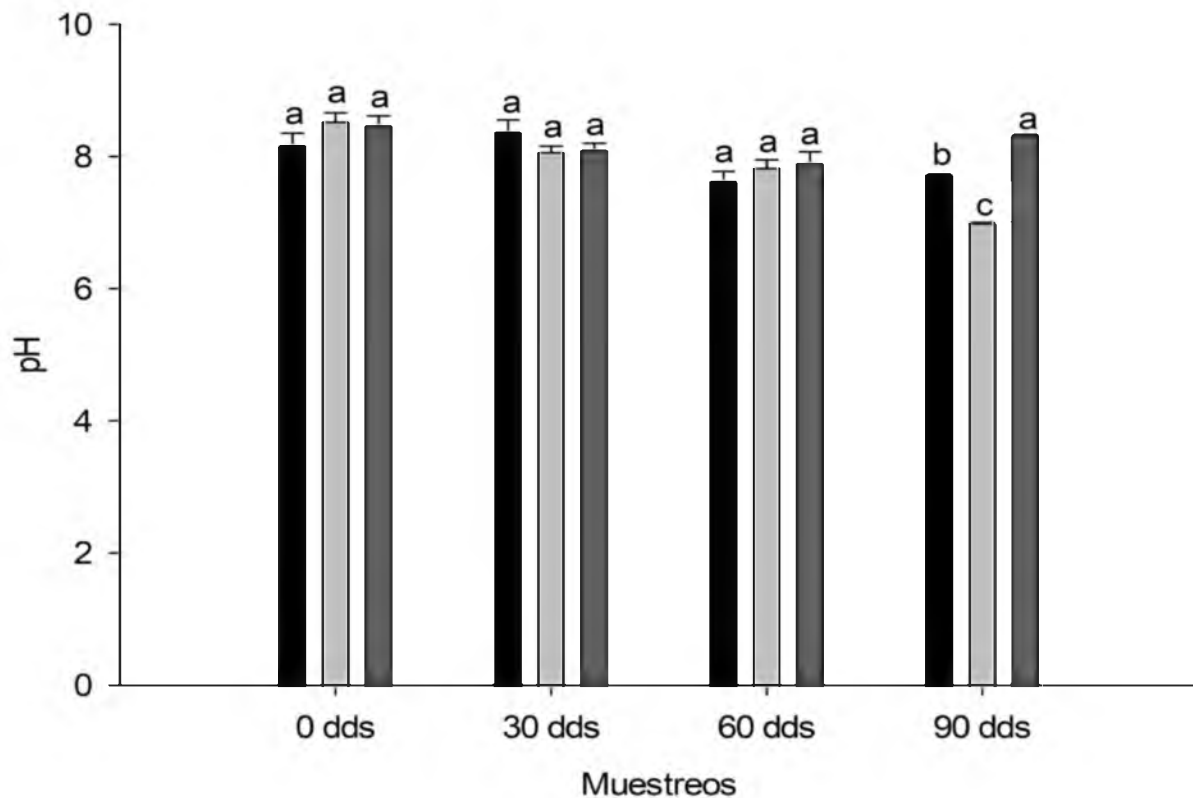


Figura 10: pH promedio presente en los sustratos orgánicos. T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/Suelo, Vaca (1:1:2) v/v/v. Periodo de evaluación del 16 de agosto al 13 de noviembre del 2022. dds = días después de la siembra. Tratamiento con diferente letra es significativamente distinto. (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Las bandas superiores indican el error estándar.

Vodounnou *et al.*, (2016) evaluaron cinco fuentes de materia orgánica distintas en la fabricación de lombricomposta, a base de estiércoles (conejo, oveja, vaca, cerdo, aves de corral) más una fuente vegetal, obteniendo que el estiércol de vaca presentó una alcalinidad mayor que el estiércol de cerdo, los valores fueron de 8.32 y 7.94 respectivamente, siendo estos datos muy similares a los reportados en nuestra

investigación a los 90 dds. La lombricomposta de vaca presentó una ligera alcalinidad mayor que el sustrato de cerdo los cuales fueron de 7.73 y 7 respectivamente. Esta afirmación concuerda con los datos obtenidos en la investigación de Morales *et al.*, (2009) en donde explican que el pH del sustrato vaca y cerdo presentan un ligero incremento y decremento en el valor de esta variable durante su periodo de descomposición, presentando una disminución al final de este proceso, siendo el pH de vaca el que presentó una alcalinidad mayor llegando a presentar un valor de 8.74, mientras que los sustratos fabricados a base de estiércoles de cerdo presenta un pH inferior, llegando casi a la neutralidad con un valor de 7.0. Turab *et al.*, (2020) mencionan que el pH final de la lombricomposta generada con estiércoles de vaca presentó un ligero incremento que las lombricompostas generadas con estiércoles de cerdo, obteniendo valores de 7.14 y 6.95 respectivamente. Los datos obtenidos de los autores citados concuerdan con los datos obtenido en nuestra investigación, en donde al finalizar el proceso de lombricomposteo, se presenta una disminución de esta variable. El sustrato de cerdo el que presenta los valores más bajos en comparación al tratamiento T1 = Vaca y T3 = Borrego/Cerdo/Suelo (1:1:2) v/v/v.

11.1.9 CE (dS/m⁻¹)

En los cuatro muestreos realizados 0,30, 60 y 90 dds el tratamiento T2 supero a los tratamientos T1 y T2 en la cantidad de conductividad eléctrica presente en el sustrato ($p = 0.0001$).

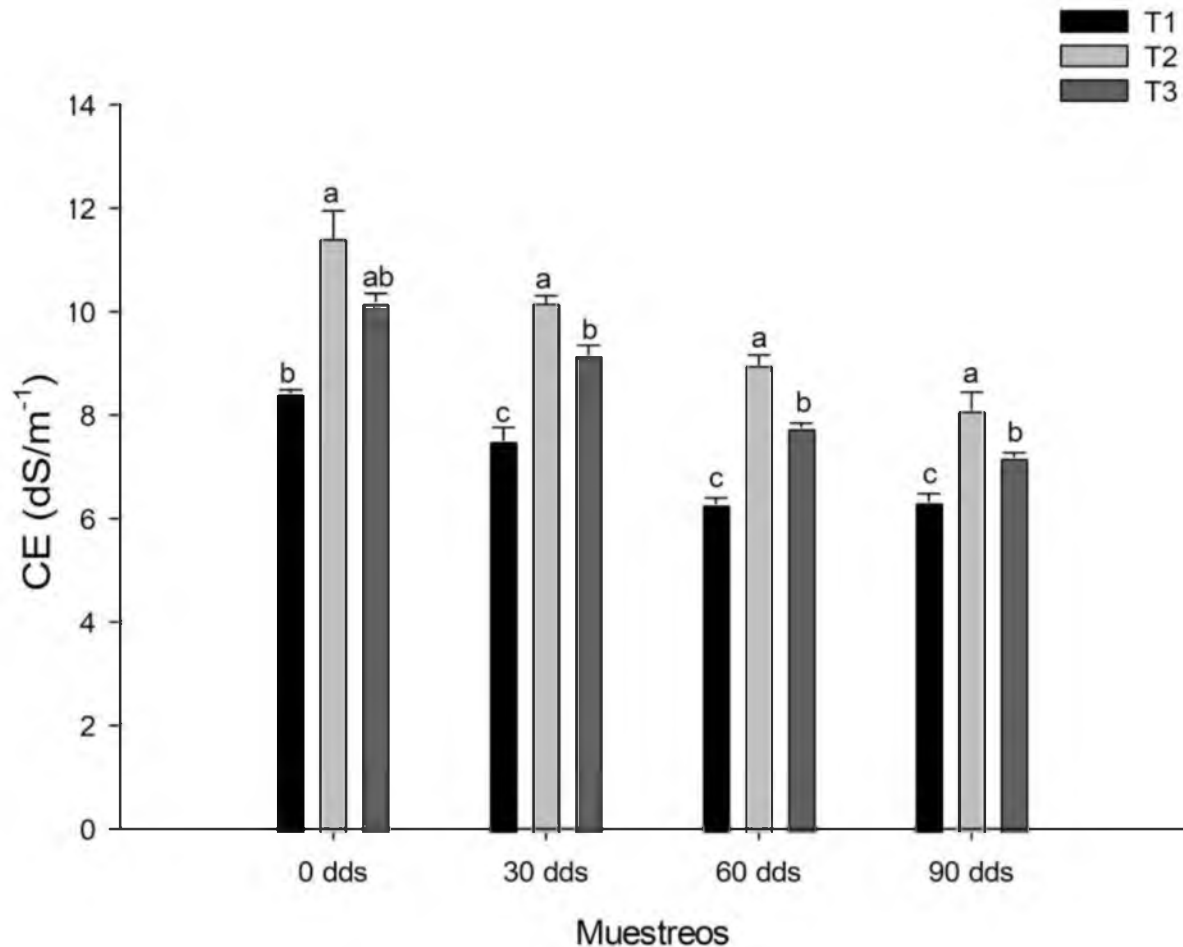


Figura 11: Conductividad eléctrica (CE) presente en los sustratos orgánicos. T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego, Cerdo/Suelo, Vaca (1:1:2) v/v/v. Periodo de evaluación del 16 de agosto al 13 de noviembre del 2022. dds = días después de la siembra. Tratamiento con diferente letra es significativamente distinto. (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Las bandas superiores indican el error estándar.

Un estudio reciente publicado por Turab *et al.*, (2020) en una investigación sobre la recuperación de nutrientes durante el proceso de lombricompostaje en los estiércoles de vaca, cerdo y biocarbón, obtuvieron que la lombricomposta fabricada con estiércol de

cerdo presentó un índice mayor de CE que la lombricomposta fabricada con estiércoles de vaca. La CE inicial en el estiércol de cerdo alcanzó un valor de 7.61 dS/m^{-1} mientras que al finalizar este proceso presentó un valor de 2.19. Por otra parte, el estiércol de vaca presentó un valor inicial de 7.74 dS/m^{-1} y finalizó con un valor de 2.19. Morales *et al.*, (2009) realizaron una investigación donde se evaluó la producción de lombricomposta utilizando diferentes sustratos orgánicos; Concluyendo que la conductividad eléctrica presente en la lombricomposta elaborada con estiércoles de cerdo es muy superior a la lombricomposta elaborada con estiércoles de vaca. La lombricomposta de cerdo presentó una conductividad eléctrica de (11.24 dS/m^{-1}) mientras que la lombricomposta de vaca presentó valores de (8.04 dS/m^{-1}) datos muy parecidos a los obtenidos en nuestro primer muestreo a los 0 dds en nuestra investigación en donde se presentaron los valores más altos de esta variable, los cuales disminuyeron con el paso de los días. Este fenómeno está muy relacionado con lo mencionado por Pino *et al.*, 2005, en donde mencionan que las diferencias observadas en los cambios de conductividad eléctrica con respecto al tiempo, se deben principalmente a la descomposición química de los residuos orgánicos y a la posible lixiviación de las sales, que puede relacionarse con los riegos frecuentes que el sustrato recibía para mantener la humedad constante de esta.

11.2 *Capsicum chinense* Jacq

11.2.1 Diámetro del tallo (mm)

El diámetro del tallo a los 15 y 30 ddt fue superior en el híbrido Rey Votan presentando una superioridad sobre el híbrido Kabal ($p = 0.0001$), a los 45, 60, 75 y 90 ddt los dos híbridos se comportaron prácticamente de la misma manera al no presentar diferencias significativas entre sí ($p = 0.05$).

Los tratamientos T1 = Vaca, T2 = Cerdo/Suelo T3 = Borrego/Cerdo/Suelo y T4 = Tezontle/Steiner presentaron diferencias significativas a los 30, 45 y 75 ddt. A los 30 ddt, el tratamiento T2 fue muy superior a los demás tratamientos T1, T3 y T4 ($p = 0.0011$). A los 45 ddt el tratamiento T2 siguió presentando el mismo comportamiento, superando a los tratamientos T1, T3 y T4 ($p = 0.0151$). A los 75 ddt, el tratamiento T4 fue superior al tratamiento T1 ($p = 0.154$). A los 90 dds los tratamientos no mostraron diferencias significativas.

El híbrido Kabal en el segundo muestreo a los 30 ddt, presentó los mejores resultados sobre el diámetro del tallo cuando se fertiliza con el tratamiento T2 al presentar superioridad sobre el tratamiento T1 en el híbrido Rey Votan ($p = 0.0248$), mientras que sobre este mismo híbrido el incremento presentado fue sobre los tratamientos T1, T3 y T4. El híbrido Rey Votan solo presentó diferencias significativas cuando se fertilizó con el tratamiento T2 al presentar un incremento del 15.78 % sobre la interacción Rey Votan T1, mientras que en el híbrido Kabal este incremento se vio reflejado sobre los tratamientos T3 y T4 superándolos por 24.43 y 20.30 % respectivamente.

Tabla 4: Diámetro del tallo de los híbridos Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.).

Diámetro del tallo (mm)											
15 ddt	e.e	30 ddt	e.e	45 ddt	e.e	60 ddt	e.e	75 ddt	e.e	90 ddt	e.e

Híbridos												
Kabal	2.75	0.100	4.53	0.149	7.28	0.266	8.28	0.324	10.17	0.316	14.04	0.852
	b		b		a		a		a		a	
Rey Votan	3.26	0.202	4.93	0.110	7.12	0.227	8.43	0.225	10.37	0.302	13.31	0.666
	a		a		a		a		a		a	
Híbridos	***		***		n/s		n/s		n/s		n/s	
Tratamientos												
T1	3.85	0.868	4.38	0.0214	6.38	0.73	7.46	0.581	9.07	0.994	11.54	0.708
	a		b		b		a		b		a	
T2	3.09	0.418	5.46	0.2445	8.22	0.632	8.85	0.566	10.43	0.662	14.58	1.131
	a		a		a		a		ab		a	
T3	3.04	0.360	4.66	0.232	6.38	0.428	8.58	0.375	10.66	0.429	15.05	1.889
	a		b		b		a		ab		a	
T4	2.55	0.216	4.43	0.130	7.37	0.385	8.52	0.368	10.92	0.456	13.53	1.131
	a		b		ab		a		a		a	
Tratamientos	n/s		**		**		n/s		**		n/s	
Interacción Híbrido-Tratamiento												
Kabal T1	2.62		4.27		6.76		7.34		8.81		11.57	
			bcd									
Kabal T2	3.12		5.59		8.43		9.05		10.78		14.48	
			a									
Kabal T3	2.68		4.02		6.47		8.24		12.59		14.71	
			d									
Kabal T4	2.60		4.24		7.45		8.48		12.07		15.39	
			cd									
Rey Votan T1	4.26		4.48		6.00		7.58		9.75		11.50	
			bcd									
Rey Votan T2	3.08		5.32		8.01		8.65		10.80		11.50	
			ab									
Rey Votan T3	3.16		5.31		7.21		8.93		13.60		15.39	
			abc									
Rey Votan T4	2.53		4.63		7.26		8.57		10.99		15.39	
			abcd									
H*T	n/s		**		n/s		n/s		n/s		n/s	
Vp	0.0534		0.0001		0.0151		0.5828		0.1541		0.2010	

n/s = No hay significancia, * 0.05, ** 0.01, *** 0.001. Medias con letras iguales en las columnas no difieren significativamente, prueba de (Tukey $\alpha \leq 0.05$). T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/ Vaca (1:1:2) v/v/v, T4 = Tezontle/Steiner. dds = días después del trasplante. H*T = Interacción de híbridos con tratamientos. Vp = Valor de p. Periodo de evaluación de los 15 ddt a los 90 ddt.

Javier *et al.*, (2022) realizaron una investigación en el cultivo de chile habanero híbrido Chichen Itzá, en donde evaluaron la producción con lombricomposta y fertilización química, obteniendo que la fertilización con lombricomposta incrementó el grosor del tallo en comparación a la fertilización química a los 66 ddt. Enow *et al.*, (2023) evaluaron dos híbridos de chile habanero, Safi y Big Sun, bajo seis fuentes de fertilización, tres tratamientos con fertilizante convencional a diferentes dosis (20 N - 10 P - 10 K) a 250, 350 y 450 kg/ha⁻¹ y dos tratamientos de fertilizante orgánico de estiércol de aves de corral a diferentes dosis 20 y 30 kg/ha⁻¹. Estos investigadores reportaron que la fertilización orgánica en ambas dosis aumenta significativamente el diámetro de las plantas, en comparación a las plantas sin fertilizar y a las plantas tratadas con diferentes dosis de fertilización química. Raghunauth *et al.*, (2023) evaluaron cuatro tratamientos: testigo absoluto, vermicomposta más 350 kg/ha⁻¹ de NPK, vermicomposta más 10 t/ha⁻¹ de gallinaza y gallinaza más 350 kg/ha⁻¹ de N-P-K, obteniendo que la fertilización química 350 kg/ha⁻¹ de N-P-K más vermicomposta incrementa el diámetro del tallo en las plantas de *Capsicum annuum* sobre los demás tratamientos. Tucuch *et al.*, (2021) estudiaron el cultivo de chile habanero bajo tres fuentes distintas de fertilizante (química N-P-K, orgánica "lombricomposta" y una mezcla 1:1 de estos dos últimos tratamientos) logrando determinar que el tipo de fertilización no tiene influencia sobre el diámetro en el cultivo de chile habanero.

11.2.2 Altura de planta (cm)

Los resultados de esta variable se pueden apreciar en la Tabla 4 que el híbrido Kabal presentó una superioridad estadística numérica sobre el híbrido Rey Votan en cada uno de los muestreos realizados, siendo superior estadísticamente en los días 15, 30 y 90 ddt ($p = 0.0456, 0.0045$ y 0.0365) pero siendo estadísticamente iguales a los 60 y 75 ddt ($p = 0.05$).

A los 15 ddt, el tratamiento T2 fue superior estadísticamente a los demás tratamientos ($p = 0.0167$), mientras que a los 30 ddt, este incremento se presentó por ($p = 0.0213$). El tratamiento T4 fue superior estadísticamente a los demás tratamientos a los 75 ddt, en donde presentó ($p = 0.0028$). A los 45 y 60 ddt el tratamiento T2 y T4 presentaron prácticamente el mismo comportamiento siendo estadísticamente iguales, superando a los tratamientos T1 y T3 ($p = 0.0111$ y 0.0320). A los 90 ddt todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales por lo que no se presentaron diferencias significativas entre ellos ($p = 0.0639$).

La altura de la planta del híbrido Kabal fue superior a las demás interacciones cuando se fertilizó bajo el tratamiento T2 a los 45 ddt, al presentar un incremento del 31.17 % sobre la interacción Kabal T3 ($p = 0.0001$) y del 35.68 % sobre la interacción Rey Votan T1

Tabla 5: Altura de planta del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.)

Altura de planta (cm)												
	15 ddt	e.e	30 ddt	e.e	45 ddt	e.e	60 ddt	e.e	75 ddt	e.e	90 ddt	e.e
Híbridos												
Kabal	12.28	0.160	19.73	1.013	33.75	1.64	51.25	1.704	66.22	2.375	94.86	5.02
	a	1	a		a	9	a		a		a	8
Rey Votan	10.15	0.184	18.19	1.597	30.71	1.41	47.84	1.853	61.65	2.372	86.34	4.04
	b	4	b		b	3	a		a		b	8

Híbridos	*		**		n/s		n/s		n/s		*	
Tratamientos												
T1	10.1	0.594	18.72	1.229	29.15	1.25	46.43	1.273	54.97	2.400	94.60	4.47
	2	2	bc		b	6	b	4	b		a	8
	b											
T2	12.6	0.523	21.43	1.013	35.61	2.20	51.04	2.057	62.65	2.655	97.87	4.52
	7	4	a	6	a	2	a		b		a	5
	a											
T3	10.5	0.476	16.45	0.699	27.97	1.54	43.36	1.666	57.46	2.923	89.17	3.98
	9 b	4	c		b	7	b		b		a	8
T4	11.3	0.347	19.16	0.623	36.19	1.06	57.33	1.628	74.81	2.018	87.95	5.16
	7	8	ab	4	a	9	a		a	4	a	0
	ab											
Tratamientos	*		*		*		*		**		n/s	
Interacción Híbrido-Tratamiento												
Kabal T1	2.62		20.41		33.50		50.97		68.13		96.53	
					abc							
Kabal T2	3.12		22.90		38.56		52.31		54.20		113.3	
					a						3	
Kabal T3	2.68		16.85		26.31		42.55		81.83		106.5	
					bc						3	
Kabal T4	2.60		18.75		36.66		59.11		94.00		103.0	
					a						3	
Rey Votan T1	4.26		17.02		24.80		41.88		73.07		78.67	
					c							
Rey Votan T2	3.08		19.96		32.69		49.77		83.90		88.00	
					abc							
Rey Votan T3	3.16		16.05		29.63		49.77		77.57		85.81	
					abc							
Rey Votan T4	2.53		19.58		35.71		55.55		85.37		92.87	
					ab							
H*T	n/s		n/s		***		n/s		n/s		n/s	
Vp	0.000		0.000		0.000		0.000		0.000		0.013	
	1		1		1		8		2		4	

n/s = No hay significancia, * 0.05, ** 0.01, *** 0.001. Medias con letras iguales en las columnas no difieren significativamente, prueba de (Tukey $\alpha \leq 0.05$). T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/ Vaca (1:1:2) v/v/v, T4 = Tezontle/Steiner. dds = días después del trasplante. H*T = Interacción de híbridos con tratamientos. Vp = Valor de p. Periodo de evaluación de los 15 ddt a los 90 ddt.

Javier *et al.*, (2022) obtuvieron que las plantas de *C. chinense* fertilizada con lombricomposta al 100 % fueron muy superiores a las plantas tratadas con fertilización convencional, presentado una superioridad estadística sobre este último tratamiento a los 59, 66, 73, 80 y 122 ddt, siendo estadísticamente iguales a los 45, 87, 108 y 115 ddt y siendo superior el tratamiento químico al orgánico solo a los 101 ddt. Datos parecidos fueron reportados por Tlelo *et al.*, (2020) en donde encontraron que la aplicación de fertilizante convencional (40N-20P-40K, 80N-40P-80K y 120N-60P-120K) sobre las plantas de *Capsicum annuum* incrementan la altura de las plantas en comparación la aplicación orgánica de estiércoles de ganado vacuno y ovino. Por otra parte, la evaluación realizada por Enow *et al.*, (2023) obtuvo que la fertilización orgánica a base de estiércol de ave aumentó significativamente la altura de las plantas, en comparación a las plantas sin fertilizar y a las plantas tratadas con diferentes dosis de fertilización convencional. Mientras que Tucuch *et al.*, (2021) afirman que el tipo de fertilización orgánica (humus de lombriz) como química (convencional) no tienen influencia sobre la variable altura en el cultivo de chile habanero.

11.2.3 Número de flores

En la Tabla 6 se muestra el número de flores presentes en las plantas de los híbridos utilizados en la investigación, en donde se puede observar que el híbrido Kabal fue superior estadísticamente al híbrido Rey Votan a los 90, 105 y 120 ddt, ($p = 0.0001$). Mientras que a los 135, 150 y 165 ddt no se presentaron diferencias significativas ($p = 0,0578, 0.0726$ y 0.0789).

Por otra parte, no se presentaron diferencias significativas entre-tratamientos a los 90, 105, 120, 150 y 165 ddt ($p = 0.0592, 0.0601, 0.0874, 0.0642$ y 0.1972 respectivamente), Mientras, que a los 135 ddt, el mejor tratamiento fue el T4 mostrando diferencias altamente significativas con el resto de los tratamientos ($p = 0.0165$).

Tabla 6: Número de flores por planta del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.).

Número de flores												
	90 ddt	e.e	105 ddt	e.e	120 ddt	e.e	135 ddt	e.e	150 ddt	e.e	165 ddt	e.e
Híbridos												
Kabal	5.61 a	1.6283	6.23 a	1.624	9.21 a	2.163	68.17 a	12.981	59.25 a	10.153	67.45 a	9.33
Rey Votan	2.41 b	0.607	2.80 b	0.513	4.63 b	0.836	87.02 a	18.446	58.67 a	7.019	66.72 a	7.54
Híbridos	***		***		***		n/s		n/s		n/s	n/s
Tratamientos												
T1	4.33 a	1.71	5.38 a	1.314	6.64 a	2.161	56.67 b	6.106	55 a	12.897	63 a	8.434
T2	4.49 a	1.037	5.53 a	1.287	9.13 a	1.827	79.33 ab	16.783	57 a	11.2	65.75 a	9.722
T3	3.72 a	0.919	3.14 a	0.833	5.46 a	0.927	54.33 b	18.036	55.83 a	6.010	63.25 a	7.908
T4	3.50 a	0.804	4.01 a	0.691	6.65 a	1.092	120.17 a	21.92	68 a	4.255	72.55 a	6.92
Tratamientos	n/s		n/s		n/s		**		n/s		n/s	

H*T	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s
V p	0.2550	0.2070	0.0532	0.0372	0.7656	0.8324

n/s = No hay significancia, * 0.05, ** 0.01, *** 0.001. Medias con letras iguales en las columnas no difieren significativamente, prueba de (Tukey $\alpha \leq 0.05$). T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/ Vaca (1:1:2) v/v/v, T4 = Tezontle/Steiner. dds = días después del trasplante. H*T = Interacción de híbridos con tratamientos. Vp = Valor de p. Periodo de evaluación de los 90 ddt a los 165 ddt.

En investigaciones parecidas a la nuestra han encontrado que el tipo de fertilización tanto química (N – P – K) como orgánica (estiércol de ganado vacuno, avícola y ovino), así como las mezclas de distintos estiércoles no influye en el contenido de flores presente en las plantas de *Capsicum annuum* L (Abu-Zahra, 2012 y Ortiz-Rocha, 2017). Por otra parte, Javier *et al.*, (2022) mencionan que el contenido de flores presentes en las plantas de chile habanero incrementó con el uso de fertilizantes a base lombricomposta en comparación del tratamiento químico. Lara-Capistrán *et al.*, (2020) obtuvieron que la fertilización química al 100 % incrementó el número de flores por planta en el cultivo de *Capsicum annuum* L. en comparación a los tratamientos en donde se utilizó *Bacillus subtilis* y lombricomposta.

11.2.4 Área Foliar (cm²)

El efecto de las lombricompostas T1, T2, y el tratamiento químico T4, sobre el área foliar presentada en cada uno de los cortes realizados a los 90, 105, 120, 135, 150 y 165 ddt, en los híbridos de chile habanero Kabal y Rey Votan, no presentó diferencias significativas ($p = 0.0732, 0.0894, 0.0572, 0.0783, 0.698$ y 0.0748).

Mientras que los tratamientos empleados en la fertilización de los dos híbridos antes mencionados, no presentaron diferencias significativas entre sí a los 120, 135, 150 y 165 ddt ($p = 0.0578, 0.0871, 0.0869$ y 0.0612). Siendo el primer muestreo a los 15 ddt y el segundo a los 30 ddt, en donde se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.0018$ y 0.0001). El tratamiento T4 presentó los mejores resultados en comparación con los tratamientos T1, T2 y T3 ($p = 0.0001$), mientras que a los 105 ddt, el tratamiento T4 = Tezontle/Steiner, presentó un incremento sobre este variable ($p = 0.0001$).

Tabla 7: Área foliar cm² de las hojas de las plantas del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.).

Área Foliar (cm ²)												
	90 ddt	e.e	105 ddt	e.e	120 ddt	e.e	135 ddt	e.e	150 ddt	e.e	165 ddt	e.e
Híbridos												
Kabal	7.62	0.93	7.72	0.96	7.34	1.39	7.90	2.58	5.51	0.847	5.35	0.786
	a	1	a	2	a	4	a	3	a		a	
Rey Votan	7.68	0.72	7.88	0.63	8.45	0.78	8.82	1.92	5.31	1.020	5.06	0.526
	a	6	a	17	a	3	a	8	a		a	
Híbridos	n/s		n/s		n/s		n/s		n/s		n/s	
Tratamientos												
T1	6.03	1.24	6.83	0.63	6.09	1.02	7.43	2.20	5.92	1.199	5.68	0.923
	b	1	bc	1	a	4	a	6	a		a	
T2	9.31	1.04	8.44	0.972	8.65	0.778	8.69	3.6	4.63	0.586	4.35	0.590
	a	1	ab		a		a		a		a	
T3	5.92	0.44	5.79	0.59	6.49	0.52	7.60	0.54	5.01	0.77	4.92	0.772
	b	5	c	3	a	6	a	6	a		a	

T4	9.35	1.04	10.14	0.59	8.34	1.82	7.72	1.32	6.10	0.757	5.88	0.427
	a	7	a	5	a	7	a	7	a		a	
Tratamientos	**		***		n/s		n/s		n/s		n/s	
H*T	n/s		n/s		n/s		n/s		n/s		n/s	
Vp	0.00		0.0001		0.053		0.050		0.056		0.388	
	18				6		8		5		2	

n/s = No hay significancia, * 0.05, ** 0.01, *** 0.001. Medias con letras iguales en las columnas no difieren significativamente, prueba de (Tukey $\alpha \leq 0.05$). T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/ Vaca (1:1:2) v/v/v, T4 = Tezontle/Steiner. dds = días después del trasplante. H*T = Interacción de híbridos con tratamientos. Vp = Valor de p. Periodo de evaluación de los 90 ddt a los 165 ddt.

Luna-Fletes *et al.*, (2021) evaluaron dos fertilizantes orgánicos líquidos en combinación con *Purpureocillium lilacinum* y *Beauveria brongniartii* en el crecimiento del área foliar de plántulas de chile habanero. Estos mismos autores indican que el área foliar del cultivo se incrementó hasta un 37.96 % cuando se utiliza fertilización química (Steiner al 25 %) en comparación a cuando se utilizó fertilización orgánica (lixiviado de lombricomposta más *B. brongniartii*). Este mismo resultado lo obtuvo Abu-Zahra, (2012) quien evaluó el efecto de cuatro fuentes de materia orgánica fermentada (estiércol de ganado vacuno, avícola y ovino) más una mezcla de estos tres estiércoles 1:1:1 y fertilización convencional obteniendo que las plantas de *Capsicum annuum* L. que recibieron fertilización convencional incrementaron su área foliar un 41.45 % en comparación a la fertilización con estiércol de ganado solarizado, 19.28 % al estiércol de aves de corral, 16.91 % al estiércol de oveja y un 38.16 % en comparación a la mezcla de estos tres estiércoles. Shrestha *et al.*, (2013) obtuvieron que la fertilización inorgánica incrementa el área foliar hasta un 6.11 % en el cultivo de (*Capsicum annuum* L.) en comparación a las aplicaciones de fertilizante orgánico (compost).

11.2.5 Clorofila a ($\mu\text{g mL}^{-1}$)

En la Tabla 8 se muestra el contenido de clorofila de los híbridos y los tratamientos utilizados en el experimento. El híbrido Kabal presentó una superioridad a los 90 ddt ($p=0.0001$) y a los 105 ddt ($p=0.467$) sobre el híbrido Rey Votan al presentar un incremento en el contenido de clorofila a. A los 120, 150 y 165 ddt no se presentó diferencias significativas entre los híbridos evaluados ($p=0.05$). Mientras que a los 135 ddt el híbrido Rey Votan fue superior al híbrido Kabal en esta variable ($p=0.0001$)

Los tratamientos T1, T2, T3 y T4 = Tezontle/Steiner, no presentaron diferencias significativas en dos de los seis tratamientos evaluados, 120 y 165 ddt ($p=0.05$). El tratamiento T1 fue superior a los tratamientos T2, T3 y T4 a los 90 ddt ($p=0.0001$). Mientras que a los 105 ddt, el tratamiento T3 presentó incremento en su índice de clorofila sobre los tratamientos T1, T2 y T4. A los 135 ddt. El tratamiento T1 y T4 fueron superiores a los tratamientos T2 y T3. El tratamiento T1 fue superior al tratamiento T2 y T3 ($p=0.0001$). El tratamiento T4 superó al tratamiento T2 y T4 ($p=0.0001$). En el sexto muestreo 165 ddt el tratamiento T4 fue superior a los tratamientos T1, T2 y T3 = ($p=0.0001$).

A los 90 ddt, la interacción del híbrido Rey Votan con los tratamientos T1 y T2 mostraron una mayor concentración de clorofila a, al ser estadísticamente superior a las demás interacciones ($p=0.0001$), A los 105 ddt, la interacción Rey Votan T3 supero a las demás interacciones al ser estadísticamente superior, en esta variable ($p=0.0035$). A los 135 ddt, el tratamiento T4 en el híbrido Rey votan presentó una mayor concentración de clorofila a, que las demás interacciones ($p=0.0076$). En el cuarto y quinto muestreo (135 y 150 ddt) la interacción Rey Votan T4 fue estadísticamente superior a las demás interacciones. En el último muestro a los 165 ddt, no se presentaron diferencias significativas entre las interacciones.

Tabla 8: Clorofila A de las hojas en las plantas del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.).

Clorofila a ($\mu\text{g mL}^{-1}$)

	90 ddt	e.e	105 ddt	e.e	120 ddt	e.e	135 ddt	e.e	150 ddt	e.e	165 ddt	e.e
Híbridos												
Kabal	3.64		5.58		4.67		3.69		1.10		2.69	
	a		a		a		b		a		a	
Rey Votan	3.34		4.93		4.86		5.16		1.14		3.00	
	b		b		a		a		a		a	
Híbridos	***		*		n/s		***		n/s		n/s	
Tratamientos												
T1	4.55		5.57		4.54		5.37		0.95		2.25	
	a		ab		a		a		bc		a	
T2	3.58		5.00		4.36		3.17		0.25		2.48	
	b		ab		a		c		c		a	
T3	3.12		6.06		4.80		4.19		1.30		2.87	
	c		a		a		b		ab		a	
T4	2.70		4.38		5.36		4.98		1.98		3.77	
	d		b		a		a		a		a	
Tratamientos	***		**		n/s		***		***		n/s	
Interacción Híbrido-Tratamiento												
Kabal T1	3.84		6.46		4.01		5.92		1.22		2.33	
	b		ab		b		a		ab			
Kabal T2	4.28		5.41		3.86		1.87		0.28		2.44	
	b		abc		b		e		b			
Kabal T3	3.25		5.17		4.52		2.95		1.45		2.20	
	c		abc		ab		de		ab			
Kabal T4	3.18		5.27		6.28		4.03		1.44		3.79	
	c		abc		a		cd		ab			
Rey Votan T1	5.26		4.68		5.06		4.81		0.67		2.18	
	a		bc		ab		abc		b			
Rey Votan T2	2.89		4.59		4.87		4.47		0.22		2.53	
	a		bc		ab		bc		b			
Rey Votan T3	2.98		6.69		5.07		5.44		1.15		3.54	
	c		a		ab		ab		b			
Rey Votan T4	2.23		3.50		4.44		5.93		2.51		3.75	
	d		c		ab		a		a			
H*T	***		**		**		***		*		n/s	

V p 0.0001 0.0009 0.209 0.0001 0.0004 0.9514

n/s = No hay significancia, * 0.05, ** 0.01, *** 0.001. Medias con letras iguales en las columnas no difieren significativamente, prueba de (Tukey $\alpha \leq 0.05$). T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/ Vaca (1:1:2) v/v/v, T4 = Tezontle/Steiner. dds = días después del trasplante. H*T = Interacción de híbridos con tratamientos. Vp = Valor de p. Periodo de evaluación de los 90 ddt a los 165 ddt.

Sally y El-Ezz, (2018) midieron los parámetros del rendimiento y calidad de los frutos de pimiento dulce *Capsicum annuum* L. afectados por la fertilización química fosfatada y el abono urbano. Encontrando que la aplicación de fertilizantes químicos con base en fósforo, incrementa un 2.83 % el contenido presente de clorofila a en las hojas de las plantas en comparación con las aplicaciones realizadas de manera orgánica. Ganeshnauth *et al.*, (2019) quienes evaluaron dos fuentes de fertilizantes orgánicos (Promix y lombricomposta) más una fuente química “189” y un tratamiento control. Estos autores encontrando que el tratamiento orgánico a base de lombricomposta incrementa el índice de clorofila a en las hojas de las plantas en un 20.51 % en comparación al tratamiento químico, mismo que superó en 9.67 % al tratamiento orgánico con base en Promix. Por otra parte, Omar *et al.*, (2018) quienes estudiaron el efecto de la fertilización mineral, orgánica y biológica sobre el cultivo de pimiento dulce (*Capsicum annuum* L.) cultivado en condiciones de casa sombra en dos ciclos diferentes 2014/2015. Obtuvieron que la concentración de clorofila a, en las hojas de las plantas que se fertilizaron químicamente presentó un incremento del 8.82% en el ciclo 2014 y del 7.14 % en el ciclo 2015 en comparación a las plantas fertilizadas de manera orgánica con gallinaza. Koshale *et al.*, (2018) evaluaron el efecto del abono orgánico y fertilizante inorgánico sobre el crecimiento, rendimiento y parámetros fisiológicos del chile (*Capsicum annum* L.). Estos autores encontraron que la aplicación de fertilizante convencional incrementa el contenido de clorofila a en las hojas de las plantas en un 2.27 % en comparación a las plantas fertilizadas de manera orgánica con estiércol de granja.

11.2.6 Clorofila b ($\mu\text{g mL}^{-1}$)

El híbrido Kabal fue superior al híbrido Rey Votan a los 90 y 105 ddt, incrementando el contenido de clorofila b, sobre el híbrido antes mencionado. Por otro lado, el híbrido Rey Votan superó al híbrido Kabal a los 120 ddt ($p=0.0425$). Mientras que a los 135, 150 y 165 ddt, no se presentaron diferencias significativas entre sí.

El tratamiento T1 y T4 fueron superiores a los tratamientos T2 y T3 a los 105 ddt ($p=0.0156$). Los tratamientos T1, T3 y T4 no presentaron diferencias significativas a los 120 ddt. El tratamiento T1 presentó un incremento significativo en esta variable sobre los tratamientos T2, T3 y T4 a los 135 ddt ($p=0.0001$). Mientras que a los 150 y 165 ddt, el tratamiento que presentó los mejores fue el tratamiento T4 quien superó a los tratamientos T1, T2 y T3 a los 150 ddt ($p = 0.0001$), mientras que este incrementó a los 165 ddt, se vio reflejado sobre los tratamientos T1, T2 y T3 ($p=0.0001$).

La interacción Rey Votan T1 presentó un contenido mayor de clorofila b en las hojas de las plantas, en comparación a las demás interacciones ($p = 0.0001$) a los 90 ddt. Las interacciones de Kabal (T1, T2, T3 y T4) no presentaron diferencias significativas entre sí, al igual que la interacción de Rey Votan T1 los cuales superaron a las interacciones Rey Votan (T2, T3 y T4) a los 105 ddt ($p = 0.0067$). A los 120 ddt, la interacción Rey Votan T3 superó a las demás interacciones al presentar un índice mayor de clorofila b en sus hojas ($p = 0.0001$). En el cuarto muestreo a los 135 ddt, las interacciones de Kabal T1, Rey Votan T1 y T3 no presentaron diferencias significativas entre sí, superando a todas las demás interacciones ($p = 0.0001$). Por último, la interacción Rey Votan T4 superó en la cantidad de clorofila b, a las demás interacciones a los 150 ddt ($p = 0.0319$). en el último muestreo a los 165 ddt, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.05$).

Tabla 9: Clorofila b de las hojas en las plantas del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.).

Clorofila b ($\mu\text{g mL}^{-1}$)

	90 ddt	e.e	105 ddt	e.e	120 ddt	e.e	135 ddt	e.e	150 ddt	e.e	165 ddt	e.e
Híbridos												
Kabal	16.31		20.29		13.82		14.61		16.15		16.14	
	a		a		b		a		a		a	
Rey Votan	11.37		20.32		16.21		19.87		16.47		16.33	
	b		b		a		a		a		a	
Híbridos	***		*		*		***		n/s		n/s	
Tratamientos												
T1	18.19		23.01		17.17		21.79		12.16		15.70	
	a		a		a		a		bc		ab	
T2	13.11		18.87		10.94		9.93		15.41		10.99	
	b		b		b		c		b		b	
T3	13.23		22.00		16.62		16.55		19.68		15.27	
	b		ab		a		b		b		ab	
T4	10.83		23.35		15.33		20.69		22.98		22.97	
	c		a		a		b		a		a	
Tratamientos	***		**		***		***		***		**	
Interacción Híbrido-Tratamiento												
Kabal T1	18.00		22.55		18.24		21.52		15.91		17.48	
	ab		a		ab		a		bcd			
Kabal T2	16.63		22.24		9.89		6.09		4.52		12.27	
	b		a		d		d		d			
Kabal T3	17.18		22.55		13.36		12.52		22.48		14.82	
	ab		a		bcd		c		ab			
Kabal T4	13.42		25.81		16.87		18.31		21.68		19.99	
	c		a		abc		ab		abc			
Rey Votan T1	18.38		23.47		16.10		22.07		8.41		13.92	
	a		a		abc		a		cd			
Rey Votan T2	9.58		14.49		11.98		13.76		6.30		9.72	
	d		b		cd		bc		d			
Rey Votan T3	9.28		21.45		19.88		20.58		16.88		15.71	
	d		ab		a		a		bcd			
Rey Votan T4	8.24		20.88		16.87		23.07		34.29		25.95	
	d		ab		abc		a		a			
H*T	***		*		***		***		*		n/s	
V p	0.0001		0.0026		0.0004		0.0001		0.0001		0.1773	

n/s = No hay significancia, * 0.05, ** 0.01, *** 0.001. Medias con letras iguales en las columnas no difieren significativamente, prueba de (Tukey $\alpha \leq 0.05$). T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/ Vaca (1:1:2) v/v/v, T4 = Tezontle/Steiner. dds

= días después del trasplante. H*T = Interacción de híbridos con tratamientos. Vp = Valor de p. Periodo de evaluación de los 90 ddt a los 165 ddt.

Sally y El-Ezz, (2018) midieron los parámetros del rendimiento y calidad de los frutos de pimiento dulce *Capsicum annuum* L. afectados por la fertilización química fosfatada y el abono urbano. Encontrando que la aplicación de fertilizantes químicos con base en fósforo, incrementa un 4.82 % el contenido presente de clorofila b en las hojas de las plantas en comparación con las aplicaciones realizadas de manera orgánica. Omar *et al.*, (2018) obtuvieron que la concentración de clorofila b en las hojas de (*Capsicum annuum* L.) que se fertilizaron químicamente en dos ciclos diferentes, presentó un incremento del 7.74 % en el ciclo 2014 y del 7.07 % en el ciclo 2015 en comparación a las plantas fertilizadas de manera orgánica con gallinaza. Ganeshnauth *et al.*, (2019) quienes evaluaron dos fuentes de fertilizantes orgánicos (Promix y lombricomposta) más una fuente química “189” y un tratamiento control. Encontrando que el tratamiento orgánico a base de lombricomposta incrementa el índice de clorofila b en las hojas de las plantas en un 31.25 % en comparación al tratamiento químico, mismo que superó al tratamiento orgánico con base en Promix por 62.5 %. Koshale *et al.*, (2018) evaluaron el efecto del abono orgánico y fertilizante inorgánico sobre el crecimiento, rendimiento y parámetros fisiológicos del chile (*Capsicum annuum* L.). así que la aplicación de fertilizantes químicos N-P-K y orgánicos (estiércol de aves de corral) no generan diferencias significativas en el contenido presente de clorofila b en las hojas de las plantas.

11.2.7 Carotenoides ($\mu\text{g mL}^{-1}$)

El contenido de carotenoides presente en los híbridos evaluados se muestra en la Tabla 10 en donde el híbrido Kabal a los 90 y 105 días supero al híbrido Rey Votan en la concentración de carotenoides. Mientras que a los 120, 135 y 150 ddt al híbrido Rey Votan presento una concentración mayor que el híbrido Kabal ($p = 0.0001$, 0.0001 y 0.0054). A los 165 ddt en el último muestreo los híbridos evaluados no presentaron diferencias significativas entre sí.

A los 90 y 105 ddt, el tratamiento T2 fue superior estadísticamente a los tratamientos T1, T3 y T4 ($p = 0.0054$ y 0.0238) respectivamente. A los 120 ddt, el tratamiento T1 y T4 no presentaron diferencias significativas entre sí, siendo superiores ambos tratamientos a los tratamientos T2 y T3 ($p = 0.0047$). En el cuarto muestreo 135 ddt, el tratamiento T1 destacó sobre los demás tratamientos ($p = 0.0045$). A los 150 ddt, los tratamientos T1, T3 y T4 no presentaron diferencias significativas entre sí, superando ampliamente al tratamiento T2 ($p = 0.0001$). Para el último muestreo 165 ddt, no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos.

La interacción Kabal T3 presentó una mayor concentración de carotenoides a las demás interacciones a los 90 ddt ($p = 0.0001$). El tratamiento T2 en los híbridos Kabal y Rey Votan, superaron a las demás interacciones Kabal y Rey Votan (T1, T3 y T4) a los 105 ddt ($p = 0.0067$). A los 120 ddt la interacción del híbrido Rey Votan bajo el tratamiento T4 superó a las demás interacciones al presentar una mayor concentración de carotenoides a las demás interacciones ($p = 0.0001$). En el cuarto muestro a los 135 ddt, todas las interacciones se comportaron de la misma manera, al no presentar diferencias significativas entre sí, excepto por la interacción Kabal T2 al cual superaron todas las demás interacciones ($p = 0.0429$). Por otra parte, la interacción Rey votan T1 a los 150 ddt, mostró obtener una mayor concentración de carotenoides en las hojas de las plantas, superando a todas las demás interacciones. Para el último muestreo no se presentaron diferencias significativas.

Tabla 10: Carotenoides de las hojas en las plantas del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.).

Carotenoides $\mu\text{g mL}^{-1}$												
	90 ddt	e.e	105 ddt	e.e	120 ddt	e.e	135 ddt	e.e	150 ddt	e.e	165 ddt	e.e
Híbridos												
Kabal	4.37		4.44		3.37		3.72		2.13		3.16	
	a		a		b		b		b		a	
Rey Votan	3.83		4.35		3.82		4.43		2.56		3.49	
	b		b		a		a		a		a	
Híbridos	***		***		***		***		*		n/s	
Tratamientos												
T1	4.05		4.32		3.83		4.45		2.62		3.16	
	b		b		a		a		a		a	
T2	4.24		4.56		3.28		3.61		1.59		2.95	
	a		a		b		b		b		a	
T3	4.10		4.39		3.46		4.06		2.28		3.41	
	ab		ab		ab		ab		a		a	
T4	4.00		4.31		3.81		4.19		2.89		3.78	
	b		b		a		ab		a		a	
Tratamientos	**		*		**		**		***		n/s	
Interacción Híbrido-Tratamiento												
Kabal T1	4.25		4.31		3.91		4.45		1.62		2.41	
	bc		ab		ab		a		cd			
Kabal T2	4.17		4.55		2.77		2.56		1.35		2.53	
	c		a		c		b		d			
Kabal T3	4.60		4.42		3.31		3.83		2.08		3.70	
	a		ab		bc		a		cd			
Kabal T4	4.45		4.47		3.50		4.03		3.48		3.99	
	ab		ab		abc		a		ab			
Rey Votan	3.86		4.33		3.76		4.44		3.62		3.91	
T1	d		ab		ab		a		a			
Rey Votan	3.87		4.57		3.79		4.66		1.83		3.38	
T2	d		a		ab		a		cd			
Rey Votan	4.03		4.36		3.61		4.28		2.48		3.11	
T3	cd		ab		ab		a		bc			
Rey Votan	3.55		4.15		4.12		4.36		2.29		3.58	
T4	e		b		a		a		cd			
H*T	***		**		***		*		***		n/s	

V p 0.0001 0.0137 0.0005 0.0001 0.0001 0.7075

n/s = No hay significancia, * 0.05, ** 0.01, *** 0.001. Medias con letras iguales en las columnas no difieren significativamente, prueba de (Tukey $\alpha \leq 0.05$). T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/ Vaca (1:1:2) v/v/v, T4 = Tezontle/Steiner. dds = días después del trasplante. H*T = Interacción de híbridos con tratamientos. Vp = Valor de p. Periodo de evaluación de los 90 ddt a los 165 ddt.

Koshale *et al.*, (2018) evaluaron el efecto del abono orgánico y fertilizante inorgánico sobre el crecimiento, rendimiento y parámetros fisiológicos del chile (*Capsicum annuum* L.). Los mismos autores indican que el tipo de fertilización química N-P-K y orgánica con base en lombricomposta y estiércol de aves de corral, no provocan diferencias significativas en el contenido de carotenoides presentes en las hojas de las plantas. González-Cortés *et al.*, (2023) evaluaron el rendimiento y calidad antioxidante del chile habanero y su complementación con potasio proveniente de lombricomposta, en donde se evaluaron 5 tratamientos los cuales fueron: T1 = 240-200-120+50% de K proveniente de humus líquido de lombriz; T2 = 240-200-180+25% de K procedente de humus líquido de lombriz; T3 = 240-200-120+50% de K procedente de lombricomposta; T4 = 240-200-180+25% de K procedente de lombricomposta; y T5 = 240-200-240 (control, 100% nutrición química). En este caso, todos los tratamientos que fueron complementados con fertilización orgánica T1, T2, T3 y T4 fueron superiores al tratamiento T5, al presentar un incremento del 37.05, 30.96, 17.05 y 54.07 % respectivamente. Jagessar *et al.*, (2023) realizaron un estudio denominado investigación del contenido de antioxidantes del pimiento dulce *Capsicum annuum* L. en respuesta a los fertilizantes orgánicos (compost de estiércol de vaca; 5% N: 3% P₂O₅:1% K₂O) e inorgánico (NPK; 12% N, 24%P, 12%K) más una fuente de fertilizante bioorgánico. Obteniendo que la fertilización orgánica con base en estiércol de vaca incrementa la cantidad de carotenoides presentes en las plantas en un 20.60 % en comparación a la fertilización convencional, un 68.08 % en comparación a la fertilización bioorgánica y hasta un 81.08 % en comparación al tratamiento control. Odo *et al.*, (2023) evaluaron la expresión de compuestos bioactivos en diferentes cultivares de pimiento (*Capsicum annuum* L.) en respuesta a distintos tipos de fertilizantes orgánicos: estiércol de aves, estiércol de cerdo, estiércol de cabra y fertilización convencional N-P-K. Obteniendo que la fertilización convencional fue superior a la fertilización orgánica en dos de los cuatro

cultivares evaluados, destacando por 1612.61, 1344.92 y 1255.27 mg/L sobre los tratamientos con estiércol de aves, cerdo y cabra sobre el cultivar Tatase, mientras que sobre el cultivar Shombo este incremento se presentó en 862.72, 932.41 y 931.61 mg/L respectivamente. Por otra parte, la fertilización orgánica con base en estiércol de cabra presentó los mejores resultados en el cultivar Atarugu, presentando un incremento del 2.65, 8.68 y 11.5 mg/L sobre los fertilizantes orgánicos (estiércol aves de corral y cabra) y químicos (N-P-K). Por último, el cultivar Nsukka yellow presentó un incremento en el contenido de carotenoides foliar cuando se ocupó la fertilización con base en estiércol de aves de corral, al presentar un aumento del 166.46, 292.28 y 247.25 mg/L sobre los tratamientos orgánicos en base a estiércoles de cerdos y cabras y fertilización química.

11.2.8 Extracto de peciolo celular NO³⁻ (ppm)

El híbrido Rey Votan mostró una mayor concentración de NO³⁻ sobre el híbrido Kabal en 3 de los 6 muestreos realizados 90, 105, y 135 ddt, ($p = 0.0001$). El híbrido Kabal fue superior a los 150 y 165 ddt, ($p = 0.0154$, y 0.0203) A los 45 ddt, no se presentaron diferencias significativas entre los híbridos evaluados ($p = 0.05$).

Los datos analizados de los tratamientos evaluados muestran que a los 90 ddt, el tratamiento T2 y T3 no presentaron diferencias significativas entre sí, pero si fueron superiores a los tratamientos T1 y T4 ($p = 0.0001$). A los 105 ddt, los tratamientos T2 y T4 destacaron sobre los tratamientos T1 y T3 ($p = 0.0254$). El tratamiento T2 superó a los tratamientos T1 y T3. El T4 superó al tratamiento T1 y al tratamiento T3 ($p = 0.0001$). En el tercer y cuatro muestreos 120 ddt y 135 ddt, el tratamiento T4, fue superior a los demás muestreos evaluados superando al tratamiento T1, T2 y T3 a los 120 y 135 ddt ($p = 0.0001$). A los 150 y 165 ddt los mejores resultados se obtuvieron con los tratamientos T3 y T4 no hubo diferencias entre estos tratamientos, pero si hubo diferencias altamente significativas con el resto de los tratamientos.

A los 90 ddt, el híbrido Rey Votan en acción conjunta con el tratamiento T2 presentó la mayor concentración de nitratos al superar significativamente a los demás tratamientos ($p = 0.0001$). A los 105, 120 y 135 ddt, la interacción Rey Votan T4 superó a las demás interacciones en esta variable ($p = 0.0001$). Por otra parte, a los 150 ddt, la mejor interacción híbrido tratamiento se presentó en Kabal T3 y Rey Votan T4 al presentar una mayor concentración de NO³⁻ en comparación a las demás interacciones ($p = 0.0001$), mientras tanto en el último muestreo a los 165 ddt, la interacción Rey votan T1 presentó la mayor concentración de nitratos por planta, siendo estadísticamente la mejor interacción ($p = 0.0024$).

Tabla 11: NO³⁻ en la savia de las plantas del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.).

NO³⁻ (ppm)

	90 ddt	e.e	105 ddt	e.e	120 ddt	e.e	135 ddt	e.e	150 ddt	e.e	165 ddt	e.e
Híbridos												
Kabal	847.5 b	33.1	2516.6 b	130.0	3775.0 a	183.2	4349.5 b	438.2	5916.6 7 a	108.3	4916.6 a	89.89
Rey Votan	974.4 a	30.0 9	2850.0 a	205.3 6	3962.5 a	199.3	4718.3 a	362.5	5433.3 b	287.4 1	4433.3 b	160.8 5
Híbridos	***		***		n/s		***		*		*	
Tratamientos												
T1	783.3 b	23.3	2175.0 b	148.2	4238.3 b	124.2	3840.0 c	287.8	4666.6 b	133.3	3666.6 b	129.9
T2	1026 a	54.0	3216.6 a	127.4	3200 c	106.7	4683.3 b	370.3	5350 b	316.6	4350.0 b	199.9
T3	1011 a	27.8	2166.6 b	219.4	3191.6 c	142.8	4112.3 c	512.3	6283.3 a	166.6	5283.3 a	121.5
T4	821.6 b	21.3	3175.0 a	175.9	4875 a	188.0	5250.6 a	428.9	6400 a	133.3	5400 a	49.99
Tratamientos	***		***		***		***		***		***	
Interacción Híbrido-Tratamiento												
Kabal T1	656.6 d		1866.6 e		4550 ab		2070 d		2466.6 bc		1988.5 ab	
Kabal T2	853.3 c		3266.6 b		3083.6 cd		3550 bc		2950 ab		1666.6 b	
Kabal T3	1070 ab		2350 cd		2800 d		2045.6 d		3283.3 a		1966.6 ab	
Kabal T4	978 b		2583.3 c		4450 b		3033.1 c		3133.1 a		2066.6 ab	
Rey Votan T1	910 bc		2483.3 c		3866.6 bc		1770 d		2200 c		2306.6 a	
Rey Votan T2	1200 a		3166.6 b		3300 cd		4133.3 b		2400 bc		2266.6 ab	
Rey Votan T3	953 bc		1983.3 de		3600 cd		2066.6 d		3000 ab		2033.3 ab	
Rey Votan T4	833.3 3 c		3766.5 a		5300 a		5466.6 a		3266.6 a		2133.3 ab	
H*T	***		***		***		***		***		**	

V p	0.000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	1					

n/s = No hay significancia, * 0.05, ** 0.01, *** 0.001. Medias con letras iguales en las columnas no difieren significativamente, prueba de (Tukey $\alpha \leq 0.05$). T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/ Vaca (1:1:2) v/v/v, T4 = Tezontle/Steiner. dds = días después del trasplante. H*T = Interacción de híbridos con tratamientos. Vp = Valor de p. Periodo de evaluación de los 90 ddt a los 165 ddt.

Luna-Fletes *et al.*, (2021) evaluaron la aplicación foliar de lixiviado de lombriz en síntesis con *Purpureocillium lilacinum* y *Beauveria brongniartii* y aplicación foliar de solución Steiner al 25 % sobre plantas de chile habanero *C. chinense* concluyendo que la concentración de nitrógeno en la savia aumenta la concentración de nitratos. Hassain *et al.*, (2021) evaluaron el contenido de nutrientes presentes en las hojas del cultivo *C. annum* L. con fertilización química u orgánica, obteniendo que la fertilización química incrementa el contenido de NO_3^- Sally y El-Ezz, (2018) midieron los parámetros del rendimiento y calidad de los frutos de pimiento dulce *C. annum* L. afectados por la fertilización fosfatada y el abono urbano. Los resultados de esta investigación demostraron que la fertilización química fosfatada al 25, 50, 75 y 100 % incrementó la cantidad presente de nitratos en la planta, en comparación a la fertilización orgánica (composta). Cruz-Crespo *et al.*, (2014) estudiaron la concentración nutrimental foliar y crecimiento de chile serrano en función de la solución nutritiva y el sustrato. Demostrando que la aplicación de la fertilización química Steiner al 75 % incrementa contenido de este elemento en las plantas en un 5.03 % en comparación a la fertilización orgánica con base en lombricomposta más tezontle. Por otra parte, Selvakumar *et al.*, (2018) realizaron una investigación en donde evaluaron la concentración de los nutrientes N-P-K en diferentes partes de la planta (raíz, tallo, hojas y frutos) cuando se aplicó fertilización orgánica y química. Observando que el tipo de fertilización no influencia la concentración presente de nitrógeno tanto en hojas como en frutos en el cultivo de *Capsicum annum* L.

11.2.9 Extracto de peciolo celular PO_4^{3-} (PPM)

Los híbridos evaluados Kabal y Rey votan no presentaron diferencias significativas en cuatro de los seis muestreos evaluados 105, 120, 150 y 165 dt, ($p = 0.05$). El híbrido Kabal tuvo mejores resultados que el híbrido Rey Votan a los 90 y 135 ddt ($p = 0.0445$, 0.0008).

A los 90 ddt el mejor resultado se obtuvo con el tratamiento T1, mostrando diferencias altamente significativas con el resto de interacciones ($p = 0.0001$). A los 105, 120 y 135 ddt, el tratamiento T4 superó a todos los tratamientos ($p = 0.0001$). A los 150 y a los 165 ddt, el tratamiento T1 y T4 fueron superiores a los tratamientos T2 y T3 ($p = 0.0001$). El tratamiento T1 fue superior a los tratamientos T2 y T3. En cambio, el tratamiento T4 a los 150 y 165 ddt, fue superior a los tratamientos T2 y T3 ($p = 0.0001$).

En el primer muestro 90 ddt, la interacción Rey votan T1 fue estadísticamente superior a las demás interacciones ($p = 0.0001$), mientras que a los 105 y 165 ddt la interacción Kabal T1 obtuvo los mejores resultados, siendo estadísticamente superior al resto de interacciones ($p = 0.0001$). A los 120 y 135 ddt, el tratamiento T4 en combinación con el híbrido Rey Votan siendo estadísticamente mejores al resto de interacciones ($p = 0.0001$). Para el quinto muestreo a los 150 ddt, la interacción Kabal T4 fue superior a las demás combinaciones ($p = 0.0412$).

Tabla 12: PO_4^{3-} en la savia de las plantas en los híbridos Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.).

	PO_4^{3-} (ppm)											
	90 ddt	e.e	105 ddt	e.e	120 ddt	e.e	135 ddt	e.e	150 ddt	e.e	165 ddt	e.e
	Híbridos											
Kabal	271.67	11.8	413.33	19.09	490.83	37.67	325.83	30.53	693.33	66.41	491.67	19.90
	a		a		a		a		a		a	
Rey Votan	249.17	12.9	420.83	30.75	442.92	43.25	235	24.18	608.33	64.09	475.33	34.28
	b		a		a		b		a		a	

Híbridos	*	n.s	n/s	***	n/s	n/s						
Tratamientos												
T1	448.33	17.39	433.33	23.60	459.17	43.25	273.33	26.41	893.33	77.41	793.33	16.7
	a		b		b		bc		a		a	
T2	211.47	39.27	195.00	20.01	364.17	31.66	191.67	19.1	420	71.55	520.87	26.45
	b		c		b		c		b		b	
T3	245.00	18.04	423.33	30.44	427.67	43.68	295.00	40.58	430	72.06	513.76	19.29
	b		b		b		ab		b		b	
T4	136.47	21.29	616.33	12.13	617.50	43.25	361.67	23.34	860	39.96	780	45.92
	b		a		a		a		a		a	
Tratamientos	***		***		***		***		***		***	
Interacción Híbrido-Tratamiento												
Kabal T1	446.67		700		570		360		920		686.67	
	a		a		ab		ab		a		a	
Kabal T2	243.33		113.33		316.67		263.33		606.67		153.33	
	bc		d		d		bc		abc		c	
Kabal T3	256.67		413.33		315.00		443.33		353.33		526.67	
	b		bc		d		ab		cd		b	
Kabal T4	140.00		700		570		236.67		893.33		600	
	d		a		ab		bc		a		ab	
Rey Votan T1	450		440		348.33		186.67		866.67		605.33	
	a		b		cd		c		a		ab	
Rey Votan T2	180		276.67		411.67		120		233.33		240	
	cd		c		bcd		c		d		c	
Rey Votan T3	233.33		433.33		538.33		146.67		506.67		473.33	
	bc		bc		abc		c		bcd		b	
Rey Votan T4	133.33		533.33		665		486.67		826.67		582.67	
	d		b		a		a		abc		b	
H*T	***		**		***		***		*		*	
V p	0.0001		0.0001		0.0001		0.0001		0.0001		0.0001	

n/s = No hay significancia, * 0.05, ** 0.01, *** 0.001. Medias con letras iguales en las columnas no difieren significativamente, prueba de (Tukey $\alpha \leq 0.05$). T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/ Vaca (1:1:2) v/v/v, T4 = Tezontle/Steiner. dds = días después del trasplante. H*T = Interacción de híbridos con tratamientos. Vp = Valor de p. Periodo de evaluación de los 90 ddt a los 165 ddt.

Sally y El-Ezz, (2018) obtuvieron que la fertilización química con fosfato inorgánico al 100 % incrementa los niveles de este elemento en un 23.60 % en comparación a la fertilización orgánica a partir de composta en el cultivo de *Capsicum annum* L. Hassain et al., (2021) evaluaron el contenido de nutrientes presentes en las hojas del cultivo

Capsicum annuum L. cuando se fertiliza de manera química u orgánica, observado que la fertilización convencional incrementa el contenido fósforo presente en las hojas de las plantas un 2.38 % en comparación a la fertilización con base a la aplicación de compostas orgánicas. Resultados parecidos fueron reportados por Tahmasebi *et al.*, (2023) quienes evaluaron diferentes tratamientos biológicos en el mejoramiento nutricional del pimiento rojo (*Capsicum annuum* L) en invernadero. Demostrando que la aplicación química convencional incrementa el contenido nutricional del fósforo un 6.83 % en comparación a la aplicación biológica de *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* y *Pseudomonas* agentes que actúan como un fertilizante orgánico. Luna-Fletes *et al.*, (2021) realizaron una investigación denominada producción de plántulas de chile habanero con fertilización orgánica y biológica en donde se evaluó la aplicación foliar de lixiviado de lombriz en síntesis con *Purpureocillium lilacinum* y *Beauveria brongniartii*. Obteniendo que la fertilización foliar con base en lixiviado de lombriz más *Beauveria brongniartii*. no presentan diferencias significativas en comparación a la fertilización Steiner al 25 %. Cruz-Crespo *et al.*, (2014) estudiaron la concentración nutrimental foliar y crecimiento de chile serrano en función de la solución nutritiva y el sustrato. Encontrando que la fertilización orgánica con lombricomposta en combinación con tezontle, así como la fertilización química con Steiner al 25, 50 y 75 % no presentan diferencias significativas en el contenido nutrimental de este elemento sobre las de *Capsicum annuum* L. Selvakumar *et al.*, (2018) realizaron una investigación en donde evaluaron la concentración de los nutrientes N-P-K en diferentes partes de la planta (raíz, tallo, hojas y frutos) cuando se aplica fertilización orgánica y química. Obteniendo que la aplicación de abono orgánico ganadero, influye en la presencia de este elemento en las plantas, incrementando su presencia hasta en un 30 % en comparación a las aplicaciones convencionales de fertilizantes inorgánicos.

11.2.10 Extracto de peciolo celular K+ (ppm)

El híbrido Kabal fue superior al híbrido Rey Votan a los 105 ddt ($p = 0.0001$) y a los 165 ddt, ($p = 0.0065$). El híbrido Kabal solo superó al híbrido Rey Votan a los 150 ddt, en donde presentó un incremento en el valor de esta variable ($p = 0.0134$). Mientras que a los 90, 120 y 135 ddt, no se presentaron diferencias significativas entre los híbridos.

El tratamiento T1 y T3 fue superior al tratamiento T4 y T2 a los 90 ddt ($p = 0.0001$). A los 105 ddt, el tratamiento T2 destacó sobre los tratamientos T1, T3 y T4 ($p = 0.0050$). A los 120 ddt, los tratamientos no presentaron diferencias significativas, siendo hasta el muestreo cuatro a los 135 ddt, en donde el tratamiento T3 destacó sobre el resto de los tratamientos ($p = 0.001$). El tratamiento T4 superó a los tratamientos T2, T3 y T4 a los 150 ddt ($p = 0.0001$). En el último muestreo a los 165 ddt, el tratamiento T1 fue superior al tratamiento T2, T3 y T4 ($p = 0.0001$).

A los 135 ddt, en el cuarto muestreo la interacción Rey Votan T4 superó a las demás interacciones al presentar un índice mayor de K+ y siendo estadísticamente superior al resto ($p = 0.0001$). A los 150 ddt, el híbrido Kabal en acción conjunta con los tratamientos T3 y T4 fueron estadísticamente iguales, superando en conjunto a las demás interacciones ($p = 0.0001$). En el último muestro (165 ddt), la interacción Rey Votan T1 superó a las demás interacciones al presentar una concentración mayor de este elemento ($p = 0.0001$). En los muestreos realizados a los 90, 105 y 120 ddt, no se presentaron diferencias significativas entre las interacciones ($p = 0.05$).

Tabla 13: K+ en la savia de las plantas del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.).

K+ (ppm)											
90 ddt	e.e	105 ddt	e.e	120 ddt	e.e	135 ddt	e.e	150 ddt	e.e	165 ddt	e.e
Híbridos											

Kabal	1421.4	358.5	2016.5	262.5	3685.4	422	5966.6	756.0	5075	402.3	2923.	95.94
	a		b		a		a		a		b	
Rey Votan	1412.5	267.6	2500.0	131.1	3645.8	441.5	6075.0	631.4	4516.6	243.0	3713.	111.3
	a		a		a		a		b		a	
Híbridos	n/s		***		n/s		n/s		**		**	

Tratamientos

T1	1423.3	355.6	2108.3	189.3	3333.3	200.0	4216.6	783.6	4316.6	117.0	3880	87.17
	ab		b		a		c		b		a	
T2	1966.6	391.6	2776.6	290.7	3358.3	402.4	5966.6	842.9	4800.0	251.9	2393	77.42
	a		a		a		b		ab		c	
T3	1447.6	291.1	2300	159.1	4400	284.1	7166.6	775.9	4800.0	121.5	3666	172.5
	a		ab		a		a	6	ab		ab	
T4	831.67	214.0	2091.6	148.1	3570.8	335.7	6733.3	372.3	5200.0	154.8	3333	77.42
	b		b		a		ab		a		b	
Tratamientos	***		**		n/s		***		**		***	

Interacción Híbrido-Tratamiento

Kabal T1	1513.3		2066.6		3650		5200.0		4100		3440	
							c		b		b	
Kabal T2	1700		2283.3		3850		6066.6		4866.6		1453	
							bc		ab		c	
Kabal T3	1740		2066.6		4500		7333.3		5575.6		3666	
							ab		a		b	
Kabal T4	733.33		2466.6		2741.6		5266.6		5666.6		3133	
							c		a		b	
Rey Votan T1	1333.3		2150		3016.6		3233.3		4533.3		4320	
							d		b		a	
Rey Votan T2	2233.3		2783.3		2866.6		5866.6		4733.3		3333	
							bc		ab		b	
Rey Votan T3	1153.3		2600		4300		7000		4066.6		3666	
							ab		b		b	
Rey Votan T4	930		2466.6		4400		8200		4733.3		3533	
							a		ab		b	
H*T	n/s		n/s		n/s		***		***		***	
V p	0.0033		0.0002		0.3349		0.0001		0.0001		0.000	

1

n/s = No hay significancia, * 0.05, ** 0.01, *** 0.001. Medias con letras iguales en las columnas no difieren significativamente, prueba de (Tukey $\alpha \leq 0.05$). T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/ Vaca (1:1:2) v/v/v, T4 = Tezontle/Steiner. dds = días después del trasplante. H*T = Interacción de híbridos con tratamientos. Vp = Valor de p. Periodo de evaluación de los 90 ddt a los 165 ddt.

Selvakumar *et al.*, (2018) realizaron una investigación en donde evaluaron la concentración de los nutrientes N-P-K en diferentes partes de la planta (raíz, tallo, hojas y frutos) cuando se aplica fertilización orgánica y química, reportando que la aplicación orgánica a partir de abono ganadero incrementa la cantidad de potasio presente en las plantas en un 16.05 % en comparación a las aplicaciones con fertilizante convencional. Cruz-Crespo *et al.*, (2014) estudiaron la concentración nutrimental foliar y crecimiento de chile serrano en función de la solución nutritiva y el sustrato. En sus resultados en la fertilización a base de lombricomposta más tezontle generó un incremento en el índice de potasio presente en la savia de las plantas provocando un incremento del 5.11 % en comparación con la fertilización química Steiner cuando se ocupa al 25 % y un 4.33 % cuando se fertiliza con solución al 75 %. Tahmasebi *et al.*, (2023) quienes evaluaron diferentes tratamientos biológicos en el mejoramiento nutricional del pimiento rojo (*Capsicum annuum* L.) en invernadero, demostraron que no existen diferencias significativas cuando se aplica fertilización química o fertilización orgánica biológica con base en *Bacillus subtilis*, *Azospirillum* y *Pseudomonas*. Awodun *et al.*, (2007) realizaron una investigación donde se evaluó el fertilizante orgánico en base a estiércol de cabra bajo diferentes dosis de fertilización 2.5, 7.8, 8 y 13 t ha⁻¹ y fertilización convencional de 250 ha⁻¹ en base a N-P-K en el cultivo de *C. annuum* L, encontraron que la aplicación de fertilizante químico y orgánico no presenta diferencias significativas en el contenido presente del elemento potasio en las hojas de este cultivo

11.2.11 Peso fresco (g)

Las plantas de *C. chinense* Jacq. en ambos tratamientos no obtuvieron un efecto significativo sobre el peso fresco de las plantas de los híbridos Kabal y Rey Votan al finalizar el ciclo del cultivo.

El tratamiento T4 superó a los tratamientos T1, T2 y T3 al presentar un aumento significativo en la biomasa del chile habanero ($p = 0.0234$). Este mismo efecto se mostró sobre el tallo y el follaje de las plantas en donde el tratamiento T4 superó a los tratamientos T1, T2 y T3 ($p = 0.0001$).

Tabla 14: Peso fresco de las plantas de los híbridos Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.).

Peso fresco (g)						
	Raíz	e.e	Tallo	e.e	Follaje	e.e
Híbridos						
Kabal	88.08	3.26	160.67	3.08	153.50	3.24
	a		a		a	
Rey Votan	85.33	2.14	123.83	3.89	143.67	2.63
	a		a		a	
Híbridos	n/s		n/s		n/s	
Tratamientos						
T1	95.17	1.42	124.33	2.49	135.67	1.27
	a		a		b	
T2	72.00	5.54	149.63	3.64	131.00	2.33
	ab		a		b	
T3	68.00	1.97	134.00	2.89	146.67	2.92
	b		a		b	
T4	111.67	1.90	161.00	4.93	181.00	1.79
	a		a		a	
Tratamientos	**		n/s		*	
H*T	n/s		n/s		n/s	
V p	0.930		0.3338		0.1533	

n/s = No hay significancia, * 0.05, ** 0.01, *** 0.001. Medias con letras iguales en las columnas no difieren significativamente, prueba de (Tukey $\alpha \leq 0.05$). T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/ Vaca (1:1:2) v/v/v, T4 = Tezontle/Steiner. dds = días después del trasplante. H*T = Interacción de híbridos con tratamientos. Vp = Valor de p. Periodo de evaluación 165 ddt.

Abu-Zahra, (2012) encontró que la fertilización convencional incrementó el peso fresco de las plantas en un 25.36 % sobre el estiércol de ganado vacuno, un 16.98 % en el estiércol avícola, 8.58 % sobre el estiércol ovino y hasta un 20.11 % sobre la mezcla de estiércoles. Omar *et al.*, (2018) evaluaron la fertilización mineral, orgánica y biológica en pimiento dulce (*C. annuum* L.) en casa sombra determinaron que la fertilización inorgánica incrementó el peso fresco de las plantas en un 10.16, 8.86 y 6.30 % sobre la aplicación de fertilizante orgánico con base en el estiércol de gallina en ambos ciclos de producción. Galeote-Cid *et al.*, (2022) reportan que el efecto de la fertilización convencional incrementó un 73.5 % el peso fresco de las plantas en comparación a la fertilización orgánica a base de composta al 20 %, 77.44 % a la composta al 35 %, 75.62 % a la composta al 20 % inoculada con *Azospirillum* sp. y hasta un 43.94 % a la composta al 35 % inoculada con *Azospirillum* sp.

11.2.12 Peso seco (g)

El peso seco de los híbridos utilizados en nuestra investigación se ven representados en la Tabla 15 donde el híbrido Kabal y Rey Votan no presentaron diferencias significativas tanto en la raíz como en el follaje de las plantas. El híbrido Kabal presentó un incremento en el peso seco del tallo sobre el híbrido Rey Votan ($p = 0.0016$).

Los tratamientos no presentaron diferencias significativas en la raíz y en el follaje de las plantas. En cambio, el tratamiento T4 presentó un incremento sobre los tratamientos T1, T2 y T3 en la variable peso seco del tallo en las *plantas de C. chinense* ($p = 0.0343$).

El peso seco del tallo de las plantas se incrementó en el híbrido Kabal cuando se fertilizó con el tratamiento T2 al presentar un mayor peso seco del tallo a las demás interacciones al final del ciclo del cultivo ($p = 0.0022$). El peso seco de la raíz y follaje no mostraron diferencias significativas entre las interacciones.

Tabla 15: Peso seco de las plantas del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.).

Peso seco (g)						
	Raíz	e.e	Tallo	e.e	Follaje	e.e
Híbridos						
Kabal	26.92	6.01	52.75	4.465	153.50	3.24
	a		a		a	
Rey Votan	21.42	2.06	35.42	3.915	143.67	2.63
	a		b		a	
Híbridos	n/s		**		n/s	
Tratamientos						
T1	26.17	4.28	41.33	6.20	146.47	1.27
	a		ab		a	
T2	23.50	4.485	41.33	4.285	131.00	2.30
	a		ab		a	
T3	18.33	4.15	36.83	2.899	135.67	6.36
	a		b		a	

T4	28.67	3.23	56.83	3.382	181.00	1.79
	a		a		a	
Tratamientos	n/s		*		n/s	
Interacción Híbrido-Tratamiento						
Kabal T1	25.00		43.67		117.33	
	a		b			
Kabal T2	31.67		79.67		124.00	
	a		a			
Kabal T3	19.67		40.00		191.33	
	a		b			
Kabal T4	31.33		47.67		181.33	
	a		b			
Rey Votan T1	27.33		39.00		154.00	
	a		b			
Rey Votan T2	15.33		34.76		138.00	
	a		b			
Rey Votan T3	17.00		33.67		170.67	
	a		b			
Rey Votan T4	26.00		35.87		112.00	
	a		b			
H*T	n/s		***		n/s	
Vp	0.1509		0.0022		0.1533	

n/s = No hay significancia, * 0.05, ** 0.01, *** 0.001. Medias con letras iguales en las columnas no difieren significativamente, prueba de (Tukey $\alpha \leq 0.05$). T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/ Vaca (1:1:2) v/v/v, T4 = Tezontle/Steiner. dds = días después del trasplante. H*T = Interacción de híbridos con tratamientos. Vp = Valor de p. Periodo de evaluación 165 ddt.

Luna-Fletes *et al.*, (2021) evaluaron dos fertilizantes orgánicos líquidos en combinación con *Purpureocillium lilacinum* y *Beauveria brongniartii* en el crecimiento de *C. chinense* donde indicaron que la fertilización convencional Steiner al 25 % en peat moss incrementó el peso seco de las plantas tanto a nivel radicular como aérea Salazar-Salazar *et al.*, (2022) evaluaron la aplicación foliar orgánica y química encontraron que la aplicación foliar con fertilizante inorgánico incrementó el peso seco del follaje en el cultivo de *C. annuum* Galeote-Cid *et al.*, (2022) reportan que la fertilización convencional incrementa un 91.29 % el peso seco de las plantas en comparación a la fertilización orgánica (composta al 20 %). Este mismo efecto se presentó al comparar la fertilización convencional con la fertilización orgánica (composta al 35 %) en donde el incremento del

peso seco de las plantas fue de 94.10 % sobre el tratamiento composta al 20 % más la inoculación de *Azospirillum* sp y del 89.88 % sobre el tratamiento composta al 35% con *Azospirillum* sp. Omar *et al.*, (2018) estudiaron el efecto de la fertilización mineral, orgánica y biológica sobre el cultivo de pimiento dulce (*C. annuum* L.) en ambos ciclos evaluados, la fertilización convencional incrementó el peso de las plantas sobre la fertilización orgánico con base en el estiércol de gallina.

11.2.13 Número de frutos

En la Tabla 16 se muestran los resultados de número de frutos obtenidos por planta en el cultivo *Capsicum chinense* Jacq. Se puede observar que el híbrido de mejores resultados fue el Kabal, sin embargo, solo mostró diferencias altamente significativas con el híbrido Rey Votan en los muestreos realizados a los 90, 105 y 120 ddt, en los muestreos restantes no hubo diferencia significativa entre híbridos. ($p = 0.0001$).

Los resultados obtenidos por tratamiento indican que en los muestreos realizados a los 90, 135, 150 y 165 no hubo diferencia significativa entre tratamientos, sin embargo, a los 105 ddt el tratamiento T1 destacó sobre los demás tratamientos ($p = 0.004$) al igual que el tratamiento T2 el cual fue superior al resto de los tratamientos a los 120 ddt ($p = 0.0001$).

El número de frutos presentó un incremento significativo sobre el tratamiento T4 en el híbrido Rey Votan cuando se fertilizó con el tratamiento T1 en el híbrido Kabal, a los 120 ddt ($p = 0.0001$). En las demás interacciones no presentaron diferencias significativas.

Tabla 16: Número de frutos del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.).

Número de frutos												
	90 ddt	e.e	105 ddt	e.e	120 ddt	e.e	135 ddt	e.e	150 ddt	e.e	165 ddt	e.e
Híbridos												
Kabal	0.71	0.388	1.30	0.391	2.02	0.681	31.42	11.487	24.33	3.572	34.07	3.645
	a		a		a		a		a		a	
Rey Votan	0.22	0.106	0.75	0.406	1.19	0.468	37.58	7.691	23.33	1.5645	36.07	2.564
	b		b		b		a		a		a	
Híbridos	***		***		***		n/s		n/s		n/s	
Tratamientos												

T1	0.42	0.153	2.07	0.777	2.29	0.954	30	15.52	22.33	2.685	32.672	2.648
	a		a		ab		a		a		a	
T2	0.82	0.332	1.20	0.386	2.33	0.578	33	5.91	25.67	3.634	33.657	3.765
	a		ab		a		a		a		a	
T3	0.22	0.1733	0.32	0.184	1.0	0.292	35.17	3.922	24	1.041	35.897	2.406
	a		b		ab		a		a		a	
T4	0.39	0.331	0.41	0.251	0.80	0.475	39.83	10.04	23.33	2.911	37.89	4.765
	a		b		b		a		a		a	
Tratamientos	n/s		***		**		n/s		n/s		n/s	

Interacción Híbrido-Tratamiento											
Kabal T1	0.83		2.11		3.14		31.50		38.00		20.67
					a						
Kabal T2	0.89		2.00		3.00		34.71		26.33		26.67
					a						
Kabal T3	0.33		0.43		0.86		33.16		20.33		26.67
					ab						
Kabal T4	0.78		0.62		1.07		40.015		41.00		23.33
					ab						
Rey Votan T1	0.00		2.00		1.43		31.00		22.00		24.00
					ab						
Rey Votan T2	0.75		0.58		1.67		31.44		39.77		24.67
					ab						
Rey Votan T3	0.11		0.21		1.14		35.94		50.00		21.33
					ab						
Rey Votan T4	0.00		0.21		0.50		39.44		38.67		23.33
					b						
H*T	n/s		n/s		*		n/s		n/s		n/s
V p	0.2729		0.0002		0.0075		0.5993		0.7981		0.678

n/s = No hay significancia, * 0.05, ** 0.01, *** 0.001. Medias con letras iguales en las columnas no difieren significativamente, prueba de (Tukey $\alpha \leq 0.05$). T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/ Vaca (1:1:2) v/v/v, T4 = Tezontle/Steiner. dds = días después del trasplante. H*T = Interacción de híbridos con tratamientos. Vp = Valor de p. Periodo de evaluación de los 90 ddt a los 165 ddt.

Gladys *et al.*, (2020) realizaron una evaluación sobre el cultivo de *C. annuum* L. obteniendo que la aplicación de estiércol de vaca incrementa el número final de frutos en comparación a las aplicaciones convencionales de fertilizantes y las aplicaciones con estiércol de cerdo. Este mismo resultado lo obtuvieron Muradi, *et al.*, (2023) en donde la aplicación de vermicomposta fabricada a partir de estiércol de vaca incrementó el número de frutos por planta. A s vez, Islam *et al.*, (2021) encontraron que la fertilización

combinada de composta más vermicomposta incrementó el número de frutos por planta que la fertilización convencional.

11.2.14 Diámetro polar (mm)

El híbrido Rey Votan fue superior al híbrido Kabal a los 90 y 105 ddt, ($p = 0.0001$ y 0.0023) respectivamente. A los 165 ddt el híbrido Kabal fue superior al otro híbrido evaluado ($p = 0.0006$).

Por otra parte, el tratamiento T2 fue superior significativamente en el día 105 ddt, ($p = 0.0011$). El tratamiento T3 a los 165 ddt fue superior estadísticamente a los demás tratamientos.

El diámetro polar de los frutos se vio favorecido con la utilización del tratamiento T2 en el híbrido Kabal a los 165 ddt. Esta misma interacción Kabal T2 superó a la interacción Rey Votan T2 ($p = 0.048$). En las demás interacciones (T1, T2, T3 y T4, Kabal) y (T1, T2, T3 y T4, Rey Votan) no se presentaron diferencias significativas entre sí.

Tabla 17: Diámetro polar de los frutos del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.).

Diámetro polar (mm)												
	90 ddt	e.e	105 ddt	e.e	120 ddt	e.e	135 ddt	e.e	150 ddt	e.e	165 ddt	e.e
Híbridos												
Kabal	38.58	0.940	35.53	1.940	39.20	2.789	37.09	2.28	37.42	2.688	35.25	1.264
	b		b		a		a		a		a	
Rey Votan	41.41	0.952	38.44	2.268	36.85	1.778	38.97	2.416	38.15	2.411	32.34	1.510
	a		a		a		a		a		b	
Híbridos	***		**		n/s		n/s		n/s		***	
Tratamientos												
T1	39.98	1.083	38.18	2.004	39.20	1.689	37.18	1.775	28.32	6.834	33.01	0.689
	a		ab		a		a		a		ab	
T2	41.07	0.818	40.13	1.515	38.11	4.364	37.67	3.417	36.93	2.393	33.91	3.446
	a		a		a		a		a		ab	
T3	39.22	0.667	33.69	1.162	39.25	1.753	39.69	3.170	40.08	0.953	36.99	0.994
	a		b		a		a		a		a	

T4	39.72	1.216	36.33	2.224	36.73	1.544	40.06	1.928	39.21	2.974	31.27	1.622
	a		ab		a		a		a		b	
Tratamientos	n/s		**		n/s		n/s		n/s		*	
Interacción Híbrido-Tratamiento												
Kabal T1	39.11		37.30		38.36		35.41		33.21		33.19	
											ab	
Kabal T2	39.66		37.06		40.29		38.22		39.16		40.55	
											a	
Kabal T3	38.84		32.23		38.66		37.63		39.89		38.58	
											a	
Kabal T4	36.72		35.00		38.91		39.86		39.67		28.69	
											b	
Rey Votan T1	40.84		39.06		40.04		38.22		38.43		32.82	
											ab	
Rey Votan T2	42.48		43.21		35.94		35.13		34.70		27.27	
											b	
Rey Votan T3	39.61		35.16		40.13		41.75		40.26		35.41	
											ab	
Rey Votan T4	42.72		34.49		34.56		40.25		38.75		35.85	
											ab	
H*T	n/s		n/s		n/s		n/s		n/s		**	
V p	0.1420		0.0011		0.7728		0.4973		0.0657		0.0014	

n/s = No hay significancia, * 0.05, ** 0.01, *** 0.001. Medias con letras iguales en las columnas no difieren significativamente, prueba de (Tukey $\alpha \leq 0.05$). T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/ Vaca (1:1:2) v/v/v, T4 = Tezontle/Steiner. dds = días después del trasplante. H*T = Interacción de híbridos con tratamientos. Vp = Valor de p. Periodo de evaluación de los 90 ddt a los 165 ddt.

Ghimire *et al.*, (2013) reportaron que los efectos de la fertilización orgánica incrementan el diámetro polar de los frutos en el cultivo de *Capsicum annuum* L. Asu vez, Javier *et al.*, (2022) reportaron el aumento de esta variable en chiles habaneros producidos con lombricomposta en cada uno de los 6 cortes realizados en comparación con frutos fertilizados de manera convencional. Murari *et al.*, (2023) estudiaron el efecto de abonos orgánicos y fertilizantes inorgánicos sobre el crecimiento y rendimiento de chile (*C. annuum* L.) reportando que la lombricomposta aumentó la longitud del fruto (diámetro polar) en comparación a la fertilización convencional. Un resultado similar lo obtuvieron Enow *et al.*, (2023) en donde evaluaron el efecto de la fertilización orgánica y química en tres híbridos diferentes de chile habanero incrementó la longitud del fruto en

cada uno de los híbridos evaluados en comparación a los frutos fertilizados de manera convencional.

11.2.15 Diámetro ecuatorial (mm)

La fertilización orgánica y química influenció el diámetro ecuatorial de los frutos de chile habanero en el híbrido Kabal siendo superior al híbrido Rey Votan a los 90 ddt ($p = 0.023$). Consecuentemente este efecto se vio disminuido sobre el híbrido Kabal en los últimos cinco muestreos, al no presentarse diferencias significativas entre los híbridos ($p = 0.05$).

Por otra parte, el tratamiento T2 fue superior a los demás tratamientos a los 90 ddt ($p = 0.0129$). Mientras que el tratamiento T4 y T1 fueron estadísticamente iguales, superando a los demás tratamientos T2 y T3 a los 105 ddt ($p = 0.0376$). En los días posteriores a esta toma de datos a los 90, 135, 150 y 165 ddt, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.05$).

La interacción del tratamiento T4 con el híbrido Rey Votan presentó los mejores resultados en el diámetro ecuatorial de los frutos a los 105 ddt. El híbrido Rey Votan fertilizado con el tratamiento T4 presentó diferencias significativas a las interacciones Rey Votan T3 y Kabal T4 a los 105 ddt ($p = 0.0001$). Por otra parte, las interacciones (T1, T2, T3 y T4, Kabal) - (T1, T2, T3 y T4 Rey Votan) no presentaron diferencias significativas entre sí, en cada uno de los cortes 90, 120, 135, 150 y 165).

Tabla 18: Diámetro ecuatorial de los frutos del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.).

	Diámetro ecuatorial (mm)											
	90 ddt	e.e	105 ddt	e.e	120 ddt	e.e	135 ddt	e.e	150 ddt	e.e	165 ddt	e.e
	Híbridos											
Kabal	28.96	0.629	26.66	1.041	27.59	1.310	30.46	1.968	28.51	1.459	30.30	1.239
	a		a		a		a		a		a	
Rey Votan	26.77	0.364	26.24	1.304	28.46	1.181	28.06	1.624	27.74	1.161	29.24	2.943
	b		a		a		a		a		a	
Híbridos	**		n/s		n/s		n/s		n/s		n/s	

Tratamientos												
T1	28.17	0.354	27.68	1.034	28.64	0.798	30.02	1.092	29.11	1.149	30.69	1.406
	ab		a		a		a		a		a	
T2	28.79	0.424	26.86	0.687	28.10	1.751	29.03	0.965	27.83	1.483	29.79	2.936
	a		ab		a		a		a		a	
T3	26.09	0.363	23.67	1.041	28.02	1.132	29.16	1.343	28.00	0.539	32.22	1.737
	b		b		a		a		a		a	
T4	28.42	0.559	28.50	1.928	27.13	0.928	27.20	2.013	26.84	1.454	26.37	1.097
	ab		a		a		a		a		a	
Tratamientos	***		**		n/s		n/s		n/s		n/s	

Interacción Híbrido-Tratamiento											
Kabal T1	29.80		29.24		28.83		30.42		26.89		33.24
			ab								
Kabal T2	29.51		25.62		27.48		30.50		29.82		32.17
			abc								
Kabal T3	26.15		25.11		29.14		30.46		27.17		29.85
			abc								
Kabal T4	30.39		24.78		26.01		29.43		25.40		25.93
			bc								
Rey Votan T1	26.53		26.12		28.44		29.62		31.33		28.13
			abc								
Rey Votan T2	28.07		28.10		28.71		27.55		24.84		27.41
			ab								
Rey Votan T3	26.04		22.23		26.34		27.85		27.17		34.60
			bc								
Rey Votan T4	26.45		30.27		28.24		24.97		25.40		26.81
			a								
H*T	n/s		*		n/s		n/s		n/s		n/s
V p	0.0039		0.0013		0.7857		0.6891		0.1700		0.2420

n/s = No hay significancia, * 0.05, ** 0.01, *** 0.001. Medias con letras iguales en las columnas no difieren significativamente, prueba de (Tukey $\alpha \leq 0.05$). T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/ Vaca (1:1:2) v/v/v, T4 = Tezontle/Steiner. dds = días después del trasplante. H*T = Interacción de híbridos con tratamientos. Vp = Valor de p. Periodo de evaluación de los 90 ddt a los 165 ddt.

Javier *et al.*, (2022) obtuvieron en frutos de *C. chinense* fertilizados con lombricomposta un diámetro ecuatorial mayor que los frutos fertilizados con solución nutritiva Steiner en todas sus evaluaciones. Espinosa-Palomeque *et al.*, (2020) indicaron que en *C. annuum* L. en donde se aplicó lombricomposta mezclada con arena de río presentaron un diámetro ecuatorial mayor en comparación a los frutos en los que utilizó

fertilización convencional. Ghimire *et al.*, (2013) evaluaron la fertilización orgánica y fertilización química al 100 % N- P- K, y dos mezclas de fertilizante orgánico, obteniendo que el diámetro ecuatorial de los frutos de *C. annuum* L. no presenta diferencias significativas al tipo de fertilización empleada. Por otra parte, Murari *et al.*, (2023) obtuvo que el diámetro del fruto se incrementó con el uso de la lombricomposta en contra parte de la fertilización convencional. Enow *et al.*, (2023) reportaron que la fertilización orgánica en base a estiércol de aves de corral, incrementó un 11.26, 10.01 y 8.30 % el diámetro ecuatorial en cada uno de los híbridos de chile habanero evaluados en comparación a los chiles habaneros fertilizados de manera convencional.

11.2.16 Peso del fruto (g)

El híbrido Kabal y Rey Votan se comportaron estadísticamente iguales a los 90, 105, 120, 135, y 150 ddt, siendo hasta el día 165 ddt, en donde los efectos de los diferentes tipos de fertilización se vieron reflejadas sobre los híbridos al presentar un incremento significativo sobre esta variable, siendo el híbrido Kabal quien presentó una superioridad sobre el híbrido Rey Votan en el cultivo de *C. chinense* Jacq ($p = 0.034$).

A los 90 ddt el mejor tratamiento fue el T4, aunque también lograron destacar los tratamientos T1 y T2 ($p = 0.0001$). A los 105 ddt ($p = 0.0008$) el tratamiento T1, T2 y T4 fueron superiores estadísticamente sobre el tratamiento. El tratamiento T4 fue apenas superior a los tratamientos T1, T2 y T3 a los 120 ddt ($p = 0.0005$). En los días posteriores 135, 150 y 165 ddt, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p \leq 0.005$).

En las interacciones realizadas a los 105 ddt, el híbrido Kabal T1, presentó diferencias significativas al tratamiento T3 y T4 ($p = 0.0476$). En este mismo sentido, a los 120 ddt, el híbrido Kabal en el tratamiento T4 presentó los mejores pesos de los frutos, superando contundentemente a los demás tratamientos ($p = 0.0001$). En la demás interacción a los 90, 135, 150 y 165 ddt, no se presentaron diferencias significativas entre sí.

Tabla 19: Peso de los frutos del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Periodo de evaluación, de los 90 ddt a los 165 ddt. Seis muestreos realizados durante todo el ciclo del cultivo.

Peso del fruto (g)												
	90 ddt	e.e	105 ddt	e.e	120 ddt	e.e	135 ddt	e.e	150 ddt	e.e	165 ddt	e.e
Híbridos												
Kabal	7.55	1.50	7.19	0.421	6.60	0.263	7.36	0.591	7.15	0.633	8.43	0.447
	a		a		a		a		a		a	
Rey Votan	7.26	1.51	7.07	0.648	6.35	0.368	7.44	0.556	7.55	0.554	7.25	0.408
	a		a		a		a		a		b	

Híbridos	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s	**					
Tratamientos												
T1	7.72 a	1.420	7.78 a	0.569	6.02 b	0.165	6.95 a	0.564	7.24 a	0.789	8.28 a	0.370
T2	7.85 a	1.066	7.77 a	0.361	6.32 ab	0.223	7.92 a	0.528	7.33 a	0.451	7.91 a	0.513
T3	5.97 b	0.790	5.68 b	0.445	6.52 ab	0.325	7.42 a	0.345	7.72 a	0.483	7.55 a	0.437
T4	8.18 a	1.176	7.37 a	0.759	7.12 a	0.355	7.27 a	0.423	7.05 a	0.593	7.60 a	0.262
Tratamientos	***		***		*		n/s		n/s		n/s	
Interacción Híbrido-Tratamiento												
Kabal T1	7.96		8.67 a		5.26 b		5.90		5.65		8.97	
Kabal T2	7.74		7.19 ab		6.84 ab		8.63		7.77		8.70	
Kabal T3	5.77		5.71 b		6.87 ab		7.53		8.03		8.33	
Kabal T4	8.72		5.61 b		7.78 a		7.67		7.40		7.70	
Rey Votan T1	7.28		6.90 ab		6.78 ab		8.00		8.83		7.60	
Rey Votan T2	7.95		8.36 a		5.80 b		7.20		6.90		7.12	
Rey Votan T3	6.18		5.66 b		6.00 b		7.30		7.40		6.77	
Rey Votan T4	7.63		7.07 ab		6.46 ab		6.68		6.63		7.50	
H*T	n/s		*		***		n/s		n/s		n/s	
V p	0.0001		0.0008		0.0005		0.1069		0.1552		0.0345	

n/s = No hay significancia, * 0.05, ** 0.01, *** 0.001. Medias con letras iguales en las columnas no difieren significativamente, prueba de (Tukey $\alpha \leq 0.05$). T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/ Vaca (1:1:2) v/v/v, T4 = Tezontle/Steiner. dds = días después del trasplante. H*T = Interacción de híbridos con tratamientos. Vp = Valor de p. Periodo de evaluación de los 90 ddt a los 165 ddt.

Varios autores coinciden que la aplicación de lombricomposta sobre el cultivo de *C. annuum* L, incrementó el peso de los frutos en comparación de los frutos fertilizados químicamente (Abu-Zahra, 2012; Ghimire *et al.*, 2013; Espinosa-Palomeque *et al.*, 2020; Mendoza-Elos *et al.*, 2021; Murari *et al.*, 2023). Javier *et al.*, (2022) corrobora estos

resultados al encontrar que los frutos cosechados en donde utilizó la lombricomposta como fertilizante orgánico obtuvieron un incremento sobre los frutos fertilizados de manera convencional en cada uno de los 6 cortes realizados.

11.2.17 Número de lóculos

El número de lóculos presentes en las plantas de los híbridos Kabal y Rey Votan no presentaron efecto alguno sobre el cultivo de *C. chinense* Jacq. a los 90, 105, 120, 135, 150 y 165 ddt ($p = 0.583, 0.0947, 0.0963, 0.0623, 0.0523$ y 0.0612).

Algo similar se vio reflejado en los tratamientos aplicados sobre los híbridos Kabal y Rey Votan y sus interacciones, en donde no presentaron diferencia significativa.

Tabla 20: Número de lóculos en los frutos por planta del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.).

Número de lóculos												
	90 ddt	e.e	105 ddt	e.e	120 ddt	e.e	135 ddt	e.e	150 ddt	e.e	165 ddt	e.e
Híbridos												
Kabal	3.38	0.167	3.28	0.209	3.65	0.222	3.44	0.165	3.67	0.083	3.67	0.416
	a		a		a		a		a		a	
Rey Votan	3.17	0.157	2.94	0.223	3.53	0.283	3.23	0.165	3.13	0.227	3.33	0.083
	a		a		a		a		a		a	
Híbridos	n/s		n/s		n/s		n/s		n/s		n/s	
Tratamientos												
T1	3.46	0.179	2.94	0.183	3.50	0.201	3.50	0.223	3.50	0.244	3.33	0.210
	a		a		a		a		a		a	
T2	3.13	0.121	3.06	0.166	3.70	0.244	3.17	0.166	3.00	0	3.33	0.210
	a		a		a		a		a		a	
T3	3.13	0.177	3.14	0.233	3.40	0.244	2.83	0.166	3.50	0.341	3.50	0.341
	a		a		a		a		a		a	
T4	3.38	0.167	3.33	0.352	3.40	0.447	3.33	0.333	3.50	0.223	3.83	0.166
	a		a		a		a		a		a	
Tratamientos	n/s		n/s		n/s		n/s		n/s		n/s	
H*T	n/s		n/s		n/s		n/s		n/s		n/s	
V p	0.1600		0.1451		0.1777		0.1233		0.0499		0.3859	

n/s = No hay significancia, * 0.05, ** 0.01, *** 0.001. Medias con letras iguales en las columnas no difieren significativamente, prueba de (Tukey $\alpha \leq 0.05$). T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/ Vaca (1:1:2) v/v/v, T4 = Sustrato tezontle más

solución nutritiva Steiner. dds = días después del trasplante. H*T = Interacción de híbridos con tratamientos. Vp = Valor de p. Periodo de evaluación de los 90 ddt a los 165 ddt.

La fertilización química y orgánica no tiene efecto alguno sobre el número de lóculos en el cultivo de chile habanero (*C. chinense* y huacle (*C. annuum*) (Mendoza-Elos *et al.*, 2021; Santiago-Morales *et al.*, 2023; Galeote-Cid *et al.*, 2022). Por otra parte, Javier *et al.*, (2022) encontraron en su investigación que el efecto de la fertilización química y orgánica aplicadas sobre el cultivo de *C. chinense* Jacq no provoca efectos significativos sobre esta variable en 5 de los 6 cortes realizados sobre este cultivo, siendo hasta el quinto corte donde el tratamiento con lombricomposta supero al tratamiento químico que presentó un ligero incremento, superando a este por 10.08 %.

11.2.18 Grosor de pericarpio (mm)

Los efectos provocados sobre los híbridos de chile habanero Kabal y Rey Votan se vieron reflejados a los 90, 120 y 165 ddt, en donde el híbrido Kabal superó estadísticamente al híbrido Rey Votan ($p = 0.0001$, 0.0001 y 0.0237). Mientras que a los 105, 135 y 150 ddt, no se presentaron diferencias significativas.

Por otra parte, a los 90 ddt y 105 ddt, los tratamientos T1, T2 y T4 se comportaron estadísticamente de la misma manera, siendo superiores consecuentemente al tratamiento T3 = Borrego/Cerdo/Suelo (1:1:2) v/v/v ($p = 0.0001$) y ($p = 0.0007$) respectivamente. Mientras que los muestreos posteriores 120, 135, 150 y 165 ddt, los tratamientos se comportaron estadísticamente de la misma manera por lo que no se presentaron diferencias significativas entre sí.

Tabla 21: Grosor de pericarpio en los frutos por planta del híbrido Kabal y Rey Votan (mm) en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.).

Grosor de pericarpio (mm)												
	90 ddt	e.e	105 ddt	e.e	120 ddt	e.e	135 ddt	e.e	150 ddt	e.e	165 ddt	e.e
Híbridos												
Kabal	2.25	0.1341	2.34	0.149	2.74	0.236	2.24	0.258	2.27	0.291	2.77	0.230
	a		a		a		a		a		a	
Rey Votan	1.72	0.179	2.27	0.141	1.98	0.149	2.31	0.125	2.04	0.196	2.16	0.154
	b		a		b		a		a		b	
Híbridos	***		n/s		***		n/s		n/s		**	
Tratamientos												
T1	2.07	0.052	2.31	0.173	2.23	0.1815	2.49	0.260	2.33	0.168	2.64	0.299
	a		ab		a		a		a		a	
T2	2.03	0.051	2.72	0.148	2.60	0.196	2.00	0.158	1.98	0.258	2.47	0.160
	a		a		a		a		a		a	
T3	1.71	0.091	1.93	0.097	2.78	0.164	2.50	0.148	2.14	0.211	2.37	0.243
	b		b		a		a		a		a	
T4	2.13	0.131	2.33	0.160	2.23	0.202	1.99	0.237	2.06	0.131	3.39	0.066
	a		ab		a		a		a		a	

Tratamientos	**	***	n/s	n/s	n/s	n/s
H*T	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s	n/s
V p	0.0001	0.0007	0.0032	0.0412	0.0963	0.0268

n/s = No hay significancia, * 0.05, ** 0.01, *** 0.001. Medias con letras iguales en las columnas no difieren significativamente, prueba de (Tukey $\alpha \leq 0.05$). T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/ Vaca (1:1:2) v/v/v, T4 = Tezontle/Steiner. dds = días después del trasplante. H*T = Interacción de híbridos con tratamientos. Vp = Valor de p. Periodo de evaluación de los 90 ddt a los 165 ddt.

Santiago-Morales *et al.*, (2023) evaluaron diferentes dosis de lombricomposta sobre el cultivo de *C. annuum* Jacq. obteniendo que la dosis de fertilización no presenta diferencias significativas sobre esta variable. Por otra parte, Espinosa-Palomeque *et al.*, (2020) obtuvieron en la lombricomposta mezclada con arena de río en 5 diferentes proporciones, supera al tratamiento convencional. Mientras que Javier *et al.*, (2022) obtuvieron que las plantas de *C. chinense* Jacq en donde se aplicó lombricomposta, superó al tratamiento químico convencional Steiner, en al menos uno de los seis muestreos realizados.

11.2.19 Rendimiento (g)

La respuesta de los híbridos del chile habanero Kabal y Rey Votan se ve representada en la Tabla 22 en donde ninguno de los dos genotipos evaluados presentó diferencias significativas en los primeros cinco cortes para el rendimiento, siendo hasta el corte seis en donde se presentaron las primeras diferencias significativas ($p = 0.0001$), siendo el híbrido denominado Kabal quien superó al híbrido Rey Votan.

En los tratamientos no se presentaron diferencias significativas a los 90 105, 120, 135 y 150 ddt. Mientras que a los 165 ddt, el tratamiento T4 presentó los mejores resultados, superando a los tratamientos T1, T2 y T3 ($p = 0.0065$).

A los 90, 105, 120, 135 y 150 ddt, no se presentaron diferencias significativas entre las interacciones, a los 165 ddt, la interacción Kabal T4, fue la interacción híbrido y tratamiento que presentó el mejor rendimiento al obtener 2586.9 g superando a todas las demás interacciones.

Tabla 22: Rendimiento de los frutos del híbrido Kabal y Rey Votan en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.).

Rendimiento (g)												
	90 ddt	e.e	105 ddt	e.e	120 ddt	e.e	135 ddt	e.e	150 ddt	e.e	165 ddt	e.e
Híbridos												
Kabal	1119.6	21.5	1119.6	67.00	935.4	49.26	2025.8	40.88	1682.4	32.85	2163.9	100.2
	a		a		a		a		a		a	
Rey Votan	1392	23.8	1338.3	23.86	487.32	35.15	1612.2	54.04	1887.6	30.25	1652.2	68.65
	a		a		a		a		a		b	
Híbridos	n/s		n/s		n/s		n/s		n/s		***	
Tratamientos												
T1	846.6	20.3	846.6	57.43	903.42	35.11	1448.5	17.35	1646.1	21.06	1533	73.84
	a		a		a		a		a		b	
T2	1518.9	45.0	1518.9	70.12	896.7	82.36	2017.5	109.2	1804.7	4.37	1589.4	72.67
	a	3	a		a		a		a		b	

T3	1578.7	4.07	1578.7	12.71	502.5	19.96	2335.3	25.59	1706.2	86.76	2089.5	94.15
	a		a		a		a		a		ab	
T4	1079.7	21.2	1079.7	41.48	542.88	17.90	1474.6	46.40	1983	14.21	2420.4	45.76
	a		a		a		a		a		a	
Tratamientos	n/s		n/s		n/s		n/s		n/s		***	
Kabal T1	463.38		1465.9		995.52		1207.0		1549.9		2178.9	
											abc	
Kabal T2	1060.2		1008.7		1080.9		2255.2		1468.2		1974	
											abc	
Kabal T3	264.24		412.38		1682.7		1567.3		1329.6		1916.1	
											abc	
Kabal T4	522.6		854.58		791.58		1419.4		2382		2586.9	
											a	
Rey Votan T1	413.22		340.8		97.62		1690.0		1742.4		887.01	
											c	
Rey Votan T2	655.02		784.62		2029.2		1779.6		2141.3		1205.1	
											bc	
Rey Votan T3	412.38		592.62		1474.7		3103.3		2082.7		2262.9	
											ab	
Rey Votan T4	296.4		231.18		1367.8		1530		1584		2253.9	
											ab	
H*T	n/s		n/s		n/s		n/s		n/s		***	
V p	0.0490		0.2740		0.0769		0.0787		0.0540		0.0065	

n/s = No hay significancia, * 0.05, ** 0.01, *** 0.001. Medias con letras iguales en las columnas no difieren significativamente, prueba de (Tukey $\alpha \leq 0.05$). T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/ Vaca (1:1:2) v/v/v, T4 = Tezontle/Steiner. dds = días después del trasplante. H*T = Interacción de híbridos con tratamientos. Vp = Valor de p. Periodo de evaluación de los 90 ddt a los 165 ddt.

Abu-Zahra (2012) reporta que el cultivo de *C. annuum* L. fertilizado de manera convencional presentan un rendimiento superior que las plantas fertilizadas con estiércol de ganado. Ghimire *et al.*, (2013) encontraron que la fertilización química aumentó 3.66 % el rendimiento del cultivo de *C. annuum* L. en comparación a la fertilización orgánica con lombricomposta. Abreu *et al.*, (2018) quienes evaluaron el efecto de la aplicación combinada de fertilizante químico y humus de lombriz en *C. annuum* L. obtuvieron que la fertilización química incrementó el rendimiento de este cultivo con respecto a las plantas fertilizadas de manera orgánica. Ganeshnauth *et al.*, (2019) encontraron que la aplicación inorgánica en comparación a la aplicación de vermicomposta fabricada a través de suelo arcilloso, estiércol de vaca y pastos secos, incrementó el rendimiento del cultivo *C.*

chinense Jacq. Mientras que Javier-López *et al.* (2022) obtuvo que el rendimiento en el cultivo de chile habanero se ve estimulado por las aplicaciones de lombricomposta al superar en al tratamiento químico en 3 de los 6 cortes realizados. Los datos obtenidos sugieren que los híbridos se comportan igual, ya que son genotipos de la misma empresa semillera.

11.2.20 Capsaicina

La curva de calibración ilustrada en la figura 12 muestra las concentraciones (20, 40 60 80 y 100 %) de capsaicina pura y las absorbancias (0.449, 0.615, 0.715, 0.889 y 1) obtenidas a 280nm mediante espectrofotometría, obteniendo una correlación (R^2).

Al finalizar el periodo de evaluación el híbrido Rey Votan superó al híbrido Kabal en la cantidad capsaicina presente en los frutos de chile habanero (*C. chinense* Jacq.) ($p = 0.0059$).

Los tratamientos evaluados T1, T2, T3 y T4, no mostraron diferencias significativas entre ellos ($p = 0.05$).

En las interacciones el tratamiento T1 del híbrido Rey Votan presentó el mejor resultado al obtener 140.40 mg de capsaicina/g de peso seco, seguido de la interacciones T4 del híbrido Kabal y T2 Rey Votan con 140.02 y 139.98 mg de capsaicina/g de peso seco, respectivamente. Por otra parte, los frutos con menos contenido de capsaicina se presentaron en las interacciones (T1, T2 y T3, Kabal), y (T3 y T4, Rey Votan) los cuales no presentaron diferencias entre sí ($P = 0.0008$).

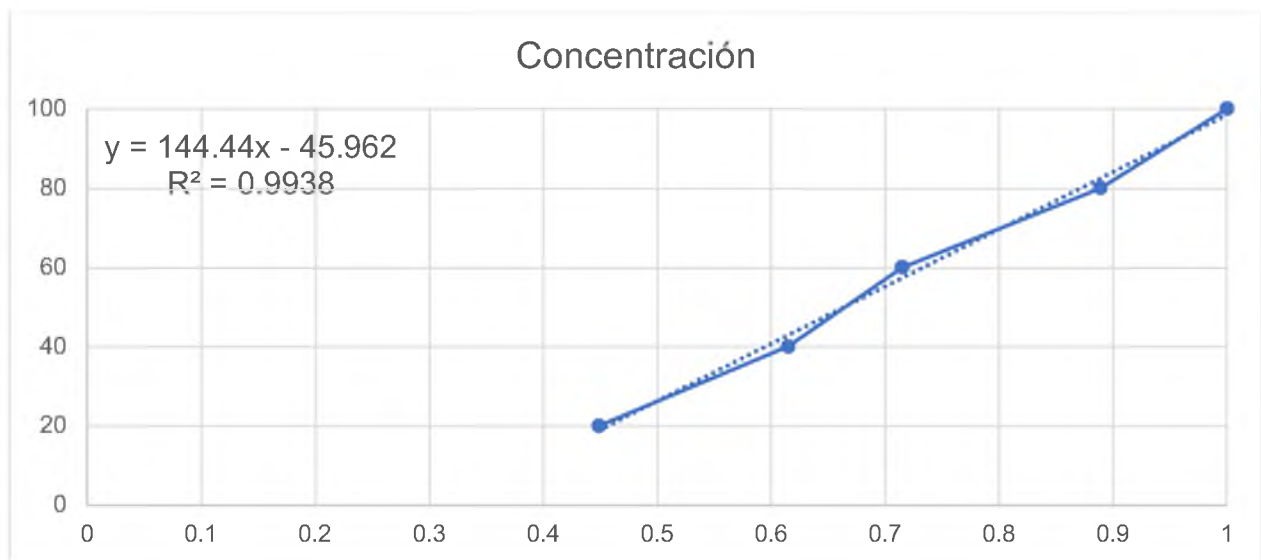


Figura 12: Curva de calibración de la capsaicina, utilizando diferentes concentraciones. Y = Ecuación de la recta lineal. R^2 Correlación.

Tabla 23: Capsaicina presente en los frutos de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). en dos híbridos Kabal y Rey Votan.

mg de capsaicina/g de peso seco		
	Fruto	e.e
Híbridos		
Kabal	139.84 b	0.0642
Rey Votan	140.02 a	0.0930
Híbridos	**	
Tratamientos		
T1	140.00 a	0.0265
T2	139.88 a	0.0514
T3	139.92 a	0.1301
T4	139.95 a	0.1070
Tratamientos	n/s	
Interacción Híbrido-Tratamiento		
Kabal T1	139.60 b	
Kabal T2	139.78 b	
Kabal T3	139.94 b	
Kabal T4	140.02 ab	
Rey Votan T1	140.40 a	
Rey Votan T2	139.98 ab	
Rey Votan T3	139.90 b	
Rey Votan T4	139.88 b	
H*T	***	
V p	**	

n/s = No hay significancia, * 0.05, ** 0.01, *** 0.001. Medias con letras iguales en las columnas no difieren significativamente, prueba de (Tukey $\alpha \leq 0.05$). T1 = Lombricomposta Vaca, T2 = Lombricomposta Cerdo/Suelo (1:1) v/v, T3 = Lombricomposta Borrego/Cerdo/ Vaca (1:1:2) v/v/v, T4 = Tezontle/Steiner. dds = días después del trasplante. H*T = Interacción de híbridos con tratamientos. Vp = Valor de p. Periodo de evaluación de los 90 ddt a los 165 ddt.

Koshale *et al.*, (2018) realizaron una investigación en el cultivo de (*C. annuum* L.) concluyendo que el tipo de fertilización orgánico e inorgánico no modifica el contenido final de capsaicina presente en los frutos. González-Cortés *et al.*, (2023) evaluaron tres variedades de chile habanero, Campeche, Palenque y Jaguar, obteniendo que el tipo de fertilización y la variedad de chile utilizado no influye en la cantidad presente de capsaicina. Borges *et a.*, (2010) evaluó el contenido de capsaicina presente en los frutos de chile habanero cuando se fertiliza con cuatro concentraciones distintas de fertilizante químico (N-P-K) obteniendo que el contenido de capsaicina no se ve influenciada por la concentración química de fertilizantes.

12 CONCLUSIONES

El tratamiento T3 incrementó la longitud (L), el peso (P) y la cantidad de lombrices por kilogramo (CLK). El nitrógeno (NO_3^-) y fósforo (PO_4^{3-}) fue superior en el tratamiento T2. La concentración de potasio (K^+) incrementó con el uso del tratamiento T3. El tratamiento T1 incrementó el contenido de calcio (Ca^{2+}). El potencial de hidrogeno (pH) no mostró diferencias significativas entre los tratamientos. La conductividad eléctrica (CE) se incrementó con el uso del tratamiento T2.

El híbrido Kabal incrementó la altura de la planta (AP), el número de flores (F), la cantidad de clorofila a y b (CA y CB), la concentración de fósforo (PO_4^{3-}), el peso seco de las plantas (PS), el número de frutos (NF), el diámetro ecuatorial (DE), el grosor del pericarpio (GP), el rendimiento del cultivo (R) y el potencial de hidrógeno (pH). Mientras que el híbrido Rey Votan incrementó la cantidad de carotenoides (C), la concentración de nitrógeno (NO_3^-) y potasio (K^+) y el diámetro polar (DP), El diámetro del tallo (DT), el área foliar (AF), el número de lóculos (NL) y el peso fresco de las plantas (PF), no presentaron diferencias significativas.

El diámetro del tallo (DT) y la altura de la planta (AP) no presentaron diferencias significativas. El tratamiento T4 incrementó el número de flores (F), el área foliar (AF), la cantidad de clorofila a, b y carotenoides. (CA, CB y C), la concentración de nitrógeno (NO_3^-) y fósforo (PO_4^{3-}). Los tratamientos T2 y T3, incrementaron la cantidad potasio de la planta (K^+). El tratamiento T4 incrementó el peso fresco y seco de las plantas (PF y PS). Los tratamientos T1 y T4 incrementaron el número de frutos por planta (NF). El tratamiento T1 incremento el diámetro polar y ecuatorial de los frutos (DE y DP). El tratamiento T4 incremento el peso (P) de los frutos. El número de lóculos (NL) no presentó diferencias significativas. El grosor de pericarpio (GP) se incrementó con la utilización del tratamiento T1. El tratamiento T4 incremento el rendimiento (R) del cultivo. El pH se vio influenciado por la utilización del tratamiento T1.

13 REFERENCIAS

- Abreu, C, A., Araujo, C, E., Rodríguez, J, S, L., Valdivia, A, L., Fuentes, A, L., y Pérez, H, Y. 2018. Efecto de la aplicación combinada de fertilizante químico y humus de lombriz en *Capsicum annuum*. *Centro Agrícola*. 45(1): 52-61.
- Abu-Zahra, T, R. 2012. Vegetative, Flowering and Yield of Sweet Pepper as Influenced by Agricultural Practices. *Middle-East Journal of Scientific Research*. 11 (9): 1220-1225.
- Acuña, R. A., Medrano, H. A., Herrera, G. S., Martínez, R. M., Rodríguez, E. C., Ayala, A. J., y Fernández, O. E. 2020. Comparativo del contenido de proteínas y minerales en *cucúrbita pepo* l. o zucchini (calabacita o calabacín) con tres tipos de composta. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*. 23(2): 512-516.
- Aguirre-Hernandez, E., y Muños-Ocotoero, V. 2015. El chile como alimento. *Revista Ciencia*. 66(3): 16-23.
- Apodaca, S, M. A., Barreras, S, M. A., Cortez, M, E., y Quintero B, J A. 2008. Enfermedades del tomate de cáscara en Sinaloa. INIFAP-CIRNO. Campo Experimental Valle del Fuerte. Folleto Técnico No. 31. Los Mochis, Sinaloa, México. 33 p.
- Argerich, A., Troilo, L., Rodríguez, F, M., Izquierdo, J., Strassera, M, E., Balcasa, L., Dal Santo, S., Miranda, O., Gonzales, C, G., y Días, B, A. 2010. Manual de buenas prácticas agrícolas en la cadena del tomate. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. 264 p.
- Argo, W.R. and J. A. Biernbaum. 1995. Root medium nutrient levels and irrigation requirements of poinsettias grown in five root media. *HortScience*, 30(3): 535-538.
- Aviles, Gómez. S. E. 2018. Evaluación de varios sustratos orgánicos en el crecimiento de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) alimentadas con estiércol de bovino, pollinaza y compost, en la zona de Babahoyo. Tesis. Universidad técnica de babahoyo facultad de ciencias agropecuarias carrera de ingeniería agronómica. Babahoyo, Los Ríos, Ecuador. 46 p.

- Awodun, M, A., Omonijo, L, I., y Ojeniyi, S, O. 2007. Effect of Goat Dung and NPK Fertilizer on Soil and Leaf Nutrient Content, Growth and Yield of Pepper. *International Journal of Soil Science*: 2 (2): 142-147.
- Bawa, U., Bukar, A., Abdullahi, Y. y Samuel, A. 2016. The role of earthworms in soil structure, nutrients cycle and vermicomposting. *Atbu journal of science, technology and education*, 4 (2): 149-156.
- Berrones, M, M., Garza, U, E., Vázquez, G, E., y Méndez, A, R. 2013. Producción de pimiento morrón en casa-malla para el sur de Tamaulipas. Folleto Técnico No. MX-0-310301-11-03-14-09-30. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Noreste (INIFAP-CIRNE). Villa Cuauhtémoc, Tamaulipas, México. 45 p.
- Borges, G, L., Cervantes, C, L., Ruiz, N, J., Soria, F, M., Reyes, O, V., y Villanueva, C, E. 2010. Capsaicina en el chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo diferentes condiciones de humedad y nutrición. *Terra Latinoamericana*. 28(1): 35-41.
- Canales, G, A., Solis, R, B, J., Panca, C, R, J., y Quispe, C, B, L. 2020. Crianza de *Eisenia foetida* (lombriz roja) en diferentes sustratos de desarrollo biológico. *Ecología Aplicada*. 19 (2). Doi: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v19i2.1559>.
- Cardoso, V. L. 2002. Vermicomposteo de lodos residuales. 323-339 p.
- Carrillo, R., Perea, Y.S. y González, M.C. 2017. Vermicompost y estiércol ovino para estabilizar elementos potencialmente tóxicos en un residuo de mina. *Agroproductividad*, 10 (4): 21-27.
- Castillo, A. C., Lopéz, C. L., Quej-Chi, H. V., Chiquinini, M. R. 2019. Caracterización varietal del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) Var. Rosita. *Agroproductividad*. 12(4): 61-66.
- Castro, S, N., Medina, P, A, Y., Llanos, G, L., Rivera, M, E, Y., y Trujillo, C, D, A. 2013. Lombricultura. Grado 11, Educación Ambiental. Instituto Educativa Juan XXIII. 7 p.
- Ccasani, M, N., y Poma, E, A. 2012. Valuación de la densidad poblacional; peso y longitud de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetidia*) alimentadas en estiércol y compost de bovino y ovino. Tesis de Ingeniería. Facultad de ciencias de ingeniería escuela académico profesional de zootecnia. Universidad nacional de Huancavelica. Huancavelica, Perú. 49 p.

- Cedillo, P, E., Martinez, H, L, P., Casiano, H, H, Hernandez, A,D, L., Padilla, M, C, M., y Rodriguez, T, M, A. 2021. Manual de producción de chile jalapeño y poblano (*Capsicum annuum*) bajo invernadero. Universidad Nacional Autónoma De México, Facultad De Estudios Superiores Aragón. Ciudad de México, México. 18 p.
- Centro de Investigación y Asesoría Agroindustriales (CIAA). 2009. Manual de producción de tomate bajo invernadero. Centro de Investigación y Asesoría Agroindustriales (CIAA), Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano (UBJTL) y Departamento de Ciencia, Tecnología e Innovación (DACTI). Editores, Hugo Escobar y rebecca Lee. Bogotá, Colombia. 180 p.
- Chicaiza-Tejeda. 2007. Producción de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y lombrihumus con estiércol de vaca, cabra, cerdo y caballo. Tesis de grado. Carrera en Ciencias y Producción Agropecuaria. Zamorano, Honduras. 25 p.
- Chouaki, V., Lavarde, L., Raccurt, C.P. y Hennequin, C. 2002. *Clinical Infectious Diseases*, 35: 1360-1367.
- CONACyT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) y CICY (Centro de Investigación Científica de Yucatán). 2021. Ficha técnica para la producción de plantas de chile habanero. 4 p.
- CONAFOR, (Comisión Nacional Forestal). 2017. Desde la oscuridad. Obtenido en: <https://www.gob.mx/conafor/articulos/desde-la-oscuridad>. Consultado en: 8 de mayo de 2022.
- Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, A., Bugarin-Montoya, R., Pineda-Pineda, J., Flores-Canales, R., Juárez-López, P., y Alejo, Santiago, G. 2014. Concentración nutrimental foliar y crecimiento de chile serrano en función de la solución nutritiva y el sustrato. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 37(3): 289-295.
- De Guardia A., Petiot C., Rogeau D., Druilhe C. 2008. Influence of aeration rate on nitrogen dynamics during composting. *Waste Management*. 28:575-587.
- De la Rosa-Rodríguez, R., Lara-Herrera, A., Lozano-Gutiérrez, J., Padilla-Bernal, L. E., Avelar-Mejía, J. J., y Castañeda-Miranda, R. 2016. Rendimiento y calidad de tomate en sistemas hidropónicos abierto y cerrado. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 17, 3439-3452.

- Dellinger, A. T., y Day, E. 2022. Pepper Weevil. Virginia Cooperative Extension is a partnership of Virginia Tech, Virginia. State University, the U.S. Department of Agriculture. 2 p.
- Demin, P, E. 2014. Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego. Métodos de riego: fundamentos, usos y adaptaciones. Primera edición, San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca: Ediciones INTA. 28 p.
- Diacono M. y Montemurro F. 2012. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. *Agronomy for Sustainable Development*, 30: 401-422. DOI: <https://doi.org/10.1051/agro/2009040>. Obtenido de: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5513923&fecha=21/02/2018. Consultado en: 16 de enero de 2022.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2018. NOM-189-SCFI-2017, Chile habanero de la Península de Yucatán (*Capsicum Chinense* Jacq.) Especificaciones y métodos de prueba.
- Domínguez, J. 2004. State of the art and new perspectives on vermicomposting research. C.A. Edwards (Ed.). *Earthworm ecology*. Second edition. CRC Press, Boca Raton. 401–424.
- Durán, L., y Henríquez, C. 2007. Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*. 33(2): 275-281
- Eller, F. J., y D. E. Palmquist. 2014. Factors affecting pheromone production by the Pepper Weevil, *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae) and Collection Efficiency. *Insects* 5: 909–920.
- Enow, E, A., Nkeutcha, S, M S., y Nkede, F. 2023. Growth, Yield and Yield Characteristics of Three Pepper Cultivars to Fertilizers Application in the Mount Cameroon Region. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*. 12; 188-205.
- Espinoza-Palomeque, B., Cano-Ríos, P., Salas-Pérez, L., González-Rodríguez, G., Reyes-González, A., Ayala-Garay, A, V., y Preciado-Rangel, P. 2020. Vermicompost on the production and nutraceutical quality of jalapeño pepper fruits (*Capsicum annuum* L.) Vermicompost en la producción y calidad nutracéutica de frutos de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). *Terra Latinoamericana*. 38: 795-803. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.605>.

- Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO). 2016. El cultivo bajo invernadero, detona proyectos competitivos con calidad exportación. Obtenido de: <https://www.gob.mx/firco/articulos/el-cultivo-bajo-invernadero-detona-proyectos-competitivos-con-calidad-exportacion?idiom=es>. Consultado en: 23 de junio de 2022.
- Flores, B. E. F., Sandoval, V. M., Guzmán, M. M., Espinosa, R. M., Vázquez, V. M., y Sabino, L. J. 2021. Estado nutrimental en el extracto celular de pecíolo y hojas de genotipos de jamaica. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 8(2): 1-9.
- Fraile, J., y Obando, R. 1994. Lombricultura: alternativa para el manejo racional de los desechos del banano. *Aqua*. 3(4): 17-22.
- Fuentes, Y. J. 1987. La crianza de la lombriz roja. Servicio de Extensión Agraria. Madrid. Hojas Divulgadoras. Núm. 1/87 HD. 28 p.
- Galeote-Cid, G., Cano-Ríos, P., Ramírez-Ibarra, J. A., Nava-Camberos, U., Reyes-Carrillo, J. L., y Cervantes-Vázquez, M. G. 2021. Comportamiento del chile Huacle (*Capsicum annuum* L.) con aplicación de compost y *Azospirillum* sp. en invernadero. *Terra Latinoamericana*, 40: 1-12. Doi: <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.828>.
- Ganeshnauth, V., Jaikishun, S., Ansari, A., y Homenauth, O. 2019. Growth and productivity of pepper plants using vermicompost and other fertilizers. *The Journal of Agriculture and Natural Resources Sciences*. 6(1): 47-66.
- García-Mary y Solano-Viviana. 2005. Manual de cría de la lombriz de tierra. Una alternativa ecológica y rentable. Editorial San Pablo. Bogotá. 194 p.
- García, M. A., y Gutiérrez, E. I. 2020. Sistema de automatización para una lombricomposta. *Revista Electrónica de Ciencia y Tecnología y Sociedad*. 7(13): 1-10.
- Garruña, H. R., Orellana, R., Larque, S. A., y Canto, A. 2014. Understanding the Physiological Responses of a Tropical Crop (*Capsicum chinense* Jacq.) at High Temperature. *PLOS ONE*. 9 (11): 1-11. doi:10.1371/journal.pone.0111402.
- Garza, U. E. 2002. Manejo integrado de las plantas del chile en la planicie huasteca. Folleto Técnico Núm. 10. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,

- Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigaciones Regional del Noreste, Campo Experimental Ebano. San Luis Potosí, México. 43 p.
- Ghimire, S., Man Shakya, S., y Srivastava, A. 2013. Sweet pepper production using different nitrogen sources in subtropical climate. *Journal of Agriculture and Food Science*. 1(1): 6-10.
- Gladys, M, A., Peter, A, O., y Faith, O, I. 2020. Hot pepper (*Capsicum annum* L.) production using different organic manure and inorganic fertilizer in Akure, Nigeria. *Journal of Medicinal Plants Studies*. 8(2): 49-53.
- GOB (Gobierno de México). 2018. Agricultura Protegida con Macrotúneles. Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura/michoacan/articulos/agricultura-protegida-con-macrotuneles?idiom=es>. Consultado en: 23 de junio de 2022.
- Gómez-García, M., y Ochoa-Alejo, N. 2013. Biochemistry and molecular biology of carotenoid biosynthesis in chili peppers (*Capsicum* spp). *International Journal of Molecular Sciences*. 14, 19025-19053.
- González-Estrada, T., Casanovas-Chávez, C., Gutierrez-Pacheco, L., Torrez-Tapia, L., Contreras-Martinez, F., y Peraza-Sánchez, S. 2018. Chiles cultivados en Yucatán. Usos de la biodiversidad. 3 p.
- González-Cortés, A., Robledo-Torres, V., Luna-García, L, R., Mendoza-Villarreal, R., y Pérez-Rodríguez, M, A. 2023. Yield and antioxidant quality of habanero chili pepper by supplementing potassium with organic products. *Horticulture*. 9(797): 1-15. Doi: <https://doi.org/10.3390/horticulturae9070797>.
- González, M. J., Yáñez, W., y Parducci, P. 2018. Potencial uso de la leonardita para el cultivo de rosa en condiciones de invernadero. *Agronomía Costarricense*. 42(1): 155-162.
- González, R, G., Nieto G, A., Murillo A, B., Ramírez S, R., Villavicencio F, E, A., Hernández, M, J, D., Aguilar, M, X., y Guerrero, M, Z, E. 2012. Guía técnica para la producción de lombricomposta. Edit. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, Baja California Sur, México. 127 p.
- González, Z. A., Sierra, C. E., Pérez, M. R., Vázquez, V. C., Gallegos, R. M. A., López, M J. E., y García, H. J. L. 2014. Measurement of Capsaicinoids in Chiltepin Hot

Pepper: A Comparison Study between Spectrophotometric Method and High-Performance Liquid Chromatography Analysis. *Journal of Chemistry*. 15: 1-10.

Grupo Silvestre. 2012. Ficha técnica comercial. 63 p.

Gutiérrez-Mendoza, R. 2013. Siembra y extracción de semilla de Chile Habanero. Informe final de Residencia Profesional, N° de Control07870083. Juan Sarabia, Quintana Roo. ITZM. 68 p.

Guzmán, J. A., Celis, T. J. C., Carrillo, P. M., Medina, L. F., Martínez, E. M., Echevarría, M. 2018. Desarrollo del sistema radical de chile habanero (*Capsicum chinense* jacq.) durante las fases iniciales postrasplante. Capítulo 9. CONACyT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología). CICY (Centro de Investigación Científica de Yucatán). 188 p.

Hasnain, M., Chen, J., Ahmed, N., Memon, S., Wang, L., Wang, Y., y Wang, P. 2020. The effects of fertilizer type and application time on soil properties, plant traits, yield and quality of tomato. *Sustainability*. 12(21): 9065. doi:10.3390/su12219065.

Hassanin, I, A, T., Bardisi, D, A., Nawar, A, S., y Zyada, H, G. 2021. Growth and productivity of sweet pepper as influenced by nitrogen fertilization sources and foliar spray with some growth stimulants under plastic houses conditions. *Plant Production Science*. 48 (4): 1005-1022.

Hernández-Fuentes, A, D., Campos, M, R y Pinedo-Espinoza, J. M. 2010. Comportamiento poscosecha de pimiento morron (*capsicum annum* L) Var. California por efecto de la fertilización química y aplicación de lombrihumus. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 11(1): 82-91.

Hernández, V, R, D., Juárez, M, A., Pérez, H, A., Lozano, C, C, J., Zermeño, G, A y González, F, J, A. 2022. Influencia de fertilizantes orgánicos y del silicio sobre la fisiología, el rendimiento y la calidad nutracéutica del cultivo de fresa. *Nova scientia*. 14(28): 1-16.

Islam, H., Bardisi, A., Nawar, D., y Zyada, H. 2021. Nitrogen sources and foliar spray with some stimulants affect dry weight, yield and fruit quality of sweet pepper

under plastic houses conditions. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*. 26(11): 15-32.

ITA-TEKU. 2006. Elaboración de lombricomposta. Coordinadora Estatal de Productores de Café del Estado de Oaxaca, A.C. CS-09-D-MR-055-06. Fortalecimiento organizativo en Pro de la Consolidación de los Proyectos Productivos con Enfoque de Género. 12 p.

Jagassar R.C., Chester, L., y Blair T. 2020. Investigating the antioxidant content of sweet pepper in response to fertilisers. *Journal of Agricultural Science and Food Technology*. 6 (2): 34-43.

Javier, L, L., Palacios, T, R, E., Ramírez, S, A, R., Hernández, H, H., Antonio, L, M, C. Yam, T, J, A., y Chaires, G, M, P. 2022. Producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en lombricomposta con fertilización orgánica. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*. 9(3): 1-10. Doi: <https://doi.org/10.19136/era.a9n3.3348>

Kale, R, D., Malesh, K, B, C., y Bagyaraj, D, J. 1992. Influence of vermicompost application on the available macronutrients and selected microbial population in a paddy fields. *Soil Biol. Biochem*. 24: 1317-1320.

Khosale, C., Kumar, D., y Das Banjare, L. 2018. Effect of organic manure and inorganic fertilizer on growth, yield and physiological parameter of chilli (*Capsicum annum* L.). *International Journal of Chemical Studies*. 6(4): 118-122.

Koppert. 2013. *Phytophthora capsica*. Obtenido de: <https://www.koppert.mx/retos/control-de-enfermedades/tizon-del-pimiento/>. Consultado en: 30 de abril de 2023.

Kumar, k. S., Kiran, J. J. S., Rudrapal M., Debnath, M. 2012. A Short Review On *Capsicum Chinense* Jacq. *Journal of Herbal Medicine and Toxicology*. 6 (2): 7–10.

Labbé, R. M., Gagnier, D., Rizzato, R., Tracey, A., y Cara McCreary, C. 2020. Assessing New Tools for Management of the Pepper Weevil (Coleoptera: Curculionidae) in Greenhouse and Field Pepper Crops. *Journal of Economic Entomology*. 113(4): 1903–1912.

- Lalrinfela, T., y Lalmuanzovi. 2018. Comparision study on the effects of vermicompost produced from pig manure and cattle dung. *International Journal of Advanced Research (IJAR)*. 6(10): 638-642. Doi: 10.21474/IJAR01/7850
- Lara-Capistrán, L., Zulueta-Rodríguez, R., Murillo-Amador, B., Romero-Bastidas, M., Rivas-García, T., y Hernández-Montiel, L. 2020. Respuesta agronómica del chile dulce (*Capsicum annuum* L.) a la aplicación de *Bacillus subtilis* y lombricomposta en invernadero. *Terra Latinoamericana*. 38(3): 693-704. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.737>
- Lara, A., Quintero, R. 2006. Manual de producción de humus de lombriz. Unidad Académica de Agronomía. Universidad Autónoma de Zacatecas "Francisco García Salinas". Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Estado de México, México. Fundación Produce Zacatecas, A. C. 43 p.
- León, S., Villalobos, G., Fraile, J., y González, N. 1992. Cultivo de lombrices (*Eisenia foetida*) utilizando compost y excretas de animales. *Agronomía Costarricense*. 16(1) 23-28.
- Liu, P., Yang, L., Yu, S., Liu, Z., Wei, J., Wang, X., y Wang, Y. (2008). Evaluation on environmental quality of heavy metal contents in soils of vegetable green-hous-es in Shouguang City. *Res Environ. Sci.* 21(1): 66-71.
- Loc, T, T., y Kenji, M. 2015. Effect of High Temperature on Fruit Productivity and Seed-Set of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.) in the Field Condition. *Journal of Agricultural Science and Technology A and B & Hue University Journal of Science*. 5: Doi: 10.17265/2161-6256/2015.12.010.
- López-Puc, G., Rodríguez -Rodríguez., J.D., Ramírez-Sucre, M. O., Rodríguez-Buenfil, I.M. 2020. Manejo agronómico y CIATEJ. 23. Factores que influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas del cultivo de chile habanero. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco Subsede Sureste. 26 p.

- López, G, J, D., Sotelo, N, H., Villegas, T, O, G., y Andrade, R, A. 2022. Yield and quality of habanero chili in response to driving pruning and nutritional regime. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*. 11(2): 315-325.
- López, L, R., Inzunza, I, M, A., Fierro, A, A., y Palma, L, D, J. 2018. Fechas de trasplante y productividad del chile habanero con riego por goteo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 9(1): 51-64. Doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i1.847>.
- López, L, R., Mirafuentes, H, F., Avilés, B, W, I., Jiménez, C, J, A., y Meneses, M, I. 2015. Producción de chile habanero con riego por goteo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Golfo Centro, (CIRGOC.INIFAP). Huimanguillo, Tabasco, México. 51 p.
- López, P, G., Canto, F, A., y Santana, B, N. 2009. El reto biotecnológico del chile habanero. *Revista Ciencia*. 60 (3): 30-35.
- Luna-Flejes, J., Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, A., Chan-Cupul, W., Luna, Esquivel, Garcia, Paredes, J, D., Mancilla-Villa, O, R. 2021. Producción de plántulas de chile habanero con fertilización orgánica y biológica. *Terra Latinoamericana*. 39: 1-13. Doi: <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.988>
- Luna, C, G., y Mendoza-Soto, N. 2020. Condiciones ambientales y microorganismos adecuados para la obtención de humus de calidad y su efecto en el suelo agrícola. *Revista De Investigación Ciencia, Tecnología Y Desarrollo*. 6(1): 45-53.
- MacNeish R.S. 1967. A summary of subsistence. En: Byers The jrehistory of tite Tehuacán Valle. University of Texas. I: 3-13.
- Maldonado-Astudillo, Y., Jiménez-Hernández, J. y Salazar, R. 2020. Fisiología y tecnología postcosecha del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). IV Postcosecha. Facultad de Ciencias Químicas Biológicas. Universidad Autónoma de Guerrero. 12 p.
- Matthew, E. 2013. Pepper weevil *Anthonomus eugenii*. Departament For Evironment Food and Rural Affairs. 6 p.
- Maurya. V.K., Gothandam, K. M., Shakyad, V, R, A., y Pareekd, S. 2018. Effect of drying methods (microwave vacuum, freeze, hot air and sun drying) on physical, chemical and nutritional attributes of five pepper (*Capsicum annum* var. *annuum*) cultivars.

- Journal of the Science of Food and Agriculture*. 98(9): 3492-3500. DOI: 10.1002/jsfa.8868.
- Mejía, A. P. 2010. Manual de Lombricultura. Agroflor lombricultura. 30 p.
- Mejía, L. A., y Palencia, G. E. 2009. Abono orgánico: manejo y uso en el cultivo de cacao. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria. Fundación Instituto Cristiano de Promoción Campesina. Bucaramangara, Colombia. 24 p.
- Mendoza-Elos, M., Zamudio, A, L, F., Cervantez, O, F., Chable, M, F., Frías, P, J., y Gámez, V, A, J. 2020. Rendimiento de semilla y calidad de fruto de chile habanero con fertilización química y orgánica. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*. 11(8): 1749-1761.
- Miserendino. E. 2011. Manual para la construcción de microtuneles. Primera Edición. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). Buenos Aires, Argentina. 16 p.
- Morales-Fernández, S., Moreno-Velázquez, D., Trinidad-De Jesús, S., Vázquez-Cruz, F., Ibáñez-Martínez, A., y Tobar-Reyes, R. 2020. Fenología y contenido de capsaicinoides en chile producidos en condiciones de invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 11(3): 663-675.
- Morales, M, J, C., Fernández, R, M, V., Montiel, C, A., y Peralta, B, B, C. 2009. Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de la lombricomposta y el desarrollo de la lombriz (*Eisenia foetida*). *Biotecnia*. 11(1): 19-26.
- Muradi, K, B., Singh, D., y Deepanshu. 2023. Effect of organic manure and inorganic fertilizer on growth and yield of chilli (*Capsicum annum* L.). *The Pharma Innovation Journal*. 12(3): 4363-4366.
- Odo V. C., Abu N. E., Igu T. C., Asogwa L. N., Eze C. O., James O.V., Oyediran O.T., Okanwu J. O. y Ojua E. O. 2023. Expression of bioactive compounds in different pepper cultivars (*Capsicum annum* L.) in response to different fertilizer treatments. *African Journal of Biotechnology*. 22(8):153-159.
- Ojeda, B, F, J., López, I, W., Rojano, A., y Salazar, I. 2007. Requerimientos de riego para tomate de invernadero. *Terra Latinoamericana*. 25(2): 127-134.

- Olalde, G, V, M., Mastache, L, A, A., Carreño, R, E., Martínez, S, J., y Ramírez, L, M. 2014. El sistema de tutorado y poda sobre el rendimiento de pepino en ambiente protegido. *Interciencia*. 39(10): 712-717.
- Oliver, G. R., Taboada, M., y Vázquez, O. 2003. Producción de lombriz roja paquete tecnológico de producción de lombricomposta. Centro de Validación y Transferencia de Tecnología de Sinaloa, Centro Sustentable Unificador, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 7 p.
- Omar, E, S., Gabal, A, A, A., Alkharpotly, A, A., Radwan, F, I., y Abido, A, I, A. 2018. Effect of Mineral, Organic and Bio-fertilization on Sweet Pepper (*Capsicum annum* L.) Grown Under Plastic Houses Conditions. *J. Adv. Agric. Res. (Fac. Agric. Saba Basha)*. 23(3): 402- 432.
- Ortiz-Rocha, J. 2017. Rendimiento y calidad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo fertilización química y orgánica en condiciones de invernadero. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, División de Carreras Agronómicas. Torreón, Coahuila. 65 p.
- Osorio, D L., y Roldán J C. 2003. Abonos, lombricultura y compostaje. Grupo Desarrollo A.C. Instituto Nacional Para El Desarrollo Social. 18 p.
- Ostojá, S, J. C., R. H. A. Baker, y D. Eyre. 2013. Plant pest factsheet: pepper weevil *Anthonomus eugeni*. Department for Environment Food and Rural Affaris. 6 p.
- Peralta, L., Juscamaíta, J., y Meza, V., 2016. Obtención y caracterización de abono orgánico líquido a través del tratamiento de excretas del ganado vacuno de un establo lechero usando un consorcio microbiano ácido láctico. *Ecología Aplicada*. 15(1): 1-10. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v15i1.577>.
- Pereyra, G, J, M., De la Peña, C., Tezara, W., Zamora, B, R., Andueza, N, R., Noh, K, J., Carrera, M, M., y Garuña, R. 2022. High Temperature and Elevated CO2 Modify Phenology and Growth in Pepper Plants. *Agronomy*. 12: 1-13. Doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy12081836>.
- Pérez, A., Céspedes, C., y Núñez, P. 2008. Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana. *Revista De La Ciencia Del Suelo y Nutrición Vegetal*. 8(4): 10-29.

- Pickersgill, B. 1984. Migrations of chili peppers, *Capsicum* spp. En: Stone D. Ed. Papers Peabody Museum Arclteology. Press., Harvard University, 76, 105-123.
- Pino G, P., Varnero M. M.T., y Alvarado V, P. 2005. Dinámica del compostaje de residuos vitiviní- colas con y sin incorporación de guano Broiler. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*. 5 (2): 19-25.
- Pinos, R, J, M., García, L, J, C., Peña, A, L., Rendón, H, J, A., González, G, C., y Tristán, P, F. 2012. Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *Agrociencia*. 46: 359-370.
- Polanco-Rodríguez, A. G., Magaña-Castro, T. V., Cetz-luit, J., y Quintal-López, R. 2019. Uso de agroquímicos cancerígenos en la región agrícola de Yucatán, México. *Centro Agrícola*. 46(2): 72-83.
- Prado, G. J. 2013. Manual de lombricompostaje de pulpa de café para los cafecultores de Otomi Tepehua de Hidalgo. Innova y Renueva, Asociación Para El Desarrollo A.C. Instituto Nacional Para El Desarrollo Social. 18 p.
- Prado, U, G. 2006. Tecnología de la producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq). Gobierno Del Estado De Tabasco, Instituto Para El Desarrollo De Sistemas De Producción Del Trópico Húmedo De Tabasco (ISPROTAB). Villahermosa, Tabasco. 43 p.
- Pratt, L., y Ortega, M. J. 2019. Agricultura protegida en México, Elaboración de la metodología para el primer bono verde agrícola certificado. Nota Técnica N° IDB-TN- 1668. Banco Interamericano De Desarrollo. Sector de Instituciones para el Desarrollo División de Conectividad, Mercados y Finanzas. 73 p.
- Quiceno, A. J. 1995. Producción de humus de lombriz. Corporación colombiana De Investigación Agropecuaria Corpoica - Regional Nueve Creced Caldas. Fondo De Desarrollo Rural Integrado. Manizales, Colombia. 25 p.
- Raghunauth, R., Chandranauth¹, R., Bacchus, Z., Chibi, S., y Singh, J. 2023. Evaluating two varieties of sweet pepper using different nutrient sources to increase productivity. *Agricultural Sciences*. 14; 751-766. DOI: 10.4236/as.2023.146050
- Ramirez, J, G., y Lozano, C, M, G. 2018. Áreas potenciales para el establecimiento del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en condiciones de riego en la península

- de Yucatán. *Revista del Centro de Graduados e Investigación. Instituto tecnológico de Mérida*. 33(75): 85-90.
- Riley, G. D., y Sparks, N. A. 1995. The Pepper Weevil and Its Management. Texas Agricultural Extension Service. 6 p.
- Rivero, C., Senesi, N., y D'Orazio, V. 2004. Los ácidos húmicos de leonardita sobre características espectroscópicas de la materia orgánica de un suelo en la cuenca del lago de valencia. *Agronomía Tropical*. 54(2): 133-144.
- Rodríguez, B, I, M., y Ramirez, S, M. 2020. Metabolómica y cultivo del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) de la Península de Yucatán. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. CIATEJ. Jalisco, México. 309 p.
- Rodríguez, D, N., Cano, R, P., Figueroa, V, U., Palomo, G, A., Favela, C, E., Alvarez, R, V, P., Márquez, H, C., y Moreno, R, A. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 31(3): 265-272.
- Roman, G., y Aristides, M. A. 1989. Biología del picudo del pimiento, *Anthonomus eugeni*, Cano (Coleoptera: Curculionidae), en Puerto Rico. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. San Miguelito, Panamá. 5 p. C
- Romero, C, O., Ocampo, M, J., Sandoval, C, E., y Tobar, R, J, R. 2018. Evaluación de sustratos para la producción de lombriz de tierra (*Eisenia foetida*). *Centro Agrícola*. 45(4): 68-74.
- Ruiz-Lau, N., Medina-Lara, F., y Martínez-Estévez, M. 2011. El chile habanero: su origen y usos. *Ciencia*. 63(3): 70-76.
- Ruiz-Morales, M. 2011. Taller de elaboración de lombricomposta. Universidad Iberoamericana, Manual de Instrucción para el taller avanzado de lombricomposta. Lomas de Santa Fe, Ciudad de México, México. 23p.
- Ryabova, I. N. 2010. Organomineral sorbent from shubarkol coal. *Solid Fuel Chem*. 44(5):335-338.
- Sáez. Coordinador. Ediciones de la Universidad de Lleida. España. 19 p.
- Sagaseta, De I., A, R. 2016. Manejo y caracterización de residuos orgánicos de traspatio y su aplicación en cultivo de ciclo corto en Zautla, Puebla. Tesis. Benemérita

- Universidad Autónoma De Puebla. Instituto de Ciencias Centro de Agroecología. Puebla, Puebla. 70 p.
- Salazar-Salazar, W., Monge-Pérez, J., y Loría-Coto, M. 2022. Aplicación foliar de extracto de algas y fertilizantes en pimiento (*Capsicum annuum* L.). *UNED Research Journal*. 14(2): 1-12. DOI: <https://doi.org/10.22458/uri.v14i1.4299>.
- Salazar, S, E., Fortis-Hernández, M., Vázquez-Alarcón, A., y Vázquez-Vázquez, C. 2003. Agricultura orgánica. Gómez Palacio, México. Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, COCyTED. 258 p.
- Sally, F., El-Ezz. 2018. Yield and quality parameters of sweet pepper fruits as affected by p-fertilization and compost town refuse. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*. 9(12):715-721.
- Salvakumar, G., Pyoung, H, Y., Lee, S, E y Han, S, G. 2018. Influence of organic and inorganic fertilizer application on red pepper yield, soil chemical properties, and soil enzyme activities. *Horticultural Science and Technology*. 36(6):789-798.
- San Juan, M, J., Aquino, B, T., Donají, O, Y., Cruz, I, S. 2019. Características de fruto y semilla de chile huacle (*Capsicum annuum* L.) producido en hidroponía. *IDESIA* (Chile). 37(2): 87-94.
- Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural y Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SADER-SIAP, 2018). Chile verde habanero. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/726652/Chile_Verde_Habanero_web.pdf Consultado en: 21 de diciembre del 2022.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria.). 2016. La aplicación de sistemas de protección garantiza la disposición de frutas y verduras todo el año. Obtenido de: <https://www.gob.mx/senasica/articulos/conoce-que-es-la-agriculturaprotegida?idiom=es#:~:text=La%20agricultura%20protegida%20es%20aquella,clima%20ocasionan%20a%20los%20cultivos>. Consultado en: 16 de enero de 2022.
- Shock, cC, C., y Welch, T. 2013. El riego por goteo: Una introducción. Técnica para la Agricultura Sostenible. Oregon State University, Extension Service. 9 p.

- Shrestha, D., Srivastava, A., Man Shakya, S., Khadra, J., Sharma, A, B. 2013. Use of compost supplemented human urine in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) production. *Scientia Horticulturae*. 15: 8-12.
- Sistema Meteorológico Nacional (SMN). 2010. Normales Climatológicas. Disponible en: <https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Normales5110/NORMAL20237.TXT>. Consultado: 15 de diciembre de 2022.
- Somarriba, R. R., y Guzmán, G. F. 2004. Guía de lombricultura. "Por un desarrollo agrario integral y sostenible". Guía Técnica N°. 4. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 20 p.
- Tahmasebi, A., Dastjerdi A., y Jamali, B. 2023. Microbial-based biological treatments improved the nutritional, nutraceutical and functional properties of greenhouse sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Front. Sustain. Food Syst.* 7:1145972. DOI: 10.3389/fsufs.2023.1145972.
- Tlelo, C, A, M., Taboada, G, O, R., Cruz, H, J., López, S, H., y López, P, A. 2020. Efecto de la fertilización orgánica y química en el rendimiento de fruto de chile poblano. *Revista de Fitotecnia Mexicana*. 43(3) 283-289.
- Torres, C. X. 2002. Manual agropecuario: Tecnologías orgánicas de la granja integral autosuficiente. Tomo II. Fundación Hogares juveniles Campesinos. Bogotá, Colombia, 481-502 p.
- Torres, R. A. y Rodríguez. L. E. 2012. Guía para el manejo integrado de plagas del pimiento bajo invernadero, con énfasis en el picudo del chile. Koppert México S.A. de C.V. El Marques, Querétaro, México. 48 p.
- Tradecorp. 2014. Variedad de semillas. Productores de hortalizas. 77 p.
- Trinidad-Santos, A., y Velasco-Velasco, J. 2016. Importancia de la materia orgánica en el suelo. *Agroproductividad*. 9(8): 52-58
- Tun Dzul. J de la C. 2001. Características y tecnología de producción del chile habanero. Centro de Investigación Regional del Sureste. INIFAP- SAGARPA. Mocochoá, Yucatán, México. 5- 74 p.
- CaTurab, R, S., Bo, Z., Liang, T, J., Ali, Z., Anjum, R., Bah, H., Iqbal, H., Ren, X., y Ahmad, R. 2020. Nutrients recovery during vermicomposting of cow dung, pig manure, and

- biochar for agricultural sustainability with gases emissions. *Applied science*. 10: 2-16. Doi:10.3390/app10248956
- Valenzuela, G, A, A., Figueroa, V, U, F., Salazar, S, E., Orona, C, I., Gallegos, R, M, A., Garcia, H, J, L., Orona, C., I., Gallegos, Robles, M, A., García, H, J, L., Troyo, D, E. 2019. Effect of Organic and Inorganic Fertilizers on the Yield and Quality of Jalapeño Pepper Fruit (*Capsicum annuum* L.). *Agriculture*. 9 (209): 1:11. Doi: doi:10.3390/agriculture9100208.
- Van der Stelt B., Temminghoff E.J.M., Van Vliet P.C.J., Van Riemsdijk W.H. 2007. Volatilization of ammonia from manure as affected by manure additives, temperature and mixing. *Bioresource Technology*. 98:3449-3455.
- Veobides-Amador, H., Guridi-Izquierdo, F., y Vázquez-Padrón, V. 2018. Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estrés ambiental. *Cultivos Tropicales*. 39(4): 102-109.
- Villa, C, M., Catalán, V, E, A., Inzunza, I, M, A., López, A, R., Macías, R, H., y Cabrera, R, D. 2014. Producción hidropónica de chile habanero en invernadero. Folleto Técnico Núm. 34. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua Suelo Planta Atmósfera (CENID-RASPA). 41 p.
- Vodounnou, D, S, J, V., Kpogue, D, N, S., Tossavi, C, E., Mennsah, G, A., y Fiogbe, E, D. 2016. Effect of animal waste and vegetable compost on production and growth of earthworm (*Eisenia foetida*) during vermiculture. *International Journal of Recycling Organic Waste in Agriculture*. 5:87-92. Doi: 10.1007/s40093-016-0119-5.
- Zavala, R, A., Bautista, O, L., Alvarado, I, J., Velázquez, C, L, E., y Peña, L, D. 2017. Cuantificación emergética ambiental en la producción de lombricompost. *Agrociencias*. 51(5): 543-553.
- ZEOLITECH. 2022. Leonardita, Ácidos húmicos y fúlvicos. Obtenido de <https://www.zeolitech.com.mx/AHF.html>. consultado en: 16 de enero de 2022.
- Zhang, W., Rattanaudompol, U., Li, H., y Bouchard, D. 2013. Effects of humic and fulvic acids on aggregation of aqu/nC60 nanoparticles. *Water Res*. 47(1): 1793-1802

14 ANEXOS

14.1 Temperatura y humedad de los sustratos en proceso de elaboración dentro del invernadero

La temperatura y la humedad registrada durante el proceso del lombricomposteo en cada uno de los sustratos, se muestra en la figura (13). El porcentaje de humedad presente de los sustratos: T1, T2 y T3 durante las primeras dos semanas (1-14 dds), osciló entre el 75 y el 80 %. Mientras que en días posteriores (15-93 dds) a esta fecha (1-14 dds) la humedad de los sustratos T1, T2 y T3, se mantuvo entre el 70-75 %. Por otra parte, la temperatura de los sustratos T1, T2 y T3 mantuvo un valor bajo al inicio del experimento 20 °C, incrementándose constantemente durante las primeras dos semanas (1-14 dds) 20-27.5 °C, manteniendo un valor similar durante el resto del experimento (15-93 dds) 27 °C. En la figura (14) se muestra temperatura y la humedad registrada dentro del invernadero durante el proceso del lombricomposteo. Se observó que la humedad registrada durante el primer mes (1-31 dds) 92.9 %, fue superior al resto de los días en donde se llevó a cabo este proceso (31-93 dds) 82.1 %. La temperatura mostró un comportamiento lineal durante todo el proceso (1-93 dds) del lombricompostaje, al mantener sus valores por encima de los 32.55 °C y por debajo de los 40.47 °C.

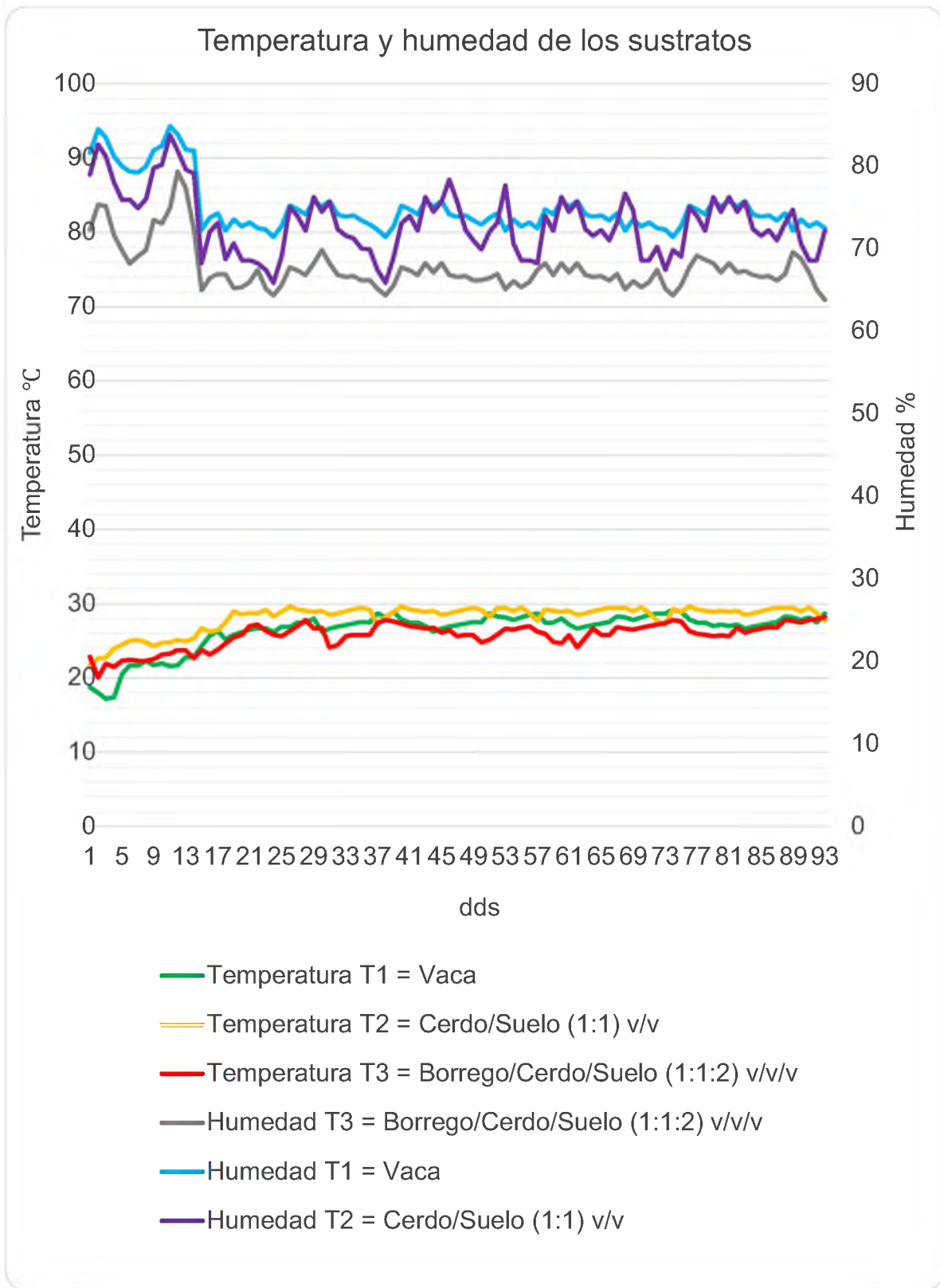


Figura 13: Temperatura (°C) y humedad (%) presente en la fabricación de los sustratos: T1= Vaca, T2 = Cerdo/Suelo (1:1) v/v y T3 = Borrego/Cerdo/Vaca (1:1:2) v/v/v, dentro del invernadero. Periodo de fabricación (1-93 dds).

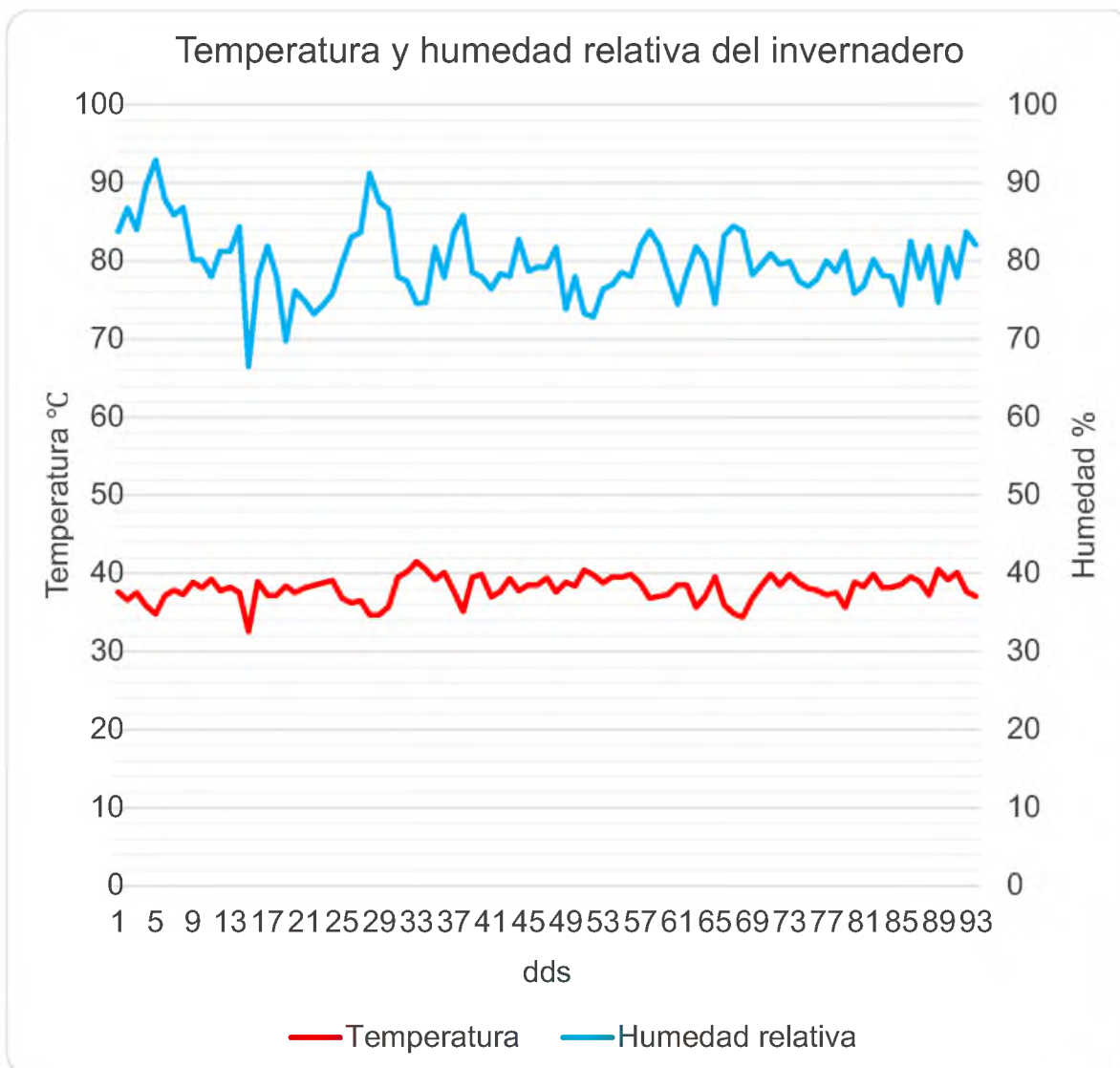


Figura 14: Temperatura (°C) y humedad (%) presente dentro del invernadero, durante la fabricación de los sustratos: T1= Vaca, T2 = Cerdo/Suelo (1:1) v/v y T3 = Borrego/Cerdo/Vaca (1:1:2) v/v/v, Periodo de evaluación (1-93 dds).

Luna-Canchari y Mendoza-Soto, (2020) mencionan que las condiciones ambientales para un buen desarrollo de las lombrices se basan en dos factores, la humedad y la temperatura, los cuales son los dos factores más importantes en proceso del lombricompostaje. Ruiz-Morales, (2011) menciona que los microorganismos encargados de la descomposición de la materia orgánica, producen calor a medida que empiezan los procesos de degradación, por lo cual se recomienda mantener una temperatura promedio de 20-25 °C. Por otra parte, la humedad es vital para la supervivencia de la lombriz, ya que estas no cuentan

con dientes ni mandíbulas con las cuales triturar el alimento, además su respiración se realiza a través de la piel, por lo cual se recomienda tener una humedad constante realizando riegos finos, varias veces al día, siendo conveniente regar una vez al día en lugares donde la temperatura sea de 20 °C o dos veces en climas con más de 30 °C (Mejía, 2010). La humedad adecuada en el vermicomposteo ronda el 70% que es donde mejor se desarrollan, humedades menores al 50% puede ser peligroso para su reproducción, al bajar su actividad sexual (García y Gutiérrez, 2020).

14.2 Temperatura y humedad de los sustratos en producción del cultivo dentro de la casa sombra

La temperatura y la humedad registrada de los sustratos T1, T2 y T3 durante el proceso de producción del chile habanero *C. chinense* Jacq. dentro de la casa sombra se muestra en la figura (15). El porcentaje de humedad presente en los sustratos: T1, T2 y T3, durante todo el ciclo de producción (1-125 ddt) se mantuvo oscilando entre el 70 y el 95 % en cada uno de los sustratos T1, T2 y T3. Por otra parte, la temperatura de los sustratos T1, T2 y T3 obtuvo un valor inicial de 25-26 °C, presentando ligeros incrementos y decrementos durante todo el ciclo del cultivo (1-125 ddt), llegando a disminuir hasta los 20 °C y aumentando hasta los 29 °C. Al finalizar el proceso de producción, los valores de esta variable se comportaron de la misma manera que al inicio del experimento, obteniendo valores promedios de (26-27 °C). En la figura (16) se muestra la temperatura y la humedad registrada dentro de la casa sombra durante el proceso de producción del chile habanero *Capsicum chinense* Jacq. Observándose que la humedad mínima y máxima registrada durante los primeros dos meses (1-60 dds) se incrementó exponencialmente. La humedad máxima, inicio en 34 %, llegando a alcanzar 93 % a los 60 ddt. Por otra parte, la humedad mínima inicio en 12 % y se incrementó hasta llegar a los 57 % a los 60 ddt. En los días consecuentes (60-125 ddt) la humedad máxima se mantuvo fluctuante, presentando valores promedios de (84-94 %). Mientras que la humedad mínima presento una disminución en su valor (60-125 ddt), llegando a presentar un valor del 39 % al final de experimento. La temperatura máxima se incrementó desde el inicio del experimento (1 ddt), hasta el término del mismo, presentado un valor inicial de 33 °C y final de 45 °C. Mientras que la temperatura mínima inicial fue de 22 °C, fluctuando entre los 15 y los 24 °C durante todo el ciclo del cultivo (1-125 ddt), finalizando con un valor similar, a la inicial 22 °C.

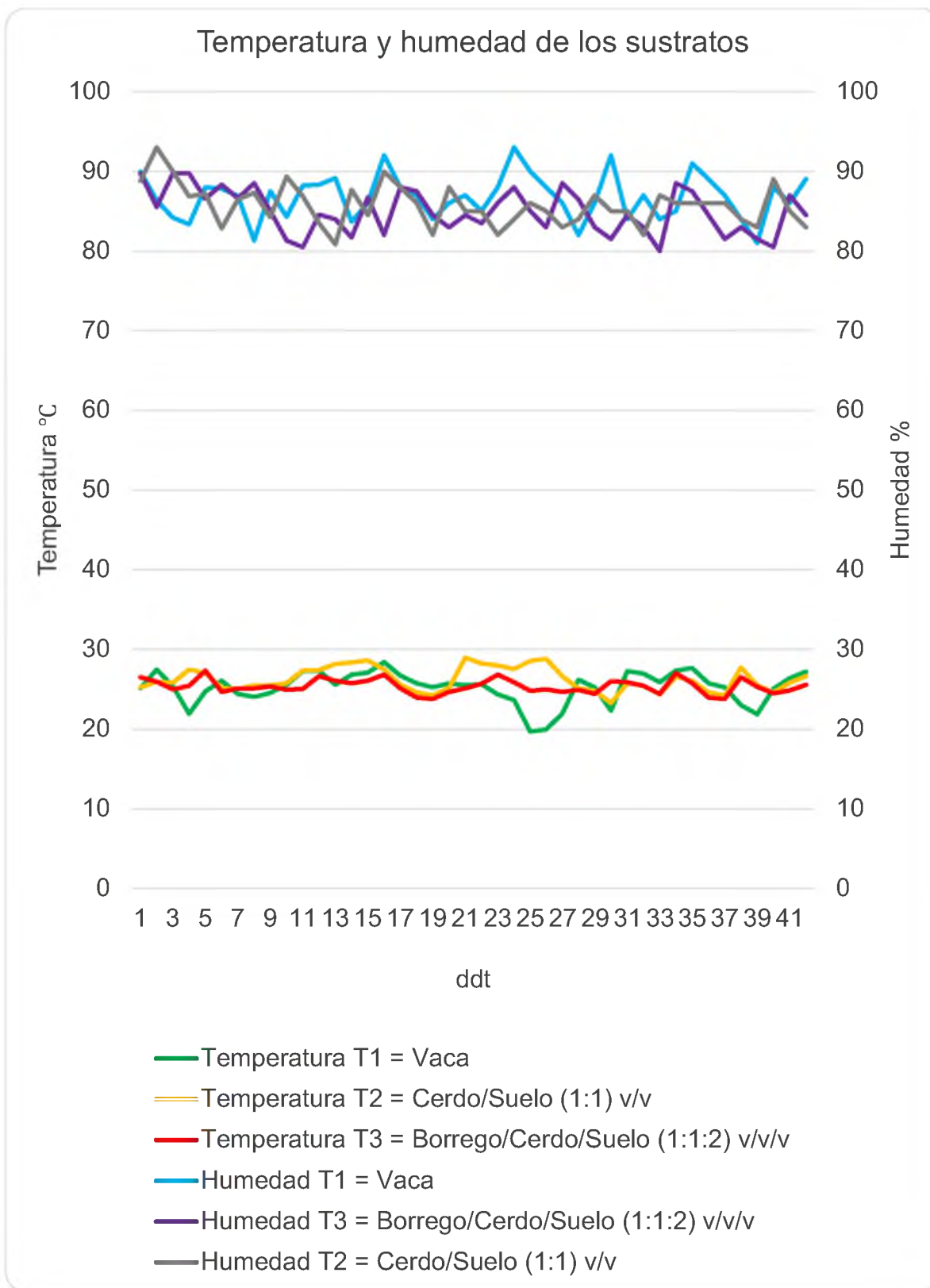


Figura 15: Temperatura (°C) y humedad (%) de los sustratos: T1= Vaca, T2 = Cerdo/Suelo (1:1) v/v y T3 = Borrego/Cerdo/Vaca (1:1:2) v/v/v, durante la producción de chile habanero *Capsicum Chinense* Jacq. Periodo de evaluación (1-125 dds).

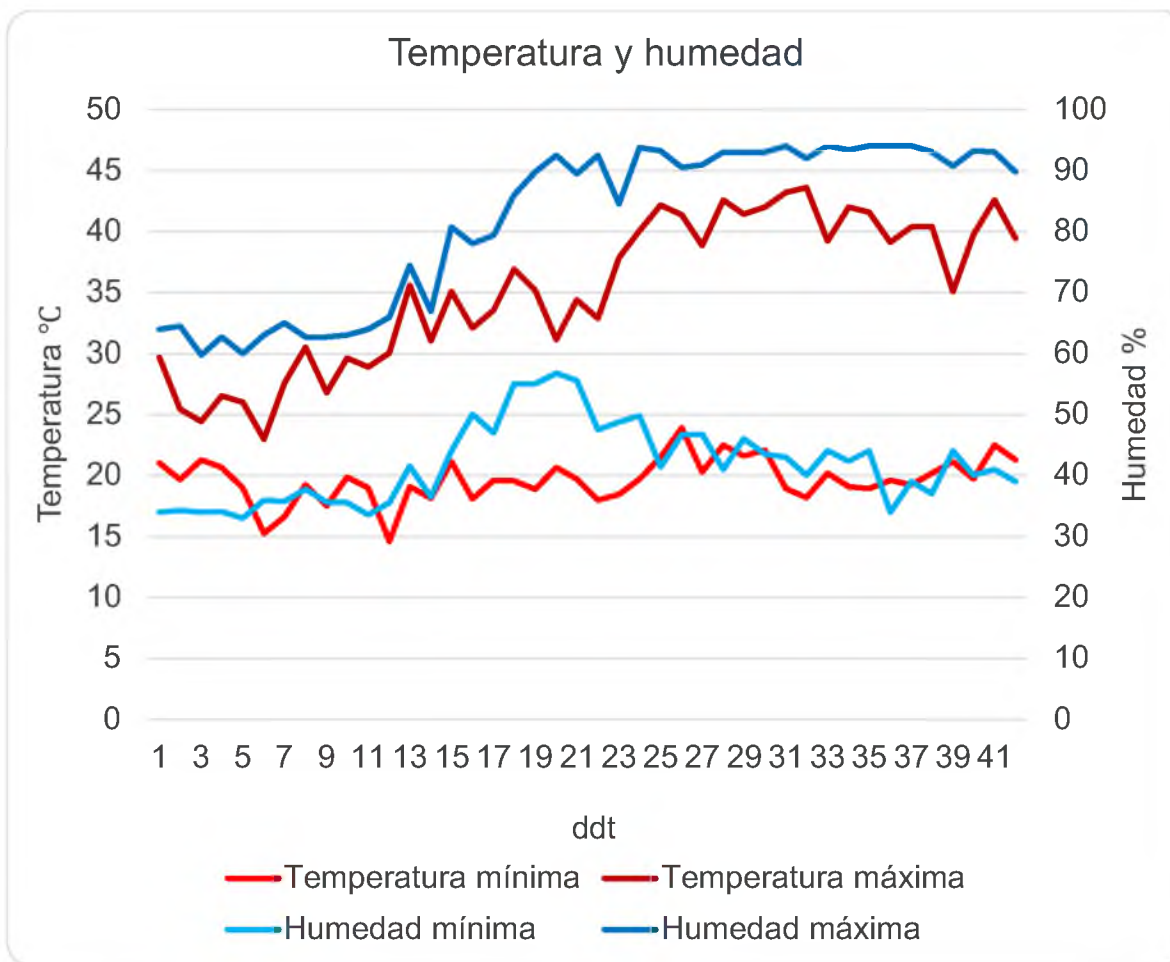


Figura 16: Temperatura (°C) y humedad (%), máxima y mínima, presente dentro de la casa sombra, durante la producción de chile habanero *Capsicum Chinense* Jacq. Periodo de evaluación (1-125 dds).

Pereyra *et al.*, (2023) evaluaron el crecimiento morfológico de *Capsicum chinense* Jacq. observado que el área foliar de las plantas se incrementa cuando se presentó temperaturas diurnas promedio de 30 – 35 °C, y presentan un decremento cuando se presentan temperaturas promedio de 35 - 40 °C. similares a los resultados presentados en nuestra investigación en donde el área foliar presentó una disminución cuando se incrementó la temperatura. Por otra parte, Garruña *et al.*, (2014) menciona que las plantas de chile habanero que se cultivan a temperaturas promedio de 30 – 40 °C, no presentan diferencias significativas en el porcentaje de materia seca en las raíces, tallos y hojas. Loc y Kenji (2015) mencionan que la floración se incrementó cuando se alcanzaron valores de 41.6/24.6 °C (día/noche), lo que podría explicar por qué después del tercer muestreo

(120 ddt,) se incrementó el índice de flores por planta en nuestro cultivo, siendo en esta fecha, cuando se obtuvieron valores máximos y mínimos de 42 y 19 °C. Este autor de igual manera menciona que la influencia en el incremento en la temperatura dentro de la casa sombra, no genera diferencias significativas en el tamaño, longitud, peso, diámetro y número de semillas por fruto.

14.3 Ficha técnica de la leonardita utilizada en el experimento

Glebar
Nutrimos la Tierra

Leoner®
Leonardita

LEONER® es un mineral de origen natural con contenido de ácidos húmicos y fúlvicos derivados de materia orgánica sólida y compacta, su uso en la agricultura ayuda a mejorar la estructura física y química, así como la biología de suelos desgastados.

Beneficios

- Reduce la aplicación de fertilizantes químicos aplicados al suelo.
- No permite la salinidad del suelo.
- Estimula el desarrollo de las plantas gracias a una mayor absorción de nutrientes.
- Acelera el ciclo vegetativo de las plantas.
- En suelos arenosos ayuda a incrementar el intercambio catiónico de los macro y micro-nutrientes.

Dosis

FRUTALES de 300 a 350 kg por hectárea.
HORTALIZAS de 200 a 400 kg por hectárea.
GRAMÍNEAS de 150 a 400 kg por hectárea.

En mezclas con fertilizantes de 10 a 80 kg.
Para corregir suelos con un 3% de materia orgánica se recomienda realizar un análisis de suelo, para aplicar la cantidad adecuada.

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS
FORMULA: $S_2(O_2)(AlSi_2O_6)_2$
COLOR: Gris claro a gris oscuro
HUMEDAD: 3%
CIC: 233 Meg/100 gr
DUREZA: 3 Mohs

GRANULOMETRÍA
Leoner Micronizado: < 0.05 mm
Leoner-S: de 2 a 5 mm granulado
Leoner-100: de 0.5 a 2 mm polvo

PRESENTACIÓN
Saco de polipropileno laminado de 10 kg
Bolsa de Big Bag de 1000 kg

PRECAUCIONES

- Usar ropa de seguridad, gafas y máscara contra polvos.
- Almacenar el producto envasado y estarmado en un lugar seco, cerrado, protegido de la humedad y la intemperie.
- Colocar los envases vacíos en lugares establecidos para no contaminar lagos, ríos y cuerpos de agua.
- Respete las buenas prácticas agrícolas.

COMPOSICIÓN GARANTIZADA

NITRÓGENO (N)	0.02%
FÓSFORO (P ₂ O ₅)	0.35%
POTASIO (K ₂ O)	3.34%
CARBONO (C)	2.70%
RELACIÓN C:N	31.70%
ÁCIDOS HÚMICOS	11.90%
ÁCIDOS FÚLVICOS	4.05%
CALCIO (Ca)	4.33%
SILICIO (SiO ₂)	57.4%
ALUMINIO (Al)	15.7%

PRODUCTO OBTENIDO Y ELABORADO 100% EN MÉXICO

Glebar
Nutrimos la Tierra

Km. 8.5
Carretera Tehuacán-Huajuapán 5/N
Cof. Sta. María Coapan
Tehuacán, Puebla, México
C.P. 76857

Tel. 238 147 8010
ventas@glebar.mx
www.glebar.mx

Figura 17: Ficha técnica de la leonardita empleada en el experimento.