



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

INSTITUTO DE CIENCIAS

CENTRO DE AGROECOLOGÍA

MAESTRÍA EN MANEJO SOSTENIBLE DE AGROECOSISTEMAS

**EFFECTO DE LAS LOMBRICES DE TIERRA ENDOGEAS, LA LOMBRICOMPOSTA
Y FERTILIZANTES QUÍMICOS EN EL DESARROLLO DE LECHUGA Y CALABAZA
EN CULTIVOS URBANOS DE TRASPATIO.**

TESIS

Que para obtener el grado de

Maestra en Manejo Sostenible de Agroecosistemas

Presenta

Biól. Lourdes Yanelit Sánchez Salinas

Director de tesis

Dr. Carlos Fragozo González

Co-director de Tesis

Dr. José Cinco Patrón Ibarra

ASESORES

Dr. Joel Pineda Pineda

Dr. Antonino Báez Rogelio

Puebla, Pue

Enero 2025

Agradecimientos

Quiero agradecer a mis profesoras y profesores que de alguna u otra forma han contribuido a mi formación académica, especialmente al Dr. Carlos Fragoso González, al Dr. José Cinco Patrón Ibarra y a la Dra. Patricia Rojas Fernández.

De igual forma agradezco a mis asesores, el Dr. Antonino Báez Rogelio, el Dr. Joel Pineda Pineda y a mi revisor externo Yadeneyro de la Cruz Elizondo.

Agradezco al Biólogo José Antonio Ángeles Varela por su apoyo en la colecta de ejemplares de lombrices de tierra de la especie *Pontoscolex corethrurus* y por su valioso apoyo técnico en la calibración de balanzas.

Agradezco a la M. en C. Sandra Rocha por su apoyo en los análisis edáficos.

A mis amigos, familiares y a todas las personas que contribuyeron de manera directa e indirecta en la realización de este trabajo.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres y a mi familia.

Índice general

	Página
Agradecimientos.....	I
Dedicatoria.....	II
Índice general	III
Índice de tablas	VII
Índice de figuras	IX
Resumen	X
Abstract	XI
1. Introducción.....	1
1.1. Justificación.....	3
1.2. Planteamiento del problema	4
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos particulares	5
1.4. Hipótesis	6
1.5. Revisión de literatura	7
1.5.1. Agricultura urbana y crecimiento poblacional.....	7
1.5.2. Fertilidad del suelo.....	8
1.5.3. Agricultura como alternativa	8
1.5.4. Beneficios de un manejo orgánico	10
1.5.5. Insumos para un manejo orgánico en traspatio.....	11
1.5.5.1. Lombricomposta	11
1.5.5.2. Fungicida orgánico.....	12
1.5.5.3. Insecticida orgánico	13
1.5.6. Importancia de la macrofauna en la fertilidad del suelo	13
1.5.7. Ingenieros del ecosistema: lombrices de tierra	14

	Página
1.5.8. Plantas con potencial para cultivos de traspatio para usarse en este estudio	17
1.5.8.1. Lechuga romana (<i>Lactuca sativa</i> var. <i>longifolia</i>)	17
1.5.8.2. Calabaza italiana (<i>Cucurbita pepo</i> ; <i>L.</i>)	17
1.5.9. Percepción urbana sobre huertos de traspatio y lombrices geófagas en ambientes urbanos.....	17
2. Materiales y métodos.....	20
2.1. Área de estudio	20
2.2. Diseño de tratamientos	20
2.3. Diseño experimental	23
2.4. Parámetros agronómicos evaluados.....	24
2.5. Parámetros ambientales evaluados durante el experimento	25
2.6. Control de plagas durante el experimento	26
2.7. Variables evaluadas en los cultivos	26
2.8. Aplicación de entrevista	27
2.9. Análisis estadístico	27
3. Resultados.....	29
3.1. Condiciones ambientales durante el experimento	29
3.2. Lechuga	30
3.2.1. Altura de la planta.....	31
3.2.2. Biomasa aérea peso fresco y seco.....	34
3.2.3. Vida de anaquel para lechuga.....	36
3.3. Calabaza.....	40
3.3.1. Altura de la planta.....	40
3.3.2. Diámetro de tallo	43
3.3.3. Número de frutos de calabaza	44
3.3.4. Biomasa aérea peso seco	45

3.3.5. Biomasa aérea peso fresco.....	47
3.4. Análisis microbiológicos en calabaza.....	48
3.5. Vida de anaquel para calabaza.....	49
3.6. Consideraciones finales del cultivo de calabaza	52
3.7. Resultados de las entrevistas aplicadas	54
3.7.1. ¿Sabe usted algo sobre el manejo orgánico de cultivos?	55
3.7.2. ¿Tiene usted a su cargo alguna planta en casa?	56
3.7.3. ¿Ha visto si dentro del huerto, macetas o jardineras hay lombrices de tierra? Si no tiene huerto ni macetas, ¿ha visto alguna vez una lombriz de tierra?	57
3.7.4. Si usted encontrara lombrices de tierra dentro de alguna maceta o en su tierra, ¿qué procedería a hacer, eliminarla o ignorarla?.....	58
3.7.5. ¿Qué opina de las lombrices de tierra? ¿Cree que podrían ser benéficas para el suelo?	59
3.7.6. ¿Cree que haya una relación positiva entre la calidad del suelo y la presencia de lombrices?	60
3.7.7. ¿Cree usted posible tener un sistema de producción de alimentos sanos dentro de la ciudad?	61
3.7.8. ¿Cree que el uso de productos como fertilizantes y pesticidas químicos modifique la actividad de las lombrices de tierra?.....	62
3.7.9. ¿Cree que los productos químicos empleados en el cultivo y cuidado de alimentos destinados a consumo humano puedan tener un efecto dañino en la salud humana?	63
3.7.10. ¿Usted pagaría un excedente sobre algún producto con etiqueta orgánica en comparación a uno convencional?	64

	Página
3.8. Cuantificación y análisis de costos de producción	65
4. Discusión general	67
5. Conclusiones.....	73
6. Bibliografía.....	74
7. Apéndices	86
7.1. Apéndice 1	86
7.2. Apéndice 2	87
7.2.1. Densidad y biomasa final de lombrices en el cultivo de lechuga.....	87
7.2.1.1. Capullos de lombrices geófagas encontrados en el cultivo de lechuga.....	89
7.2.2. Densidad y biomasa final de lombrices en el cultivo de calabaza	90
7.2.2.1. Capullos de lombrices geófagas encontrados en el cultivo de calabaza	92
7.3. Apéndice 3. Características químicas de la lombricomposta	93

Índice de tablas

Página

Tabla 1. Descripción de los tratamientos empleados en cada cultivo y número de repeticiones.....	23
Tabla 2. Parámetros agronómicos evaluados en los cultivos de lechuga y calabaza	25
Tabla 3. Resumen de los resultados ANOVA para el cultivo de lechuga de traspatio a 60 ddt, observados en la última medición.....	35
Tabla 4. Valores de P de la prueba de Tukey post hoc para determinar entre cuales tratamientos se observaron diferencias significativas en la altura de las plantas de lechuga a los 60 ddt (valores significativos $\geq 95\%$)	36
Tabla 5. Valores de P de la prueba de Tukey post hoc para determinar diferencias en biomasa aérea peso fresco de lechuga entre tratamientos a los 60 ddt (valores significativos $\geq 95\%$)	38
Tabla 6. Resumen de los resultados ANOVA realizados para el cultivo de calabaza de traspatio, observados en la última medición	43
Tabla 7. Valores de la prueba Tukey post hoc para determinar diferencias en altura final en cm de calabaza entre tratamientos a los 75 dds (Valores significativos $\geq 95\%$).....	44
Tabla 8. Valores de p de la prueba Tukey post hoc para determinar diferencias en diámetro de tallo en mm entre tratamientos a los 75 dds (Valores significativos $\geq 95\%$).....	46
Tabla 9. Valores de p de la prueba Tukey post hoc para determinar diferencias en número de calabazas por planta de calabaza en cultivos de traspatio entre tratamientos a los 75 dds (Valores significativos $\geq 95\%$)	47
Tabla 10. Valores de p de la prueba Tukey post hoc para determinar diferencias en el peso seco de las plantas de calabaza entre tratamientos a los 75 dds en cultivos de traspatio (Valores significativos $\geq 95\%$).....	49
Tabla 11. Valores de p de la prueba Tukey post hoc para determinar diferencias en biomasa aérea peso fresco total de calabaza en cultivos de traspatio entre	

tratamientos a los 75 dds (Valores significativos $\geq 95\%$) 50

Tabla 12. Valores de p de la prueba Tukey post hoc para determinar diferencias en el número de calabazas que llegaron a tamaño comercial entre tratamientos (Valores significativos $\geq 95\%$) 56

Tabla 13. Cuantificación de costos de la producción para 60 macetas o unidades experimentales en huertos de traspatio en Puebla Capital..... 67

Tablas de apéndice 2

Tabla 7.2.1. Densidad inicial y final de lombrices geófagas, así como su porcentaje de aumento en los diferentes tratamientos en el cultivo de lechuga 71 ddt 90

Tabla 7.2.2. Biomasa inicial y final de lombrices geófagas en gramos, así como su porcentaje de aumento en los tratamientos del cultivo de lechuga 71 ddt 91

Tabla 7.2.3. Valores absolutos de densidad inicial y final de lombrices geófagas, así como su porcentaje de aumento dentro de las unidades experimentales del cultivo de calabaza 109 dds 93

Tabla 7.2.4. Biomasa inicial y final de lombrices geófagas en gramos, así como su porcentaje de aumento en los diferentes tratamientos en el cultivo de calabaza 109 dds..... 94

Tabla 7.3.1. Tabla de nutrientes de lombricomposta en porcentajes 95

Tabla 7.3.2. Parámetros para una cosecha ideal de lombricomposta 96

Índice de figuras

	Página
Figura 1. Localización en mapa del área de experimentación en la ciudad de Puebla	20
Figura 2. Diseño de la parcela experimental (50 m ²) incluyendo las unidades experimentales de los 2 cultivos a evaluar	24
Figura 3. Promedio de temperaturas a lo largo del experimento registradas en tres horarios: 9:00 am, 3:00 pm y 9:00 pm.	31
Figura 4. Promedio de temperaturas máximas y mínimas agrupadas en periodos de una semana registradas durante el experimento.....	32
Figura 5. Altura de lechuga en diferentes tiempos durante el ciclo de cultivo y periodos de aplicación de fertilizante químico, así como fecha de inoculación de lombrices (<i>Pontoscolex corethrurus</i>) en macetas	33
Figura 6. Alturas (cm) promedio registradas en los cinco tratamientos para el cultivo de lechuga, registradas al final del experimento (60 ddt).....	34
Figura 7. Peso fresco total promedio (g) de la parte aérea de lechuga de traspatio registrado en los cinco tratamientos al final del experimento (60 ddt)	37
Figura 8. Imágenes de la lechuga con manejo orgánico (O; fotos superiores) y manejo químico (Q; fotos inferiores) al inicio (I) y al final (F) del periodo de análisis de vida de anaquel.	40
Figura 9. Imágenes de las lechugas con manejo químico + lombrices (QL; fotos superiores) y manejo orgánico + lombrices (OL; fotos inferiores) al inicio (I) y al final (F) del periodo de análisis de vida de anaquel	40
Figura 10. Imagen de lechuga en suelo + lombrices (SL; fotos superiores) y Testigo (S; fotos inferiores) al inicio (I) y al final (F) del periodo de análisis de vida de anaquel.	41
Figura 11. Altura de las plantas de calabaza (cm) en diferentes tiempos de muestreo durante el ciclo de cultivo y periodos de aplicación de fertilizante químico, así como fecha de inoculación de lombrices (<i>Pontoscolex corethrurus</i>) en macetas	42

Figura 12. Altura final en cm en el cultivo de calabaza en diferentes tratamientos, lectura tomada a los 75 dds en manejo de traspatio 44

Figura 13. Diámetro de tallo (mm) en cultivo de calabaza con diferentes tratamientos, lectura tomada a los 75 dds en manejo de traspatio..... 45

Figura 14. Número de frutos por planta de calabaza en cultivos de traspatio en diferentes tratamientos a los 75 dds..... 47

Figura 15. Biomasa aérea peso seco total de calabaza en g a 75 dds con diferentes tratamientos en cultivos de traspatio 48

Figura 16. Valores promedio del peso fresco (g) de frutos de calabaza observadas en los diferentes tratamientos 50

Figura 17. Esporas de posible hongo *Podosphaera xanthii* en hoja de calabaza 51

Figura 18. Calabazas con manejo orgánico (O; fotos superiores) y manejo químico (Q; fotos inferiores) en la etapa inicial de corte (I) y al final de la vida de anaquel (F) 53

Figura 19. Calabazas con manejo orgánico + lombrices (OL; fotos superiores) y manejo químico + lombrices (QL; fotos inferiores) de la etapa inicial (I) y final (F) del análisis de vida de anaquel 54

Figura 20. Número promedio de calabazas que llegaron a tamaño comercial por tratamiento..... 55

Figura 21. Densidad inicial y final de lombrices dentro de las unidades experimentales del cultivo de lechuga..... 57

Figura 22. Biomasa inicial y final de lombrices en gramos en los tratamientos en el cultivo de lechuga 58

Figura 23. Densidad de capullos encontrados para cultivo de lechuga de traspatio a los 71 ddt..... 59

Figura 24. Biomasa inicial y final de lombrices en gramos en los tratamientos en el cultivo de calabaza. 60

Figura 25. Densidad de capullos encontrados en el cultivo de calabaza de traspatio a los 109 dds	61
Figura 26. Respuesta de las tres poblaciones entrevistadas acerca de la relación entre las lombrices de tierra y la calidad del suelo	62
Figura 27. Respuesta de las tres poblaciones entrevistadas acerca de la posibilidad de tener alimentos sanos cultivados en un medio ambiente urbano	63
Figura 28. Respuesta de las tres poblaciones entrevistadas sobre la posibilidad de que los fertilizantes y pesticidas químicos afecten la actividad de las lombrices	64
Figura 29. Respuesta de las tres poblaciones entrevistadas acerca de si los productos químicos utilizados en la producción de alimentos afectan la salud humana	65
Figura 30. Respuesta de las tres poblaciones entrevistadas con respecto a pagar un extra por productos orgánicos.....	66
Figura 31. Densidad inicial y final de lombrices en los diferentes tratamientos en el cultivo de lechuga 71 ddt (días después del trasplante)	89
Figura 32. Biomasa inicial y final de lombrices en gramos (g) en los diferentes tratamientos en el cultivo de lechuga	90
Figura 33. Densidad de capullos encontrados para cultivo de lechuga de traspatio a los 71 ddt	91
Figura 34. Densidad inicial y final de lombrices en los diferentes tratamientos en el cultivo de calabaza a los 109 dds	92
Figura 35. Biomasa inicial y final de lombrices en gramos en los diferentes tratamientos en el cultivo de calabaza 109 dds	93
Figura 36. Densidad de capullos encontrados en el cultivo de calabaza de traspatio a los 109 dds	94

Resumen

A medida que la urbanización en el mundo continúa su expansión y ante una posible crisis dentro del sector industrial alimentario, una de las alternativas viables para lograr la soberanía alimentaria además de funcionar como una actividad terapéutica y recreativa, es el desarrollo de la agricultura urbana. En este estudio se ocuparon seis tratamientos (suelo: S, suelo con lombrices: SL, suelo con lombricomposta: O, suelo con lombrices y lombricomposta: OL, suelo con fertilizante químico: Q y suelo con fertilizante químico y lombrices: QL) con 5 repeticiones, para los cultivos de lechuga y calabaza, cada uno. Los análisis fueron ANOVAS paramétricos y no paramétricos (Kruskal-Wallis). En el cultivo de lechuga de traspatio, sólo biomasa aérea peso fresco y biomasa aérea peso seco del tratamiento OL y O mostraron diferencias significativas (valores significativos $\geq 95\%$) con respecto a los demás tratamientos. Para calabaza, el número de frutos de tamaño comercial y biomasa aérea peso fresco del tratamiento O, OL, Q y QL, fue mayor significativamente (valores significativos $\geq 95\%$) a los tratamientos S y SL. Para biomasa aérea peso seco, los valores de los tratamientos O, Q y QL fueron significativamente mayores a los valores del tratamiento S, SL y OL, esto probablemente atribuido a la destrucción de flores por parte del escarabajo (*Euphoria basalis*). Se concluye que la presencia de lombrices dentro de las macetas no tuvo ningún efecto en la producción de lechuga y calabaza de traspatio, pero sí lo tuvo la adición de lombricomposta y fertilizantes químicos.

Palabras clave: *Agricultura urbana, agricultura de traspatio, Eisenia andrei, Pontoscolex corethrurus, hortalizas.*

Abstract

As urbanization continues to expand around the world and in the face of a possible crisis within the food industry, one of the viable alternatives to achieve self-sufficiency is the development of urban agriculture, in addition to serving as a therapeutic and recreational activity. In this study a total of six treatments were included (soil: S, soil with worms: SL, soil with vermicompost: O, soil with worms and vermicompost: OL, soil with chemical fertilizer: Q and soil with chemical fertilizer and worms: QL) with 5 iterations, each for lettuce and pumpkin crops. The analyses were parametric and non-parametric ANOVAs (Kruskal-Wallis). In the backyard lettuce crop, only the above-ground biomass fresh weight and above-ground biomass dry weight of the OL and O treatments showed significant differences compared to the other treatments. For pumpkin, the number of marketable-sized fruits and above-ground biomass fresh weight of the O, OL, Q and QL treatments were significantly higher than those of the S and SL treatments. For above-ground biomass dry weight, the values of the O, Q and QL treatments were significantly higher than those of the S, SL and OL treatments, this was probably attributed to the destruction of flowers by the beetle (*Euphoria basalis*). It is suggested that the presence of worms inside the pots had no effect on the production of lettuce and backyard squash, but the addition of vermicompost and chemical fertilizers did.

Key words: *Urban agriculture, backyard farming, Eisenia andrei, Pontoscolex corethrurus, green vegetables.*

1. Introducción

En la actualidad, la búsqueda de alternativas que prioricen el mínimo uso de elementos sintéticos y brinden calidad en los productos alimenticios, emerge como una solución a las preocupaciones globales sobre la sostenibilidad del sistema alimentario actual. Este sistema fue impuesto durante la llamada Revolución Verde (RV), que abarcó desde la década de los 40's hasta los 70's. Durante este periodo, se promocionaron nuevas técnicas e insumos vendidos como paquetes tecnológicos al campo. El objetivo a nivel mundial fue combatir la hambruna y desnutrición, lo cual, sin embargo, no ha sido resuelto pues la población sigue aumentando; actualmente somos alrededor de 8 mil millones de personas y se calcula que seamos más de 9 mil millones para 2050 (UNCCD, 2014; FAO, 2009). Según el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, tan sólo a nivel nacional existen 55.6 millones de personas viviendo en condición de pobreza (Coneval, 2020) y, en la ciudad de Puebla, de los 1.6 millones de habitantes casi el 40% vive en situación de pobreza, por lo que es probable que este sector no tenga una nutrición adecuada (INSP, 2023).

Además de la dependencia que este tipo de sistema creaba en los productores sobre los insumos, desde hace décadas son visibles los impactos socioambientales y de salud que ha dejado a su paso este modelo (IFAPA, 2019; CONACyT, 2020; NPIC, 2021; EPA, 2022). Debido a esto, la incorporación de técnicas agroecológicas ha ayudado a abrir otra posibilidad de producción en el campo, misma que se puede extrapolar a las necesidades de una casa urbana en diferentes condiciones. Las ventajas de destinar un pequeño espacio dentro de la casa de ciudad a la producción de alimentos son muchas. Principalmente sería fortalecer la soberanía alimentaria, pues dentro de cada núcleo familiar se buscaría cosechar los alimentos normalmente demandados la familia, eligiendo libremente los insumos y tiempos para dicha actividad, fomentando así el desarrollo y transferencia de conocimiento, además de funcionar como una actividad terapéutica y recreativa (CIT, 2023).

Es importante mencionar también que el suelo es un ensamble tridimensional dinámico, que cuando está sano brinda diversos servicios ecosistémicos y puede albergar a numerosos grupos de organismos (Rusell, 2019). Uno de los grupos más importantes, y objeto de

estudio en esta tesis, son las lombrices de tierra. Un grupo ecológico de estos organismos son las lombrices geófagas que, gracias a las galerías formadas dentro del suelo, produce una mejor estructura y aireación además del movimiento de nutrientes hacia las raíces; sus excrementos frescos, llamados turrículos, también brindan beneficios inmediatos a las plantas por los nutrientes que presentan y, cuando se secan, constituyen a una escala temporal mayor un importante reservorio de nutrientes y materia orgánica (Martin, 1991; Lavelle 1997). A pesar de esto, el conocimiento del público en general sobre los beneficios de las lombrices de tierra en el suelo es aún deficiente; y en las ciudades urbanizadas se cree que muchas personas consideran a las lombrices perjudiciales para las plantas. Debido a esto, uno de los objetivos de esta tesis fue determinar el grado de conocimiento de pobladores urbanos sobre las lombrices de tierra, mediante la aplicación de una entrevista semi-estructurada a poblaciones sensibilizadas (con conocimientos de agricultura orgánica) y no sensibilizadas (sin estos conocimientos).

Otro de los objetivos del presente trabajo de investigación, fue comparar el efecto de las lombrices geófagas (mediante una inoculación directa), la lombricomposta y los fertilizantes químicos convencionales, por lo que se pretendió conocer **el impacto directo** de las lombrices (actividad de lombrices endogeas-geófagas) y **el impacto indirecto** (a través de la aplicación de lombricomposta derivada de la actividad de lombrices epigeas) y de fertilizantes químicos sobre la fertilidad del suelo y la producción y crecimiento de los cultivos de traspatio. En este estudio en particular esto se probó en cultivos de calabaza, y lechuga en Puebla capital. El experimento se realizó en macetas individuales dentro de las instalaciones del único centro de acopio de residuos orgánicos gratuito en la ciudad de Puebla, ubicado frente a la laguna de San Baltazar, calle 63 B oriente #229.

1.1. Justificación

Mientras que el acelerado crecimiento de las ciudades genera una mayor demanda de alimento dentro de los mercados locales, la expansión del negocio que viene con la agricultura convencional reduce la posibilidad de obtener productos de buena calidad. Como consecuencia, los insumos usados en la agricultura convencional afectan tanto a los ecosistemas y a su biodiversidad, como a la estabilidad de los agroecosistemas y a la salud de las personas. Por otro lado, y como parte de la cadena de producción, a menudo los alimentos pueden no llegar a los consumidores y perderse durante el proceso, ya sea debido al tiempo prolongado para colocarse en el mercado o a un almacenamiento inadecuado. De esto se deriva que sería altamente beneficioso para los consumidores contar con alternativas de producción exitosa de cultivos dentro de casa, basadas en un sistema de fácil acceso, manejo simple, no contaminante y de origen biológico, que les permitiera obtener alimentos sanos y nutritivos y que, al mismo tiempo, generara conciencia y responsabilidad entre los integrantes de la familia encargada del huerto. La aplicación de lombricomposta y mantener a las lombrices de tierra en el suelo, podría ser una vía para lograrlo.

Para maximizar que los cultivos en macetas dentro de casa produzcan buenas cosechas, se probó el efecto de los productos indirectos de lombrices epigeas composteadoras (abono obtenido del lombricompostaje) y de los efectos directos de lombrices endogeas-geófagas (bioturbación dentro de la tierra de las macetas). Como promotoras de la fertilidad, debido a su importante rol en la estructura, mineralización y dinámica de nutrientes en el suelo edáfica, se hipotetizó que las lombrices epigeas y endogeas tendrían un efecto positivo. Se eligieron los cultivos de calabaza (*Cucurbita pepo L.*) y lechuga romana (*Lactuca sativa L.*), debido a que ambos tienen un papel importante dentro de la cultura mexicana, además de satisfacer gran cantidad de elementos necesarios para tener una buena alimentación. En este contexto, México es el séptimo productor de calabaza a nivel mundial y el estado de Puebla cuenta con 78 municipios productores (SADER, 2023). En el caso de la lechuga, México es el noveno productor a nivel mundial (SADER, 2018) y Puebla se encuentra en el cuarto lugar de producción de los 21 estados productores.

1.2. Planteamiento del problema

El manejo convencional que implica el uso de grandes cantidades de pesticidas y fertilizantes químicos, y que se ha venido promocionando desde el inicio de la RV, es el predominante dentro del sistema global actual de obtención de alimentos (IICA, 2012). Por un lado, la afectación a la salud derivado de la aplicación de estos pesticidas o agrotóxicos es innegable (Pacto Mundial Red Española, 2020; CONACyT, 2022), mientras que, por otro lado, el precio de los fertilizantes va en aumento y para el año 2022 alcanzaron precios récord derivado de situaciones externas, como la invasión a Ucrania por parte de Rusia. Así, para el año 2022, el precio de una tonelada de nitrógeno amoniacal se estableció en 1000 dólares equivalente a aproximadamente 22 mil 300 pesos mexicanos (Agrosíntesis, 2022). Pero no sólo este insumo fue afectado, también el precio del gas natural también se elevó considerablemente (casi 600% de incremento), insumo indispensable en la producción de amoníaco y otros fertilizantes nitrogenados (Duhalt, 2022). Debido a esta problemática, es necesaria la búsqueda de alternativas de fertilización compatibles con el bienestar del ecosistema y que al mismo tiempo ofrezcan productos nutritivos y saludables, a precios asequibles. Por lo anteriormente mencionado, se considera que una fertilización del suelo basada en productos de origen biológico pudiera ser una solución. De este modo se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el efecto directo de las lombrices endogeas, el efecto indirecto de los productos de las lombrices epigeas composteadoras (lombricomposta y fertilizantes foliares) y de los fertilizantes químicos sobre la producción de los cultivos de traspatio de calabaza y lechuga?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto directo de las lombrices endogeas geófagas y el efecto indirecto de la lombricomposta en el crecimiento y producción de calabaza y lechuga cultivadas en macetas de traspatio en Puebla capital, así como la percepción del papel de las lombrices en la fertilidad por parte de un público urbano.

1.3.2. Objetivos particulares

1. Determinar las características fisicoquímicas del suelo empleado en el experimento para determinar su fertilidad y calidad.
2. Diseñar una estrategia metodológica para probar el efecto de las lombrices de tierra, la lombricomposta y el fertilizante químico en cultivos urbanos de traspatio.
3. Analizar el efecto de las lombrices de tierra, la lombricomposta y el fertilizante químico, sobre la producción y parámetros agronómicos en los cultivos urbanos de traspatio de lechuga y calabaza.
4. Diseñar y aplicar una entrevista para conocer la percepción sobre las lombrices de tierra en poblaciones urbanas.
5. Determinar la vida de anaquel poscosecha de los cultivos de traspatio de lechuga y calabaza.
6. Cuantificar los costos de producción dentro de los huertos de traspatio con un manejo agronómico orgánico *versus* un manejo químico.

1.4. Hipótesis

Sobre el efecto indirecto generado por la lombricomposta a partir de lombrices epigeas (*Eisenia andrei*):

H1: En los tratamientos con lombricomposta, los cultivos de calabaza y lechuga tendrán una mayor productividad que en los tratamientos sin este producto orgánico (sólo suelo, o suelo con lombrices, o suelo con fertilizantes químicos).

Sobre el efecto directo de las lombrices endogeas geófagas en los cultivos de traspatio en macetas:

H2: Los tratamientos con lombrices endogeas geófagas y lombricomposta tendrán la mayor productividad en los cultivos de calabaza y lechuga de traspatio con respecto a los demás tratamientos.

Sobre la percepción de las poblaciones urbanas sensibilizadas y no sensibilizadas sobre temas de agricultura orgánica:

H3: Las poblaciones sensibilizadas tendrán una mejor aceptación a un manejo con lombrices que las poblaciones no sensibilizadas sobre temas de agricultura orgánica.

Sobre la determinación de la vida de anaquel poscosecha de los cultivos de traspatio de lechuga y calabaza:

H4: Los cultivos con un manejo agronómico orgánico tendrán una mayor duración de vida de anaquel en comparación con los demás tratamientos.

Sobre la cuantificación de costos de producción dentro de los huertos de traspatio:

H5: Los costos de producción dentro de los huertos de traspatio con un manejo orgánico tendrán un menor costo que los huertos de traspatio con un manejo químico.

1.5. Revisión de literatura

1.5.1. Agricultura y crecimiento poblacional

Desde el inicio de la agricultura, el ser humano buscó la mejora de especies y técnicas para aumentar la producción. Durante el siglo XIX y con el desarrollo de la Revolución Industrial, surgieron nuevos avances tecnológicos, aunque la población comenzó a crecer a un ritmo más acelerado. A finales de ese siglo hubo grandes avances para el mejoramiento de especies (FAO, 2021) y la llegada de la RV hizo que los paquetes tecnológicos con diferentes insumos se expandieron rápidamente como el modelo de producción predilecto. Esto debido fundamentalmente a beneficios a corto plazo (como un mayor rendimiento); sin embargo, décadas más tarde se pudieron apreciar con claridad las consecuencias ambientales, ecosistémicas y de salud que estos sistemas generaban, además de su falta de adecuación a las necesidades del sector campesino (Sarandón y Flores, 2014).

Actualmente, el espacio destinado a la agricultura para satisfacer las necesidades de nuestra creciente población es igual al 38% de la superficie mundial, actividad que a su vez demanda el 70% de agua extraída en el mundo (FAO, 2022). En 1970 la población mundial era de 3.7 mil millones de personas, para el año 2000 éramos ya 6.06 mil millones y hoy en día somos alrededor de 8 mil millones de personas. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Convención de las Naciones Unidas para la lucha contra la Desertificación (UNCCD), en 2050 habrá más de 9 mil millones de habitantes (UNCCD, 2014; FAO, 2009), lo cual significa muchas más personas que alimentar.

En resumen, el modelo actual de agricultura se está rezagando en cuanto a las necesidades de la población mundial, pues los suelos en todos los campos cada vez necesitan más insumos, al mismo tiempo que se empobrecen por la falta de regeneración debido al corto tiempo en el que se debe obtener una producción. Esto, aunado a las dificultades particulares a nivel local o global, aumenta la presión sobre los recursos naturales, favorece el crecimiento de la pobreza y presión sobre la infraestructura y servicios públicos, resultando en migración y conflictos internos.

1.5.2. Fertilidad del suelo

Los ecosistemas se han desarrollado a lo largo del tiempo y son críticos para el bienestar humano y de todo el planeta; funcionan como una unidad natural estable, pero en constante cambio debido a la acción conjunta de diferentes factores bióticos y abióticos en cierta región (UNAM, 2017). El suelo de cada ecosistema soporta a gran cantidad de especies, como bacterias, hongos, protozoarios, nemátodos, ácaros, colémbolos, arañas, coleópteros, hormigas, termitas, miriápodos, lombrices, entre otros, cada una siendo importante para mantener su estabilidad; se trata de un complejo vivo, un ensamble tridimensional dinámico compuesto por agua, aire, elementos minerales y orgánicos, y numerosos y diversos grupos de organismos (Rusell, 2019), influyendo en aspectos claves como, por ejemplo, fertilidad, productividad de cultivos, tolerancia al estrés, purificación del agua, reciclaje de nutrientes, formación de suelo, entre otros.

Dentro de un agroecosistema, que podría ser en este caso un huerto de traspatio, el equilibrio va a depender de las condiciones generadas por el cuidador de este espacio (Altieri y Nicholls, 2007) y será su responsabilidad mantener los servicios que un buen suelo puede cumplir. De forma convencional, el uso de agroquímicos derivados del auge de la RV es un manejo que puede inducir, al nivel de microescala, alteraciones al suelo y a sus procesos además de contaminación del agua por eutrofización y aumento de Gases de Efecto Invernadero (Hartmann y Six, 2022). En contraposición, la implementación de un manejo orgánico puede ayudar a generar un agroecosistema sano y resistente a través de un enfoque sostenible, incluyendo el manejo orgánico de plagas, y tener así un suelo con buena estructura, biodiversidad microbiana adecuada que genere una producción más eficiente y saludable.

1.5.3. Agroecología como alternativa

La agricultura convencional es por definición tecnificada y, entre otros aspectos, es la respuesta más rápida para la eliminación de ciertas enfermedades y plagas comunes en monocultivos; sin duda representa un ahorro en el tiempo de producción de alimentos. Sin embargo, al no tomar en cuenta otros factores como la salud y estructura del suelo, el impacto negativo ambiental y el daño hacia la salud humana es importante y muchas veces dejado en segundo plano debido a las ganancias económicas inmediatas que se pueden

obtener (CONACyT, 2020). Por una parte, existe el daño provocado dentro del agroecosistema por el uso excesivo de agroquímicos como plaguicidas, fungicidas u otros tipos de biocidas y su relación con intoxicaciones (Ferrer, 2003; Grupo de Vigilancia y control de factores de riesgo ambiental, 2010; EPA, 2022), enfermedades respiratorias (Danuser *et al.*, 2001; Chakraborty *et al.*, 2009; Mirabelli *et al.*, 2011; Ming *et al.*, 2013; Piedra *et al.*, 2019; Pacto Mundial Red Española, 2020) y cáncer (Alavanja *et al.*, 2013; Arrebola *et al.*, 2015; Ordóñez-Beltrán, 2019; NPIC, 2021; CONACyT, 2022)., y por el otro, el uso excesivo de fertilizantes agroquímicos que producen eutrofización y que afectan directamente a los cuerpos de agua (García, 2016; IFAPA, 2019), incluyendo lagunas (Agrawal *et al.*, 2010; Shashvatt *et al.*, 2017; IFAPA, 2019) y mares (García, 2016)

A partir de 1990, ocurren avances importantes dentro de la biotecnología, pues se popularizan los Organismos Genéticamente Modificados (OGM's) o transgénicos (Díaz, 2023). A pesar de que la transferencia de genes puede ocurrir de manera natural en algunas especies, hay consecuencias desconocidas de esta nueva tecnología que podrían alterar el estado natural de un organismo a través de la expresión de genes ajenos a él. Además, no hay certeza sobre la inocuidad que el consumo de alimentos genéticamente modificados pueda tener, pues existe la posibilidad de alteraciones en el metabolismo, la tasa de crecimiento, la exposición a nuevos alérgenos, así como la transferencia de genes resistentes a antibióticos que alterarían la flora intestinal humana (Phillips, 2008). Aunado a lo anterior, dentro de este modelo convencional se mantiene la amenaza hacia una soberanía alimentaria y se pone en riesgo el acceso a alimentos suficientes, seguros y nutritivos (FAO, 2002). Esto debido a que la disponibilidad de alimentos no garantiza la distribución uniforme de éstos, en gran medida debido a las políticas neoliberales bajo las que se rige el mercado actual (Programa Mundial de los Alimentos, 2022).

A la par del desarrollo de las prácticas traídas por la RV, surge la agroecología en la década de los años sesenta y setenta como una perspectiva crítica y propositiva frente a los cambios culturales y ambientales que se generaban por la implementación de los paquetes tecnológicos que fueron una herramienta clave para la expansión y adopción de la agricultura tecnificada propuesta por la RV como modelo predilecto de producción. La agroecología constituye un enfoque revolucionario y necesario, que propone otras formas

de interrelacionarse con la naturaleza, incluyendo la consideración del conocimiento milenario, y que retorna a prácticas que incubaron lo que hoy conocemos como ciencias agroecológicas (Lugo y Rodríguez, 2021). Esta disciplina busca desarrollar técnicas incluidas dentro del llamado manejo orgánico, en donde se prioriza los sistemas agrícolas sostenibles y se protegen los recursos y biodiversidad implicados en la producción de alimentos. El primer objetivo de esta técnica sería el conocimiento a fondo de un agroecosistema para garantizar su sostenibilidad, promoviendo la justicia social y reforzando la viabilidad económica de ciertas zonas (FAO, 2023).

1.5.4. Beneficios de un manejo orgánico

Una de las diferencias entre los productos obtenidos mediante la agricultura convencional y agricultura orgánica radica en el contenido nutricional (Acuña *et al.*, 2020), además del beneficio de consumir un alimento inocuo desde el origen, es decir, que no estuvo implicada la aplicación de agroquímicos cuyos daños críticos a la salud humana está bien documentado (Pacto Mundial Red Española, 2020, CONACyT, 2022). Es importante mencionar que no sólo la salud humana se ve beneficiada, sino que también la calidad y fertilidad del suelo aumentan en general (al tener una menor exposición a estas sustancias químicas), la calidad del agua circundante y la biodiversidad se mantienen y las emisiones de gases de efecto invernadero se reducen drásticamente.

Debido a esto, en las últimas décadas ha crecido el interés por parte de las poblaciones urbanas, y en particular de la población capitalina en Puebla, para desarrollar técnicas alternativas para cualquier cultivo con uno uso mínimo o nulo uso de productos químicos, económicas y además congruentes con un estilo de vida que mucha gente considera “sano”. A diferencia de la agricultura convencional con insumos químicos, la agricultura llevada a cabo con insumos orgánicos es una alternativa viable en donde se logra un diseño en el que la producción de alimento es sostenible, eficiente, socialmente justa y al mismo tiempo permite el mantenimiento de la calidad y regeneración del suelo (Altieri y Nicholls, 2007).

1.5.5. Insumos para un manejo orgánico en cultivos de traspatio

1.5.5.1. Lombricomposta

Se define a la lombricomposta como el abono orgánico resultado de la degradación y descomposición de desechos orgánicos por acción de las lombrices de tierra epigeas, siendo las más usadas en este proceso las especies *Eisenia fetida* y *Eisenia andrei*. Este abono contiene macroelementos como nitrógeno, fósforo y potasio, así como microelementos tales como zinc, hierro, cobre, manganeso, molibdeno, boro, calcio, magnesio, azufre y sodio. También contiene enzimas, proteínas, aminoácidos y microorganismos benéficos de rápida asimilación. Entre algunos de los servicios ofrecidos por la lombricomposta se encuentra el aumento de la biomasa de microflora y fauna presentes en suelos agrícolas, estimulación del desarrollo, crecimiento, madurez y salud radicular, retención de la humedad en el suelo por más tiempo, reducción de la conductividad de suelos alcalinos a través del agrupamiento de las arcillas, balanceo del pH en suelos ácidos, desarrollo de hongos benéficos en suelo, aumento de la producción en los cultivos agrícolas, reducción de la contaminación en el suelo por uso de químicos, disminución de actividad en rizósfera de parásitos dañinos para el cultivo, entre algunos otros (INDESOL, 2013; INIFAP, 2021).

En México ha habido algunos proyectos relacionados con la lombricultura emprendidos desde hace más de veinte años. En varios estados, sin embargo, no muchos han prosperado debido a que muchas veces el productor desconoce o no confía en los resultados que esta práctica podría traer a su cultivo o debido a que el terreno a cultivar ha sido tratado previamente con productos químicos. También puede ser complicada su obtención debido a que, y a pesar de ser una técnica benéfica y sostenible, exige ciertas condiciones de temperatura y humedad para su producción, además de que el alimento para las lombrices debe de ser equilibrado y adecuado en términos de calidad, para mantener la salud y productividad de las lombrices (Rivas, 2020). En el apéndice 3, se puede ver una tabla de los parámetros óptimos para una buena cosecha de lombricomposta. La lombriz roja californiana (*Eisenia andrei*), usada para la producción de la lombricomposta dentro de esta tesis, es una de las especies composteadoras de mayor popularidad, debido a su habilidad para digerir residuos orgánicos en condiciones de cautiverio y producir lombricomposta comercializable. Es muy prolífera, pues su población se puede duplicar cada 90 días y cada

lombriz puede producir cerca de 13, 000 lombrices en un año. En cautiverio puede vivir hasta 15 años. Tiene un diámetro de 3 a 5 mm, puede llegar a medir hasta 1.3 m, y alcanzan su madurez sexual a los 3 meses (INDESOL, 2013).

La incorporación de lombricomposta al suelo es una gran alternativa ante el uso de fertilizantes químicos, pues además de fortalecer la salud de la planta, es inocua y es económica; otra bondad es que promueve el reciclaje de nutrientes debido a que para su creación generalmente se ocupan residuos orgánicos, lo que hace de este proceso una solución sostenible ante la situación actual. La composición de nutrientes brindada por la lombricomposta depende en gran medida de los residuos que la conforman, por lo que se debe procurar que los materiales ocupados sean ricos en nutrientes importantes para las plantas. La lombricomposta usada en esta tesis se obtuvo de la transformación de residuos recolectados en el único centro de acopio de residuos orgánicos gratuito de la ciudad de Puebla, ubicado en Calle 63 D Oriente #20, Colonia Granjas Laguleña. La composta producida por *Eisenia andrei*, es rica en la composición de nutrientes debido que a la semana se acopian en este centro, 1600 toneladas de residuos orgánicos caseros, provenientes de más de 250 familias de la misma ciudad de Puebla. En el apéndice 1. Se muestra una tabla con el porcentaje de nutrientes contenidos en la lombricomposta utilizada.

1.5.5.2. Fungicida orgánico

En esta tesis se utilizó fungicida orgánico a base de azufre. El azufre es un elemento importante dentro de los mecanismos de defensa de las plantas contra plagas y enfermedades. De forma natural, las plantas generan algunos metabolitos secundarios con azufre en su estructura y pueden estar activos o ser activados mediante estímulos específicos. El uso del azufre dentro de las prácticas agrícolas inició en la década de 1840 en Inglaterra y Francia y se tienen los primeros registros para Estados Unidos de América en 1974 para el control de hongos en remolacha. El azufre es usado para combatir hongos, como mildiu, roya, podredumbre gris, oídio y brotitis, siendo capaz de detener la enfermedad en algunas fases de su ciclo biológico. También puede ser recomendado para el control de ácaros y algunos trips, principalmente en los primeros estadios larvarios (Sabino *et al.*, 2007). Su mecanismo de acción se basa en la permeabilidad de las células de los hongos al azufre, el cual afecta la cadena respiratoria mitocondrial dentro del citoplasma.

Al mismo tiempo, se pueden producir sustancias tóxicas como sulfito de hidrógeno, debido a la transferencia de iones hidrógeno al azufre (INTAGRI, 2017).

1.5.5.3. Insecticida orgánico

En esta tesis fue utilizado un insecticida de contacto, a base de jabón potásico y aceite de Neem, útil para controlar diversas plagas en cultivos urbanos y convencionales como pulgones, mosquita blanca (*Benisia tabaci*), araña roja (*Tetranychus urticae*), cochinilla (*Dactylopius coccus*) y trips (tisanopteros). Por la seguridad del origen de sus componentes, es un insecticida ampliamente recomendado y seguro para su uso post-cosecha. El aceite de neem, proviene de las semillas del árbol del neem, planta originaria de la India, tiene una coloración oscura, con un sabor amargo y un aroma intenso; por sí solo funciona como insecticida, acaricida, fungicida y repelente de insectos. Al ser mezclado el aceite con el jabón potásico se potencian las propiedades. El jabón potásico funciona como insecticida orgánico, actuando como un potente secador del exoesqueleto de los insectos, además de tener un efecto purificador sobre los residuos que los éstos dejan.

1.5.6. Importancia de la macrofauna en la fertilidad del suelo

El suelo de cada ecosistema o agroecosistema puede soportar una gran cantidad de especies como bacterias, hongos, protozoarios, nemátodos, ácaros, colémbolos, arañas, coleópteros, hormigas, termitas, miriápodos, lombrices, entre otros, cada una siendo importante para mantener su estabilidad (Rusell, 2019) y México no es la excepción (Fragoso y Rojas, 2010). Esta diversidad de organismos más los elementos abióticos modifican constantemente las características físicas y químicas de nuestro sistema mediante la reestructuración del suelo, la descomposición de materia orgánica, el reciclaje de nutrientes, la bioturbación y el secuestro de carbono, promoviendo así la productividad, la sustentabilidad de los procesos y la resiliencia del sistema. La fauna que se puede encontrar dentro del suelo se divide en microfauna (bacterias y hongos), mesofauna (principalmente ácaros y colémbolos) y macrofauna (hormigas, termitas y lombrices de tierra, entre muchos otros grupos).

Uno de los principales actores en el suelo, son las lombrices. El inicio del interés por estos gusanos no es claro, sin embargo, hay registros desde los egipcios reconociendo su papel en la fertilidad del suelo. Aristóteles (s. IV a.C.) las nombró los intestinos de la tierra y Darwin (1880) las consideró fundamentales para la formación del humus, en su libro de 1881 “La formación de la tierra vegetal por acción de las lombrices”. Desde los años 30’s y 40’s del siglo pasado se reconoció la importancia en USA de las lombrices (por los aportes de George Sheffield Oliver y Thomas J. Barret; Minnich, 1977) y para 1976 el negocio del lombricompostaje ya estaba bien establecido con cerca de 90,000 estadounidenses involucrados en la venta y compra de lombrices (Minnich, 1977). En el último tercio del siglo XX y en lo que va de este siglo, el lombricompostaje se ha ido incrementando y generalizando a lo largo del mundo y Latinoamérica.

1.5.7. Ingenieros del ecosistema: lombrices de tierra

Las lombrices de tierra constituyen, por la biomasa que representan, uno de los grupos más importantes de la macrofauna, pues son de vital importancia para el proceso de bioturbación y oxigenación de la tierra, además de favorecer la dispersión de microorganismos e incrementar el crecimiento bacteriano (Lavelle *et al.*, 1995). Son consideradas ingenieras del ecosistema junto con otros organismos y son utilizadas en proyectos enfocados al desarrollo de técnicas para una agricultura sostenible. Sus deyecciones contienen altos contenidos de N, C y otros elementos de fácil asimilación para las plantas, y al formar macroagregados ayudan también a mejorar la porosidad del suelo, evitando la compactación (Cabrera y Crespo, 2001).

Las lombrices de tierra pertenecen al filum Annelida y se ubican dentro del orden Crassicitellata por tener un clitelo grueso. Son organismos invertebrados vermiformes terrestres de hábitos hermafroditas y respiración cutánea. Actualmente son cerca de 5738 especies descritas ubicadas en 23 familias (Misrilioglu *et al.* 2023). Desde el punto de vista ecológico y funcional, y considerando su distribución vertical dentro del suelo, la presencia de pigmento y su estrategia demográfica, todas estas especies pueden ser agrupadas en tres principales categorías: i) lombrices epigeas, las cuales no hacen galerías, viven en la hojarasca, troncos podridos o suelos suspendidos en los árboles y que llevan a cabo la transformación de residuos orgánicos (lombricompostaje al ser manejadas). En este grupo se encuentran, por ejemplo, las especies de la familia Lumbricidae *Eisenia fetida*,

Dendrobaena veneta, *Lumbricus rubellus* y *Eisenia andrei*; ii) lombrices endogeas, que viven dentro del suelo, consumen principalmente suelo, con galerías generalmente horizontales, que rara vez salen a la superficie y que participan activamente en los procesos de bioturbación (por ejemplo las especies *Pontoscolex corethrurus*, exótica tropical de amplia distribución y la nativa mexicana tropical *Balanteodrilus persei*); y iii) lombrices anécicas, que viven dentro del suelo y que salen a la superficie para hojarasca o humus de la superficie gracias a sus galerías verticales profundas (por ejemplo las especies *Lumbricus terrestris*, *Didymogaster sylvaticus*, *Megascolides australis*) (Lavelle *et al.*, 1995).

En México existen 102 especies de lombrices de tierra descritas, 51 nativas y 51 exóticas (Fragoso y Rojas, 2014), la mayoría de las cuales son endogeas. Las lombrices exóticas, predominan en ambientes perturbados, pero también son frecuentes en ecosistemas conservados, principalmente en ambientes templados. La mayor cantidad de especies registradas está en los estados de Veracruz (70 spp), Chiapas (35 spp), Tamaulipas (27 spp), Tabasco (26 spp) y Estado de México (25 spp). Las especies más comunes en México son *Pontoscolex corethrurus*, dentro del grupo de las exóticas y *Balanteodrilus persei* en las nativas (Fragoso y Rojas, 2014). En cuanto a diversidad de especies de lombrices, la riqueza de México no es tan grande como en otros países (por ejemplo, Brasil, Colombia, Ecuador o India).

Como ejemplo de trabajos en los que se ha manejado a la lombriz de tierra como método para la recuperación de suelo en áreas deterioradas mediante la inoculación *in situ* de lombrices de tierra (método directo), está el de Butt (1999), quién propuso esta práctica para mejorar su estructura y porosidad. En otros casos de métodos *in situ*, el manejo indirecto consiste en promover a las lombrices mediante el uso de cultivos de cobertera, como fue el caso de la lombriz *Balanteodrilus pearsei*, en asociación con el cultivo de *Mucuna pruriens* o frijol de terciopelo en ambientes tropicales (Ortiz *et al.*, 2007); esto podría ser de relevancia para el desarrollo de cultivos, pues se reportó un efecto positivo en raíces y gracias a la presencia de lombrices de tierra, el rendimiento de grano tendió a incrementarse.

En 2010, Hernández-Castellanos y colaboradores cultivaron lombrices de una especie exótica (*Pontoscolex corethrurus*) y una especie nativa (Glossoscolecidae sp.) de Veracruz para medir su efecto sobre varios parámetros químicos en el suelo excretado y se encontró que en suelo lixisol (bajos niveles de nutrientes), Glossoscolecidae sp. produjo menor cantidad de turrículos (deyecciones) comparada con *P. corethrurus*, pero promovió una disponibilidad mayor de elementos como K, Na, Mg, Mn, Fe, K y NH₄ (Hernández-Castellanos *et al.*, 2010). Se cultivó además la especie *P. corethrurus* en un suelo control (andosol-vertisol) descubriendo que la lombriz incrementó la concentración en la mitad de los parámetros. Debido a su alta capacidad de adaptación y modificación de características químicas, algunas lombrices endogeas-geófagas como *P. corethrurus*, promueven la disponibilidad de diferentes elementos necesarios para el crecimiento vegetal.

Otra técnica para el manejo de la fertilidad es la adición e incorporación de materia orgánica obtenida mediante las técnicas de lombricomposta (método indirecto *ex situ*), lo que permitiría la disminución de una parte de la demanda de insumos agrícolas. En 2015, Cantero y colaboradores probaron tratamientos incluyendo lombricomposta, composta y lixiviados sobre el crecimiento y rendimiento de la berenjena *Solanum melongena* L., encontrando en el tratamiento con lombricomposta, precocidad en el crecimiento de las plantas (Cantero *et al.*, 2015), por lo que su implementación podría ser una solución al acortar el tiempo en los procesos de producción.

En otra serie de estudios Acuña *et al.* (2020), hicieron una comparación del contenido de proteínas y minerales (Fe, K, Zn) en *Cucurbita pepo* L. bajo tres métodos de producción orgánica (compostaje tradicional, lombricomposta y composta de biol o foliar), contra la producción comercial. Se encontró que todos los tratamientos orgánicos, presentaron un mayor contenido de proteínas y minerales en comparación a la producción comercial, siendo el tratamiento con composta tradicional el que ofreció calabazas con mayor proporción de proteínas y zinc, mientras que, en el tratamiento de lombricomposta, las calabazas presentaron la proporción más alta de potasio y hierro. Esto se explica porque la composición de los nutrientes brindada por la lombricomposta depende en gran parte de los residuos que la conforman.

1.5.8. Plantas con potencial para cultivos de traspatio para usarse en este estudio

1.5.8.1. Lechuga romana (*Lactuca sativa* var. *longifolia*)

México es el noveno productor a nivel mundial de lechuga, con 509 mil toneladas producidas en 2021, siendo la exportación a Estados Unidos y Canadá de 200 mil toneladas. Puebla se encuentra en el tercer lugar de producción de los 21 estados productores, detrás de Guanajuato y Zacatecas (SADER, 2023). La lechuga es un cultivo muy versátil y de fácil manejo, soporta temperaturas extremas y su sistema radicular es muy pequeño en comparación con la parte aérea. Es una planta muy requerida en el área gastronómica, que aporta el 95% de su peso en agua, con muy pocas calorías, hidratos de carbono, proteínas y grasas, pero rica en fibra.

1.5.8.2. Calabaza italiana (*Cucurbita pepo*; L.)

Las calabazas constituyen una especie cultivada que se ocupa de forma integral dentro de la alimentación y en la medicina tradicional. México es el séptimo productor a nivel mundial de calabaza, con una producción en 2020 de 131 mil 292 toneladas en 7 mil 108 hectáreas, distribuída en 20 estados, siendo los principales Sonora, Chihuahua y Guerrero (SADER, 2023). De los 217 municipios de Puebla, 78 producen calabaza, siendo los principales productores Atlixco, Coatzingo y Huaquechula. La superficie sembrada es de 4487.82 hectáreas. México es un centro de diversidad del género cucúrbita, tanto de especies domesticadas como silvestres (SADER, 2020). Las calabazas son de origen americano, y el género está conformado por 11 especies, de las cuales cinco se cultivaban en México (INAH, 2024). Además de sus propiedades nutricionales, la calabaza (*Cucurbita pepo*), contiene aminoácidos, vitaminas A y B, grasas, fibras, minerales, azúcares naturales, ácidos grasos omega 3, magnesio, zinc, tocoferoles, propiedades que pueden proteger contra cáncer, enfermedades del corazón y diabetes.

1.5.9. Percepción urbana sobre huertos de traspatio y lombrices geófagas en ambientes urbanos

La agricultura urbana es definida por la FAO (2016) como el cultivo de plantas, flores, hierbas aromáticas, hortalizas y frutales o la cría de animales en el interior y periferia de la ciudad, la cual incluye a los huertos de traspatio, huerto familiar o urbano (SADER, 2018). El huerto urbano es equiparable al huerto en el jardín y puede ser un espacio cubierto o no.

El término “traspatio”, se emplea para referirse a la parte de la casa en donde se encuentra el huerto. La función de un huerto de traspatio es promover una diversificación de los hábitos alimentarios empleando generalmente insumos orgánicos para el desarrollo de estos. Se evita el uso de herbicidas, insecticidas, fungicidas y demás biocidas químicos para el manejo de plagas y enfermedades (SAGARPA, 2016). En cambio, se emplean productos denominados orgánicos, los cuales no tienen ningún efecto adverso hacia la biodiversidad benéfica ni hacia la salud del productor y/o consumidor.

Dentro del estado de Puebla, ha existido cierto apoyo para el desarrollo de la agricultura urbana. Según Caporal (2017), dentro de los municipios de Puebla, Cuautlancingo y San Andrés Cholula, se han localizado un total de 53 huertos, considerando tanto los familiares, como escolares y colectivos. Además, el Ayuntamiento de Puebla, durante la legislatura 2010-2014, otorgó cursos de capacitación gratuitos sobre agricultura urbana y en 2016, dentro del “Primer encuentro de ecotecnias y huertos urbanos”, se registraron un total de 35 huertos en la ciudad y alrededores.

Durante el periodo 2018 – 2021 se publicó un documento con los lineamientos para el funcionamiento del Programa de Huertos Familiares Urbanos (Secretaría de Bienestar, 2021), con el objetivo de identificar familias candidatas a recibir apoyos gubernamentales para promover el uso de huertos urbanos y así atender el rezago de la carencia alimentaria de ciertas colonias o barrios del municipio de Puebla; sin embargo, no se tiene información sobre el éxito o resultados del programa. Desde el año 2013 se han llevado a cabo capacitaciones y talleres sobre agricultura urbana en diferentes comunidades del municipio (Montelongo, 2013), y desde 2019 hasta 2021, se promovió la instalación de huertos urbanos dentro de escuelas de educación básica. A las 35 instituciones educativas en donde ya se llevaba a cabo el proyecto, en 2021 se sumaron 50 instituciones más.

Durante agosto de 2020 se impartieron 16 cursos virtuales por parte de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Sustentabilidad sobre huertos urbanos y agricultura familiar (Secretaría de Desarrollo Urbano y Sustentabilidad, 2020), enfocados a brindar herramientas útiles para producción de autoconsumo. La implementación de huertos de traspatio tiene un impacto directo dentro de la familia ya que, al integrar a los individuos dentro de las actividades de cultivo o cosecha, se diversifica la dieta y se obtiene control sobre qué tipo de alimentos se van a consumir. Además, puede formar parte de terapias con

distintos fines, por lo que es una práctica sostenible y una herramienta que contribuirá a consolidar hábitos más saludables (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020). Hasta la fecha, sin embargo, en la ciudad de Puebla no se cuenta con información certera sobre la percepción que la gente urbana tiene hacia los organismos del suelo y en particular hacia las lombrices geófagas; es posible que muchas personas eliminen a estos organismos de sus macetas o jardines, debido a la creencia popular de que éstas pueden dañar el cultivo o las plantas. Conocer la opinión de la población urbana sobre esto, sería de gran ayuda para la implementación de huertos urbanos en suelos con lombrices.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio



Figura 1. Localización del área de experimentación en la ciudad de Puebla.

El experimento se estableció dentro del único centro de acopio gratuito de residuos orgánicos de la Ciudad de Puebla, ubicado **frente a la laguna de San Baltazar**, Calle 63 D oriente #20, Col. Granjas Laguleña. Se contó con un terreno aproximado de 50 m² disponibles para poder establecer el área experimental. La ubicación se muestra en la figura 1. El experimento inició el día 09 de agosto del año 2023 y finalizó el día 03 de diciembre, durando un total de 106 días, durante la temporada de otoño.

2.2. Diseño de tratamientos

Se trabajó con 2 diferentes cultivos: lechuga romana (*Lactuca sativa* var. longifolia) y calabaza italiana (*Cucurbita pepo*; L.). Las plantas fueron sembradas de semilla en el caso de la calabaza y por trasplante en el caso de la lechuga. Las semillas de la calabaza se consiguieron en una tienda especializada de siembra de hortalizas en el centro de Puebla llamada El Semillero. Las plántulas de lechuga se consiguieron a través de una donación de

parte de la empresa Leonali el día 10 de septiembre de 2023. El trasplante ocurrió el 12 de septiembre (dos semanas después de la inoculación de las lombrices); la siembra de la calabaza fue el 15 de agosto (una semana después de la inoculación de lombrices). A cada cultivo se le aplicaron 6 diferentes tratamientos, presentados en la Tabla 1 y cada tratamiento constó de 5 repeticiones, por lo que, en total, cada cultivo tuvo 30 repeticiones, siendo 60 unidades experimentales en total. Cada unidad experimental fue una cubeta de plástico con una capacidad de 19 litros, las cuales fueron llenadas a su capacidad máxima con suelo y a las que antes del llenado se les colocó una malla plástica de 0.05 mm en el fondo para evitar el escape de las lombrices. El suelo se obtuvo del sitio en donde se instaló el experimento (Centro de acopio gratuito de la ciudad de Puebla), en la ubicación antes ya mencionada. Este suelo fue secado y tamizado, eliminando piedras y desechos. La lombricomposta se obtuvo del centro de acopio de residuos orgánicos, que ya estaba lista para su mezclado con el suelo. El fertilizante químico fue obtenido de tiendas comerciales y de donaciones. Finalmente, las lombrices fueron colectadas en una finca cafetalera del estado de Veracruz debido a que fue necesario recolectar en un sitio donde hubiera grandes cantidades disponibles, y fueron identificadas como la especie *Pontoscolex corethrurus*. Al final del experimento, se muestrearon algunas lombrices geófagas encontradas y se almacenaron en pequeños frascos de vidrio con alcohol al 70%, para su posterior identificación en laboratorio, utilizando las claves de Reynolds (1977), Blakemore (2006) y la confirmación por el Dr. Fragoso, taxónomo experto en el tema.

Más de 1000 individuos fueron traídos vivos al laboratorio del Cenagro, en donde fueron separadas en clases de edades (jóvenes con un peso de menos de 200 mg, sub-adultas con un peso de 200-400 mg y adultas cliteladas con un peso de más de 400 mg) y mantenidas en recipientes de plástico con tierra húmeda hasta su uso en los experimentos.

Los tratamientos se prepararon del siguiente modo:

Tratamiento con solo suelo (**S**): 20 kg suelo

Tratamiento con suelo y lombrices (**SL**): A los 20 kg de suelo se inocularon 27 lombrices: 7 jóvenes, 10 sub-adultas y 10 adultas cliteladas aproximadamente una semana antes de la siembra de plántulas para lechuga (Figura 5) o de semilla para calabaza (Figura 11).

Tratamiento con suelo y lombricomposta-Manejo Orgánico (**O**): Revoltura (al momento de la siembra) de 13.1 kg de suelo + 4.7 kg de lombricomposta= 17.8 kg.

Tratamiento con suelo y fertilizantes químicos- Manejo Químico (**Q**): A los 20 kg de suelo se añadió para el cultivo de lechuga de traspatio una proporción 85 90 120 (2 semanas días después del trasplante-ddt) y 85 00 00 (4 semanas ddt) de fertilizante químico (Figura 5), mientras que, para el cultivo de calabaza de traspatio, se añadió una proporción de 60 90 00 (1 semana días después de la siembra- dds) y 60 00 00 (5 semanas dds) como se puede ver en la Figura 11, de acuerdo con las recomendaciones obtenidas en la página oficial de INIFAP para NPK. Los fertilizantes ocupados fueron roca fosfórica (26% P), urea (46% N) y nitrato chileno (14% N, 46% K).

Tratamiento con suelo, lombrices y lombricomposta-Manejo Orgánico con Lombrices (**OL**): Este tratamiento se preparó del mismo modo que el tratamiento O, y se inocularon 27 lombrices: 7 jóvenes, 10 sub-adultas y 10 adultas cliteladas, el 28 de agosto para el cultivo de lechuga (Figura 5) y el 9 de agosto para calabaza (Figura 11).

Tratamiento con suelo, fertilizantes químicos y lombrices-Manejo Químico con Lombrices (**QL**): Este tratamiento se preparó del mismo modo que el tratamiento Q, y se inocularon 27 lombrices: 7 jóvenes, 10 sub-adultas y 10 adultas cliteladas, el 28 de agosto para el cultivo de lechuga (Figura 5) y el 9 de agosto para calabaza (Figura 11).

Cada cubeta con suelo más lombricomposta, tuvo 13.1 kg de suelo más 4.7 kg de lombricomposta y cada cubeta con sólo suelo, tuvo 20 kg de éste. La diferencia de pesos entre los tratamientos con lombricomposta y sin ella (2.2. kg) fue debido a que la lombricomposta ocupó un mayor volumen en las cubetas.

Las unidades experimentales se colocaron en dos bloques distintos, cada uno correspondiendo a una hortaliza (calabaza y lechuga) en un rectángulo de 10 m por 2 m cada uno, mostrados en la figura 2. La distancia entre cada unidad experimental fue de 30 cm. El terreno ocupado no tenía ningún tipo de pendiente o irregularidad. Debido a la orientación del experimento (de norte a sur), temporalidad (comienzo del otoño) e inclinación del sol, hubo cierto efecto sobre la cantidad de horas luz a las que las plantas fueron expuestas. Para determinar estas diferencias se registró la temperatura ambiental diariamente, así como la temperatura y la humedad del suelo en algunas unidades experimentales (ver más adelante).

Tabla 1. Descripción de los tratamientos empleados en cada cultivo y número de repeticiones.

Tratamiento	Descripción	Lechuga	Calabaza
S	Suelo	5	5
SL	Suelo + Inoculación directa de Lombrices	5	5
O	Suelo + Manejo Orgánico	5	5
Q	Suelo + Manejo Químico	5	5
OL	Suelo + Manejo Orgánico + Inoculación directa de Lombrices	5	5
QL	Suelo + Manejo Químico + Inoculación directa de Lombrices	5	5
Número total de unidades experimentales		30	30

2.3. Diseño experimental

Antes del establecimiento del experimento, se realizó un análisis de suelos de la tierra utilizada, que como se mencionó antes, fue obtenida del sitio en donde se ubicaron las unidades experimentales (Centro de Acopio). El análisis fue hecho en el laboratorio de Suelos del INECOL, según la Norma Oficial Mexicana (NOM-021-RECNAT-2000), y se determinaron el pH y los contenidos de K, Ca, Mg, CIC, Na, P, N, C y materia orgánica (Apéndice 1).

El experimento se colocó en un área de 10 m de largo por 5 m de ancho (50 m²). El diseño experimental fue completamente al azar, con un arreglo factorial 6x5: seis tratamientos por cinco repeticiones por tratamiento (figura 2). La disposición se generó usando números aleatorios en el programa Excel.

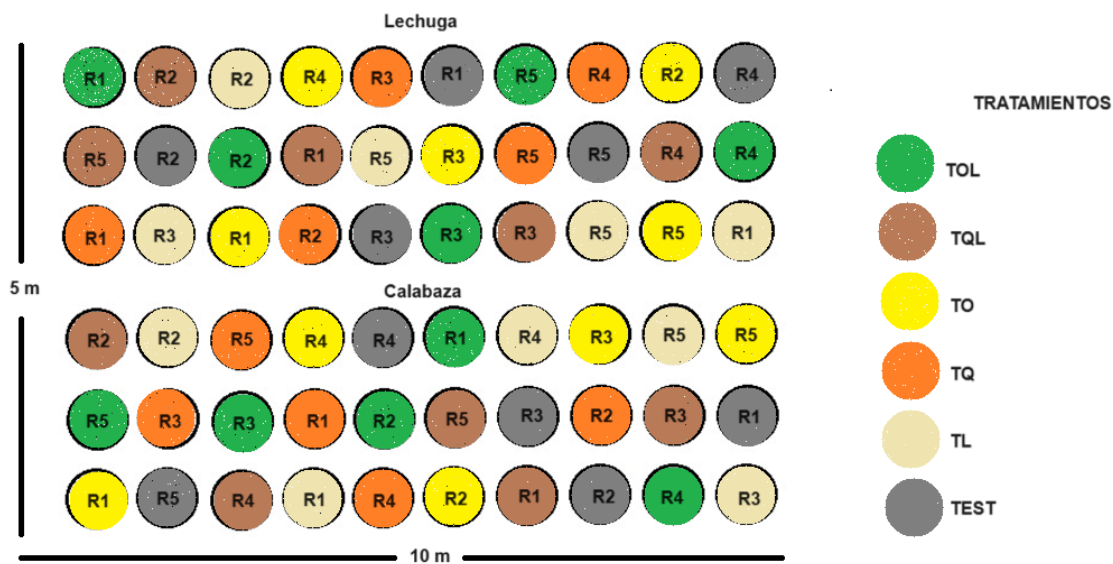


Figura 2. Diseño de la parcela experimental (aprox. 50 m²) incluyendo las unidades experimentales de los 2 cultivos a evaluar. La distancia entre cada unidad fue de 30 cm.

2.4. Parámetros agronómicos evaluados

En la tabla 2 se observan los parámetros agronómicos evaluados para cada cultivo, incluyendo su respectivo método de medición. Las medidas de altura y diámetro se reportaron en centímetros; las de peso en gramos.

Se tomaron datos de rendimiento de cada cultivo, además del crecimiento vegetal y se determinó el costo de la producción de acuerdo con cada manejo del cultivo. Este costo se relacionó con el rendimiento de producto obtenido más el beneficio añadido que se acarrea de acuerdo con su origen (manejo orgánico o químico).

Tabla 2. Parámetros agronómicos evaluados en los cultivos de Lechuga y Calabaza

Variables	Clave	Método	Lechuga	Calabaza
Diámetro de tallo de planta	DT	Vernier digital	-	X
Diámetro de la corona del tallo	DC	Vernier digital	X	-
Altura de la planta	AP	Cinta métrica	X	X
Número de frutos por planta	NF	Balanza digital	-	X
Peso fresco de fruto por planta	PFf	Balanza digital	-	X
Peso seco de fruto por planta	PFs	Balanza analítica		
Peso fresco de planta (biomasa aérea)	PPf	Balanza digital	X	X
Peso seco constante de planta (biomasa aérea)	PPs	Balanza digital	X	X

* Balanza digital de 5 kg (\pm 1g).

2.5. Parámetros ambientales evaluados durante experimento

Las temperaturas fueron tomadas mediante un termómetro digital marca CEM DT-171 DATA LOGGER, del 9 de agosto al 10 de diciembre del año 2023. Los horarios registrados para este termómetro fueron a las 9:00 am, 3:00 pm y 9:00 pm. Se colocó además un termómetro de máximas y mínimas tipo “six”, con el cuál, se registraron las temperaturas del 8 de septiembre al 9 de diciembre del año 2023.

Con un medidor de pH, temperatura y humedad de la marca GAQQEE se obtuvieron valores semanales de estas variables en el substrato de cada cubeta.

En el siguiente cuadro se resumen los parámetros evaluados:

Variables	Clave	Método
Temperatura ambiental	TA	Termómetro digital
Temperatura en suelo	TS	Medidor de pH portátil
pH en suelo	pH	Medidor de pH portátil

2.6. Control de plagas durante el experimento

Para el control de plagas del experimento de lechuga, hubo incidencia de chapulines y babosas y mosquita blanca. Para la mosquita blanca se utilizó jabón potásico con aceite de neem diluido a una relación 1:20 y se aplicó cada 3er día durante las últimas 3 semanas de desarrollo antes del corte. Para las babosas y chapulines se realizó un control de las plagas manual. Se acudió diario cuando la plaga se intensificaba y se hicieron dos podas a lo largo del experimento para el control de la densidad de la plaga.

Para el monitoreo de plagas y enfermedades para la calabaza, se encontró que había incidencia de chapulines y escarabajo de la calabaza, además de presentarse una enfermedad por hongos a partir de la etapa de floración de la planta. Para el control de esto, se utilizó jabón potásico con aceite de neem (dilución 1:20), sin embargo, esto no fue suficiente, por lo que se optó por un control manual, aunque también fue ineficiente para su control. Para el control de los hongos, se aplicó gluconato de cobre a una dilución 1:2, siendo tampoco esto eficiente para el control de la planta. Éste se aplicó durante el mes de octubre, una vez por semana, que fue la época en donde la calabaza se vio afectada por la enfermedad fúngica reportada (Figura 17).

2.7. Variables evaluadas en los cultivos

En el cultivo de lechuga las variables medidas fueron: altura, diámetro de la corona, diámetro del tallo, número de hojas, peso fresco y peso seco de la parte aérea (no se pesaron las raíces). En el caso de las primeras cuatro variables las mediciones se hicieron cada dos semanas; para las últimas dos variables el registro fue uno solo, al final del experimento (60 días después del inicio).

En el cultivo de calabaza se midieron: altura de la planta, número de hojas, diámetro del tallo, número de botones y flores, número de frutos y peso fresco y seco de los frutos. El registro de la altura, el diámetro del tallo, el número de hojas y el número de flores y frutos se hizo cada 10-12 días (aunque en las dos últimas variables conforme fueran apareciendo); el peso seco y fresco de los frutos se realizó después de la cosecha.

2.8. Aplicación de entrevista

La entrevista constó de una guía semiestructurada como herramienta metodológica con 10 preguntas y fue aplicada en 3 diferentes sitios que representan poblaciones con diferente nivel *a priori* de sensibilización sobre temas de agricultura orgánica: Acopio (Centro de acopio/ grupo sensibilizado), Central (Central de Abastos de Puebla/ grupo poco o no sensibilizado) y Tianguis (Tianguis Alternativo de Puebla/ grupo muy sensibilizado). La información recabada se clasificó para probar la hipótesis 4, en referencia a que la gente muy o medianamente sensibilizada en la capital aceptará más a las lombrices dentro de macetas y el uso de lombricomposta en huertos de traspatio o huertos urbanos, que las poblaciones no sensibilizadas.

Las preguntas fueron diseñadas para saber si las personas entrevistadas tenían noción sobre el concepto de agricultura orgánica, si practicaban alguna actividad relacionada con el cuidado de plantas, si conocían la actividad que realizaban las lombrices en el suelo, si creían en la posibilidad de establecer sistemas de alimentación dentro de la ciudad y su percepción sobre los agroquímicos relacionados con la salud. Fueron preguntas con posibilidad a una respuesta abierta y más extensa por lo que se consideró como una entrevista semi estructurada.

Dentro del sitio de Acopio (A), los 50 sujetos entrevistados fueron personas que asisten regularmente a depositar sus residuos orgánicos para su posterior transformación en lombricomposta. Para la Central (C) y el Tianguis (T), los entrevistados fueron personas que estaban atendiendo diversos puestos tanto de alimentos como productos varios y que no necesariamente estaban relacionados con el proceso de producción de sus artículos en venta.

2.9. Análisis estadísticos

Con objeto de conocer las diferencias entre tratamientos de las variables evaluadas se realizaron varios análisis estadísticos paramétricos y no paramétricos utilizando el software Jamovi Versión 2.5.5. Se realizaron pruebas de homogeneidad de varianzas (Levene) y de normalidad (Shapiro-Wilk), y cuando se cumplieron los dos supuestos se aplicaron ANOVAS de una vía (paramétrico); cuando alguno o los dos supuestos no se cumplieron se

aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis. Los niveles de significancia fueron $p \leq 0.05$.

Para evaluar si las respuestas a las preguntas de la entrevista fueron significativamente distintas, se utilizaron pruebas de contingencia de muestras independientes utilizando el estadístico de χ^2 a un nivel de significancia de $p \leq 0.05$.

3. Resultados

3.1. Condiciones ambientales durante el experimento

Las temperaturas registradas del 9 de agosto al 10 de diciembre del año 2023 se muestran en la Figura 3. Los horarios registrados fueron a las 9:00 am, 3:00 pm y 9:00 pm. Las temperaturas máximas y mínimas registradas del 8 de septiembre al 9 de diciembre del año 2023 se agruparon en periodos de aproximadamente una semana y se muestran como promedios semanales en la Figura 4. En ambas figuras se puede apreciar que el mes con las temperaturas más altas fue octubre y el mes con las temperaturas más bajas fue diciembre, siendo la semana del 1 al 10 de diciembre la que presentó temperaturas de casi 10 °C.

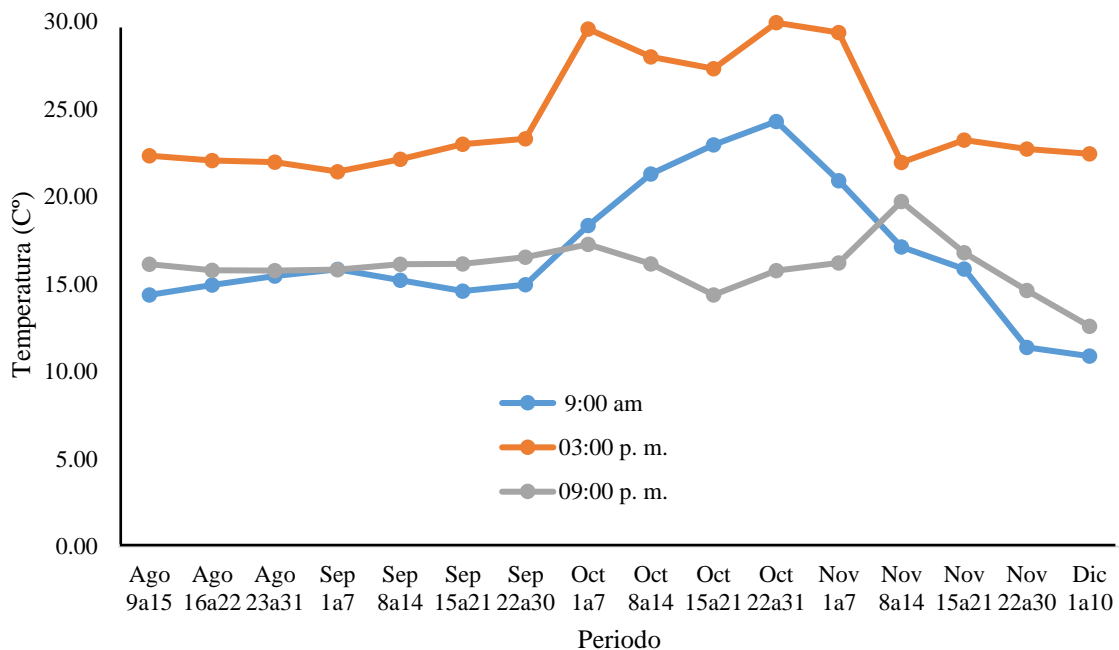


Figura 3. Promedio de temperaturas a lo largo del experimento registradas en tres horarios: 9:00 am, 3:00 pm y 9:00 pm.

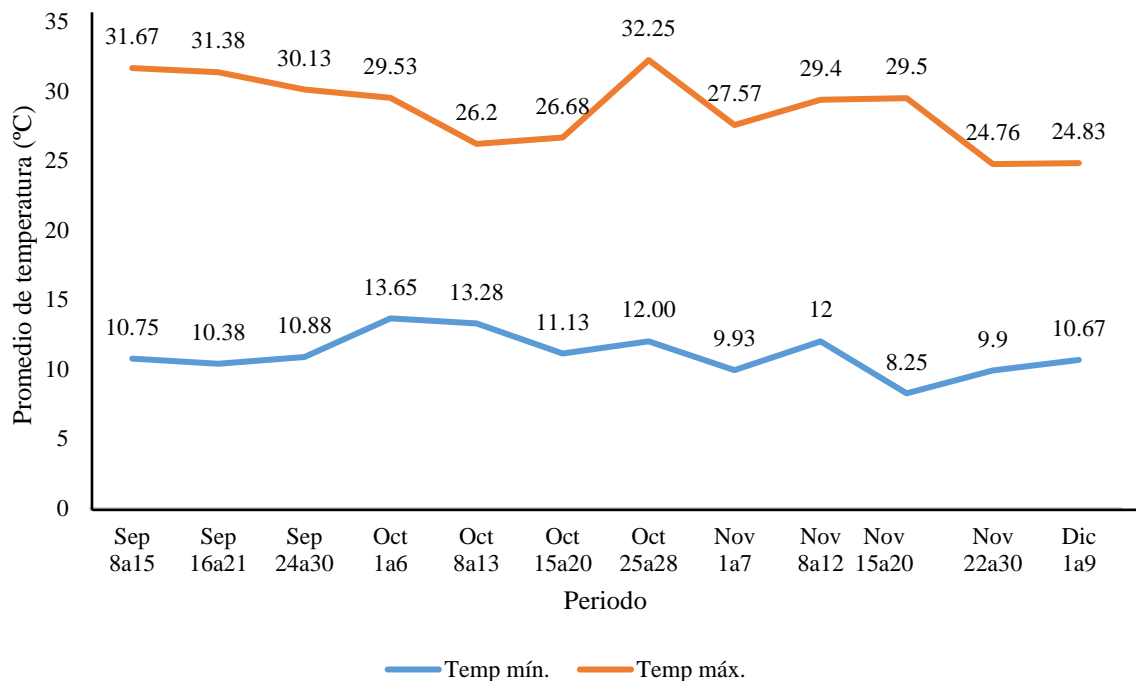


Figura 4. Promedio de temperaturas máximas y mínimas agrupadas en periodos de una semana registradas durante el experimento.

Se monitoreó también regularmente la temperatura y el pH dentro de cada maceta con objeto de que las temperaturas y el pH se mantuvieran en un rango de 16 a 30° C y 4.5 a 7, respectivamente. Esto se llevó a cabo desde el momento de la inoculación de las lombrices geófagas hasta el desmonte de las macetas. La cantidad de agua que debía ser suministrada a lo largo del experimento, se calculó a través de una fórmula diseñada para calcular la cantidad de agua necesaria para una maceta en base al porcentaje de agua dentro de la maceta y la capacidad de campo del suelo, la cual consiste en: $PSH - PSS/PSS * 100$, donde PSH (peso del suelo húmedo) y PSS (peso del suelo seco). El porcentaje de humedad que debía mantenerse fue de 29% para todos los tratamientos.

3.2. Lechuga

3.2.1. Altura de la planta

Los cambios temporales de la altura de las plantas de lechuga en los cinco tratamientos (Figura 5) mostraron que las diferencias se hicieron ya notorias hasta después de 7 semanas

transcurridas. Debido a esto se decidió comparar las variables entre tratamientos solo al final del experimento (60 ddt).

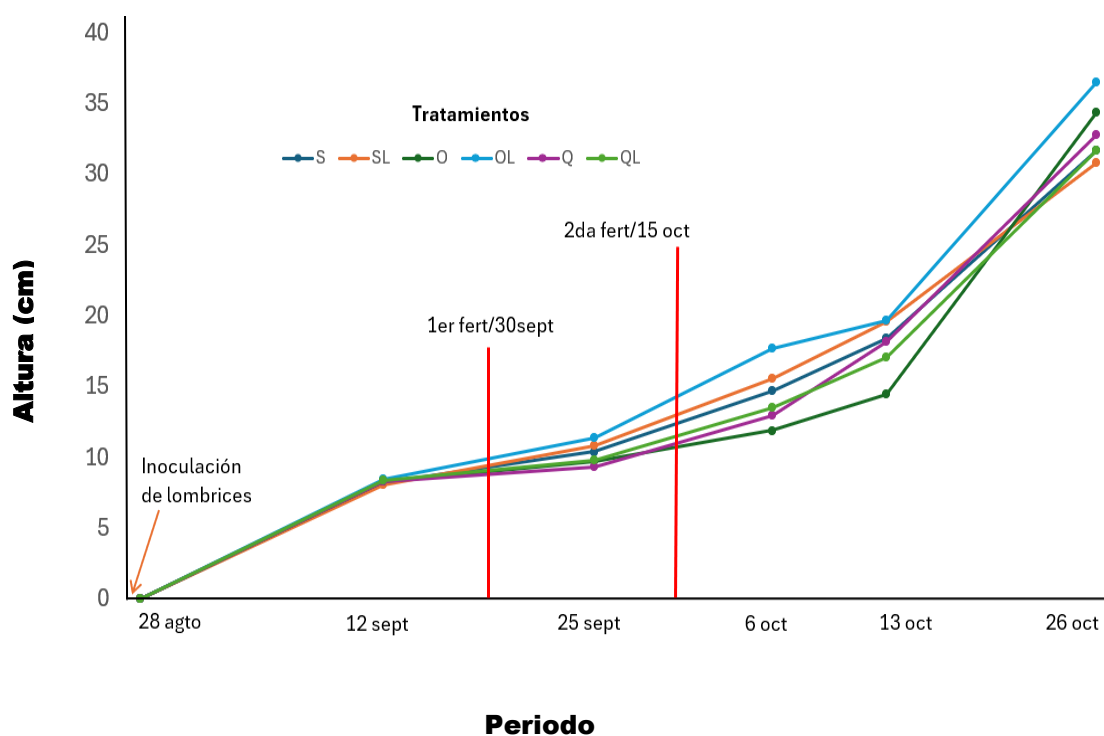


Figura 5. Altura de lechuga en diferentes tiempos durante el ciclo de cultivo y periodos de aplicación de fertilizante químico, así como fecha de inoculación de lombrices (*Pontoscolex corethrurus*) en macetas.

Los resultados para lechuga muestran que las diferencias significativas en los tratamientos para la última medición (60 días después del trasplante) se observaron en las variables de altura, peso fresco y peso seco (ANOVA, Tabla 3). No hubo diferencias significativas en las variables diámetro de corona, diámetro de tallo y número de hojas (Tabla 3).

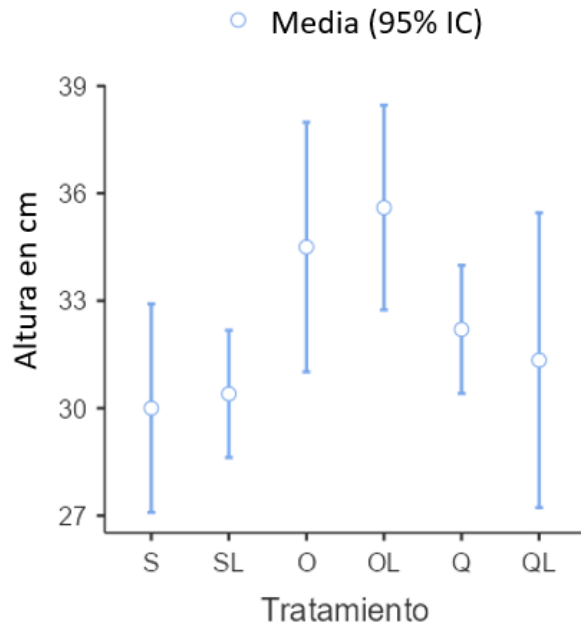


Figura 6. Alturas (cm) promedio registradas en los cinco tratamientos para el cultivo de lechuga, registradas al final del experimento (60 ddt).

Como se puede observar en la Figura 6, los tratamientos con la altura promedio más alta fueron el tratamiento orgánico (O) y el tratamiento orgánico inoculado con lombrices (OL). Sin embargo, y de acuerdo con las pruebas de Tuckey mostradas en las Tablas 3 y 4, solamente la altura de las plantas en el tratamiento orgánico con lombrices (OL) fue significativamente mayor que el tratamiento de solo suelo (S) y suelo con lombrices (SL), aunque el tratamiento orgánico de lombricomposta (O) mostró la misma tendencia. Por otro lado, la altura en los tratamientos orgánicos (con-OL o sin lombrices-O) no difirió significativamente de los tratamientos químicos (con-QL o sin lombrices-Q), aunque en estos últimos la altura tampoco fue significativamente distinta de los tratamientos de suelo (con-SL o sin lombrices-S). Esto probablemente se debió a que la presencia o no de lombrices en la última etapa de crecimiento, no repercute tan fuertemente en el parámetro medido como la altura de la planta. Es posible que, si el suelo usado se mantuviera durante más tiempo, el efecto de las lombrices geófagas sería más evidente. Parece ser que para que las lombrices geófagas tengan un mayor impacto en la producción vegetal, se debe combinar con cubiertas vegetales (abonos verdes) que estimulen la bioturbación y con esto el impacto en variables asociadas a esta actividad (infiltración, liberación de nutrientes,

aireación, etc.) tal y como lo observaron Ortiz *et al.* (2007) para la lombriz geófagas nativa *B. pearsei*. Algo similar fue sugerido por Peña Valdés (2020), quien menciona la posibilidad de aprovechar la sinergia de la actividad de la lombriz cosmopolita *Aporrectodea trapezoides*, junto con el efecto de las cubiertas vegetales para poder mejorar la calidad del suelo agrícola.

Tabla 3. Resumen de los resultados ANOVA para cultivo de lechuga de traspatio a los 60 ddt, observados en la última medición.

Variable	F	P	Diferencias entre tratamientos	Prueba Tuckey
Altura	4.54	0.005	Sí	S<OL SL<OL
Peso fresco	5.08	0.003	Sí	S<OL SL<OL
Peso seco	3.32	0.184	Sí	S<O SL<O O>QL
Diámetro corona	1.09	0.39	No	-
Diámetro tallo	2.09	0.102	No	-
Número de hojas	1.37	0.271	No	-

ddt: días después del trasplante.

Tabla 4. Valores de P de la prueba de Tukey post hoc para determinar entre cuales tratamientos se observaron diferencias significativas en la altura de las plantas de lechuga a los 60 ddt (**valores significativos $\geq 95\%$**).

	S	SL	O	OL	Q	QL
S	-	1	0.061	0.012	0.688	0.945
SL		-	0.105	0.022	0.833	0.988
O			-	0.976	0.648	0.318
OL				-	0.246	0.085
Q					-	0.992
QL						-

ddt: Días después del trasplante.

3.2.2. Biomasa aérea peso fresco y seco

En el caso del peso fresco y seco de este cultivo (biomasa aérea) también hubo diferencias significativas entre alguno de los tratamientos con el ANOVA (Tabla 3), aunque en el caso del peso seco no se cumplió el supuesto de normalidad y la prueba no paramétrica no resultó significativa. Esta diferencia se puede haber debido a que el cultivo de lechuga tuvo algunas diferencias en cuanto al riego (mayor absorción de agua por las hojas) que dejaron de ser significativas luego de secar el material analizado. La lechuga es un cultivo muy adaptable y resistente ante cambios de temperatura y nos puede asegurar grandes rendimientos con bajos requerimientos (Elein Terry *et al.*, 2011), por lo que es ideal para sembrarla en cualquier época del año.

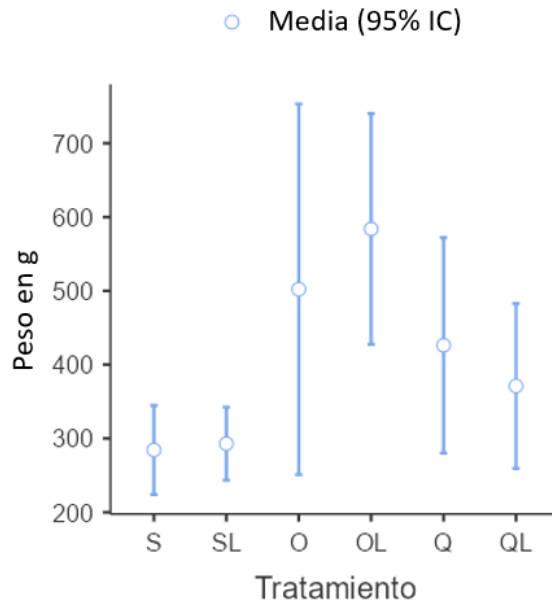


Figura 7. Peso fresco total promedio (g) de la parte aérea de lechuga registrado en los cinco tratamientos al final del experimento (60 ddt).

Al igual que lo observado en la variable altura, el peso fresco presentó los mayores valores en los tratamientos OL y O (Figura 7), pero solamente en el tratamiento orgánico con lombrices (OL) fue significativamente mayor que el tratamiento de solo suelo (S) y suelo con lombrices (SL) (Tabla 5), aunque el tratamiento orgánico de lombricomposta (O) mostró la misma tendencia, pero con una mayor variabilidad (Figura 7). Para la variable de Biomasa aérea peso fresco también se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, siendo los tratamientos orgánicos (O) contra tratamiento con suelo (S) y tratamiento orgánico con lombrices geófagas inoculadas (OL) contra tratamiento con suelo y lombrices geófagas inoculadas (SL), los que tenían mayor grado de diferencias.

Tabla 5. Valores de P de la prueba de Tukey post hoc para determinar diferencias en biomasa aérea peso fresco de lechuga entre tratamientos a los 60 ddt (**valores significativos $\geq 95\%$**).

	S	SL	O	OL	Q	QL
S	—	1	0.07	0.006	0.42	0.847
SL		—	0.088	0.008	0.487	0.895
O			—	0.876	0.905	0.504
OL				—	0.308	0.08
Q					—	0.974
QL						—

ddt: días después del trasplante.

Así sea en mayor o menor medida, el efecto benéfico de los abonos organominerales han sido probado en otros estudios, como el de Chango Muzo (2020), en donde se determinó que el menor rendimiento fue del tratamiento testigo, por lo que es claro el efecto positivo del abono sobre el rendimiento.

3.2.3. Vida de anaquel para lechuga

Para lechuga, el periodo del cultivo fue del 12 de septiembre de 2023 (siembra de plántulas) hasta el 26 de octubre de 2023 (1er corte). Para 10 lechugas, hubo una resiembra, puesto que las plantas originales sufrieron daños irreparables y tuvieron que ser reemplazadas, por lo que éstas fueron cortadas días después. Las lechugas observadas dentro del análisis de vida de anaquel fueron lechugas que estuvieron dentro de las lechugas que no sufrieron daños desde la primera siembra.

Solamente 6 lechugas estuvieron 6 días en observación en anaquel, del 26 de octubre al 1 de noviembre del 2023, a una temperatura entre 13 y 24 grados centígrados con una humedad entre 40 y 55%. De acuerdo con la Asociación Mexicana de Horticultura Protegida (2020), la lechuga a una temperatura media de 5° C tendría una vida útil de 14 días. La lechuga del tratamiento con manejo químico (Q) y la del manejo químico + lombrices (QL; Figura 9), fueron las lechugas que empezaron a tener hojas caídas y menos turgentes con mayor rapidez, la lechuga con manejo químico presentó una coloración amarillenta mientras que la del manejo químico con lombrices presentó una coloración

verde opaco, al igual que la lechuga de manejo orgánico con lombrices (OL; Figura 9). La lechuga del tratamiento con manejo orgánico (O; Figura 8) mantuvo sus hojas turgentes por un mayor tiempo, además de mantener su coloración oscuro brillante en hojas interiores durante los primeros 5 días de observación. Las lechugas de los tratamientos Suelo + Lombrices (SL; Figura 10), con manejo químico (Q; Figura 8) y Testigo (S; Figura 10), fueron las primeras en presentar hojas con puntas necróticas, al tercer día.

Curico (2022) sugiere que la protección de los vegetales poscosecha tiene que ver con las sustancias o no añadidas, por ejemplo, los agroquímicos usados durante su desarrollo, por lo que pudiera ser que el efecto de la lombricomposta sobre las lechugas en la presente investigación, tuvieron un efecto positivo sobre la vida de anaquel. De acuerdo con Navarro (2011), la lechuga es una de las hortalizas básicas dentro de la alimentación humana, y es una de las más fáciles de producir, por lo que el tenerla en un huerto de traspatio, sería la mejor opción para evitar cualquier daño posible que pudiera sufrir este cultivo al momento de ser comercializado.



Figura 8. Imágenes de la lechuga con manejo orgánico (O; fotos superiores) y manejo químico (Q; fotos inferiores) al inicio (I) y al final (F) del periodo de análisis de vida de anaquel.



Figura 9. Imágenes de las lechugas con manejo químico + lombrices (QL; fotos superiores) y manejo orgánico + lombrices (OL; fotos inferiores) al inicio (I) y al final (F) del periodo de análisis de vida de anaquel.



Figura 10. Imagen de lechuga en suelo + lombrices (SL; fotos superiores) y Testigo (S; fotos inferiores) al inicio (I) y al final (F) del periodo de análisis de vida de anaquel.

En resumen

El experimento de las lechugas los mayores valores en la altura y el peso fresco (las únicas variables con diferencias significativas entre los tratamientos) fueron observados en los tratamientos OL (orgánico con lombricomposta y lombrices) y O (orgánico solo con lombricomposta), aunque las diferencias solo fueron significativas entre el tratamiento OL y el suelo testigo (S). La inoculación de solamente lombrices sin ninguna fertilización orgánica o química no tuvo ningún efecto en estas variables, y el efecto de los fertilizantes químicos (Q y QL) no fue distinto de ninguno de los otros tratamientos.

3.3. Calabaza

3.3.1. Altura de la planta

Los cambios temporales de la altura de las plantas de calabaza en los cinco tratamientos (Figura 11) mostraron que las diferencias se hicieron ya notorias hasta después de 9 semanas transcurridas. Debido a esto se decidió comparar las variables entre tratamientos solo al final del experimento (75 días).

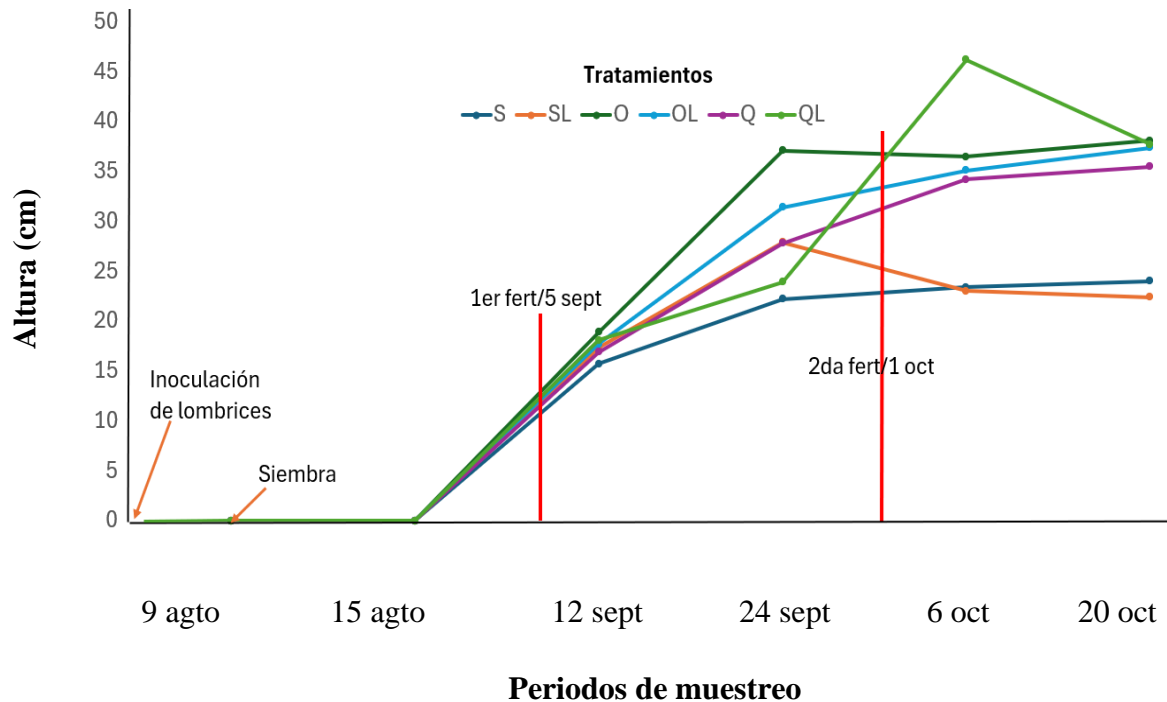


Figura 11. Altura de las plantas de calabaza (cm) en diferentes tiempos de muestreo durante el ciclo de cultivo y periodos de aplicación de fertilizante químico (líneas rojas), así como fecha de inoculación de lombrices (*Pontoscolex corethrus*) en macetas.

Los resultados para este cultivo nos muestran que en el ANOVA las variables altura, diámetro de tallo, número de calabazas por planta, pero seco y peso fresco de la última medición de este cultivo, SI presentaron diferencias significativas; solamente en el caso de las variables de botones florales y flores las diferencias NO fueron significativas (Tabla 6). En el caso de la altura de las plantas, sin embargo, no se cumplió el supuesto de homogeneidad de varianzas, por lo que se realizó la prueba no paramétrica (Kruskal-Wallis; $\chi^2=20.1$, $p=0.001$) que corroboró la alta significancia en las diferencias entre tratamientos. Las comparaciones post-hoc por la prueba de Tuckey (Tabla 7), muestran la

alta significancia de las diferencias entre tratamientos, y en donde los tratamientos O, OL, Q, QL fueron iguales entre ellos, pero mayores que los tratamientos S y SL (Figura 12).

Tabla 6. Resumen de los resultados de los ANOVA realizados para el cultivo de calabaza de traspatio, observados en la última medición.

Variable	F	P	Diferencias entre tratamientos	Prueba Tuckey
Altura	15.6	<.001	Sí	S=SL<O=OL=Q=QL
Diámetro de tallo	7.12	<.001	Sí	S=SL <O=OL O=OL=Q=QL
Número de calabazas	10.4	<.001	Sí	S=SL<O=OL=Q=QL
Peso seco	22.7	<.001	Sí	S<O=Q SL<O SL<Q SL<QL O>OL O>Q O>QL
Peso fresco	16.3	<.001	Sí	S<O S<OL S<Q S<QL SL<O SL<OL SL<Q SL<QL O>OL
Flores y botones florales	2.36	0.071	No	-

Tabla 7. Valores de la prueba Tukey post hoc para determinar diferencias en altura final en cm de calabaza entre tratamientos a los 75 dds (**Valores significativos $\geq 95\%$**).

	S	SL	O	OL	Q	QL
S	—	0.989	<.001	<.001	0.002	<.001
SL		—	<.001	<.001	<.001	<.001
O			—	1	0.915	1
OL				—	0.976	1
Q					—	0.956
QL						—

dds: días después de la siembra.

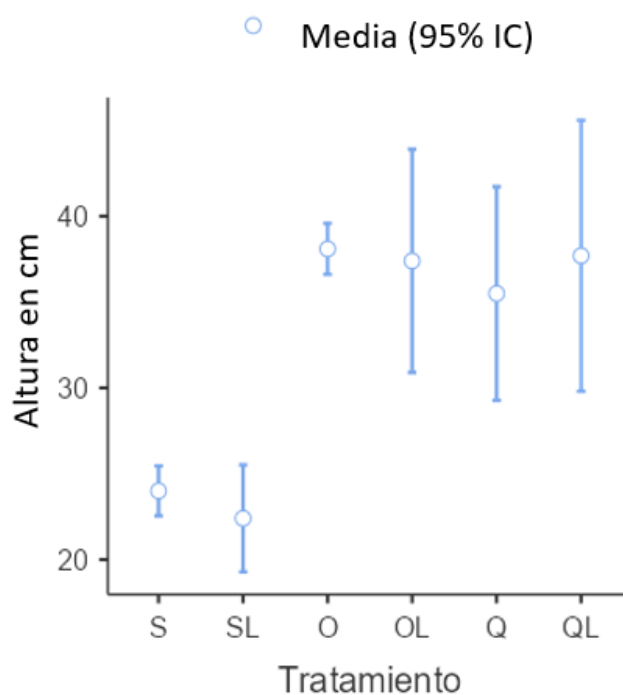


Figura 12. Altura final en cm en el cultivo de calabaza en diferentes tratamientos, lectura tomada a los 75 dds en manejo de traspatio.

3.3.2. Diámetro de tallo

En el caso de la Figura 13, para la variable diámetro de tallo (4ta medición, 20 de octubre) tampoco se cumplió el supuesto de homogeneidad de varianzas, por lo que se realizó la prueba no paramétrica (Kruskal-Wallis; $\chi^2=20.0$, $p=0.001$) que corroboró la alta significancia en las diferencias entre tratamientos. Las comparaciones post-hoc por la prueba de Tuckey (Tabla 8), muestran que solamente los tratamientos O y, OL fueron significativamente mayores que los tratamientos S y SL (Figura 13).

Al igual que la altura, estas diferencias se deben, seguramente, a la mayor diversidad y cantidad de nutrientes que la planta recibió a través de la lombricomposta a lo largo del experimento.

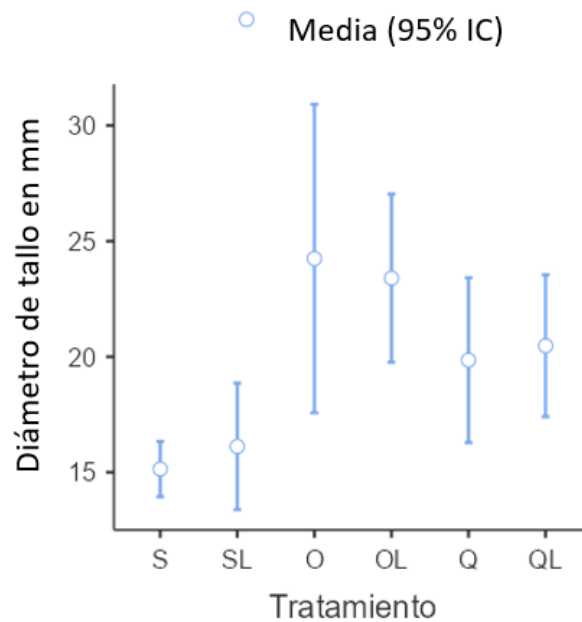


Figura 13. Diámetro de tallo (mm) en cultivo de calabaza con diferentes tratamientos, lectura tomada a los 75 dds en manejo de traspatio.

Tabla 8. Valores de la prueba Tukey post hoc para determinar diferencias en diámetro de tallo en mm entre tratamientos a los 75 dds (**valores significativos $\geq 95\%$**).

	S	SL	O	OL	Q	QL
S	—	0.996	0.001	0.004	0.194	0.108
SL		—	0.004	0.012	0.422	0.265
O			—	0.998	0.257	0.413
OL				—	0.48	0.672
Q					—	1
QL						—

dds: días después de la siembra.

3.3.3. Número de frutos de calabaza

Por lo que concierne al número de frutos de calabaza (suma de las cosechas del 6 y el 20 de octubre), Sí se encontraron diferencias entre los tratamientos en el ANOVA (Tabla 6), y se cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneización de varianzas. Las comparaciones post-hoc por la prueba de Tuckey (Tabla 9), muestran los tratamientos de suelo (S) y suelo con lombrices (SL) fueron menores que los otros cuatro tratamientos con fertilización y lombrices (O, OL, Q, QL), estos últimos fueron además iguales entre sí (Figura 14).

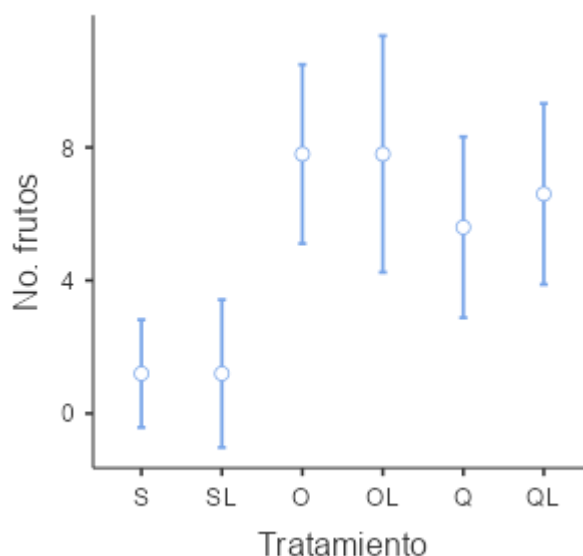


Figura 14. Número de frutos por planta de calabaza en cultivos de traspatio en diferentes tratamientos a los 75 dds.

Tabla 9. Valores de P de la prueba Tukey post hoc para determinar diferencias en número de calabazas por planta de calabaza en cultivos de traspatio entre tratamientos a los 75 dds (valores significativos por arriba del 95%).

	S	SL	O	OL	Q	QL
S	—	1.000	<.001	<.001	0.035	0.006
SL		—	<.001	<.001	0.035	0.006
O			—	1.000	0.589	0.946
OL				—	0.589	0.946
Q					—	.0975
QL						—

dds: Días después de la siembra.

3.3.4. Biomasa aérea peso seco

En el caso de la variable peso seco de calabazas de traspatio (cortes, 12, 16 y 30 de octubre), con el ANOVA SÍ se identificaron diferencias entre los tratamientos (Tabla 6), pero NO se cumplió el supuesto de homogeneidad de varianzas, por lo que se realizó la prueba no paramétrica (Kruskal-Wallis; $\chi^2=25.1$, $p=0.001$) que corroboró la alta significancia en las diferencias entre tratamientos. Las comparaciones post-hoc por la

prueba de Tuckey (Tabla 10), muestran que el tratamiento O fue significativamente mayor a todos los tratamientos (Figura 15), que los tratamientos Q y QL fueron mayores que los tratamientos de suelo (S) y suelo con lombrices (SL), y que solamente el tratamiento orgánico de lombricomposta con lombrices no difirió de los tratamientos S y SL.

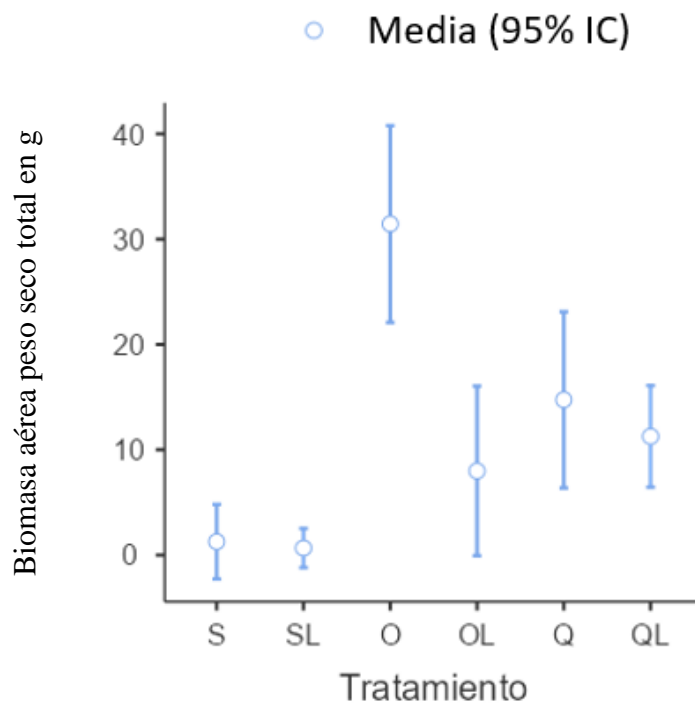


Figura 15. Biomasa aérea peso seco total de calabaza en g a 75 dds con diferentes tratamientos en cultivo de traspatio.

Tabla 10. Valores de P de la prueba Tukey post hoc para determinar diferencias en el peso seco de las plantas de calabaza entre tratamientos a los 75 dds en cultivos de traspatio (valores significativos $\geq 95\%$).

	S	SL	O	OL	Q	QL
S	—	1	<.001	0.372	0.006	0.064
SL		—	<.001	0.284	0.004	0.044
O			—	<.001	<.001	<.001
OL				—	0.367	0.921
Q					—	0.902
QL						—

dds: días después de la siembra.

3.3.5. Biomasa aérea peso fresco

Finalmente, en el caso de la variable peso fresco de calabazas de traspatio (10 noviembre) el ANOVA registró diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 6), y dado que se cumplieron los supuestos, no fue necesario realizar la prueba no paramétrica. La Figura 16 y la Tabla 11 muestra claramente que los tratamientos O, OL, Q y QL (prácticamente iguales entre ellos) fueron significativamente mayores que los tratamientos S y SL. Para la variable número de flores y botones florales (sumas de 3ra y 4ta medición, 6 y 20 de octubre) NO se encontraron diferencias entre los tratamientos.

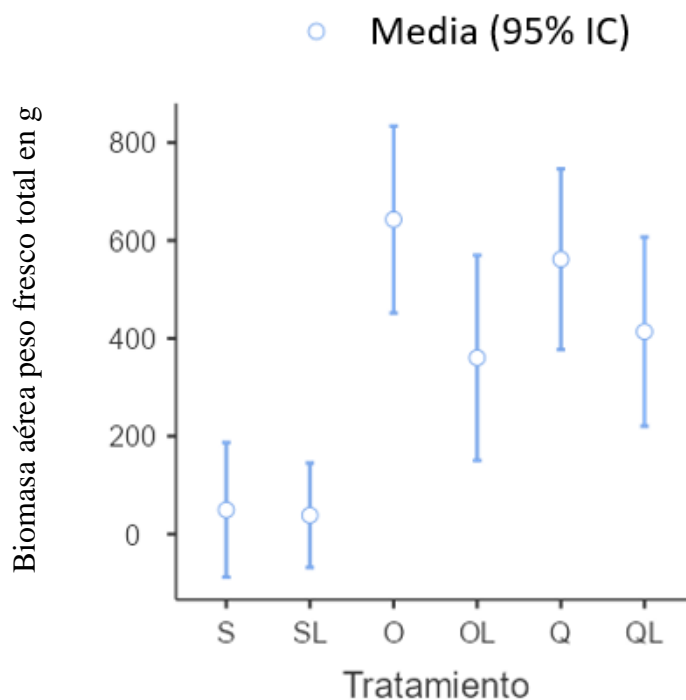


Figura 16. Valores promedio de biomasa aérea peso fresco (g) de frutos de calabaza observadas en los diferentes tratamientos.

Tabla 11. Valores de la prueba Tukey post hoc para determinar diferencias en biomasa aérea peso fresco total de calabaza en cultivos de traspatio entre tratamientos a los 75 dds (valores significativos $\geq 95\%$).

	S	SL	O	OL	Q	QL
S	—	1	<.001	0.02	<.001	0.005
SL		—	<.001	0.015	<.001	0.004
O			—	0.041	0.939	0.141
OL				—	0.245	0.99
Q					—	0.566
QL						—

dds: días después de la siembra.

3.4. Análisis microbiológico en calabaza

Para el ciclo de la calabaza, hubo diferencias en el número de calabazas por planta debido al ciclo de cada una de ellas. El cultivo fue afectado por diferentes factores a lo largo del experimento, iniciando desde la siembra, que se realizó de forma tardía para la siembra de calabazas registradas en Puebla. El clima después de la etapa de floración (24 de septiembre) y como se puede ver en las Figuras 3 y 4, favoreció la aparición de hongos en las hojas, lo que indicaría el inicio de la muerte de la planta de forma temprana.

Durante el mes de diciembre de 2023, posterior al análisis de los frutos se realizó un estudio microbiológico en laboratorio de la hoja de la planta de calabaza. Se tomaron muestras de una planta de cada tratamiento usando cinta adhesiva, algunos portaobjetos y cubreobjetos para proteger las muestras en lo que se llevaban al laboratorio. Después del análisis bajo microscopio a un aumento de 100X, se determinó que la calabaza tuvo una enfermedad fúngica causada posiblemente por hongos de la especie *Podosphaera xanthii* (Figura 17).

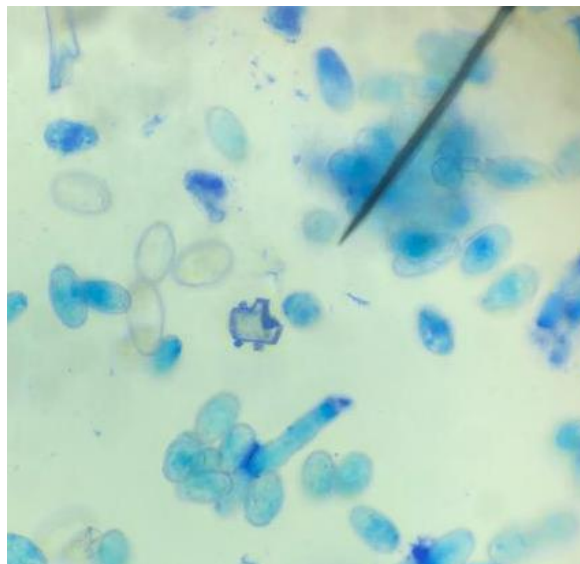


Figura 17. Posible hongo *Podospheera xanthii* en hoja de calabaza.

3.5. Vida de anaquel para calabaza

En el anaquel, el periodo de observación de los frutos de calabaza fue del 12 al 30 de octubre del año 2023. Los frutos estudiados fueron de los tratamientos con manejo orgánico (O), manejo químico (Q), manejo orgánico con lombrices (OL) y manejo químico con lombrices (QL). No se observaron frutos en el tratamiento testigo (S) ni en el tratamiento suelo con lombrices (SL) en este periodo, pues los frutos que dieron estos tratamientos estuvieron con un tamaño ideal de corte hasta el 31 de octubre.

Al los 5 días de la vida de anaquel, los frutos observados de los tratamientos con manejo químico (Q; Figura 18) y manejo químico + Lombrices (QL; Figura 19) comenzaron a presentar depresiones o ablandamientos; en contraste los frutos de los tratamientos con manejo orgánico (O; Figura 18) y manejo orgánico con lombrices (OL; Figura 19) mantuvieron la firmeza inicial hasta los 7 días poscosecha, pero presentaron una tonalidad amarillenta, color que, dentro del mercado a la hora de ofrecerla al público, no es aceptable.

De acuerdo con Monroy (2007), la calabaza tiene una vida útil de 12 días, además de mencionar la posibilidad de ocasionar lesiones en el fruto por debajo de los 3° C. La temperatura sugerida para una óptima conservación fue de 8 a 10° C. Para Urias (2007), los primeros signos de marchitez se presentaron al tercer día de su observación, a 20° C y con 85 – 87% de humedad relativa, perdiendo el 16% de su peso. En esta investigación los días

que la calabaza estuvo en observación fueron mayores, probablemente a que el exterior se mantuvo sin ninguna alteración física o biológica, pero la textura al interior al final de estos días no era deseable para su comercialización. Para Mercado-Ruíz y Martínez-Téllez (2010) es importante ofrecer otras opciones de empaquetado de la calabaza para poder extender la vida de anaquel.

Las diferencias observadas en este cultivo se debieron principalmente a la temporada en la que fueron sembradas. De acuerdo con Martínez *et al.*, (2012), la mejor época para sembrar calabaza sería a principios de la primavera, lo que no ocurrió en este estudio por razones prácticas con relación a la búsqueda de lombrices. Aunque la calabaza es resistente a bajas temperaturas, al momento de la floración esta requiere una temperatura cálida para favorecer la floración y el desarrollo de las hojas. Sin embargo, debido al retraso de la inoculación de lombrices, las semillas se colocaron en las unidades experimentales hasta el 15 de agosto de 2023, resultando en un crecimiento y desarrollo tardío de las plantas. Es posible que el número de calabazas producidas por la plantase haya visto afectada por diferentes factores. El primer factor fue la siembra tardía de la planta ya que la época de lluvias (detalle de clima en anexo) llegó en un momento clave para el crecimiento de la calabaza. El segundo factor fue la llegada del escarabajo de la calabaza (*Euphoria basalis*), considerado como una plaga para este cultivo; se ha mencionado que los meses de mayor actividad para los adultos es de julio a noviembre, época en la que el cultivo se estaba desarrollando (Conabio, 2020). Este escarabajo destruyó por completo decenas de flores que no pudieron llegar a ser contabilizadas en su totalidad. Estos factores, sin embargo, no lograron eliminar el impacto altamente positivo de la fertilización en esta variable.

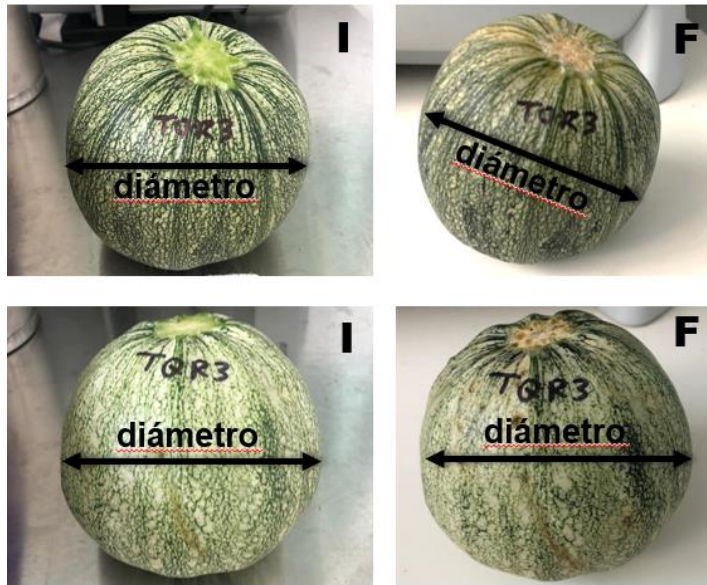


Figura 18. Calabazas con manejo orgánico (O; fotos superiores) y manejo químico (Q; fotos inferiores) en la etapa inicial de corte (I) y al final de la vida de anaquel (F).

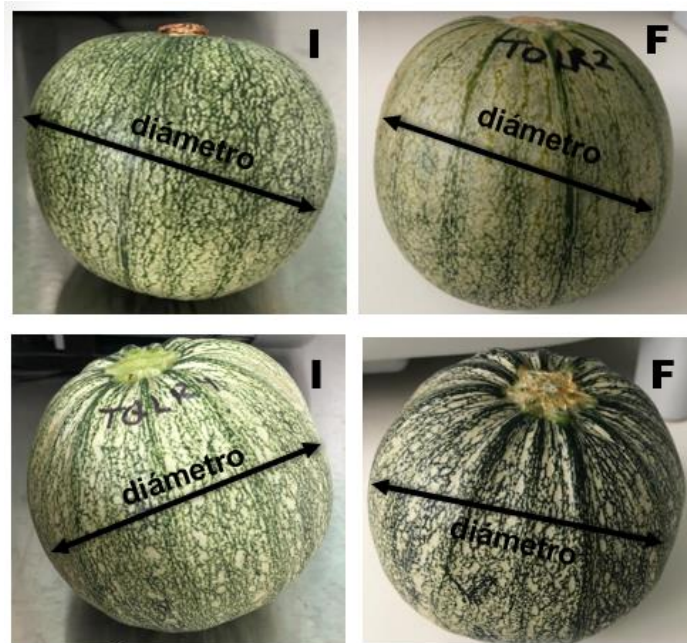


Figura 19. Calabazas con manejo orgánico + lombrices (OL; fotos superiores) y manejo químico + lombrices (QL; fotos inferiores) de la etapa inicial (I) y final (F) del análisis de vida de anaquel.

3.6. Consideraciones adicionales en el cultivo de calabaza

Las diferencias observadas en este cultivo se debieron principalmente a la temporada en la que fueron sembradas. De acuerdo con Martínez *et al.*, (2012), la mejor época para sembrar calabaza sería a principios de la primavera, lo que no ocurrió en este estudio por razones prácticas con relación a la búsqueda de lombrices. Aunque la calabaza es resistente a bajas temperaturas, al momento de la floración esta requiere una temperatura cálida para favorecer la floración y el desarrollo de las hojas. Sin embargo, debido al retraso de la inoculación de lombrices, las semillas se colocaron en las unidades experimentales hasta el 15 de agosto de 2023, resultando en un crecimiento y desarrollo tardío de las plantas.

Es posible que el número de calabazas producidas por la planta se haya visto afectada por diferentes factores. El primer factor fue la siembra tardía de la planta ya que la época de lluvias (detalle de clima en anexo) llegó en un momento clave para el crecimiento de la calabaza. El segundo factor fue la llegada del escarabajo de la calabaza (*Euphoria basalis*), considerado como una plaga para este cultivo, se ha mencionado que los meses de mayor actividad para los adultos es de julio a noviembre, época en la que el cultivo se estaba desarrollando (Conabio, 2020). Este escarabajo destruyó por completo decenas de flores que no pudieron llegar a ser contabilizadas en su totalidad. Estos factores, sin embargo, no lograron eliminar el impacto positivo de la fertilización en esta variable. De hecho, al analizar el efecto de los tratamientos sobre las calabazas que llegaron a término comercial al ataque de *E. basalis*, se observa que los cuatro tratamientos con fertilización (O, OL, Q, QL) tuvieron una cantidad mayor de calabazas que los dos tratamientos sin fertilización (S y SL) (Figura 20, Tabla 12) (ANOVA $F=5.51$, $p=0.009$; Kruskal-Wallis $\chi^2=17.8$, $p=0.003$).

En la Tabla 12 se observa que las diferencias fueron altamente significativas entre los tratamientos Q – QL vs S – SL.

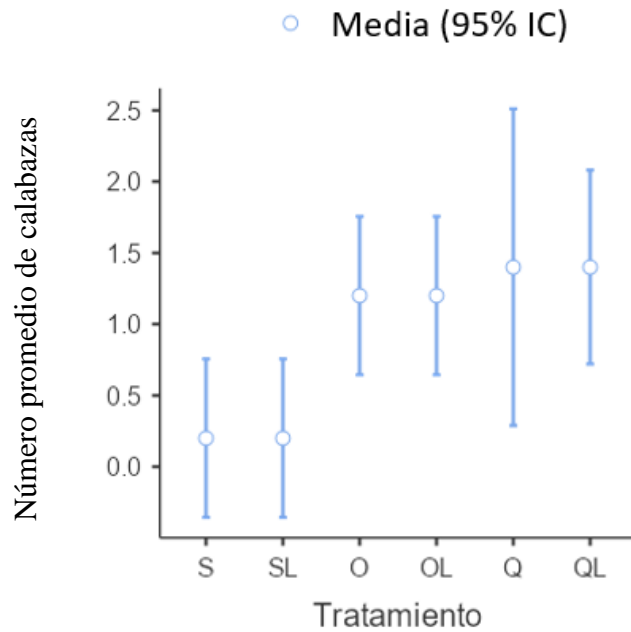


Figura 20. Número promedio de calabazas por tratamiento que llegaron a término comercial después del ataque por *Euphoria basalis* (incluye todas las calabazas que llegaron a término comercial de los tres cortes).

Tabla 12. Valores de P de la prueba Tukey post hoc para determinar diferencias en el número de calabazas (suma de todos los cortes) que llegaron a tamaño comercial entre tratamientos (valores significativos en negritas $p \leq 0.05$).

	S	SL	O	OL	Q	QL
S	—	1.000	0.090	0.090	0.027	0.027
SL		—	0.090	0.090	0.027	0.027
O			—	1.000	0.993	0.993
OL				—	0.993	0.993
Q					—	1.000
QL						—

En resumen

En el cultivo de la calabaza resultó evidente que la sola inoculación de lombrices geófagas no tuvo ningún efecto positivo en las variables evaluadas. Por otro lado, y salvo en el caso de la variable de peso seco en donde el tratamiento orgánico de lombricomposta produjo un mayor peso que todos los otros tratamientos, en el resto de las variables todos los tratamientos con fertilización, con (OL, QL) o sin (O, Q) lombrices fueron iguales entre sí y siempre significativamente mayores que los tratamientos sin fertilización (S y SL).

3.7. Resultados de las entrevistas aplicadas

Las siguientes figuras muestran la respuesta a las preguntas de la entrevista semiestructurada diseñada para conocer la percepción de los entrevistados hacia las lombrices geófagas de tierra y otras cuestiones referentes a los huertos de traspatio en Puebla Capital.

La entrevista será dirigida a personas sensibilizadas y a personas no sensibilizadas en cuestiones de agricultura orgánica. Se aplicarán en el centro de acopio de residuos orgánicos en Puebla capital, en el mercado Central de Abastos de Puebla y en el Tianguis Alternativo de Puebla “TAP”. Se aplicarán 50 entrevistas en cada sitio.

Preguntas:

3.7.1. ¿Sabe usted algo sobre el manejo orgánico de cultivos?

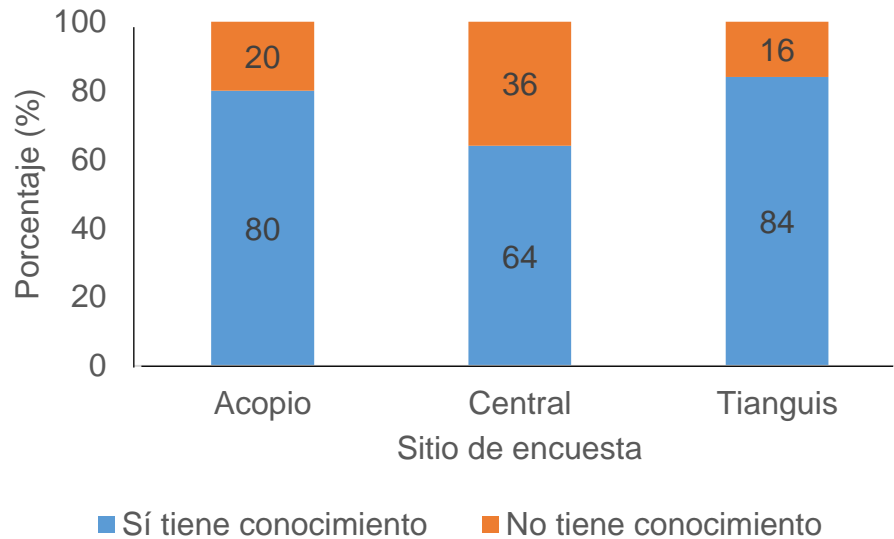


Figura 21. Respuesta de las tres poblaciones entrevistadas sobre el manejo orgánico en la ciudad de Puebla.

La figura 21 muestra que, en los tres grupos, más de la mitad de los entrevistados señalaron tener conocimientos de esta práctica agrícola y el análisis no paramétrico mostró diferencias significativas ($\chi^2 = 6.14$ y $p = 0.046$) entre las poblaciones. A primera vista, los sujetos de Acopio y Tianguis presentaron porcentajes significativamente mayores de conocimiento, pero solamente fueron significativas las diferencias entre la población del Tianguis y la de la Central ($\chi^2 = 5.2$ y $p = 0.023$).

3.7.2. ¿Tiene usted a su cargo alguna planta en casa?

La figura 22 muestra que la respuesta a esta pregunta claramente indicó que en las tres poblaciones la mayoría posee plantas en cultivos de traspatio (más del 84%), y las diferencias entre poblaciones no fueron significativas ($\chi^2 = 0.929$ y $p = 0.629$).

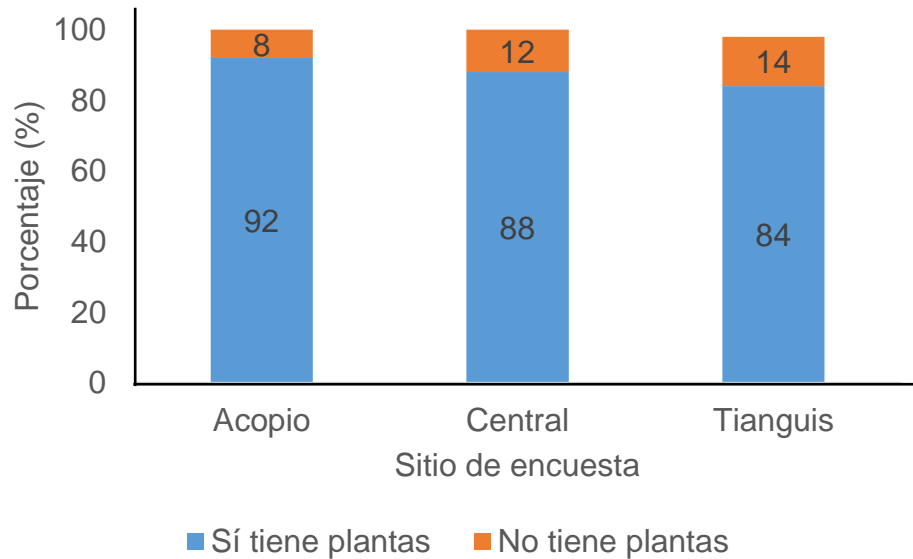


Figura 22. Respuesta de las tres poblaciones entrevistadas sobre tener plantas en la ciudad de Puebla.

3.7.3. ¿Ha visto si dentro del huerto, macetas o jardineras hay lombrices de tierra? Si no tiene huerto ni macetas, ¿ha visto alguna vez una lombriz de tierra?

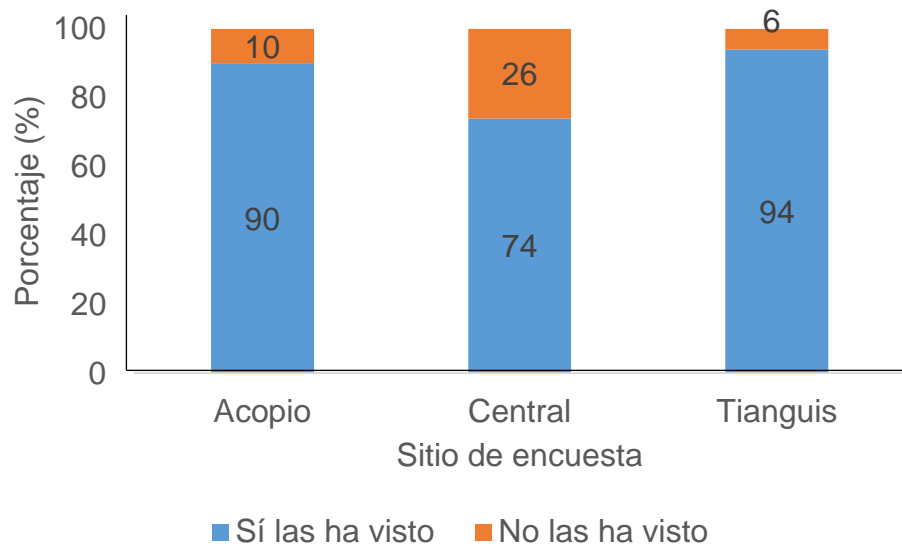


Figura 23. Respuesta de las tres poblaciones entrevistadas acerca de haber visto lombrices en macetas, jardineras o en suelo de sus casas u otros sitios en la ciudad de Puebla.

En la figura 23 queda claro que los entrevistados en los sitios Acopio y Tianguis han reconocido en mayor grado la presencia de lombrices en macetas, jardineras o suelos que los del sitio Central y que esta respuesta ha sido significativa ($\chi^2 = 9.3$ y $p = 0.01$). Entre los sitios Acopio y Tianguis las diferencias en las respuestas no han sido significativas ($\chi^2 = 0.54$ y $p = 0.46$).

3.7.4. Si usted encontrara lombrices de tierra dentro de alguna maceta o en su tierra, ¿qué procedería a hacer, eliminarla o ignorarla?

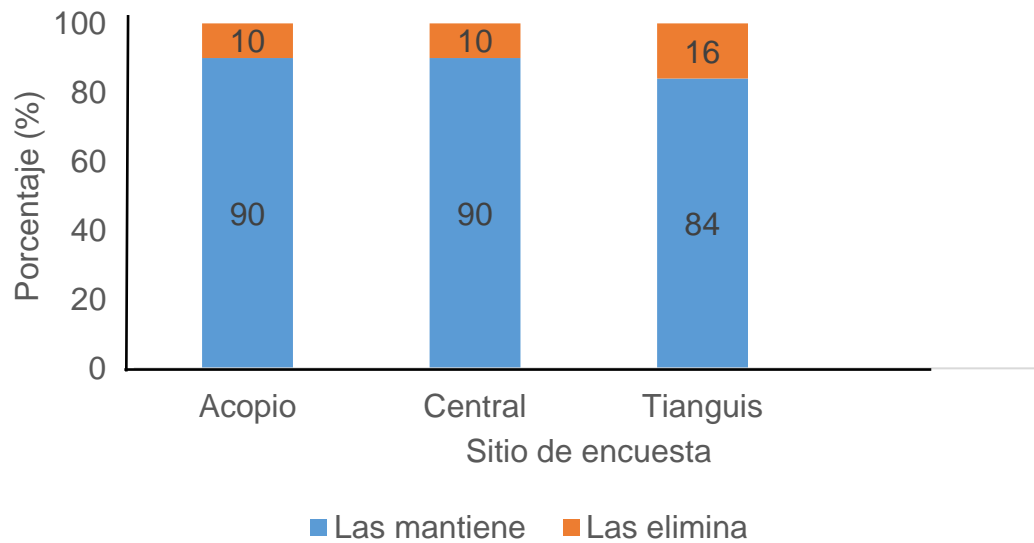


Figura 24. Respuesta de las tres poblaciones entrevistadas sobre la conducta de ignorar o eliminar o no a las lombrices de tierra.

La figura 24 mostró claramente que los entrevistados de los tres sitios no eliminarían a las lombrices de tierra en los suelos de sus macetas o jardines y las respuestas no fueron significativamente distintas entre los sitios ($\chi^2=1.14$ y $p=0.567$).

3.7.5. ¿Qué opina de las lombrices de tierra? ¿Cree que podrían ser benéficas para el suelo?

La figura 25 indica que hubo diferencias en el modo de considerar a las lombrices de tierra entre los 3 sitios ($\chi^2 = 10.8$ y $p = 0.028$); mientras que las poblaciones de Acopio y Tianguis consideraron principalmente a las lombrices benéficas ($\chi^2 = 2.91$ y $p = 0.233$) en el grupo de entrevistados de la Central hubo una mayor predisposición a considerar a las lombrices perjudiciales y la respuesta fue significativamente del grupo de Acopio ($\chi^2 = 7.46$, $p = 0.024$), pero no del grupo Tianguis ($\chi^2 = 5.41$ y $p = 0.067$). Este cambio de apreciación en el grupo de la Central, con respecto a la pregunta anterior, podría deberse a que en algunos casos los entrevistados consideraron a las larvas de gallinas ciegas como “lombrices”.

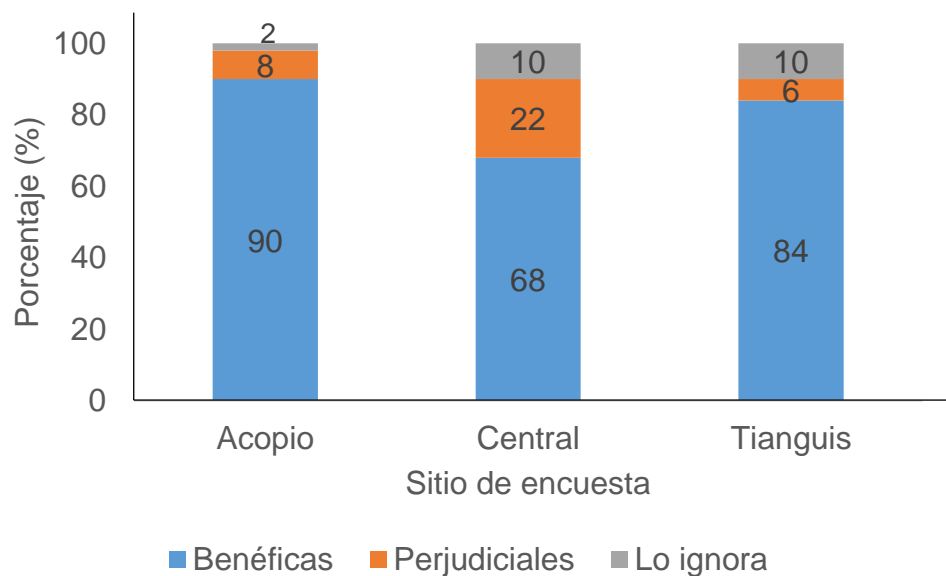


Figura 25. Respuesta de las tres poblaciones entrevistadas acerca de cómo consideran a las lombrices de tierra.

3.7.6. ¿Cree que haya una relación positiva entre la calidad del suelo y la presencia de lombrices?

En este caso no hubo diferencias entre las respuestas de los entrevistados ($\chi^2 = 2.06$ y $p=0.72$), pues en las tres poblaciones entre un 78 y un 86% consideraron a una relación positiva entre la presencia de lombrices y la calidad del suelo (Figura 2).

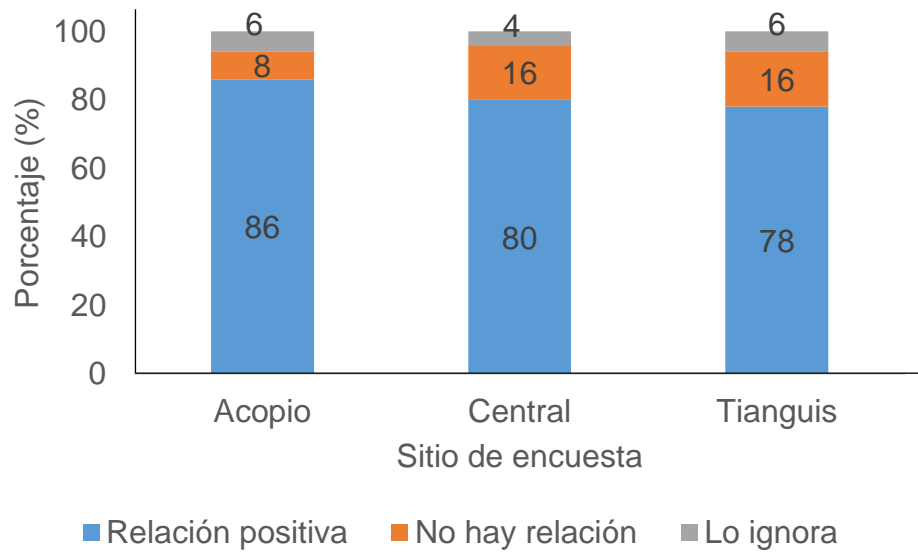


Figura 26. Respuesta de las tres poblaciones entrevistadas acerca de la relación entre las lombrices de tierra y la calidad del suelo.

3.7.7. ¿Cree usted posible tener un sistema de producción de alimentos sanos dentro de la ciudad?

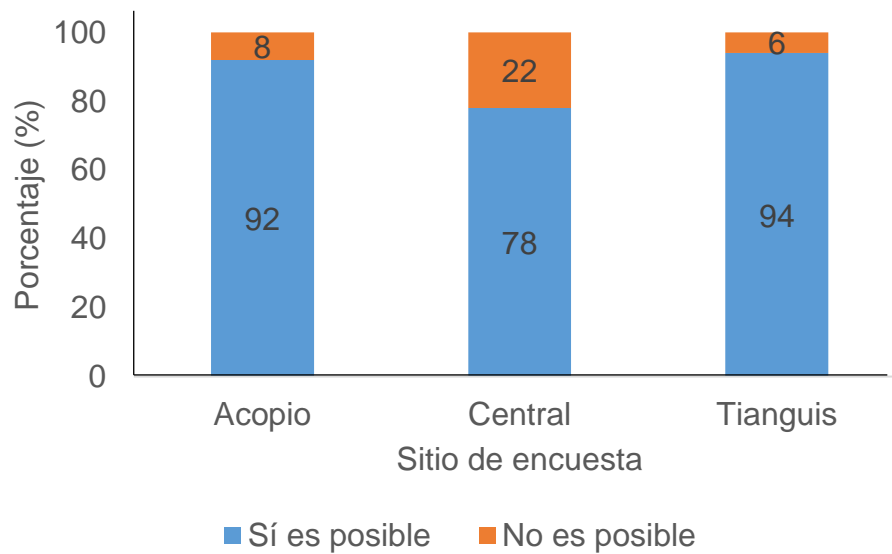


Figura 27. Respuesta de las tres poblaciones entrevistadas acerca de la posibilidad de tener alimentos sanos cultivados en un medio ambiente urbano.

En el caso de esta pregunta, y aunque los tres grupos (Acopio, Central y Tianguis) mencionaron que si es posible producir alimentos sanos en la ciudad ($\chi^2 = 14.4$ y $p < 0.001$; Figura 27), fue muy claro que entre los sitios de Acopio y Tianguis no hubo diferencias ($\chi^2 = 0.30$ y $p = 0.57$), pero que en estos dos sitios la respuesta fue mucho más común que en el sitio de la Central (Acopio vs Central $\chi^2 = 7.69$ y $p = 0.006$; Tianguis vs Central $\chi^2 = 10.6$ y $p = 0.001$).

3.7.8. ¿Cree que el uso de productos como fertilizantes y pesticidas químicos modifique la actividad de las lombrices de tierra?

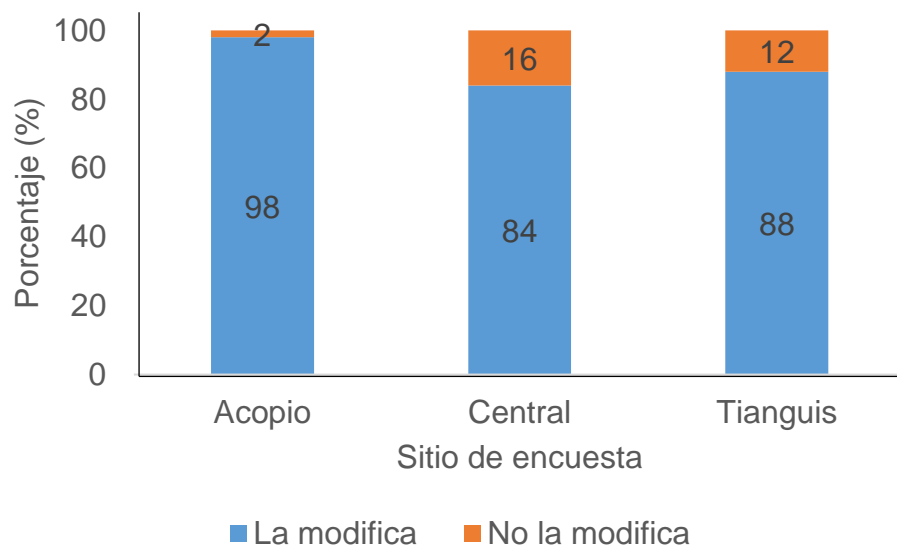


Figura 28. Respuesta de las tres poblaciones entrevistadas sobre la posibilidad de que los fertilizantes y pesticidas químicos afecten la actividad de las lombrices.

Si bien la mayoría de los entrevistados de los 3 sitios contestaron que los fertilizantes o pesticidas químicos modifican la actividad de las lombrices (84-98%; $\chi^2 = 5.78$, $p = 0.056$; Figura 28), sí hubo diferencias entre el centro de Acopio y los otros dos sitios (Acopio-Central $\chi^2 = 5.98$, $p = 0.01$; Acopio-Tianguis $\chi^2 = 3.84$, $p = 0.05$). Entre los sitios Central-Tianguis, por otro lado, no hubo diferencias ($\chi^2 = 0.332$, $p = 0.54$).

3.7.9. ¿Cree que los productos químicos empleados en el cultivo y cuidado de alimentos destinados a consumo humano puedan tener un efecto dañino en la salud humana?

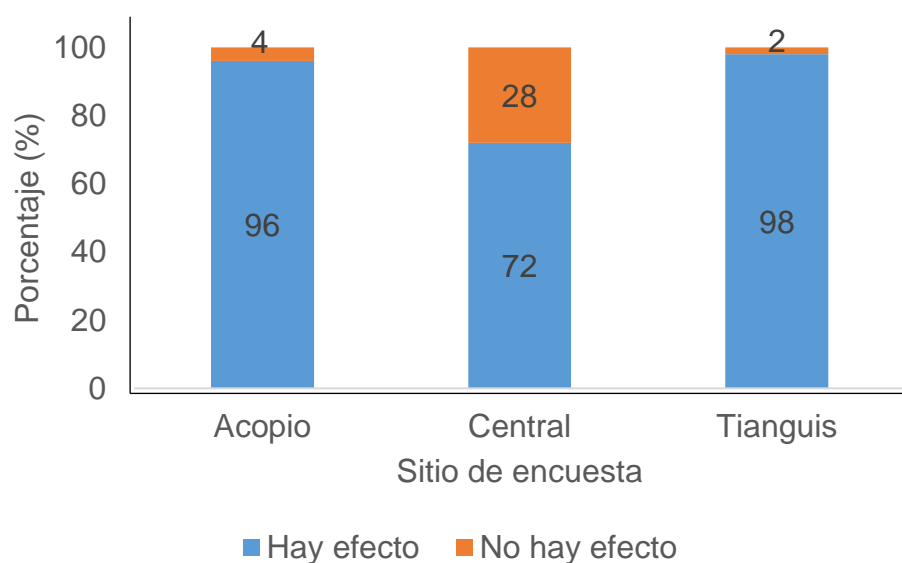


Figura 29. Respuesta de las tres poblaciones entrevistadas acerca de si los productos químicos utilizados en la producción de alimentos afectan a la salud humana.

En esta pregunta (Figura 29) resultó claro que casi todos los entrevistados de las poblaciones Acopio y Tianguis consideran que los productos químicos usados en la agricultura convencional tienen un efecto sobre la salud humana (96, 98%), con diferencias claramente significativas con respecto a los entrevistados de la Central ($\chi^2=20.8$, $p<0.001$).

3.7.10. ¿Usted pagaría un excedente sobre algún producto con etiqueta orgánica en comparación a uno convencional?

Quizás esta fue la pregunta que más difirió entre las poblaciones de los 3 sitios entrevistados (Figura 30; $\chi^2 = 38.3$, $p < 0.001$). Esto se debió a que el 60% de los entrevistados de la Central contestaron que no pagarían extra por productos orgánicos, en contraste con los otros dos sitios en donde el 86 (Acopio), 90% (Tianguis) declararon que sí lo harían (Acopio-Central $\chi^2 = 22.7$, $p < 0.001$; Tianguis-Central $\chi^2 = 27.5$, $p < 0.001$). No hubo diferencias significativas en la respuesta de los dos últimos sitios.

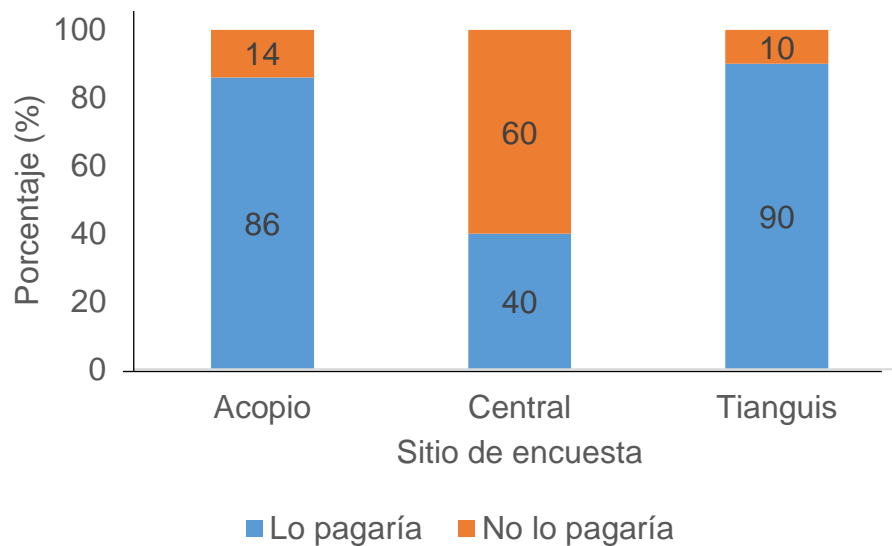


Figura 30. Respuesta de las tres poblaciones entrevistadas con respecto a pagar un extra por productos orgánicos.

3.8. Cuantificación y análisis de costos de producción

Como se puede apreciar en la Tabla 13, el precio final de este experimento para los tratamientos Orgánico (O) y Químico (Q) fue de aproximadamente \$6,090.00 y \$5,500.00 PMX respectivamente. Sin embargo, algunos de los materiales no tuvieron costo, puesto que fueron donados o prestados durante el montaje del experimento, pero de igual forma se calcularon los costos y se incluyeron para tener una mejor idea de los costos reales.

Tabla 13. Cuantificación de costos de la producción para 60 macetas o unidades experimentales en huertos de traspatio en Puebla Capital.

Rubro	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo Total O	Costo Total Q
			(\$)	(\$)
Recursos humanos				
Mano de obra por mes	4 meses	1000.00	4000.00	4000.00
Recursos materiales				
Cubetas	60 unidades	30.00	900.00	900.00
Fertilizante orgánico	141 kg	6.25	890.00	-
Fertilizante inorgánico (roca fosfórica, urea, triple 17)	aprox. 1 kg c/u	100.00	-	300.00
Semilla de calabaza	10 g	50.00	50.00	50.00
Plántulas de lechuga	1 charola	50.00	50.00	50.00
Material de jardinería	varios	200.00	200.00	200.00
Total			6,090.00	5,500.00
Porcentaje			100%	90%

En cuanto a los costos por cada tratamiento, definitivamente los tratamientos con lombrices fueron más caros, debido a que fue necesario buscar a las lombrices en otro estado, sin embargo, se analizaron los precios solamente del tratamiento orgánico y químico, donde el tratamiento químico resultó 10% más económico que el orgánico. De acuerdo con Toor *et al.* (2021), al decidir por algún tratamiento, se debe tener en cuenta las repercusiones a sobre el suelo en primera instancia, pues éste actúa como el reservorio más grande de carbón y nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas y es importante adoptar prácticas agrícolas correctas para mejorar la salud del suelo a cualquier escala. También es necesario tomar en cuenta los posibles efectos para la salud a corto y largo plazo (Duarte *et al.*, 2021; Sampaio de Sousa *et al.*, 2022).

Fue omitido además el precio de la recolección de lombrices dentro de la comparación de precios, ya que una de las ideas principales de este experimento, fue dar a conocer el nulo impacto negativo de la presencia de lombrices ya sea nativas o exóticas dentro de las macetas de traspatio, que pudieran o no encontrarse con poca o mucha abundancia de forma no intencionada y evitar su eliminación por parte de los cuidadores del huerto de traspatio.

4. Discusión general

En este estudio se evaluó, en un ambiente urbano, el cultivo en huertos de traspatio de dos hortalizas (lechuga y calabaza) con potencial nutritivo y de gran consumo por parte de la población. Se probó el efecto de dos tipos de fertilización, uno orgánico a base de lombricomposta de la lombriz epigea *Eisenia andrei* (el tratamiento O) y otro químico (el tratamiento Q). Se añadieron además otros tres tratamientos en donde se inocularon lombrices geófagas endogeas vivas (*Pontoscolex corethrurus*), uno en combinación con el abono orgánico (el tratamiento OL), otro en combinación con el abono químico (el tratamiento QL) y otro más que consistió en las puras lombrices al suelo. Finalmente, los resultados se compararon con un testigo que consistió en puro suelo, sin lombrices y sin ningún tipo de abono mezclado.

En el caso de la lechuga los resultados indicaron que los tratamientos con abono orgánico (O) y con abono y lombrices (OL) fueron los únicos que mostraron diferencias con los restantes tratamientos, aunque solo en las variables altura y peso fresco. Notoriamente no se detectó efecto alguno de los tratamientos sobre el número de hojas o el peso seco. En este caso, entonces, si bien no hubo efecto sinérgico de las lombrices con el abono orgánico, tampoco hubo un efecto negativo. Al final del experimento, tanto la abundancia como la biomasa en el cultivo de lechuga se incrementó notoriamente en los tres tratamientos con lombrices- L, OL y QL (Apéndice 2, Figuras 2.1. y 2.2. y Tablas 2.1. y 2.2.). El sólo uso de la lombricomposta en sí, tiene bastante evidencia de incrementar la productividad de cultivos de ciclo corto, además de mejorar la salud del suelo y la disponibilidad de nutrientes (Goswami, 2017).

Sí bien hay un porcentaje mínimo de efectos negativos como los reportados por Scheu (2003) y Brown *et al.*, (2004b), Ortiz *et al.*, (2007) recalcan que los efectos de las lombrices en las plantas dependerán del sistema en sí, como inputs suministrados, pH, textura y % C del suelo. Esperanza Huerta y colaboradores (2010) evaluaron el efecto de tres especies de lombrices geófagas, incluyendo a *Pontoscolex corethrurus* sobre la fertilidad del suelo y el crecimiento inicial del maíz, revelando que ésta, sólo afectó la biomasa de las raíces disminuyéndolas con respecto al testigo y concluyendo que, dependiendo de la especie, ésta

pudiera tener diferentes efectos en el crecimiento de la planta, pero considerando necesaria más investigación sobre la relación entre especies nativas y exóticas.

Na *et al.*, (2022), reportaron en un estudio que después de 45 días, la biomasa de la lechuga se incrementó en un 37% con la presencia de lombrices de tierra (*Metaphire guillelmi*), además de estimular la mineralización a corto plazo del nitrógeno haciéndolo disponible para la lechuga. Por otro lado, Addad *et al.*, (2020), afirman que la inoculación de 500 g de turrículos de lombrices de tierra en 3 kilos de suelo, incrementó el contenido de MO, NPK, y CaCO₃ en el suelo, efecto similar en la presente investigación, como podemos observar en el análisis del suelo, además de haber tenido un efecto positivo en la biomasa aérea de lechuga y crecimiento en general. En otro estudio de Fortus (2024), al utilizar 4 ton de lombricomposta por hectárea, de la lombriz geófaga *Eudrilus Euginae* dentro del cultivo de lechuga, aumentó 31% en rendimiento, además de afectar substancialmente las características agronómicas al momento de la cosecha. Al utilizar la mitad de la recomendación agronómica con fertilización química más una tonelada de lombricomposta, Fortus obtuvo el mayor número de hojas en la lechuga en comparación con los demás tratamientos. El uso de la lombricomposta al evaluar el cultivo de lechuga ha sido bien estudiado, y se ha reportado que, genera efectos positivos en el crecimiento aún en condiciones de sequía (Kiran, 2019). Frasetya *et al.*, (2019) sugieren que hasta 5 toneladas por hectárea son suficientes para mejorar el crecimiento de la planta significativamente. Durak *et al.*, (2017) sostienen que es necesaria 3 ton por hectárea para obtener una cosecha óptima y además mejorar el suelo.

En una síntesis de los efectos de las lombrices en la productividad de plantas en los agroecosistemas tropicales Brown *et al.* (1999) indican que, en 165 experimentos de macetas con lombrices inoculadas, si bien se observaron incrementos de casi el 50% en los granos y tallos con la presencia de lombrices, las diferencias no fueron significativas, indicando una gran variabilidad en los estudios. Esta falta de efecto de las lombrices geófagas también fue observada por Ortiz *et al.*, (2007) al evaluar el efecto de la inoculación de la lombriz nativa *Balanteodrilus pearsei*, en la producción de grano de maíz. Para fines del objetivo de demostrar la factibilidad de estos cultivos en huertos urbanos, los experimentos en calabaza demostraron claramente que la presencia de lombrices tampoco tuvo efectos negativos. Se ha mencionado (Edwards y Arancon, 2022) que la mortalidad de las lombrices en cultivos de macetas podría constituir una fuente de nitrógeno adicional que

podría tener un efecto benéfico. La revisión de las lombrices al terminar el experimento de calabaza (Apéndice 2, Figura 2.3.; Tabla 2.3.), muestran que la abundancia de aumentó 200% o más en los tres tratamientos con lombrices, aunque la biomasa disminuyó entre un 28-43% (Figura 2.4.; Tabla 2.4.); esto debido a que las poblaciones no lograron crecer por las bajas temperaturas del otoño. De modo que la mortalidad inexistente de lombrices explicaría que la ausencia de efecto de las lombrices en el crecimiento de las plantas y producción de frutos se debió a otras causas, probablemente relacionadas con la menor actividad de las lombrices por las bajas temperaturas. Por otro lado, el tratamiento con lombrices y lombricomposta (OL), presentó al final del experimento los mayores valores en diferentes variables relacionadas con la fertilidad (Ca, Mg, CIC, N, P y MO; Apéndice 1), sugiriendo que la presencia de lombrices pudo haber aumentado la disponibilidad de estos recursos probablemente debido a que sus excretas (turrículos) son siempre más ricos en estas variables (Lavelle y Spain, 2001).

Antonious *et al.* (2021) evaluaron la producción y calidad de ciertas variedades de lechuga y calabaza bajo diferentes prácticas, encontrando que se obtuvieron los mejores resultados en cuanto a producción para lechuga y calabaza, bajo el uso de aguas residuales y gallinaza, en comparación con lombricomposta, estiércol de caballo o el testigo, pero obteniendo los mayores valores para NO₃, K y C en suelo con lombricomposta. Esto podría indicar la variabilidad en los nutrientes de la lombricomposta usada dependiendo de su origen. Quizás con más tiempo, el efecto positivo de este tratamiento OL sobre las dos hortalizas evaluadas, habría sido más evidente. A pesar de que la mayoría de la cantidad de estudios existente sobre la respuesta en plantas bajo la presencia de lombrices reporta un aumento en la biomasa, es importante resaltar que la mayoría son plantas cultivables anuales, principalmente cereales y pastos, con poca información cómo las lombrices de tierra pudieran afectar la floración o producción de semillas, además de que la mayoría de las especies de lombrices estudiadas son especies europeas de la familia Lumbricidae (Scheu, 2003).

En la presente investigación, los resultados fueron conclusivos en cuanto a que la presencia de las lombrices geófagas no tuvo un impacto positivo en ninguna de las variables de la calabaza cuando fueron inoculadas al suelo, ni tampoco ningún efecto sinérgico en los tratamientos con lombricomposta o con abono químico. Tampoco hubo efectos negativos, con la única excepción del peso seco de los frutos de calabaza, en donde peso seco del

tratamiento OL fue menor que el peso en el tratamiento O. Este aparente efecto negativo, podría ser un error de muestreo debido a la pérdida de las calabazas por la plaga *Euphoria basalis*. Si bien hay abundantes ejemplos del efecto positivo de las lombrices geófagas en el suelo de cultivos por el efecto de bioturbación (Edwards y Arancon, 2022), en las macetas los resultados no son tan conclusivos; de hecho, estos autores señalan que detectar el efecto en la textura en estos microambientes por las lombrices puede tomar mucho tiempo más que unas cuantas semanas o inclusive años.

Un aspecto importante para mencionar fueron los problemas con las plagas que atacaron a las hojas, botones florales y flores de la calabaza. De 151 frutos de calabazas producidos, solamente 28 (18.5%) llegaron a un tamaño ideal comercial y pudieron ser pesados tanto en fresco como en seco. Esta disminución tan notable, sin embargo, mantuvo el efecto de una mayor cantidad de frutos en los tratamientos con abono, tanto químico como orgánico. Se podría concluir, con cautela, que el abono ayudó en cierta medida a que el efecto de la depredación fuera menos intenso al haberse producido mayor cantidad de frutos. En 2023, Rekaby y colaboradores evaluaron fertilidad del suelo y crecimiento en el cultivo de calabaza, comparando tratamientos con lombricomposta, composta, y fertilización química, encontrando que la lombricomposta aumenta un 53% la producción del fruto, además de aumentar los niveles biodisponibles de NPK en suelo. Por otro lado, Dayan (2024), evaluó la cosecha y calidad de la semilla en calabaza utilizando activadores de planta junto con la lombricomposta contra fertilizantes convencionales, encontrando los valores más altos de fruto (ancho, largo y peso) con los fertilizantes convencionales y proponiendo que la lombricomposta pudiera ser una alternativa al uso de los fertilizantes químicos.

Teniendo en mente que los resultados de los experimentos con calabaza, tendrían que apoyar la implementación de los huertos urbanos, y considerando que la percepción de los entrevistados indica que los químicos (como pesticidas) pueden tener un efecto nocivo en la salud humana (Figura 29), se tendría que recomendar que en caso de plagas difíciles de controlar (y para no usar pesticidas), lo mejor sería consumir las flores (que son también una fuerte importante de alimento nutricional por su importante contenido de antioxidantes y compuestos fenólicos (López Agama *et al.*, 2019) y no esperar a la producción de los frutos.

Las respuestas a las entrevistas realizadas, finalmente, indican que las poblaciones con preferencia por productos orgánicos (Acopio y Tianguis) mostraron en general un mayor conocimiento y predisposición positiva hacia las lombrices de tierra que la población del mercado tradicional (Central); Para la pregunta 5: ¿Qué opina de las lombrices de tierra? ¿Cree que podrían ser benéficas para el suelo?, el 22% de la población de la Central de abastos, consideró que las lombrices pueden ser plaga, por lo que las elimina de sus macetas o del suelo donde se encuentran, esto probablemente podría deberse también a la confusión entre organismos plaga, como puede ser la comúnmente llamada gallina ciega con las lombrices de tierra. Precisamente en este tipo de personas el mensaje de que las lombrices no van a afectar negativamente a sus cultivos podría tener un mayor impacto.

Para la pregunta 7: ¿Cree usted posible tener un sistema de producción de alimentos sanos dentro de la ciudad?, aunque no hay diferencias significativas entre dos grupos entrevistados (Acopio y Tianguis) podemos observar en la figura 38 diferencias con respecto a la Central, puesto que el 22% de los entrevistados considera que no es posible el tener un huerto de traspatio dentro de la ciudad. Este punto es importante debido a que de acuerdo con algunos estudios (Martínez-Soto, 2016; Hernández, 2023), la agricultura urbana puede tener repercusiones importantes sobre la salud mental y el entorno urbano, además de abocar por la transformación de realidades sociales como la desnutrición y la seguridad alimentaria (Mora *et al.*, 2024).

Para la pregunta 8, ¿Cree que el uso de productos como fertilizantes y pesticidas químicos modifique la actividad de las lombrices de tierra?, se puede observar en la (Figura 28) que el 16% de los encuestados en la central, considera que el uso de fertilizantes y pesticidas químicos no modifican la actividad de las lombrices de tierra, en comparación con el 98% de personas encuestadas del acopio. Esto podría ser debido a que algunas personas encuestadas de la central tienen mayor acercamiento al campo y ellos notan la reincidencia del encuentro constante de lombrices vivas en cada ciclo de cultivo, por lo que esto pudiera indicar cierta resistencia por parte de las lombrices a pesticidas o fertilizantes químicos. De acuerdo con Huizhen *et al.* (2019), la lombriz de tierra *Metaphire guillelmi* tiene la capacidad de resistencia a ciertas tetraciclinas y sulfadiazinas, gracias a ciertas bacterias en sus intestinos y Zhu *et al.* (2021) confirmaron que la presencia de lombrices (Lumbricidae) redujo significativamente el número y la abundancia de genes resistentes a antibióticos en

el suelo, ya sea en suelos cultivables o forestales. Esto nos podría indicar cierta resistencia de parte de las lombrices de tierra y su adaptación a suelos cultivables.

5. Conclusiones

- En el cultivo de lechuga de traspatio, el tratamiento orgánico con lombrices (OL), tuvo estadísticamente una mayor biomasa aérea peso fresco que en los tratamientos con suelo (S) y suelo con lombrices (SL).
- En el cultivo de calabaza de traspatio, en la variable número de calabazas, el tratamiento químico (Q) y el tratamiento químico con lombrices (QL), ambos con 7 calabazas superaron estadísticamente a los tratamientos con suelo (S) y suelo con lombrices (SL), ambos con 1 calabaza.
- La presencia de las lombrices dentro de las macetas no tuvo un efecto en la producción de lechuga y calabaza de traspatio, pero sí lo tuvo la adición de lombricomposta y fertilizante químico.
- Las poblaciones sensibilizadas del centro de acopio y del tianguis alternativo de Puebla, tuvieron una mayor aceptación a un manejo con lombrices y una mayor sensibilidad al manejo orgánico que la población no sensibilizada de la central de abastos.
- Con respecto a la vida de anaquel, en el cultivo de lechuga, se tuvieron 3 días (químico) y 5 días (orgánico) en condiciones de comercialización posteriores al corte, por otra parte, para calabaza, 5 días (químico) y 7 días (orgánico) en condiciones de comercialización posteriores al corte.
- En los tratamientos con fertilización química (Q), el costo fue de \$5,500.00 PMX, y en el tratamiento orgánico (O), el costo fue de \$6,090.00 PMX, el cual resultó un 10% más caro.

6. Bibliografía

Acuña Ruíz, A., Medrano Herrera, A. M., Herrera Gutiérrez S. A., Martínez Rodríguez, M. Rodríguez Escobedo, C. M., Ayala Aguilera, J. I., Fernando Ortega Ernesto. (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*. ISSN: 2509-0119. Vol. 23 (2). Pp: 512-516.

Addad D., Kadi K., Harrath N., Boumaàza S., Chekhab K., Hamli S., Dib D. (2020). Effect of earthworm casts from a natural meadow on some soil physicochemical characteristics and lettuce growth. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*. Vol. 12

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. EPA. (2022). En caso de intoxicación por pesticidas. Visto en línea en noviembre de 2022 en <https://espanol.epa.gov/seguridad-laboral-al-usar-pesticidas/en-caso-de-intoxicacion-por-pesticidas>

Agrawal, A., Pandey, R., Sharma, B. (2010). Water pollution with special reference to pesticide contamination in India. *Journal of Water Resource and Protection*. Vol. 2. No: 5. Doi: 10.4236/jwarp.2010.25050

Alavanja, M. C., Ross, M.K., Bonner, M. R. (2013). Increased cancer burden among pesticide applicators and others due to pesticide applicators and others due to pesticide exposure. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*. Vol. 63. No: 2. Pp 120-142. <https://doi.org/10.3322/caac.21170>

Altieri, M. A. y Nicholls, C.I. (2007). Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas* 16 (1):3-12.

Ambriz Pérez M.P. (2012). Estudios de vida de anaquel de conservas de brócoli sujetas a diferentes condiciones de proceso usando el método de análisis acelerado. Universidad Autónoma de México.

Antonious G. F., Hassan Dawood M., Todd Turley E., Bradley Paxton, R. (2021). Yield and quality of lettuce, pumpkin and watermelon varieties grown under five soil management practices. *International Journal of Applied Agricultural Sciences*. Vol 7 (1). Pp 57.

Arrebola, J. P., Belhassen, H., Artacho-Cordón, F., Ghali, R., Ghorbel, H., Boussen, H., Pérez-Carrascosa, F. M., Expósito, J., Hedhili, A., Olea, N. (2015). Risk of female breast cancer and serum concentrations of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls: a case-control study in Tunisia. *Science of the Total Environment*. Vol. 520. Pp 106-113. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.03.045>

FAO, O. (2009). How to Feed the World in 2050, High-Level Expert Forum. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 35-35.

Asociación Mexicana de Horticultura Protegida. (2020). Ficha técnica para lechuga. Vistor en línea en <https://negociosymercados.amhpac.org/lechuga/> en noviembre de 2024.

Blakemore, R.J., (2006). *Cosmopolitan Earthworms – an Eco-Taxonomic Guide to the Peregrine Species of the World*. (2nd Edition). VermEcology, Japan. Pp. 600.

Brown, G. G., B Pashanasi, C. Villenave, J. Patrón, B. Senapati, S. Giri, I. Barois. P. Lavelle, E. Blanchart, R., Blakemore, A., Spain., J., Boyer. (1999). Effects of earthworms on plant production in tropics. Pp. 87 – 147. En: P. Lavelle, L. Brussaard y P. F. Hendrix (Eds.) *Earthworm management in tropical agroecosystems*. CAB-International Wallingford.

Brown, G. G., J. C. Patrón. I. Barois y P. Lavelle. (2004a). Tropical earthworm (*Pontoscolex corethrurus*: Glossoscolecidae; *Polypheretina elongata*: Megascolecidae) effects on common bean (*Phaseolus vulgaris*) and maize (*Zea mays*) production under greenhouse conditions. Pp: 313-339.

Butt, K.R. (1999). Inoculation of earthworms into reclaimed soils. The UK experience. *Land degradation and development*. Vol 10. Pp: 6.

Cabrera, G. y Crespo, G. (2001) Influencia de la biota edáfica en la fertilidad de los suelos en ecosistemas de pastizales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, vol. 35. No. 1. Pp: 3-9

Cantero R. J., Espitia N. L., Cardona A. Carlos, Vergara C. C., Araméndiz T. H. (2015). Efectos del compost y lombriabono sobre el crecimiento y rendimiento de berenjena *Solanum melongena* L. *Revista de Ciencias Agrícolas*. Ciencias del Suelo y Nutrición Vegetal. Vol. 32 (2). Pp 56-67.

Caporal, G. Y. D. (2017). La agricultura urbana para construir proyectos alternativos alimentarios, ambientales y sociales en los municipios de Puebla, Cuautlancingo y San

Andrés Cholula. Facultad de Economía. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Pp 2-11.

Centro de Investigaciones Tropicales. (2023). Segundo Encuentro Nacional de Agrosilviculturas Agroecológicas Urbanas y Periurbanas de México. Región Xalapa. Universidad Veracruzana. Visto en línea en octubre de 2024 en <https://www.uv.mx/citro/banner/segundo-encuentro-nacional-de-agrosilviculturas-agroecologicas-urbanas-y-periurbanas-de-mexico/>

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (2020). Informe de pobreza y evaluación 2020. Pp: 11- 20. Visto en línea en octubre de 2023 en https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Documents/Informes_de_pobreza_y_evaluacion_2020_Documentos/Informe_Puebla_2020.pdf

Chakraborty, S., Mukherjee, S., Roychoudhury, S., Siddique, S., Lahiri, T., Ray, M. R. (2009). Chronic Exposures to Cholinesterase-inhibiting Pesticides Adversely Affect Respiratory Health of Agricultural Workers in India. *Journal of Occupational Health*. Vol. 51. No: 6. Pp: 488-497. Doi:10.1539/joh.19070

Cossi, P. F., Beverly, B., Carlos, L., Kristoff, G. (2015). Recovery study of cholinesterasas and neurotoxic signs in the non-target freshwater invertebrate *Chilina gibbosa* after an acute exposure to an environmental concentration of azinphos-methyl. *Aquatic Toxicology*. Vol. 167. Pp 248-256. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2015.08.014>

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (2020). Expediente científico sobre el glifosato y los cultivos GM. Gobierno de México. Visto en línea en conacyt.mx en abril de 2022

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. CONACYT. (2022). Expediente científico sobre el glifosato y los cultivos GM. Visto en línea en noviembre de 2022 en <https://conacyt.mx/expediente-cientifico-sobre-el-glifosato-y-los-cultivos-gm/>

Danuser, B., Weber, C., Kunzli, N., Schindler, C., Nowak, D. (2001). Respiratory symptoms in Swiss farmers: an epidemiological study of risk factors. *American Journal of Industrial Medicine*. Vol. 39. No: 4. Pp: 410-418. <https://doi.org/10.1002/ajim.1032>

Dayan A. (2024). Impacto of vermicompost and different plant activators on yield and some quality parameters in pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *DergiPark Akademik. Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*. Vol 34 (3). Pp: 539-541.

Díaz Rivas, M. A. (2023). Caracterización de tianguis agroecológicos y productores de hortalizas, sus cultivos y diversidad de entomofauna asociada; zona metropolitana, Región económica Angelópolis, Puebla. Tesis para obtener el título de maestra en manejo sostenible de agroecosistemas. Instituto de Ciencias. Centro de Agroecología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Duhalt, A. (2022). México y las presiones sobre el suministro global de fertilizantes. Periódico digital Expansión. Visto en línea en 2023 en <https://expansion.mx/opinion/2022/03/04/mexico-presiones-suministro-global-fertilizantes>

Esperanza H. O., Day R. V., Jarquin, A. (2010). Efecto de tres especies de lombrices en la fertilidad del suelo y el crecimiento inicial del maíz. *Acta Zoológica Mexicana*. Vol. 26. (2) Xalapa.

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. (2000). Manual de capacitación para trabajadores de campo en América Latina y el Caribe. Mejorando la nutrición a través de huertos y granjas familiares. Visto en línea en marzo de 2023 en <https://www.fao.org/3/V5290S/v5290s00.htm#TopOfPage>

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. (2001). *World Agriculture: towards 2015/2030*. Visto en línea en marzo de 2023 en <https://www.fao.org/3/y3557s/y3557s00.htm#TopOfPage>

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. (2002). Informe Mundial sobre la Alimentación: cinco años después. WFS:fyl 2002/REP Parte primera. Visto en línea en marzo de 2023 en <https://www.fao.org/3/y7106s/y7106s.pdf>

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. (2003). Plataforma de conocimientos sobre agricultura familiar. Agroecología y agricultura familiar. Boletín de agroecología de la FAO. 67. Visto en línea en marzo de 2023 en <https://www.fao.org/family-farming/themes/agroecology/es/>

Ferrer, A. (2003). Intoxicación por plaguicidas. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*. Pamplona. Vol. 26. Visto en línea en noviembre de 2022 de https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272003000200009

Fortus, S. (2024). Effect of vermicast from *Eudrilus euginae* on the growth and yield of loose-leaf lettuce *Lactuca Sativa L.* Journal for the Agriculture. Biotechnology and Education, Vol. 4 (1). Pp: 1-5.

Fragoso, C. y Rojas, P. (2010). La biodiversidad escondida. La vida microc3smica en el suelo. Pp 90-134. En: La biodiversidad de M3xico. Inventarios, manejos, usos, inform3tica, conservaci3n e importancia cultural. Coord. de Victor Toledo. FCE, CONACULTA.

Fragoso, C. y Rojas, P. (2014). Biodiversidad de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta: Crassicitellata) en M3xico. Revista mexicana de biodiversidad. Vol. 58. <https://doi.org/10.7550/rmb.33581>

Freasetya B., Harisman K., Maulid S., Ginandjar S. (2019). The effect of vermicompost application on the growth of lettuce plant (*Lactuca sativa L.*). Journal of Physics: Conference Series.

García, L. M. (2016). Eutrofización, una visi3n general. CienciAcierta. Revista Científica, Tecnol3gica y Humanística. Universidad Aut3noma de Coahuila. Vol. 47 Visto en l3nea en noviembre de 2022 en <http://www.cienciacierta.uadec.mx/2016/09/26/eutrofizacion-una-vision-general/>

García J. A. y Fragoso C. (2003). Influence of different food substrates on growth and reproduction of two tropical earthworm species (*Pontoscolex corethrus* and *Amyntas corticis*). The 7th international symposium on earthworm ecology. Cardiff. Wales. Pedobiología. 47: 754-763.

Goswami L., Nath A., Sutradhar S., Sundar Bhattacharya S., Kalamdhad A., Vellingiri K., Ki-Hyum K. (2017) Application of drum compost and vermicompost to improve soil health, growth and yield parameters for tomato and cabbage plants. Journal of Environmental Management. Vol. 200. Pp: 243-247.

Grupo de vigilancia y control de factores de riesgo ambiental. (2010). Protocolo de Vigilancia y Control de Intoxicaciones por Plaguicidas. Vigilancia y Control en Salud P3blica. Instituto Nacional de Seguridad. Pp 2-6. Visto en l3nea en noviembre de 2022 en https://www.minsalud.gov.co/comunicadosPrensa/Documents/INTOXICACION_POR_PLAGUICIDAS.pdf

Hartmann, M., Six, J. (2022). Soil structure and microbiome functions in agroecosystems. *Nature Reviews Earth & Environment*. Vol 4. Pp 4-18.

Hernández, C.B., Barois, I. Brown, G.G., García P., J.A. (2010). Modificaciones químicas inducidas por dos especies de lombrices geófagas en suelos de Veracruz. México. *Acta zoológica mexicana*. Vol 26 (2). Pp: 295-308. Visto en línea en marzo de 2023 en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372010000500022

Hernández, M. K. (2023). Florecer la mente en la ciudad: Cómo la agricultura urbana apoya la salud mental. *Laboratorio de Estudios Transdisciplinarios sobre el Ambiente*. UNAM. Vol. 22.

Huizhen C., Lingya K., Huixin Z., Mingming S., Mao Y., Dan H., Zhongyun Z., Dawei S., Shengtian Z., Yilin Y., Manqiang L., Feng H., Xin J. (2019). *Metaphire guillelmi* gut as hospitable micro-environment for the potential transmission of antibiotic resistance genes. *Science of The Total Environment*. Vol. 669. Pp:353-361.

Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica. IFAPA (2019). Eutrofización y ecotoxicidad en el cultivo de la fresa. *Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural*. Visto en línea en noviembre de 2022 en <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/web/noticias/eutrofizacion-y-ecotoxicidad-en-el-cultivo-de-la-fresa>

Instituto Nacional de Salud Pública. (2023). Situación nutricional de la población en México durante los últimos 120 años. Pp: 1-20. Visto en línea en diciembre de 2023 en https://www.insp.mx/resources/images/stories/2023/docs/230127_Situacion%20nutricional_dela_poblacion_Mexico.pdf

INDESOL (2013). Manual de lombricompostaje de pulpa de café para los cafeticultores de la región Otomí-Tepehua de Hidalgo. Pp:7-9. Visto en línea en mayo de 2024 en www.indesol.gob.mx/cedoc/pdf/III.%20Desarrollo%20Social/Lombricultura%20y%20Abonos/Manual%20de%20lombricompostaje.pdf2

INIFAP (2021). Estrategia de acompañamiento Técnico. Manuales prácticos para la elaboración de bioinsumos. Capítulo 15. Lixiviado de lombriz. Pp:6-8. . Visto en línea en

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737316/15_Lixiviado_de_lombriz.pdf

INTAGRI. (2017). El azufre como agente de defensa contra plagas y enfermedades. Serie fitosanidad. No. 95. Artículos técnicos de INTAGRI. México. Visto en línea en marzo de 2023 en <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/el-azufre-como-agente-de-defensa-contra-plagas-y-enfermedades>

Kiran S. (2019). Effects of vermicompost on some morphological, physiological and biochemical parameters of lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*) under drought stress. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. Vol. 47 (2).

Lavelle, P.A., Chauvel y Fragoso, C. (1995). Faunal activity in acid soils. *Plant soil interactions at low pH*. Kluwer, Netherlands. Pp: 201-211.

Lavelle, P. (1997). Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. *Advances in Ecological Research*, 27, 93-132.

López-Agama, I., Ventura-Aguilar, R., Bautista-Baños, S., Ramos-García, M. de L. (2019). Flores comestibles endémicas de México que no pueden faltar en la dieta por su composición de antioxidantes. *Revista Digital REDCieN. Ciencia y Nutrición*. Vol. 1. 22.

Lugo-Perea, L. J., Rodríguez-Rodríguez, L. H. (2018). El agroecosistema: ¿objeto de estudio de la agroecología o de la agronomía ecologizada? *Anotaciones para una tensión epistémica*. *Interdisciplina*, 6(14). PP 89-112. Scielo. ISSN 2448-5705. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2018.14.63382>

Mahmood, I., Rugia Imadi, S., Shazadi, K., Gul, A. Hakeem, K. R. (2016). Effects of Pesticides on Environment. En: Hakeem, K., Akhtar, M., Abdullah, S. *Plant, Soil and Microbes*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-27455-3_13

Martin, A. (1991). Short- and long-term effects of the endogeic earthworm *Millsonia anomala* (Omodeo) (Megascolecidae, Oligochaeta) of tropical savannas, on soil organic matter. *Biology and Fertility of Soils*. Vol. 11, 234-8.

Martínez-Soto, J., López-Lena, M. M., & De La Roca Chiapas, J. M. (2016). Efectos psicoambientales de las áreas verdes en la salud mental. *Interamerican Journal of Psychology*, Vol: 50(2). Pp: 204–214.

Mete Misirlioğlu, John Warren Reynolds, Mirjana Stojanović, Tanja Trakić, Jovana Sekulić, Samuel W. James⁵, Csaba Csuzdi, Thibaud Decaëns, Emmanuel Lapied, Helen R. P. Phillips, Erin K. Cameron & George G. Brown. (2023). Earthworms (Clitellata, Megadrili) of the world: an updated checklist of valid species and families, with notes on their distribution. *Zootaxa* 5255 (1): 417–438

Mercado-Ruíz J. N., Martínez Téllez M. A. Características sensoriales de la calabaza succhini (*Cucurbita Pepo* L.) envasada individualmente y conservada en refrigeración. *Biocencia*. Vol. 12 (2). Pp: 30.

Minnich, J. (1977). *The Earthworm Book. How to Rise and Use Earthworms for Your Farm and Garden*. Rodale Press. Emmaus Pa. 372 pp.

Ming, Y., Beach, J., Martin, J. W., Senthilselvan, A. (2013). Occupational Pesticide Exposures and Respiratory Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Vol. 10. No: 12. Pp: 6442-6471. <https://doi.org/10.3390/ijerph10126442>

Mirabelli, M. C., Hoppin, J. A., Chatterjee, A. B., Isom, S., Chen, H., Grzywacz, J. G., Howard, T. D., Quandt, S. A., Vallejos, Q. M., Arcury, T. A. (2011). Job activities and respiratory symptoms among farmworkers in North Carolina. *Archives of Environmental and Occupational Health*. Vol. 66. No. 3. Pp 178-182. Doi: 10.1080/19338244.2010.539637

Montelongo, R. (2013). Imparte ayuntamiento taller de agricultura sustentable urbana. Comunicado de prensa. Puebla. Gobierno Municipal. Visto en línea en enero de 2023 en <https://www.pueblacapital.gob.mx/component/k2/item/3193-imparte-ayuntamiento-taller-de-agricultura-sustentable-urbana>

Monroy, G. L. (2007). Uso de agrofilm AP como recubrimiento en la vida de postcosecha de calabacita (*Cucurbita pepo*). Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Pp: 8-20.

Mora Mesa D. A., Echeverri M. C., Urrego M., Restrepo L. L., Clavijo S. (2024). Promoción de la salud mental por medio de la siembra de huertas en Cali. *Quaderns de Psicologia*. Vol: 26 (1).

Na L., Abail, Z., Whalen J.K., Liang B., Hu C., Ronggui H., Wu Y. (2022). Earthworms increase nitrogen uptake by lettuce and change short term soil nitrogen dynamics. *Applied Soil Ecology*. Vol. 176.

National Pesticide Information Center. NPIC. (2021). Frequently asked questions. ¿Can pesticides cause cancer? Health. Visto en línea en noviembre de 2022 en <http://npic.orst.edu/faq/index.html>

Navarro Chamorro, A. P. (2011). Estudio de pre-factibilidad para la comercialización de frutas y hortalizas orgánicas de pequeños productores en la ciudad de Quito, Ecuador. Zamorano, Honduras.

Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. (2002). Establecimiento de las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación.

Ordóñez-Beltrán, V., Frías-Moreno, M. N., Parra-Acosta, H., Martínez-Tapia, M. E. (2019). Estudio sobre uso de plaguicidas y su posible relación con daños a la salud. Revista de Toxicología. Vol. 36. Pp: 148-153.

Ortega De Ita, A. A. (2019). Evaluación de la sustentabilidad del traspatio en Amozoc, Puebla. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Maestría en Manejo Sostenible de Agroecosistemas. Pp 20-45.

Ortiz-Ceballos, A.I., Fragoso, C., Brown, G.G. (2007). Synergistic effect of a tropical earthworm *Balanteodrilus pearsei* and velvetbean *Mucuna pruriens* var. *utilis* on maize growth and crop production. Applied Soil Ecology. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2006.07.009>

Pacto Mundial Red Española. (2020). El impacto del medio ambiente en la salud humana. Medio ambiente y clima. Organización informativa iniciativa de la Organización de las Naciones Unidas. Visto en línea en noviembre de 2020 en <https://www.pactomundial.org/noticia/el-impacto-del-medioambiente-en-la-salud-humana/#:~:text=En%20efecto%2C%20la%20contaminaci%C3%B3n%20atmosf%C3%A9rica,pulm%C3%B3n%20y%20las%20enfermedades%20cardiovasculares>.

Peña V. V. A. (2020). Evaluación del uso combinado de Aporetodea trapezoides y cubiertas vegetales en el incremento de la calidad de un suelo agrícola en Puebla. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Phillips, T. (2008). Genetically Modified Organisms (GMOs): Transgenic Crops and Recombinant DNA Technology. Nature Education 1 (1): 213. Visto en línea en marzo de

2023 en <https://www.nature.com/scitable/topicpage/genetically-modified-organisms-gmos-transgenic-crops-and-732/>

Piedra, J. P., Briceño, L., Radon, K. (2019). Occupational Safety and Health Challenges in Southern Agriculture. Prevalence of Respiratory Symptoms among Ecuadorian Banana Plantation Workers. Deutsche Nationalbibliothek. International Centre for Diffraction Data. Pp: 78-85. Visto en línea en noviembre de 2022 en <https://kobra.uni-kassel.de/bitstream/handle/123456789/11183/LaborAndGlobalizationVol15.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Programa Mundial de los Alimentos. (2022). La soberanía alimentaria es la única solución y camino a seguir. Declaración política en el día internacional de acción por la soberanía alimentaria de los pueblos contra las transnacionales. Visto en línea en marzo de 2022 en <https://www.wfp.org/publications/global-report-food-crises-2022>

Ramos, R. (2000). Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulante. Universidad de Alicante, España. Dialnet. Visto en línea en marzo de 2023 en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=127614>

Redondo Avilés, D. (2022). Ácidos húmicos y ácidos fúlvicos: origen y uso. CSR Laboratorio: Agricultura y Alimentación. España. Visto en línea en marzo de 2023 en <https://csrlaboratorio.es/laboratorio/agricultura/suelos-agricolas/fertilidad/acidoss-humicos-y-acidos-fulvicos-origen-y-uso/>

Rekaby S. A., Ghoneim A. M., Gebreel M., Ali W., Yousef A. F. (2023). Compost and vermicompost enhances the growth uptake and quality of zucchini plants (*cucurbita pepo l.*) grown on sandy soils. Research Square.

Reynolds, J.W. (1977). The earthworms (Lumbricidae and Sparganophilidae) of Ontario. Life sciences Miscellaneous Publications, Royal Ontario Museum, Canada.

Reyes López, N. (2022). Implementación de un centro de acopio comunitario gratuito de residuos orgánicos en la ciudad de Puebla. Facultad de Ingeniería química. Col. De Ingeniería Ambiental. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Pp. 23-29.

Rivas, R. (2020). Lombricultura: beneficios, tipos, importancia y desventajas. Agrotendencia. Visto en línea en mayo de 2024 en

<https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/lombricultura-lumbricultura-cria-de-lombrices-y-produccion-de-humus/>

Ronaldo Dally, S. I. (2020). Efecto de tres fungicidas orgánicos para el manejo de la fumagina (Sooty moulds) en el cultivo de melón (cucumis melo L.) Daule- Guayas. Universidad Agraria del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrarias. Ecuacor. Pp: 46 -49

Russell, D. (2019). El suelo: el tesoro que vive bajo nuestros pies. Departamento de zoología del suelo, sección mesofauna. Agencia Europea del Medio Ambiente. Visto en línea en noviembre de 2022 en <https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2019/articulos/entrevista-2014-el-suelo-el#:~:text=La%20biodiversidad%20del%20suelo%20puede,grupos%20tiene%20multitud%20de%20especies.>

Sarandón, S. J., Flores, C. C. (2014). Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas Sustentables. Libros de Cátedra. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de la Plata. Pp: 13-70.

Sabino, P. H., Lavres, J. J., Ferreira M. M. (2007). Azufre como nutriente y agente de defensa contra plagas y enfermedades. Informaciones Agronómicas. International Plant Nutrition Institute. No. 65. Pp:4.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2018). Lactuca sativa L: tipos y variedades que se producen en México. Visto en línea en <https://www.gob.mx/siap/articulos/lactuca-sativa-l-tipos-y-variedades-que-se-producen-en-mexico?idiom=es>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2020). Huerto de traspatio: alimentos, salud y esparcimiento. Gobierno de México. Visto en línea en mayo de 2024 en <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/huerto-de-traspatio-alimento-salud-y-esparcimiento#:~:text=La%20agricultura%20de%20traspatio%2C%20mejor,obtenemos%20productos%20alimenticios%20de%20calidad.&text=Los%20huertos%20de%20traspatio%20son,para%20alimentos%20de%20uso%20cotidiano>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2023). Cucurbita: la gran familia de las calabazas. Visto en línea en <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/cucurbita-la-gran-familia-de-las-calabazas?idiom=es>

Secretaría de Bienestar. (2021). Lineamientos para el Funcionamiento del Programa de Huertos Familiares Urbanos. Gobierno de Puebla. Visto en línea en enero de 2023 en https://gobiernoabierto.pueblacapital.gob.mx/transparencia_file/sb/77.fracc1/77_01_sb_line_prog_huertos_urbanos.pdf

Secretaría de Desarrollo Urbano y Sustentabilidad. (2020). Capacitación virtual Agricultura Urbana. Visto en línea en enero de 2023 en <https://www.pueblacapital.gob.mx/iii-funciones-objetivos-y-actividades-relevantes/funciones-objetivos-y-actividades-relevantes/454-secretaria-de-medio-ambiente-y-servicios-publicos>

Scheu, S. (2003). Effects of earthworms on plant growth: patterns and perspectives. *Pedobiología. Journal of Soil Ecology*. Vol 47. Pp: 846-856.

Shashvatt, U., Benoit, J., Aris, H., Blaney, L. (2017). Evaluation of animal manure composition for protection of sensitive water supplies through nutrient recovery processes. *Environmental Science. Agricultural and Food Sciences*. DOI: 10.1016/B978-0-12-809330-6.00013-1.

Taub I. (1998). *Food storage stability*. Washington, D.C. CRC Press.

United Nations Convention to Combat Desertification (2022). Report of the conference of the parties on its fifteenth session, held in Abidjan, Côte d'Ivoire, from 9 to 20 may 2022. ICCD/COP (15)/23/Add.1 Visto en línea en https://www.unccd.int/sites/default/files/2022-10/ICCD_COP%2815%29_23_Add.1-2208672E.pdf en octubre de 2023.

Universidad Nacional Autónoma de México. (2017). Ecosistema. Estructura del ecosistema. Portal académico CCH. Visto en línea en marzo de 2022 en [https://e1.portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia2/unidad2/estructuraEcosistema/actoresAbioticos](https://e1.portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia2/unidad2/estructuraEcosistema/factoresAbioticos)

Zhu, D., Delgado-Baquerizo, M., Jian-Qiang, S., Ding, J., Li, H., Gillings, M. R., Penuelas, J., Yong-Guan, Z. (2021). Deciphering potential roles of earthworms in mitigation of antibiotic resistance in the soils from diverse ecosystems. *Environmental Science & Technology*. Vol 55. Pp: 7445-7455.

7. APÉNDICES

7.1. Apéndice 1. Características químicas del sustrato utilizado (suelo del centro de Acopio antes-S pre y después-S del experimento) en los distintos tratamientos al final del experimento. La textura del suelo fue franco-arcillo-arenosa (Arenas 65.9%, Arcillas 20.1% y Limos 14%), con una conductividad eléctrica de 0.18 ds⁻¹m. Los dos valores mostrados corresponden a los tratamientos de Calabaza y Lechuga, en ese orden. En negritas los dos mayores valores.

Variables	S	S	SL	O	OL	Q	QL
	pre*						
pH 1:2 H ₂ O	6.59	7.43,	7.21,	7.06,	6.5,	7.31,	7.61, 7.78
		7.63	7.53	7.17	6.93	7.23	
K int cmol ⁻¹ kg acetato amonio 1 N pH7	0.55	0.99,	1.22,	3.2,	1.15,	1.01,1	0.85, 0.97
		0.97	0.97	1.32	1.05	.05	
Ca int cmol ⁻¹ kg acetato sodio 1N	10.02	21.3,	20.9,	22.5,	30.6,	20.3,	20.2, 19.3
		18.7	20.0	22.5	30.1	17.1	
Mg int cmol ⁻¹ kg acetato sodio 1N	1.41	1.7,	1.69,	4.65,	3.58,	1.49,	1.64, 1.59
		1.58	1.62	2.85	3.54	1.26	
CIC cmol ⁻¹ kg acetato amonio 1 N pH7	13.54	12.0,	11.8,	13.7,	13.6,	10.3,	9.0, 11.0
		10.9	11.3	12.5	14.2	9.3	
Na int cmol ⁻¹ kg acetato sodio 1N	1.75	nd	nd	nd	nd	nd	nd
P disp. Bray-Kurtz mg ⁻¹ kg (Olsen post.experimento y Bray-Kurtz en OL)	17.69	37.0,	46.5,	163,	173,	29.8,	33.6, 36.6
		42.2	38.7	108	334	18.7	
N %	0.16	0.19,	0.13,	0.33,	0.36,	0.16,	0.14, 0.12
		0.10	0.14	0.30	0.39	0.13	
C %	2.3	3.26,	2.75,	3.98,	4.12,	2.89,	2.8, 2.68
		2.68	2.77	3.81	4.27	2.84	
Materia orgánica %	4.04	5.62,	4.75,	6.56,	7.10,	4.9,	4.8, 4.62
		4.49	4.69	6.47	7.37	4.79	

*S pre: Valores antes del experimento

7.2. Apéndice 2. Lombrices geófagas inoculadas

En ambos cultivos, las lombrices fueron inoculadas en agosto y sobrevivieron a las condiciones de otoño e invierno, aunque se esperaba que no resistieran debido a su temperatura ideal registrada. Al final del experimento, además de *P. corethrurus*, se encontraron más especies de lombrices de tierra, que fueron identificadas como: *Eisenia andrei*, que pudo haber llegado como cocones dentro de la lombricomposta y *Microscolex dubius*, que probablemente se encontraba dentro del suelo ocupado al inicio del experimento.

7.2.1. Densidad y biomasa final de lombrices en el cultivo de lechuga

Como se puede ver en las Figuras 7.2.1 y 7.2.2, hubo un porcentaje de aumento muy grande en densidad (desde 142 hasta 300%; Tabla 7.2.1.) y biomasa (desde 14 hasta 55%; Tabla 7.2.2.) en el cultivo de lechuga. Esto probablemente se debió a las condiciones favorables de temperatura y pH en el verano y otoño. Los menores incrementos de biomasa indican que las poblaciones no crecieron tanto, debido quizás a que la especie utilizada está mucho mejor adaptada a ambientes tropicales más cálidos.

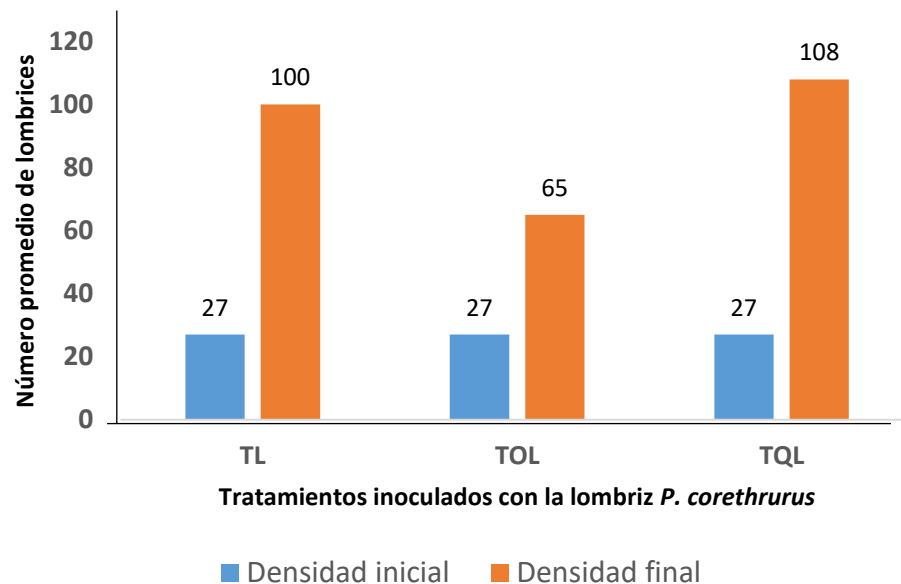


Figura 31. Densidad inicial y final de lombrices en los diferentes tratamientos en el cultivo de lechuga 71 ddt (días después del trasplante).

Tabla 7.2.1. Densidad inicial y final de lombrices geófagas, así como su porcentaje de aumento en los diferentes tratamientos en el cultivo de lechuga 71 ddt.

Tratamiento	Densidad inicial	Densidad final	% aumento
SL	27	100	270%
OL	27	65	142%
QL	27	108	300%

ddt: días después del trasplante.

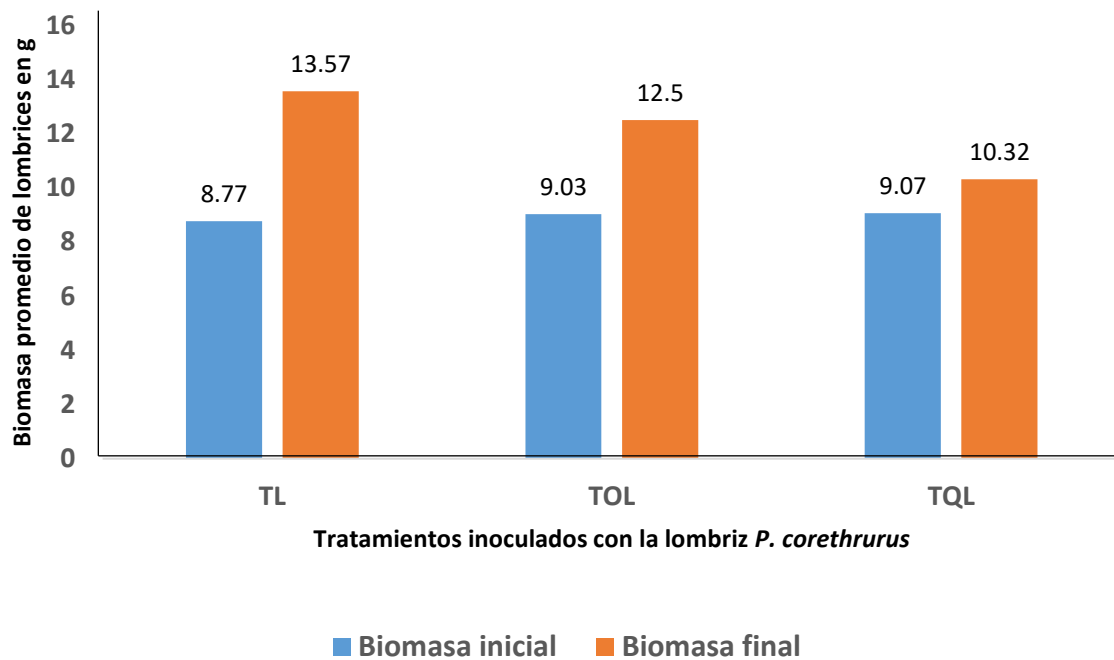


Figura 32. Biomasa inicial y final de lombrices en gramos (g) en los diferentes tratamientos en el cultivo de lechuga.

Tabla 7.2.2. Biomasa inicial y final de lombrices geófagas en gramos, así como su porcentaje de aumento en los tratamientos del cultivo de lechuga 71 ddt.

Tratamiento	Biomasa inicial (g)	Biomasa final (g)	Aumento %
SL	8.77	13.57	55%
OL	9.03	12.5	38%
QL	9.07	10.32	14%

ddt: días después del trasplante

7.2.1.1. Capullos de lombrices geófagas encontrados en lechuga

Como se puede observar en la figura 7.2.3., el tratamiento orgánico fue en el que más se contabilizaron capullos, con un número total de 236 capullos en promedio por tratamiento, en comparación con el tratamiento químico, en el que sólo se contabilizaron 110 capullos en promedio por tratamiento. Para el tratamiento SL, sólo suelo, se contabilizaron en promedio 174 capullos en promedio por tratamiento. Los resultados indican la plasticidad de la lombriz a diferentes tipos de suelo y condiciones de clima.

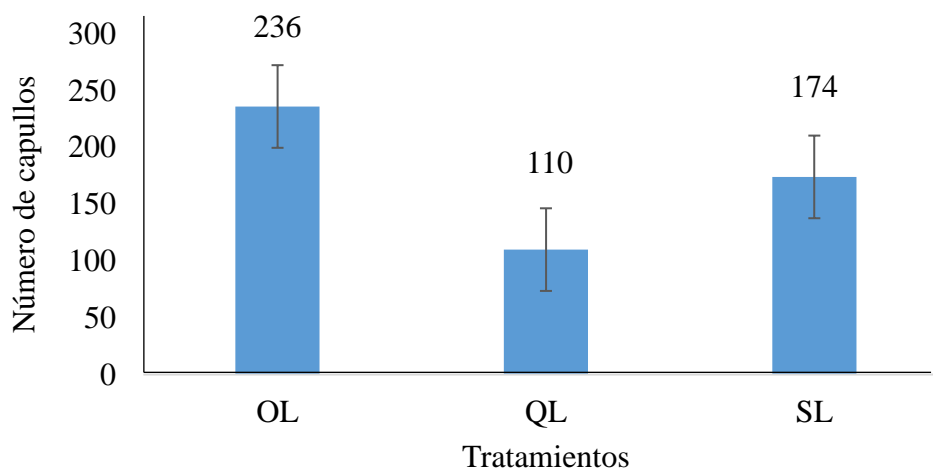


Figura 33. Densidad de capullos encontrados para cultivo de lechuga de traspatio a los 71 ddt.

7.2.2. Densidad y biomasa final de lombrices en el cultivo de calabaza

Por lo que respecta al conteo de lombrices dentro del cultivo de calabaza, también hubo un aumento importante (Figura 7.2.4.) en la densidad de la población, con porcentajes de incremento 195 a 137 % (Tabla 7.2.3.). A diferencia del cultivo de lechuga, sin embargo, la biomasa no solo no aumentó, sino que disminuyó en los tres tratamientos (Figura 7.2.5.), con porcentajes de pérdida entre 28 y 43% (Tabla 7.2.4.) pero no fue así para los resultados de biomasa, probablemente debido a que la generación que se analizó tenía un peso muy bajo aún, pues acababan de emerger de los capullos.

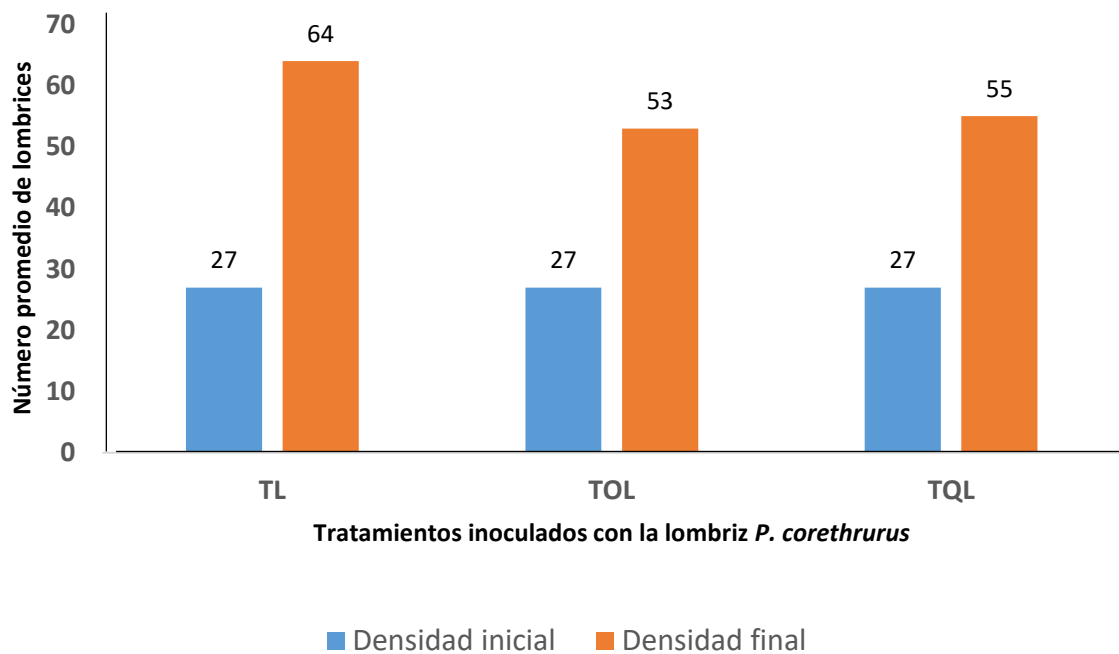


Figura 34. Densidad inicial y final de lombrices en los diferentes tratamientos en el cultivo de calabaza a los 109 dds.

Tabla 7.2.3. Valores absolutos de densidad inicial y final de lombrices geófagas, así como su porcentaje de aumento dentro de las unidades experimentales del cultivo de calabaza 109 dds.

Tratamiento	Densidad inicial	Densidad final	% aumento
SL	27	64	137%
OL	27	53	95%
QL	27	55	104%

dds: días después de la siembra.

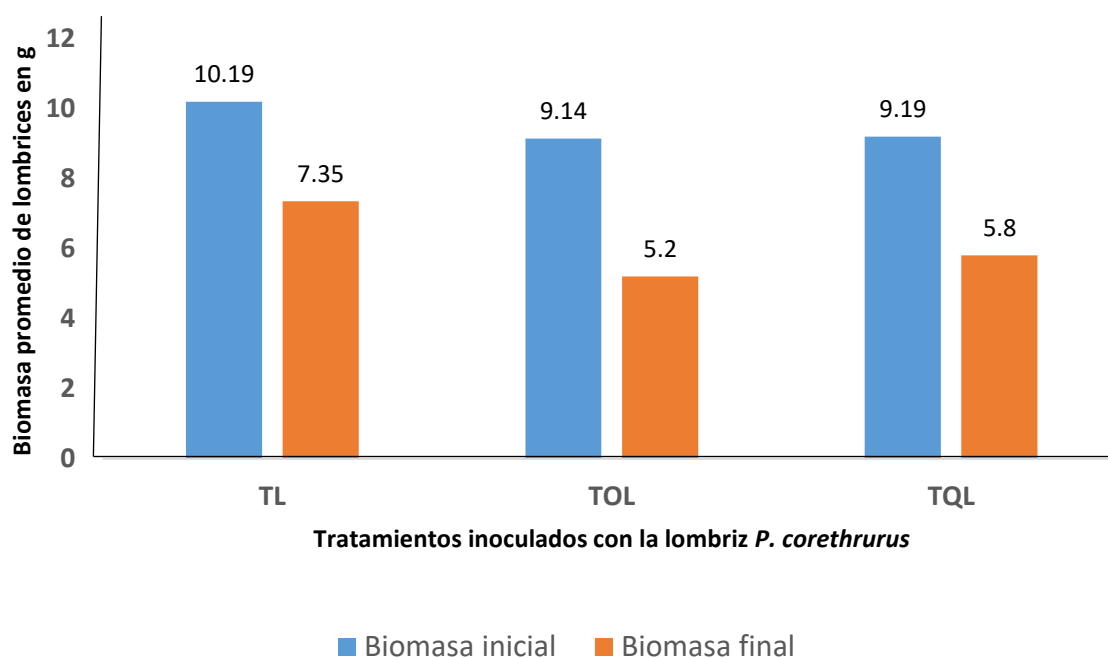


Figura 35. Biomasa inicial y final de lombrices en gramos en los diferentes tratamientos en el cultivo de calabaza 109 dds.

Tabla 7.2.4. Biomasa inicial y final de lombrices geófagas en gramos, así como su porcentaje de aumento en los diferentes tratamientos en el cultivo de calabaza 109 dds.

Tratamientos	Biomasa inicial (g)	Biomasa final (g)	Dif. / biomasa inicial y final	% pérdida
SL	10.19	7.35	-2.84	28%
OL	9.14	5.2	-3.94	43%
QL	9.19	5.8	-3.41	37%

dds: días después de la siembra.

7.2.2.1. Capullos de lombrices geófagas encontrados en calabaza

Como se puede observar en la figura 7.2.6. el tratamiento con suelo (SL) fue en el que más se contabilizaron capullos, con un número total de 149 capullos en promedio por tratamiento, en comparación con el tratamiento orgánico (O), en el que sólo se contabilizaron 128 capullos en promedio por tratamiento. Para el tratamiento químico (Q), se contabilizaron en promedio 135 capullos por tratamiento. En comparación con el tratamiento de lechuga, el cultivo de calabaza tuvo una menor densidad de lombrices, probablemente porque éstas no se contabilizaron de forma inmediata después del corte sino casi 50 días después de éste, en comparación con el cultivo de lechuga, que fue analizada a los 28 días del corte, por lo que las bajas temperaturas de otoño, además de densidad y biomasa de lombrices, posiblemente también afectaron la producción de capullos.

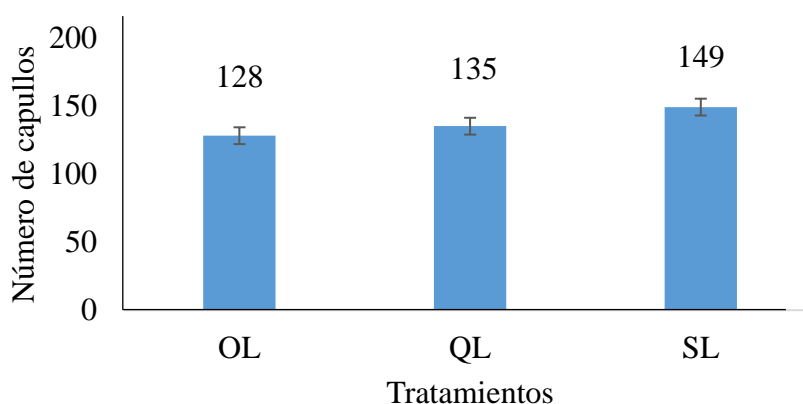


Figura 36. Densidad de capullos encontrados en el cultivo de calabaza de traspatio a los 109 dds.

7.3. Apéndice 3. Características químicas de la lombricomposta.

Tabla 7.3.1. Tabla de nutrientes de lombricomposta en porcentajes

NUTRIENTES	PORCENTAJE %
MATERIA ORGÁNICA	30 – 70
ÁCIDOS FÚLVICOS	14 – 30
ÁCIDOS HÚMICOS	2.8 – 5.8
CARBONO ORGÁNICO	14 – 30
NITRÓGENO TOTAL	1.5 – 2.8
POTASIO	1 – 1.5
FÓSFORO	2 – 2.5
CALCIO	2 – 2.8
MAGNESIO	1 – 1.5
SODIO	0.02
COBRE	0.05
HIERRO	0.02
MANGANESO	0.06
RELACIÓN C/N	10 - 11

(Rivas, 2020)

Tabla 7.3.2. Parámetros para una cosecha ideal de lombricomposta.

pH	6.7 – 7.3
Materia orgánica	>28%
Nitrógeno	>2%
Relación C/N	9 – 13%
Cenizas	<27%

(Rivas, 2020)