BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

INSTITUTO DE CIENCIAS

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS AGRÍCOLAS LIMPIAS

TECNOLOGÍAS LIMPIAS EN CULTIVO DE CHILE SERRANO NATIVO (*Capsicum annum* L.) EN LA SIERRA NORTE DE PUEBLA

Tesis para obtener el título de

MAESTRO EN TECNOLOGÍAS AGRÍCOLAS LIMPIAS

PRESENTA

CÉSAR MONTES REYES

DIRECTOR

DR. ROLANDO RUEDA LUNA

CODIRECTOR

M.C. MIRIAM ROMERO HERNÁNDEZ

Puebla, Puebla, México. Junio 2025

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

INSTITUTO DE CIENCIAS

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS AGRÍCOLAS LIMPIAS

TECNOLOGÍAS LIMPIAS EN CULTIVO DE CHILE SERRANO NATIVO (*Capsicum annum* L.) EN LA SIERRA NORTE DE PUEBLA

Tesis para obtener el título de

MAESTRO EN TECNOLOGÍAS AGRÍCOLAS LIMPIAS

PRESENTA

CÉSAR MONTES REYES

ASESORES:

ASESOR: DR. JUAN JOSÉ LUNA GUEVARA

ASESOR: DR. MARCO ANTONIO MARÍN CASTRO

ASESOR: M.C. JOSÉ ADRIÁN SALDAÑA MUNIVE

Puebla, Puebla, México. Junio 2025

BUAP

Oficio No. MTAL/09 /2025

Mtro. Alfredo Avendaño Arenaza
Director General de Bibliotecas
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Presente

Por este conducto me permito comunicarle que el proyecto de titulación denominado **"TECNOLOGIAS LIMPIAS EN CULTIVO DE CHILE SERRANO NATIVO (*Capsicum anuum* L)",** realizado por el **alumno Montes Reyes César**, con número de matrícula **223470197**, tiene el mérito suficiente para que pueda ser defendido en el examen de grado de Maestría en Tecnologías Agrícolas Limpias.

Por tal motivo se autoriza la impresión definitiva de este trabajo, al mismo tiempo que se le solicita, tenga a bien autorizar los trámites correspondientes para que pueda efectuarse el examen de grado correspondiente, mismo que se llevará a efecto el miércoles 09 julio de 2025, a las 12:00 horas, en el Edificio1IC3, salón 101, ubicado en Centro de Investigación en Ciencias Agrícolas ICUAP Avenida 14 sur 6301 C.U.

El comité tutorial está integrado como a continuación se detalla:

Dr. Rolando Rueda Luna	Director
M.C. Miriam Romero Hernández	Co-Director
Dr. Marco Antonio Marín Castro	Asesor
M.C. José Adrián Saldaña Munive	Revisor
Dr. Juan José Luna Guevara	Revisor Externo.

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente
"Pensar bien, para vivir mejor"
H. Puebla de Z., a 25 de junio de 2025

Dr. Marco Antonio Marín Castro.
Coordinador de la Maestría en MTAL

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA · MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS AGRÍCOLAS LIMPIAS · 1578

La presente tesis titulada: **TECNOLOGÍAS LIMPIAS EN CULTIVO DE CHILE SERRANO NATIVO (*Capsicum annum* L.) EN LA SIERRA NORTE DE PUEBLA**, realizada por Cesar Montes Reyes ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el grado de:

MAESTRO EN TECNOLOGÍAS AGRÍCOLAS LIMPIAS

INSTITUTO DE CIENCIAS

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CONSEJO PARTICULAR INTEGRADO POR: FIRMA

DIRECTOR: Dr. ROLANDO RUEDA LUNA

CODIRECTOR: M.C. MIRIAM ROMERO HERNÁNDEZ

ASESOR: DR. JUAN JOSÉ LUNA GUEVARA

ASESOR: DR. MARCO ANTONIO MARÍN CASTRO

ASESOR: M.C. JOSÉ ADRIÁN SALDAÑA MUNIVE

Puebla, Puebla, México. Junio de 2025

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

INSTITUTO DE CIENCIAS BUAP

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS AGRÍCOLAS LIMPIAS

El trabajo de investigación denominado. **Tecnologías limpias en cultivo de chile serrano nativo (*Capsicum annum* L.) en la sierra norte de Puebla**, realizado en terrenos del municipio de Tlaola, Puebla y en instalaciones del Centro de Investigación en Ciencias Agrícolas (CICA-ICUAP) y dentro del Programa de la Maestría en Tecnologías Agrícolas Limpias del Instituto de Ciencias, se llevó a cabo en colaboración con los:

Cuerpo Académico: **BUAP CA-176 Innovación en Tecnología para el Desarrollo de Productos Alimenticios**.

Cuerpo Académico: **BUAP CA-093 Evaluación Manejo y Conservación de Sistemas Agroproductivos y Forestales** del Centro de Investigación en Ciencias Agrícolas, a través de la LGAC de Fitotecnia y Manejo de Suelos y Agroecosistemas.

Cuerpo Académico: **BUAP CA-384 Geoquímica, Geomática y Prospectiva Ambiental** del Centro de Investigación en Ciencias Agrícolas.

Puebla, Puebla, México. Junio de 2025

AGRADECIMIENTOS

A cada uno de los miembros de mi familia y a todas aquellas personas que contribuyeron para que cumpliera este objetivo en mi formación profesional. Gracias

A mi Alma Mater, la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, al Centro de Investigación en Ciencias Agrícolas del Instituto de Ciencias BUAP y a la Maestría en Tecnologías Agrícolas Limpias.

De manera especial al Dr. Rolando Rueda Luna por la confianza en mi y en mi proyecto, por haberme brindado un espacio dentro de su grupo de trabajo para realizar mi investigación siendo el mi director de Tesis, por compartirme sus conocimientos y sobre todo por brindarme su amistad, su tiempo, su paciencia y por estar siempre impulsándome a lo largo de mi formación académica, siempre estaré agradecido.

Agradezco a la M.C. Miriam Romero Hernández por su apoyo incondicional durante mi trayectoria en el posgrado, por su confianza y consejos, por la amistad que me ha brindado y sobre todo por sus conocimientos compartidos y aportaciones a mi proyecto.

Al M.C. Abel Cruz Montalvo por siempre estar dispuesto a apoyarme en la realización de los análisis químicos de mi proyecto, por su amistad, sus consejos y comentarios oportunos en cada una de las etapas de mi trabajo.

A la Dra. María del Consuelo Flores Yáñez por su apoyo, su amistad, sus conocimientos y aportaciones a mi proyecto.

Al M.C. Rodolfo Machorro Reyes por su amistad y apoyo en mi trabajo de investigación.

A la Bióloga. Itzel Reyes Iturbide por su amistad y colaboración durante el desarrollo de los experimentos en laboratorio.

DEDICATORIA

†A ese gran hombre que me inculco el amor al campo, siempre fue ejemplo de trabajo, honestidad, dedicación y lucha, a ti Papá Prof. Macario O. Montes Tetzonquila.

A mi Madre Alicia Reyes Gayosso que me dio la vida y ha estado presente apoyándome a lo largo de esta trayectoria académica en todos los aspectos y principalmente por confiar en mí, por prestarme sus terrenos para realizar mis experimentos.

A mis hermanos, Tomas, Macario, Oscar, Ramiro y a mis Hermanas, Xóchitl, Tere, Tlauiskalotl y Aurea. Porque a pesar de no estar cerca todo el tiempo siempre están al pendiente de mí y de mi pequeña familia, gracias por su apoyo los quiero mucho.

A mi amada esposa Tatiana Aguilar de la Cruz por siempre animarme a seguir adelante en este sendero académico, por todo el apoyo que me has dado, por la confianza en mis proyectos, por todo el amor y dedicación a nuestra familia Te amo.

A mis hijos que son la fuerza que impulsa mi vida, mi princesa Orquídea Itzayana y mi pequeño Anak Macario…. he Cumplido.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN 3
II. JUSTIFICACIÓN 6
III. OBJETIVOS 7
3.1 Objetivo general 7
3.2 Objetivos particulares 7
IV. HIPÓTESIS 7
V. REVISIÓN DE LITERATURA 8
5.1 Agricultura tradicional 8
5.2 Daños Ambientales Relacionados a las Prácticas Tradicionales 9
5.3 Tecnologías Limpias Aplicadas a la Agricultura 11
5.4 La Agricultura Ecológica o Agroecología 13
5.4.1 Ventajas de la Agroecología 13
5.5 Agricultura regenerativa 14
5.6 Prácticas agrícolas para implementar agricultura regenerativa 15
5.6.1 Sistema de policultivos 15
5.6.2 Cultivos de cobertura 16
5.6.3 Rotación de cultivos 17
5.6.4 Sistemas de labranza mínima 17
5.6.5 Manejo integrado de plagas (MIP) 18
5.6.6 Manejo de malezas 19
5.7 Enfermedades de los cultivos 19
5.8 Materia Orgánica 20
5.8.1 Abonos orgánicos (Gallinaza) 20
5.9 Organismos del suelo 21
5.10 Origen del chile (*Capsicum annuum* L) 21
5.11 Clasificación taxonómica 22
5.12 Variedades de *Capsicum annum* L. 23
5.13 Producción de chile a nivel mundial 24
5.14 Producción del chile en México 25
5.15 Producción de chile serrano en el estado de Puebla 25
5.16 El chile serrano 26
5.16.1 Contenido nutrimental en fruto de chile serrano 26
5.16.2 Calidad organoléptica en fruto de chile serrano 27

5.16.3 Requerimientos ambientales 27
5.16.4 Suelo para cultivo de chile serrano 28
5.16.5 Fertilización en planta de chile serrano 29
5.17 Fisiopatías 29
5.17.1 Cracking 30
5.17.2 Daños ocasionados por altas temperaturas 30
5.17.3 Planchado 30
5.17.4 Defectos y malformación en frutos 31
5.18 Temporada de siembra 31
5.18.1 Siembra directa 31
5.18.2 Trasplante de plántulas de chile 32
5.19 Cosecha de chile 32
VI. MATERIAL Y MÉTODOS 33
6.1 Ubicación del municipio de Tlaola 33
6.1.1 Establecimiento del experimento en campo 39
6.1.2 Siembra Tradicional 39
6.1.3 Siembra Directa y Trasplante 40
6.2 Variables evaluadas 42
6.3 Características organolépticas del fruto de chile 42
6.4 Análisis de suelo 43
6.5 Contenido nutrimental de la planta 43
6.6 Método de digestión ácida en microondas 43
6.7 Análisis de macronutrientes 43
6.8 Determinación de Nitrógeno por Método Kjeldahl 44
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 45
VIII. CONCLUSIONES 81
IX. LITERATURA CITADA 83
X. ANEXO 1. ARCHIVO FOTOGRÁFICO DEL EXPERIMENTO 91

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 5.11. 1. Clasificación taxonómica de la planta del chile serrano (*Capsicum. Annum* L.)…. 23

Cuadro 5.16.1.2. Contenido nutrimental en 100 g de fruto fresco de chile serrano. 27

Cuadro 5.16.3.3. Requerimientos para alcanzar el crecimiento optimo en plantas de *Capsicum annuum.* 28

Cuadro 6.1.4: Análisis fisicoquímico de las muestras de suelo de la zona de estudio Predio Tzintlakotla Tlaola. 37

Cuadro 7.5. Evaluación de los parámetros de producción total de chile serrano. Datos acumulados de 2 fechas de corte. 46

Cuadro 7.6. Interacción. Media y significancia para los parámetros de producción total de chile serrano. Datos acumulados de 2 fechas de corte. 47

Cuadro 7.7. Evaluación de los parámetros de producción comercial y fisiopatías en frutos de chile serrano clasificados de primera. Datos acumulados de 2 fechas de corte. 49

Cuadro 7.8. Interacción. Media y significancia para los parámetros de producción comercial y fisiopatías en frutos de chile serrano clasificados de primera. Datos acumulados de 2 fechas de corte. 50

Cuadro 7.9. Evaluación de los parámetros de producción comercial y fisiopatías en frutos de chile serrano clasificados de segunda. Datos acumulados de 2 fechas de corte. 52

Cuadro 7.10. Interacción. Media y significancia para los parámetros de producción comercial y fisiopatías en frutos de chile serrano clasificados de segunda. Datos acumulados de 2 fechas de corte. 53

Cuadro 7.11. Evaluación de los parámetros de producción comercial y fisiopatías en frutos de chile serrano clasificados de tercera. Datos acumulados de 2 fechas de corte. 55

Cuadro 7.12. Interacción. Media y significancia para los parámetros de producción comercial y fisiopatías en frutos de chile serrano clasificados de tercera. Datos acumulados de 2 fechas de corte. 56

Cuadro 7.13. Evaluación de los parámetros de firmeza de frutos, numero de semillas y características organolépticas en frutos de chile serrano. Datos acumulados de 2 fechas de corte. 57

Cuadro 7.14. Evaluación de los parámetros de producción total de chile serrano. Datos acumulados de 6 fechas de corte. 59

Cuadro 7.15. Interacción. Media y significancia para los parámetros de producción total de chile serrano. Datos acumulados de 6 fechas de corte. 60

Cuadro 7.16. Evaluación de los parámetros de producción comercial y fisiopatías en frutos de chile serrano clasificados de primera. Datos acumulados de 6 fechas de corte. 62

Cuadro 7.17. Interacción. Media y significancia para los parámetros de producción comercial y fisiopatías en frutos de chile serrano clasificados de primera. Datos acumulados de 6 fechas de corte. 63

Cuadro 7.18. Evaluación de los parámetros de producción comercial y fisiopatías en frutos de chile serrano clasificados de segunda. Datos acumulados de 6 fechas de corte. 65

Cuadro 7.19. Interacción. Media y significancia para los parámetros de producción comercial y fisiopatías en frutos de chile serrano clasificados de segunda. Datos acumulados de 6 fechas de corte. 66

Cuadro 7.20. Evaluación de los parámetros de producción comercial y fisiopatías en frutos de chile serrano clasificados de tercera. Datos acumulados de 6 fechas de corte. 68

Cuadro 7.21. Interacción. Media y significancia para los parámetros de producción comercial y fisiopatías en frutos de chile serrano clasificados de tercera. Datos acumulados de 6 fechas de corte. 69

Cuadro 7.22. Evaluación de los parámetros de firmeza de frutos, numero de semillas y características organolépticas en frutos de chile serrano. Datos acumulados de 6 fechas de corte. 71

Cuadro 7.23. Evaluación del análisis en raíz de planta de chile serrano durante la etapa fenológica de floración. 73

Cuadro 7.24. Interacción. Media y significancia del análisis en raíz de planta de chile serrano durante la etapa fenológica de floración. 74

Cuadro 7.25. Evaluación del análisis en tallo de planta de chile serrano durante la etapa fenológica de floración. 76

Cuadro 7.26. Interacción. Media y significancia del análisis en tallo de planta de chile serrano durante la etapa fenológica de floración. 77

Cuadro 7.27. Evaluación del análisis en hoja de planta de chile serrano durante la etapa fenológica de floración. 79

Cuadro 7.28. Interacción. Media y significancia del análisis en hoja de planta de chile serrano durante la etapa fenológica de floración. 80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de chiles referente a la escala Scoville. SIAP, (2019). 24

Figura 2. Ubicación y Climas del municipio de Tlaola dentro del estado de Puebla. Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico 2010, versión 4.3. Escala 1: 250 000 serie II. 33

Figura 3. Uso de suelo y vegetación del municipio de Tlaola Puebla. Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico 2010, versión 4.3. Escala 1: 250 000 serie II. 34

Figura 4. Suelos predominantes del municipio de Tlaola Puebla. Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico 2010, versión 4.3. Escala 1: 250 000 serie II. 35

Figura 5. Carta edafológica serie II, 1: 200 000 Poza Rica de Hidalgo F14-12 INEGI, (2013). 38

Figura 6. Practica tradicional Roza en predio de cultivo de siembra directa. 91

Figura 7. Practica tradicional Tumba de árboles en predio de cultivo tradicional. 91

Figura 8. Practica tradicional quema de residuos vegetales en cultivo tradicional. 92

Figura 9. Almacigo de chile serrano cubierto con hoja de helecho. 92

Figura 10. Practica de Barbecho o Ixtlaya con azadón en cultivo. tradicional. 92

Figura 11. Semilla en mata para cultivo de siembra directa. 92

Figura 12. Trasplante de plántula de chile serrano. 92

Figura 13. Plántula de chile de siembra directa a los 15 días después de siembra. 92

Figura 14. Practica de limpieza de cultivo de forma manual sin remover el suelo e incorporando cobertura vegetal. 92

Figura 15. Planta de chile serrano con frutos de primera calidad. 92

RESUMEN

Las tecnologías agrícolas limpias ayudan a disminuir la perdida de suelo y contaminación del aire y agua. Por ello, el objetivo de este trabajo fue implementar técnicas agrícolas en cultivo de chile serrano que no sean agresivas al ecosistema de bosque mesófilo de montaña. Se estableció un diseño factorial para 3 tipos de siembra, siembra directa (SD), siembra de trasplante (ST) y siembra tradicional (STR) con la incorporación de gallinaza (CG) y sin gallinaza (SG), con tres repeticiones de 6 plantas cada una. En los tratamientos de siembra directa y de trasplante donde se conservó la cobertura vegetal con adición de gallinaza sin mezclar al suelo, las plantas presentaron mayor producción total (713.16 g/U.R.) en comparación a las plantas sin incorporación de gallinaza (394.25 g/U.R.). La siembra directa con adición de gallinaza mejoró la clasificación comercial de frutos clasificados de primera calidad (123.83 g/U.R.). El análisis químico en hojas mostró mayor contenido de P y en la relación K/Ca+Mg en plantas cultivadas de forma tradicional con aplicación de gallinaza. Estos resultados indican que no es necesario realizar el desmonte del bosque mesófilo de montaña, ni la remoción del suelo y laboreo, para asegurar una buena producción del cultivo de chile serrano, ya que rendimientos similares se pueden alcanzar sin necesidad de alterar el ecosistema.

Palabras clave: chile serrano, gallinaza, prácticas agrícolas.

ABSTRACT

Clean agricultural technologies help reduce soil loss and air and water pollution. Therefore, the objective of this study was to implement agricultural techniques for serrano pepper cultivation that are not harmful to the mountain cloud forest ecosystem. A factorial design was established for three types of planting: direct seeding (DS), transplant seeding (TS), and traditional seeding (TS) with the addition of chicken manure (CG) and without chicken manure (SG), with three replicates of six plants each. In the direct seeding and transplant treatments, where the plant cover was maintained with the addition of chicken manure without mixing it with the soil, the plants showed higher total production (713.16 g/RU) compared to plants without the addition of chicken manure (394.25 g/RU). Direct seeding with the addition of chicken manure improved the commercial classification of fruits classified as premium quality (123.83 g/RU). Chemical analysis of leaves showed higher P content and a higher K/Ca+Mg ratio in plants traditionally cultivated with chicken manure. These results indicate that clearing the mountain cloud forest, soil removal, and tilling are unnecessary to ensure good serrano pepper production, as similar yields can be achieved without disturbing the ecosystem.

Keywords: serrano pepper, chicken manure, agricultural practices.

I. INTRODUCCIÓN

En la antigüedad cuando el hombre comenzó a labrar el suelo, sus actividades repercutieron muy poco sobre los ecosistemas naturales de nuestro planeta porque los residuos de sus cosechas agrícolas se reincorporaban en el mismo lugar de cultivo. Sin embargo la agricultura desde sus inicios ha progresado de forma constante, provocando la alteración de suelos por el uso inadecuado de prácticas agrícolas como la labranza y labores de cultivo que han llegado a alterar su estructura, así como la introducción de organismos fitopatógenos e insectos plaga de cultivos, la incorporación excesiva de fertilizantes y la introducción de especies mejoradas genéticamente, que no siempre ha sido tan eficiente en lo productivo como económicamente rentable (Sandia *et al*., 1999). No obstante, a causa del incremento poblacional y aumento en el nivel de vida mundial, ha traído como consecuencia la progresiva demanda de alimentos y es en este escenario que surge la exigencia de la extensión de zonas productivas que se han conseguido mediante deforestación de considerables áreas de bosque, lo que ha provocado pérdida de la biodiversidad. Asimismo, la degradación y disminución de la fertilidad del suelo; y en consecuencia, el daño ecológico que se ha provocado con la agricultura moderna ha sido drástico (Tuk *et al*., 1976; Gabaldon, 1998). En las últimas décadas se ha cuestionado sobre la sustentabilidad respecto a la forma en que se han venido realizando las prácticas agrícolas, tesis que se fundamenta en la aplicación excesiva de insumos agrícolas, pérdida de biodiversidad, daños a la salud humana y efectos negativos al medio ambiente. En consecuencia, se proponen alternativas de conservación como la agricultura regenerativa, buenas prácticas agrícolas, tecnologías agroecológicas, agricultura sostenible y tecnologías limpias enfocadas a la producción de alimentos, de carácter preventivo al impacto negativo causado por actividades humanas y como medio para conservar el equilibrio ecológico de regiones destinadas a la producción de alimentos (López, 2000; Rigby *et al*., 2001).

La planta de chile que se produce en México, al que se considera el centro y domesticación de la especie *Capsicum annuum* L., evidencia una relevancia cultural y agronómica, como también nutricional y económica. Si bien, se han originado frutos de gran diversidad en forma, tamaño y coloración en la planta, actualmente existen variedades nativas de las cuales existe la necesidad e importancia de estudiar y lograr su preservación. A este producto se le conoce comúnmente como chile verde, porque su consumo principal es en fresco y es

nombrado de acuerdo con la región serrana donde se le cultiva de origen, como es la sierra norte de Puebla e Hidalgo. Es importante mencionar que los campesinos optan por cultivar variedades nativas debido a que presentan mejor sabor, picor y aroma que las variedades hibridas (Macías-Rodríguez *et al*., 2013). A nivel mundial (FAOSTAT, 2023) y en México (SIAP, 2023) al chile serrano lo engloban dentro del grupo de chile verde, sin existir una sectorización de esta hortaliza. Así, China es el principal productor con 17,134,480.1 t, seguido de México con 3,681,614.7 t, Turquía con 3,081,010 t, Indonesia con 3,061,260.4 t y España con una producción de 1,389,830 t. Los países con importaciones de mayor significancia son Alemania, Francia, EE. UU, Reino Unido, Canadá y Holanda (Azofeifa y Moreira, 2008; FAOSTAT, 2023). De acuerdo a datos reportados por el SIAP (2023) a nivel nacional México reportó una superficie sembrada de 173,869.11 hectáreas con una producción de 3,681,614.7 toneladas y un rendimiento de 21.26 t ha^{-1}, destacan principalmente los estados de Chihuahua con una superficie sembrada de 39,355.90 ha y una producción de 836,619.66 toneladas alcanzando un rendimiento de 21.41 t ha^{-1}, Sinaloa con 16,888.70 ha y 813,081.23 toneladas, con rendimiento de 48.14 t ha^{-1}, Zacatecas con 38,614.23 ha y una producción de 497,772.23 toneladas y 12.89 t ha^{-1}, y San Luis Potosí con 26,271.00 ha sembradas con una producción de 348,651.21 toneladas y rendimiento de 13.35 t ha^{-1}.

Particularmente en el estado de Puebla si existe una sectorización del chile serrano, donde el municipio con mayor superficie sembrada de esta hortaliza es Tlaola con 497 ha y un rendimiento de 5.38 t ha^{-1}, seguido de los municipios de Huauchinango con 242.2 ha y alcanzando 6.32 t ha^{-1} en rendimiento, Chiconcuautla con 197.58 ha y un rendimiento de 5.43 t ha^{-1} y Tlapacoya con 107.18 ha sembradas y 5.58 t ha^{-1} de rendimiento (SIAP, 2023). En esta región los agricultores aún realizan actividades agrícolas de manera tradicional mediante la práctica muy cuestionada de “roza, tumba y quema”, con la intención de encontrar suelos más productivos, con alto contenido de materia orgánica para favorecer cultivos de hortalizas y café, principalmente, prácticas que repercuten severamente en la deforestación, erosión, pérdida de biodiversidad y contaminación del agua y aire. Estas prácticas tradicionales se han considerado poco factibles para la producción de chile serrano porque han causado alteración significativa en el ecosistema, y surge la necesidad de diseñar técnicas que mejoren las actividades tradicionales implementando protocolos agroecológicos. Por ello, este

proyecto tiene como objetivo implementar técnicas agrícolas en el cultivo de chile serrano que sean amigables con el medio ambiente.

II. JUSTIFICACIÓN

En la sierra norte de Puebla se localiza el municipio de Tlaola, el cual se ubica dentro de la Región Hidrológica Prioritaria (RHP) "Rio Tecolutla" y dentro de la Región Terrestre Prioritaria (RTP) "Bosques Mesófilos de la Sierra Madre Oriental", la Comisión Nacional para Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), considera las RTP, como unidades territoriales estables, de la cual su riqueza de ecosistema suele ser específica y mayor que en el resto del país, para el desarrollo de planes de conservación, uso y manejo sostenible, así como de investigación. De igual manera los programas de RHP y Regiones Marinas Prioritarias (RMP) asientan una gama de planteamientos realizados por la CONABIO para fomentar a nivel nacional, el conocimiento y conservación de la biodiversidad de México. Tlaola es un municipio indígena perteneciente a la etnia Nahuatl, con altos índices de marginación, pobreza extrema y gran rezago social. La única fuente de ingreso económico es la actividad agrícola, en particular el cultivo de chile serrano y café; además de sembrar maíz, frijol, tomate y cacahuate, para autoconsumo. Por desconocimiento los agricultores en cada ciclo de cultivo talan grandes áreas de bosque mesófilo de montaña, en la búsqueda de suelos altamente productivos para establecer sus cultivos, llevando a cabo prácticas tradicionales de "roza, tumba y quema", con la aplicación inadecuada de insumos agrícolas y una fertilización excesiva. Estas acciones ejercen un impacto significativo en los sistemas naturales que se manifiestan en la alteración de zonas conservadas del bosque, que por cambio de uso del suelo, provocan alteración de su estructura que a su vez promueve la degradación y erosión de la capa superficial afectando su capacidad productiva, contaminándolo con efectos en el agua y aire, y con ello pérdida de biodiversidad. Asimismo, la planta a cielo abierto es susceptible a organismos fitopatógenos, insectos plaga y la exposición del suelo en su superficie al calentamiento por la radiación solar. Por consiguiente, existe la necesidad de realizar experimentos en el municipio de Tlaola para implementar actividades agroecológicas de los bienes naturales, basadas en el conocimiento tradicional y manejo integral de la agricultura y los bosques con el desarrollo de técnicas fundamentadas en la recuperación de la fertilidad de suelo, promover policultivos, y mantener cobertura vegetal, además de conservar variedades nativas que contribuyan al sostenimiento de biodiversidad a largo plazo, a través de tecnologías limpias y buenas prácticas agrícolas que prioricen alcanzar la seguridad alimentaria.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Implementar técnicas agrícolas sustentables en cultivo de chile serrano que disminuyan la degradación del suelo y contaminación del aire y agua.

3.2 Objetivos particulares

1. Mantener cobertura vegetal y evaluar su influencia sobre el cultivo de chile serrano.

2. Valorar el uso y eficiencia del uso de gallinaza en el cultivo.

3. Evaluar distintos tipos de siembra: directa, trasplante y tradicional.

4. Evaluar rendimiento y calidad en fruto de chile serrano.

5. Medir la concentración de macronutrientes en planta de chile serrano.

IV. HIPÓTESIS

La implementación y mejora de buenas prácticas agrícolas en el cultivo de chile serrano, influye en el comportamiento agronómico y calidad organoléptica, al mismo tiempo disminuye la degradación del suelo y contaminación del agua y aire.

V. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1 Agricultura tradicional

Como menciona Ruthenberg (1971) a nivel mundial aproximadamente el 60% de superficie destinada a la agricultura aún se aprovecha a través de técnicas tradicionales y de subsistencia, estas formas de cultivo se han mantenido por años de desarrollo cultural y biológico, y se han adecuado a condiciones regionales. De esta manera pequeños productores han desarrollado sistemas integrales para sus cultivos que por años se han beneficiado cubriendo necesidades de supervivencia, aun con adversidades ambientales en predios de baja productividad, con poca humedad, fácil inundación y compactación, subsistiendo con pocos recursos sin recurrir a la tecnología e insumos agrícolas sintéticos, lo que constituye un sistema de producción destinado únicamente para autoconsumo. Los agricultores han realizado diversas prácticas para eficientar el rendimiento de sus cultivos a largo plazo, en lugar de incrementarlo en un corto periodo de tiempo (Gliessman *et al*., 1981), los recursos para hacer producir sus terrenos, se generan en zonas locales y los jornales se realizan por la fuerza de trabajo de seres humanos o animales cuya alimentación se basa en productos de la misma región, cultivar bajo estas condiciones ha hecho que los pequeños productores valoren los alimentos que ellos mismos producen (Wilken, 1977). Por otro lado, Argueta (2016) señala que el conocimiento tradicional de campesinos se fortalece de saberes ancestrales, locales, de idioma y cultura, siendo un medio para resolver necesidades y problemáticas regionales y mundiales de salud, alimentación y medio ambiente, estos conocimientos agrícolas tradicionales responden a condiciones de cada región abarcando aspectos fisiográficos, climáticos y edafológicos, considerándose como estrategias de supervivencia, así los productores que realizan agricultura tradicional son mucho más innovadores. Las diferencias de producción entre la Revolución Verde y el sistema de agricultura tradicional ciertamente son vastas puesto que los productores tradicionales consideran como un conjunto el sistema de producción agrícola y no solo los rendimientos en monocultivo como sucede en el sistema de la Revolución Verde. En países subdesarrollados los científicos empiezan a interesarse en el sistema tradicional, de manera particular en los métodos diferenciados a menor escala, indagando métodos para reparar deficiencias de las practicas convencionales. No obstante, esta transferencia de aprendizaje se debe exponer de manera inmediata, de no hacerlo, dicha riqueza del conocimiento de prácticas tradicionales se perderá definitivamente.

Actualmente distintas prácticas agrícolas, que han sido catalogadas como incorrectas o primitivas, se consideran actuales e idóneas por los investigadores. Debido a que existen dificultades como la baja fertilidad del suelo, heladas, inundaciones, plagas, enfermedades y pendientes muy pronunciadas, en distintos países los productores han diseñado técnicas agrícolas propias de manejo para aventajar estas restricciones, sin embargo, los productores tradicionales han vencido los daños por problemas ambientales en sus cultivos gracias a que han mejorado sus prácticas tradicionales (Knight, 1980).

5.2 Daños Ambientales Relacionados a las Prácticas Tradicionales

De acuerdo con el informe de la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2016), se debe tomar en cuenta que no todas las prácticas agrícolas tradicionales son benéficas para el medio ambiente ya que, por ejemplo, las prácticas de "roza, tumba y quema", al igual que el consumo excesivo de leña en regiones rurales provocan deforestación pese a que no se compara con emisiones de gases de efecto invernadero que se generan en la industria y las grandes ciudades. El desarrollo económico que comprende el aprovechamiento intencionado y controlado de una fracción de suelo en el que se acondicionan vegetales y animales con el objetivo de producir alimentos y provisiones esenciales para consumo humano e indispensables en el desarrollo de la civilización, se conoce como agricultura (Bifani, 1999). Esta transformo la forma nómada y actividad recolectora de la humanidad, hasta llevarla a la condición sedentaria, desde entonces el humano ha controlado y alterado los bienes naturales, favoreciendo su desarrollo en la sociedad (Sandia *et al*., 1999). La actividad agrícola trae como consecuencia la alteración de recursos naturales de nuestro planeta. Cualquier ecosistema natural posee resiliencia especifica que le da la capacidad de restaurarse independientemente del nivel de daño que presente, después de ser modificado por actividad humana. Así mismo, se observan distintos grados de recuperación de un ambiente modificado, mismos que pueden regenerarse a su forma natural alcanzando un cambio continuo y definitivo. El manejo inadecuado de un suelo conlleva principalmente a la alteración de cobertura vegetal original y a la introducción de especies generalmente distintas a las autóctonas, lo que provoca, una reducción del sistema natural además de un grave desgaste de la capa superficial del suelo (Bifani, 1999). Generalmente se ha comentado sobre la manipulación de características geomorfológicas en el suelo, que repercuten en procesos morfodinámicos como la erosión y movimiento de masas, que degradan la capa superficial

del suelo y reducen su productividad (Turk *et al*., 1976). Si en el área manipulada la capacidad de regeneración del ecosistema es alta y la actividad humana disminuye, se puede generar la restauración del sistema natural, por el contrario, si la actividad antropogénica es constante durante años y la frontera agrícola aumenta, se podría ocasionar la desertificación, como consecuencia de la tala masiva y la erosión. Sin embargo, (Berroterán y Zinck, 2000), mencionan que la agricultura se basa en indicadores que se fundamentan en cuatro criterios que son: eficiencia del agroecosistema, uso del recurso agua, agrodiversidad, y seguridad alimentaria. Como medida preventiva para garantizar la producción de cultivos a pesar de la variación en las condiciones del clima, los campesinos han adecuado sistemas de riego a sus necesidades de producción, dichos sistemas de riego alteran el suelo de dos formas y generalmente de forma irremediable, de manera directa por la construcción de canales, acequias, embalses, diques y presas y de manera indirecta por la modificación de leyes que regulan el aprovechamiento de agua, perdida de humedad del suelo y aumento en la concentración de sales como resultado del proceso de percolación, por lo tanto cuando el riego proviene de una fuente particular, ya sea manantial, río o riachuelo, ocasiona reducción y eliminación del cauce, lo que trae como consecuencia alteración del ecosistema y los ciclos biogeoquímicos; al usar aguas tratadas el impacto sería diferente pero no de menor gravedad, para ello debe pasar por procesos de tratamiento debido a la presencia de elementos químicos y microorganismos, antes de utilizarse en los cultivos. De acuerdo a (Turk *et al*., 1976) otro elemento impactante del sistema de riego es la distribución final de efluentes contaminados que, regularmente arrastran desechos químicos de insumos agrícolas a fuentes de agua destinadas al consumo humano. Seoánez (1998), menciona que otra consecuencia grave es el empobrecimiento nutrimental, cantidad y calidad de humus del suelo. Una forma de resolver el problema consiste en aplicar abonos orgánicos o fertilizantes químicos que modifican las condiciones fisicoquímicas del suelo, ocasionando aumento en la disponibilidad de elementos como el nitrógeno y potasio, que, al ser acarreados por escorrentía, pueden concentrarse en los embalses generando su eutrofización. Guzmán *et al.* (2000), afirman que los insecticidas de origen químico son altamente nocivos para el hombre a diferencia de los de origen natural, los compuestos organoclorados presentan alto grado de toxicidad, las causas más perjudiciales se presentan en el sistema inmunológico, reproductor y nervioso considerándose altamente cancerígenos, así como causantes de infertilidad y

asma. De acuerdo con lo reportado por la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2021) los biocidas causan intoxicación a 5 millones de jornaleros y mortalidad en más de 40 mil trabajadores del campo. No obstante, los campesinos siguen empleando este tipo de productos debido al alto grado de efectividad al disminuir el daño por plagas e incrementar la producción de sus cultivos. Sin embargo, en un periodo corto estos organismos generan resistencia a los plaguicidas, por lo que surge la necesidad en los productores de utilizar productos con mayor grado de toxicidad e incrementar las dosis en los cultivos. Bajo estas circunstancias, las plagas jamás son erradicadas y el uso de compuestos sintéticos disminuye la diversidad de insectos predadores que son benéficos en los cultivos. Así también la aplicación de insecticidas involucra un conjunto de actividades y manejo de productos que van desde el almacenamiento, transporte, distribución, aplicación, desecho de residuos y envases, durante dichas etapas existe posibilidad de ocasionar contaminación ambiental (Wilson y Tisdell, 2001).

5.3 Tecnologías Limpias Aplicadas a la Agricultura

Estas tecnologías de acuerdo con Seoánez, (1998) se basan en planteamientos que abarcan prácticas como la sustitución, reciclado, revalorización y recuperación, pueden ser demasiado simples, puesto que suele tratarse de un cambio muy sencillo en un procedimiento, así como muy complejas con grandes inversiones en experimentos previos. Un cambio muy sencillo puede ser la transformación de residuos orgánicos en abono a través de compostaje y de esta manera aumentar la productividad del suelo, asimismo, una modificación avanzada puede ser la implementación de biotecnología al utilizar organismos vegetales para elaborar insecticidas naturales, al igual que el uso de microorganismos como control biológico para combatir plagas y enfermedades. Los beneficios de emplear tecnologías limpias es disminuir la contaminación, los métodos son permanentes, eficaces, fiables, de mayor producción y sumamente rentables, implican ahorro para los productores. Es de suma importancia considerar que el uso e implementación de métodos y practicas agroecológicas requiere rotundamente de condiciones y características socioculturales, económicas y ecológicas de cada región y de determinado ecosistema (Reijntjes *et al*., 1992). Las técnicas limpias en la agricultura comprenden la parte metodológica a ser implementadas en los trabajos de desarrollo rural fundamentándose en la ecología. De esta manera, su aplicación, ya sea temporal o permanente, no garantiza la sostenibilidad y es muy conveniente fundamentarlas

en un contexto socioeconómico regional y apropiado a las necesidades propias del trabajo a desarrollar. En determinadas áreas de cultivo se pueden realizar distintas técnicas enfocadas a disminuir los efectos perjudiciales para la naturaleza, el uso de insumos agrícolas y el costo económico. Para obtener todo esto se emplean métodos que promueven la fijación de nitrógeno atmosférico, la diversificación, la integración, el reciclaje de nutrientes, el fraccionamiento e incorporación de biomasa, el establecimiento de cobertura vegetal, uso de especies nativas, el manejo de aguas para riego, así mismo el manejo integral de plagas, control biológico, labranza mínima, rotación y asociación de cultivos (Escobar *et al*., 1998; Nieto *et al*., 2002). Por otra parte, Rigby y Cáceres, (2001), y Anzola, (2002) afirman que para incrementar la productividad y resiliencia de la agroecología, existen otras actividades que se consideran también como técnicas limpias, tales como: recolectar y clasificar residuos de insumos agrícolas, reincorporar restos vegetales, diversificar el cultivo de arvenses, cultivos de cobertura, acolchados vivos y la diversidad de productos considerados como orgánicos que actualmente son mayormente empleados por los agricultores responsables con la agroecología.

5.4 La Agricultura Ecológica o Agroecología

El daño de insumos agrícolas de alta toxicidad mayormente perjudiciales en la salud humana y el medio ambiente fueron cuestionados desde la década de los sesenta, Dicha información propicio el debate sobre la utilidad o no del sistema agrícola convencional, a principios de los años 70 se comenzó a modificar la forma de pensar referente a la producción de alimentos, generando conciencia social de la importancia de conservar el medio ambiente. Bajo esta premisa, se formaron organizaciones tomando en cuenta a consumidores, productores y todo tipo de personas comprometidas con la ecología, y se estipularon requisitos con normas nuevas de producción a futuro. Existen alternativas como la agroecología que fue planteada en distintos países del mundo, donde se estipularon iniciativas concretas para transformar la agricultura tradicional y convencional. Países como Estados Unidos de Norte América a partir de 1989 dio a conocer un informe sobre la importancia de la agricultura alternativa y su alto potencial productivo y económico, de igual manera en la comunidad europea se establecieron normas legales en las que se estipula que los productos obtenidos de la agricultura ecológica son los de más alta calidad y se estableció un programa de subsidio para campesinos que produzcan bajo este sistema de agricultura (CEE, 2000; Díaz, 2000). Actualmente, la agricultura ecológica es una alternativa que reivindica dentro de un paradigma agroecológico la visión de agricultura convencional, donde la experiencia predomina sobre lo práctico y social. El concepto de agroecología se originó para examinar acontecimientos como la coexistencia de organismos, malezas, biodiversidad, ciclos biogeoquímicos, hasta apuntar a una visión de agricultura con relación al medio ambiente, equilibrada socialmente y preocupada por la sostenibilidad. Los colectivos implicados en desarrollar sistemas agrícolas como, la sociedad civil, agricultores, políticos y científicos consideran a la agroecología, como un conjunto de técnicas e instrumentos metodológicos que contribuyen a la comprensión de su funcionamiento, para resolver problemáticas de carácter técnico o agronómico que, a la fecha, las ciencias agrícolas convencionales no han logrado explicar (Guzmán *et al*., 2000).

5.4.1 Ventajas de la Agroecología

La agroecología también conocida como la ciencia que estipula normas ecológicas para diseñar y administrar técnicas de producción sostenibles y enfocadas a la preservación de bienes naturales que asegura beneficios ante la agricultura convencional, utiliza

conocimientos ancestrales y técnicas modernas, integra valores ecológicos y biológicos a los métodos de aprovechamiento agrícola, plantea alternativas sencillas para recuperar predios de cultivo degradados, y presenta una manera económica y ecológica para que pequeños productores incrementen sus rendimientos en áreas marginadas (Altieri *et al.,* 2012). Tomando en cuenta dichos resultados se puede emplear como instrumento válido en el desarrollo rural, mismo que se puede definir como el proceso de reactivación equilibrada y autosostenible de una región rural basada en su potencial ambiental, social y económico a través de políticas locales y un conjunto de medidas basadas en la región por parte del sector agrícola (Guzmán *et al.,* 2000). De acuerdo con Fernández (2001), existen propuestas orientadas a la agroecología, dentro de ellas se encuentran la autonomía de gestión, control, equilibrio, armonía, integralidad, reducción de factores negativos, utilización del conocimiento tradicional, manejo de recursos naturales, así como incrementar la rentabilidad en los cultivos y de esta manera comprometer a los productores en este proceso agroecológico, desarrollando buenas prácticas que conlleven a una agricultura sostenible. Dichas prácticas deben cubrir varios requisitos, entre ellos: ser de sencilla aplicación, no demandar altos costos y no requerir del uso de maquinaria, igualmente se espera que la intervención del productor tome en cuenta algunas variables como la contaminación del medio ambiente, erosión del suelo, aplicación de fertilizantes sintéticos, aplicación excesiva de insecticidas, gestión de residuos y preservación de la biodiversidad. Actualmente los productos derivados de manera orgánica alcanzan un costo mayor a diferencia de los que se producen mediante agricultura convencional, por lo tanto, se vuelve mayormente atractivo para pequeños productores. Sin embargo, se considera que la problemática en cuestión es implementar tecnologías apropiadas que coincidan social, económica y ecológicamente que deriven en la concientización de la sociedad, para alcanzar las expectativas de un sistema agrícola sostenible (Rivera, 1999; Berroterán y Zinck, 2000).

5.5 Agricultura regenerativa

Este sistema de producción estipula evitar y eliminar definitivamente insumos agrícolas de origen sintético que son altamente tóxicos en la producción de alimentos vegetales, de tal manera que reemplaza inmediatamente fuentes externas como; sustancias químicas y combustibles obtenidos por recursos generados dentro de la misma zona de cultivo. Dichos recursos internos engloban control biológico de plagas, la energía solar y eólica, y el uso de

plantas fijadoras de nitrógeno. Por lo tanto, la agricultura regenerativa contempla la rotación de cultivos, reincorporación de rastrojos vegetales, aplicación de abonos de origen animal, cobertura vegetal con leguminosas, uso de organismos para control biológico, encaminados a la conservación de la estructura y productividad del suelo, como consecuencia estas prácticas ayudan a solucionar problemas ambientales y económicos específicos. No obstante, la agricultura regenerativa no plantea un retorno a las técnicas previas a la revolución industrial, por el contrario, complementa las prácticas agrícolas tradicionales con tecnologías modernas. También, bajo este sistema se emplean semillas mejoradas, equipos sofisticados, prácticas de preservación de suelo y agua (Roberts, 1992).

5.6 Prácticas agrícolas para implementar agricultura regenerativa

En la agricultura se pueden incrementar los rendimientos de cultivos, aumentando la superficie sembrada, elevando la producción de monocultivos, multiplicando el uso de insumos agrícolas y cultivando más productos anualmente en menor tiempo y espacio. Independientemente del sistema de agricultura en el que se trabaje, el incremento de cultivos se ve influenciado por condiciones ambientales, tipo de suelo, por variedad a sembrar y principalmente por manejo de las prácticas de cultivo, que se lleven a cabo, este manejo debe comprender un diseño de los cultivos en cuanto a espacio, tiempo y buenas prácticas agrícolas, las cuales deben ser mayormente productivas y rentables respecto a mano de obra, automatización y reducción del uso de agroinsumos, en la actualidad es de gran relevancia, considerar no solo el incremento en el rendimiento de la planta, sino también poner mayor interés en los recursos como el suelo y el ambiente (Beets 1982; Zandstra *et al*., 1981). Existen alternativas provechosas respecto a las técnicas agrícolas para llevar a cabo una agricultura regenerativa tales como prácticas integrales que mejoren el suelo mediante labranza mínima, estableciendo cultivos de cobertura, manejo integral de plagas y uso de compostas. Todas bajo una visión ecológica y de conservación, desarrollando un sistema de agricultura sustentable.

5.6.1 Sistema de policultivos

Perfecto *et al.* (2010), señala que el establecimiento de monocultivo provoca pérdida de biodiversidad por lo que se considera un problema ambiental que tiene relación con la sustentabilidad en la producción de alimentos, ocasionando daños como la pérdida de fertilidad, contaminación del agua, interrupción de ciclos biogeoquímicos, erosión del suelo

y mayor cantidad de plagas. A nivel mundial, en los países más desarrollados, los productores establecen sus cultivos de forma combinada ya sea intercalados o en policultivo y en menor proporción los establecen en monocultivos. El sistema de policultivos ha incrementado los rendimientos mediante formas de combinación de especies ya sean, anuales con anuales o anuales con perenes o perenes con perenes. Por ejemplo, el cultivo de cereales se puede combinar con leguminosas y los frutales se pueden asociar a cultivos de raíces, el establecimiento de policultivos puede ser de manera espaciada asociando dos cultivos de forma sencilla y hasta de manera más compleja combinando entre ocho y doce especies. En un policultivo las especies se pueden sembrar en la misma o en distinta fecha, realizando la cosecha de estos en intervalos o al mismo tiempo. El establecimiento de policultivos es de suma importancia en aquellas regiones donde los terrenos debido a factores sociales y económicos son pequeños, por lo tanto, la cosecha de productos es determinada por el área de cultivo en determinado tiempo (Wittwer, 1975). Regularmente se observa que insectos fitófagos causan menor daño en policultivos que en monocultivos, también, el control de arvenses consideradas malezas es una práctica que requiere de mayor inversión en mano de obra y herbicidas. A diferencia de la siembra en monocultivo el establecimiento de policultivos genera alternativas que contribuyen a mejorar el manejo de arvenses con menor inversión en jornales y herbicidas, haciendo más rentables los cultivos.

5.6.2 Cultivos de cobertura

El cultivo de cobertura es la práctica de utilizar especies herbáceas ya sean anuales o perennes sobre monocultivos y policultivos con el objetivo de proteger la superficie del suelo durante el ciclo de cultivo, también se pueden integrar al suelo a través del manejo y pueden mantenerse durante varias temporadas. Se considera cobertura a algunos cultivos como: cereales, leguminosas y los que se siembran combinados en particular para cubrir el suelo, previniendo su erosión, aumentando fertilidad, mejorando estructura y controlando plagas y enfermedades. Estos cultivos no se siembran para cosechar sino para cubrir la superficie expuesta del suelo por actividades agrícolas convencionales. Generalmente, este tipo de cultivos en algunas regiones se siembran en otoño para proteger la superficie del suelo durante el invierno y se conservan en el terreno hasta la época de lluvias y la temporada de sequía (Lal *et al*., 1991). El uso de cobertura vegetal en los cultivos mejora la estructura del suelo y la infiltración de agua a través de la incorporación de materia orgánica, aumenta la

aireación y conserva el porcentaje de agregados, asimismo, evita el uso de maquinaria pesada y disminuye la labranza, evitando la compactación del suelo. El cultivo de cobertura intercepta y separa las gotas de lluvia disminuyendo su fuerza al caer, y el sistema radicular contribuye de manera preventiva la erosión, debido a que distribuye y reduce el movimiento del agua en la superficie del suelo, mediante la reincorporación de materia orgánica de fácil y rápida descomposición incrementando la fertilidad del suelo, también mantiene gran diversidad de insectos depredadores y parásitos benéficos generando un control biológico de plagas y reduce la refracción de los rayos del sol disminuyendo la temperatura y aumentando la humedad.

5.6.3 Rotación de cultivos

La técnica de rotación de cultivos según Millington *et al.* (1990), consiste en un procedimiento donde estos se siembran en distinto periodo y en un proceso determinado sobre un mismo predio. La rotación de cultivos es una práctica que ayuda a conservar la productividad del suelo y controlar en un sistema agrícola las plagas, enfermedades y herbáceas consideradas malezas, implica sembrar especies de fácil extracción, y contempla al menos un cultivo de leguminosas, además de separar especies que sean susceptibles a las mismas plagas y enfermedades, cambiar especies propensas a malezas por especies que las controlen y utilizar cultivos de cobertura que contribuyan a incrementar la materia orgánica en el suelo.

5.6.4 Sistemas de labranza mínima

Para, Mueller *et al.* (1981) la labranza mínima se refiere a algún método de labranza que contribuye a minimizar la manipulación y remoción de suelo disminuyendo la degradación y al mismo tiempo conservando la humedad del mismo. Bajo esta técnica, los restos vegetales se incorporan en la superficie del suelo evitando que quede expuesto. Este método incluye prácticas como: cero labranza, labranza de conservación y plantar sin surcos, si estos procedimientos se llevan a cabo correctamente ayudan a controlar de manera eficaz la erosión. La agricultura bajo métodos de labranza mínima reduce los gastos de energía e insumos agrícolas, beneficiando la planificación de labores de cultivo, fungiendo como atenuante ante distintos problemas meteorológicos y minimizando el riesgo de erosión del suelo, Los cultivos que se desarrollan bajo esta técnica regularmente se pueden sembrar, controlando malezas y cosecharse aun cuando estén en terrenos inundados. Entre otros

beneficios disminuye la compactación, aumenta la humedad, e incrementa el rendimiento del cultivo.

5.6.5 Manejo integrado de plagas (MIP)

Este método tuvo origen en la década de los setentas, como solución a las inquietudes sobre el daño ocasionado por el uso excesivo de insecticidas al medio ambiente, al proponer nuevas estrategias para intervenir de manera parcial con insumos sintéticos, el planteamiento del MIP modificó el pensamiento de protección de cultivos por un conocimiento más amplio respecto a la relación ecológica entre insectos fitófagos y cultivos, fundamentada en la aplicación de distintas técnicas integrales. Tomando en cuenta que la teoría ecológica tenía que generar un fundamento para pronosticar y modificar el uso de plaguicidas y las prácticas agrícolas tradicionales, se considera que la relación entre organismos puede contribuir a diseñar cultivos menos propensos a daños por insectos fitófagos (Kogan 1986). A sí mismo, el MIP se reconoce como un planteamiento para manejar adecuadamente insectos fitófagos que en el ámbito económico de la producción agrícola, la dinámica de población de varias especies y el medio ambiente, emplea diversas metodologías y practicas adecuadas y compatibles para controlar el nivel de daño económico generado por las poblaciones de insectos, de esta manera el MIP, contempla para el control distintas y alternadas técnicas, basándose en factores ecológicos como: el manejo de insectos depredadores, parásitos, agentes patógenos y específicamente el clima, aplicando insecticidas en caso de ser necesario y como última opción, dicho planteamiento se sustenta en su ciclo biológico y periodo reproductivo, logrando proponer un plan de control relacionado con la ecología de poblaciones de insectos, otro aspecto significativo del MIP, abarca la valoración del umbral de daño y la abstención en el manejo de plagas rebasado dicho umbral, aplicando el MIP, los campesinos calculan si existirán poblaciones grandes de insectos que puedan llegar a dañar su producción y si habrá intervención de reguladores biológicos, para justificar su control. Las intervenciones aceptadas engloban métodos culturales y controladores biológicos: las prácticas culturales contemplan la modificación de la diversidad de herbáceas y su densidad de siembra, el laboreo, la desinfección del suelo, modificación de épocas de siembra, así como las variedades a sembrar, la dosificación optima de riego y fertilización, asimismo, el control natural consiste en el uso de enemigos naturales, en la liberación de insectos depredadores benéficos, parásitos, agentes patógenos y nematodos; el control cultural se

lleva a cabo modificando las condiciones ambientales de tal forma que sean desfavorables para los insectos fitófagos y por el contrario que sea benéfico para los enemigos naturales, con el objetivo de minimizar la proliferación, supervivencia y dispersión de plagas (Dent, 1991).

5.6.6 Manejo de malezas

Las especies más representativas que constituyen la mayor diversidad de poblaciones vegetales son las que dentro del sector agrícola se conocen comúnmente como malezas, en la actualidad solo 250 especies de arvenses son perjudiciales en los cultivos agrícolas y la mayoría de ellas provienen de distintas zonas del mundo, son oportunistas, nativas y generalmente favorecidas por intervención humana. Investigaciones en relación a la biología de estas plantas han mostrado interés en las características adaptativas y de desarrollo que les permiten aprovechar los espacios expuestos en áreas de cultivo y les concede sobrevivir en suelos con condiciones extremas de degradación, dichas investigaciones muestran las condiciones que les permiten colonizar las áreas de cultivo, dentro de ellas se consideran, las condiciones óptimas para germinar, la labranza favorece la emergencia y germinación de semillas de diversas especies de malezas. Además, algunas pueden conservarse viables durante 80 años, debido a la dormancia. Las especies perennes presentan una reproducción vegetativa vigorosa a partir de partes de la planta como: rizomas, bulbos, raíces primarias y tallos, por lo que tienen capacidad para adaptarse a ambientes variables y tolerar condiciones climáticas adversas (Baker, 1974).

5.7 Enfermedades de los cultivos

Expertos en fitopatología actualmente han afirmado que enfermedades causadas por organismos patógenos son más constantes en cultivos agrícolas que en la vegetación natural, dicha afirmación sirve para mencionar que las enfermedades patógenas son en especial una consecuencia de la manipulación ocasionada por el hombre en la naturaleza (Thresh, 1982). Un agente patógeno bajo ciertas condiciones puede ser considerado como plaga, estas condiciones son especialmente influenciadas por la gran superficie sembrada y por la poca diversidad de especies cultivadas que comúnmente se producen bajo diversos sistemas de agricultura convencional. Existen características específicas para el desarrollo de un alto grado perjudicial de una enfermedad, como: las condiciones ambientales, que deben ser favorables para el desarrollo de agentes patógenos, la cepa infecciosa de un organismo ya sea

de hongos, virus o bacterias. De tal manera que, no se desarrollará alguna infección a no ser que exista un organismo activo, adecuadas condiciones ambientales, un hospedero apropiado para la infección, colonización y reproducción del agente patógeno. Dentro de las condiciones naturales que conllevan a una enfermedad se encuentran la luz, temperatura, humedad relativa y el riego (este último modifica el microclima) y la fertilización química particularmente de nitrógeno. Las medidas preventivas que se deben emplear para reducir afectaciones por una infección fitopatológica abarcan control cultural y biológico, dicho control, engloba actividades para incrementar los microorganismos benéficos para las plantas cultivadas y erradicar los agentes patógenos.

5.8 Materia Orgánica

De acuerdo con (Ortiz-Villanueva y Ortiz, 1990; Boul *et al*., 2004) el suelo es la capa superficial intemperizada de la corteza terrestre que es considerada como recurso natural complejo y que sufre constantes cambios debido a la incidencia de factores ambientales, biológicos y químicos, tiene las propiedades que se relacionan directamente con los requerimientos de vegetales, que se desarrollan sobre él. De acuerdo con (Guggenberger, 2005) el contenido de materia orgánica, después de los minerales, es el segundo componente con mayor importancia en el suelo, dicha materia es una mezcla heterogénea de diversos residuos de origen vegetal y animal que se encuentran en distintas etapas de descomposición, y se encuentra acumulada desde la superficie hasta cierta profundidad del suelo, incluyendo también a organismos vivos que se involucran en la descomposición y transformación de residuos orgánicos, dicha transformación esta influenciada por características físicas y químicas del suelo, así como por las condiciones ambientales. También, la materia orgánica regula los niveles de disponibilidad de macro y micronutrientes, contribuye a compensar los cambios en el pH en el suelo, y favorece la retención de cationes (Kolmas y Vásquez, 1999).

5.8.1 Abonos orgánicos (Gallinaza)

Los abonos orgánicos son materiales de origen natural que son empleados como mejoradores del suelo, sin la intervención de productos químicos, obtenidos a partir de la descomposición de restos vegetales, estiércol de animales y lixiviados, estos abonos enriquecen el suelo, estimulan la actividad microbiana y promueven el crecimiento vegetal (Gliessman, 2002). La Gallinaza está compuesta por un conjunto de desechos sólidos resultado de la producción de pollos de engorda, formada por la base o cama de los galerones, la excreta y residuos de

alimentos y plumas que quedan en la cama. Este abono es rico en nutrientes como el N, P y K, que son esenciales para el desarrollo de las plantas, dichos nutrientes son fundamentales para el crecimiento y desarrollo de raíces fuertes, adecuada floración y fructificación y de manera general para obtener cultivos sanos y más productivos. La gallinaza actúa como acondicionador de suelos, ya que mejora su estructura e incrementa la capacidad de retención de humedad y nutrientes, favoreciendo el desarrollo de una microbiota benéfica en el suelo como bacterias y hongos, mismos que descomponen la materia orgánica liberando nutrientes de manera gradual y contribuyendo a la formación de humus que es una sustancia orgánica estable y rica en nutrientes. El uso de abonos orgánicos como la gallinaza es una forma de reciclar desechos de la producción avícola contribuyendo de esta manera a la gestión sostenible de estos y disminuyendo la dependencia de los fertilizantes sintéticos (Rodríguez y Casas, 2020). Es de suma importancia considerar que la aplicación de gallinaza debe ser de manera correcta, siguiendo las dosis adecuadas evitando el exceso que pueda contaminar el suelo y las fuentes cercanas de agua, además se debe tomar en cuenta la calidad de la gallinaza y su impacto en la salud de plantas y seres humanos (INTAGRI, 2019).

5.9 Organismos del suelo

Smil (1991) señala que los organismos que conforman la biomasa viva del suelo son parte de un diverso conjunto que abarca: bacterias, hongos, virus, protozoos, lombrices y pequeños artrópodos, existen aproximadamente por metro cuadrado entre 109 hongos, 107 nemátodos, 102 lombrices y 1,014 bacterias, esta diversidad de organismos del suelo se alimenta de herbáceas, restos vegetales y de otros organismos del suelo, que en su mayoría no son perjudiciales para los cultivos, la actividad que realizan contribuye a controlar las poblaciones de plagas, al producir sustancias que benefician la formación de agregados, al reciclar nutrientes y al producir sustancias húmicas, estas actividades determinan que estos organismos se consideren de gran relevancia para determinar la calidad del suelo, por tal motivo la finalidad de realizar un manejo adecuado tanto en el cultivo como en este último debería centrarse en asegurar las condiciones para desarrollar una gran diversidad biológica.

5.10 Origen del chile (*Capsicum annuum* L)

Araceli *et al.* (2009), mencionan que el cultivo del chile es nativo de México, y probablemente se expandió a los demás países de América Latina. En México durante mucho tiempo se han venido consumiendo variedades de chiles nativos, según datos arqueológicos

desde el año 8000 a, C., su uso principal ha sido como condimento, asimismo, conforma una refinada dieta integral. También Pickersgill (2011), afirma que existen indicios primitivos de chiles domesticados que fueron encontrados en el valle de Tehuacán Puebla entre los años 5000 y 6000 a. C. Actualmente, existen evidencias de que la domesticación de esta especie tuvo lugar en la región norte de México (Kraft *et al.,* 2014). De acuerdo con Perry *et al.* (2007), a nivel mundial de entre 25 especies de chile admitidas, las cinco de mayor importancia económica son *C. annuum*., *C. baccatum L*., *C. chinense*., *C. frutescens L.* y *C. pubescens*. Dichas especies se consideran cultivadas en Mesoamérica y América del Sur (Pickersgill, 2007).

5.11 Clasificación taxonómica

De acuerdo con Pickersgill (2011) la planta del chile puede ser de ciclo anual y perenne, presenta tallos herbáceos, derechos con ramificaciones de color verde oscuro, su sistema radicular puede alcanzar una profundidad de 0.70 a 1.20 m, y de manera lateral hasta 1.20 m, la planta mide aproximadamente 60 cm de altura, tiene hojas planas, simples y de forma ovoide alargada, su flor es (hermafrodita), originándose en las axilas de las ramas; presenta una coloración blanca y en algunos casos color rojo oscuro. El fruto de la planta del chile corresponde al género *Capsicum* el cual pertenece a la familia *Solanáceae* (Cuadro 5.11.1). De la especie *C. annuum* hay distintas variedades cultivadas, estas engloban a una diversidad de subespecies y variedades botánicas, la mayoría sobresalen de acuerdo con el distinguido grado de picor que presentan, *Capsicum sp.* presenta frutos con una diversidad de colores, tamaños y formas, los cuales en estado inmaduro presentan color verde, amarillo, morados o blancos, en cambio cuando los frutos maduran se muestran de color anaranjados, amarillos, cafés y rojos. La forma que presentan dichos frutos va desde redondos, cónicos, alargados, achatados o acampanados (Pickersgill, 1971).

Cuadro 5.11. 1. Clasificación taxonómica de la planta del chile serrano (*Capsicum. Annum* L.)

Reino	*Plantae*
Sub Reino	*Tracheobionta*
Superdivisión	*Spermatophyta*
División	*Magnoliophyta*
Clase	*Magnoliopsida*
Subclase	*Asteridae*
Orden	*Solanales*
Familia	*Solanaceae*
Genero	*Capsicum*
Especie	*C. annuum* L.

Fuente: Pickersgill, (2011).

5.12 Variedades de *Capsicum annum* L.

Las variedades de chile mayormente cultivadas en México son chile de árbol, serrano, anchos, guajillo, jalapeño, pasilla, manzano, habanero y piquín, los cuales se caracterizan como los más picantes. No obstante, en la actualidad no se sabe su distribución geográfica especifica y no se han realizado investigaciones sobre especies nativas de chile y su diversidad genética (Morán-Bañuelos *et al*., 2008). Wilbur Scoville desarrollo en el año 1912 la escala Scoville que mide los grados de picor o pungencia del fruto de chile. Wilbur agregó valor cero a los chiles que carecen de picor que en su mayoría son dulces, por otro lado, de la escala ubicó a la capsaicina como la sustancia más picante otorgándole un valor de dieciséis millones (Figura 1).

Figura 1. Clasificación de chiles referente a la escala Scoville. SIAP, (2019).

5.13 Producción de chile a nivel mundial

De acuerdo con datos reportados por la (FAOSTAT, 2023) el cultivo del chile a nivel mundial se considera de las hortalizas que tiene mayor relevancia, alcanzando 17,134,480.1 toneladas producidas en una superficie sembrada de 7,652.09 hectáreas. En los últimos años se ha incrementado la producción de este cultivo, posicionándose en los 5 primeros lugares los mismos países con mayor producción desde el 2018 y hasta el 2023, por ejemplo, China se posicionó en el lugar número uno con 49.45% de la producción en todo el mundo, México se colocó en segundo lugar con 9.19%, Turquía con 6.95%, Indonesia con 6.91% y finalmente, España con 3.47%. Estos cinco países concentraron un total de 67.67% del área sembrada que equivale a más del 75% de la cosecha de chile a nivel mundial en el año 2018, se puede estimar que dichos alcances en producción son resultado de la gran inversión en cuanto a tecnología en el sistema de agricultura que emplean estos países para lograr rendimientos de esa dimensión. La producción del chile en nuestro país a consecuencia de los ingresos económicos que genera como resultado de su comercialización, es muy representativa, el ingreso de divisas a México debido a la exportación de variedades que demandan en el extranjero radica en la riqueza natural y diversidad genética debido a que hay una diversidad como tipos, subtipos y variedades, todos ellos adecuados a distintas condiciones del suelo y del clima (Huerta, 2007). Como resultado de la gran diversidad de climas con los que cuenta México tenemos un gran número de especies, de las cuales solo cinco han sido cultivadas y son *C. annuum*, *C. baccatum, C. chinense, C. frutescens* y *C. pubescens* (Tucuch-Haas *et al*., 2012).

5.14 Producción del chile en México

México se considera un país líder en la producción de hortalizas y en particular en la producción de chile verde, al posicionarse en segundo lugar a nivel mundial debido a que en el 2023 registro una superficie sembrada de 173,869 hectáreas con una producción de 3,681,061.47 toneladas; el principal productor es Chihuahua con 836,619.66 toneladas, seguido de Sinaloa con 813,081.23 t y en tercer lugar Zacatecas con 497,772.23 t. La exportación se destina a 47 países principalmente a Estados Unidos, Canadá, etc. (SIAP, 2023).

5.15 Producción de chile serrano en el estado de Puebla

Es importante mencionar que a nivel mundial (FAOSTAT) y en México (SIAP) engloban al chile serrano dentro del grupo de chile verde, sin embargo, a nivel estatal si existe una sectorización del chile serrano. La entidad poblana según datos reportados por el SIAP, (2018), se encontraba en la posición número tres en dicho año con una superficie destinada al cultivo de chile serrano de 1,221 hectáreas, obteniendo 3.877 t ha^{-1} en rendimiento, Chiapas en segunda posición con 2,823 hectáreas sembradas y 5.275 t ha^{-1} en rendimiento, y en primer lugar se posiciona el estado de Veracruz con 3,945 ha sembradas y 5.468 t ha^{-1} en rendimiento. No obstante, de acuerdo con el SIAP, (2023) la mayor producción de chile serrano se llevó a cabo en Sinaloa con una superficie sembrada de 3,439.52 hectáreas,147,606.58 toneladas cosechadas y un rendimiento alcanzado de 42.91 t ha^{-1}, San Luis Potosí con 1,718 hectáreas, 54,407.21 toneladas y 32.14 t ha^{-1}; Michoacán con 994.3 hectáreas, 20,903.49 toneladas y 21.02 t ha^{-1}. El estado de Puebla en los últimos 5 años su producción disminuyó de ocupar el tercer lugar en 2018 al noveno lugar en 2023, con una superficie cultivada de 1,791.16 hectáreas, producción de 11,325.93 toneladas, y un rendimiento alcanzado de 6.32 t ha^{-1}. Particularmente, en Puebla la mayor parte de la producción es a campo abierto y de temporal, y en algunas regiones como la sierra norte aún se siguen utilizando semillas nativas. En la entidad poblana a nivel distrital destacan en producción de chile serrano; Huauchinango con 1,185.76 hectáreas sembradas, Zacatlán con 556.4 hectáreas y Tehuacán con 31.5 hectáreas. En la sierra norte, dentro del distrito de Huauchinango sólo se cultivan semillas nativas de la región, el municipio que se posiciona en primer lugar es Tlaola con 497 hectáreas sembradas con una producción de 2,673.51 toneladas y un rendimiento alcanzado de 5.38 t ha^{-1} de chile serrano, seguido por los

municipios de Huauchinango con 242.2 hectáreas, 1,536.79 toneladas y un rendimiento de 6.35 t ha^{-1}; Chiconcuautla con 197.58 hectáreas, 1,072.24 toneladas y 5.43 t ha^{-1} en rendimiento, y Tlapacoya con 107.18 hectáreas, 597.71 toneladas y un rendimiento de 5.58 t ha^{-1} (SIAP, 2023). En los municipios de esta región serrana la actividad económica depende de la agricultura donde los principales cultivos que generan ingresos representativos es la producción de chile serrano y café, estos cultivos se establecen de manera tradicional llevando a cabo prácticas agrícolas tan cuestionadas como son la "roza, tumba y quema" (Rueda *et al.*, 2016).

5.16 El chile serrano

Esta hortaliza de la cual se aprovecha principalmente el fruto corresponde a una baya y tiene origen en las montañas de la región norte de los estados de Puebla e Hidalgo, México, el termino serrano hace referencia a "las montañas de la sierra norte". Es una planta herbácea que se encuentra en diversas formas pudiendo ser compacta o erecta, con tallos herbáceos, y alcanza una altura de 45 cm a 1.5 m. Sus hojas cambian de color desde verde claro a verde oscuro, midiendo entre 5 y 10 cm de longitud y entre 3 a 5 cm de ancho. Los frutos presentan forma cilíndrica, son puntiagudos, alcanzando una longitud de 5 a 15 cm, y de 1 a 2 cm de ancho, produciendo por cada planta hasta 50 frutos. El color del fruto cambia de verde claro a verde oscuro cuando se encuentra inmaduro y se tiñen de color rojo al alcanzar su mayor estado de madurez fisiológica, la baya dependiendo de la variedad de chile serrano tiende a formar una curvatura al madurar (SIAP, 2019).

5.16.1 Contenido nutrimental en fruto de chile serrano

El valor nutrimental del chile en la dieta humana radica en el gran aporte de vitaminas como la A, C y B, y por el alto contenido en capsaicina y compuestos fenólicos (Cuadro 5.16.1.2), estos componentes nutrimentales se sintetizan durante el proceso de desarrollo de frutos. Al contenido nutrimental del fruto se le atribuye una gran acción antioxidante y biológica, así como efectos terapéuticos para tratar artritis reumatoide y ulceras gástricas, además ayuda a disminuir el riesgo de padecimientos cardiovasculares y algunos tipos de cáncer cuando se consume de forma constante (Kim *et al*., 2011; Vera *et al*., 2011).

Cuadro 5.16.1.2. Contenido nutrimental en 100 g de fruto fresco de chile serrano.

Nutrimento	Cantidad	Nutrimento	Cantidad
Agua	91 %	Azufre	17 mg
Carbohidratos	5.1 g	Calcio	9 mg
Proteínas	1.3 g	Cloro	37 mg
Grasas	0.3 g	Cobre	0.10 mg
Fibra	1.4 g	Fosforo	23 mg
Vitamina A	1000 UI	Hierro	0.5 mg
Vitamina B1	0.03 mg	Magnesio	11 mg
Vitamina B2	0.05 mg	Manganeso	0.26 mg
Vitamina B5	0.20 mg	Potasio	234 mg
Vitamina B12	0.45 mg	Sodio	58 mg
Vitamina C	120 mg	Yodo	0.001 mg

Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, (2019).

5.16.2 Calidad organoléptica en fruto de chile serrano

Existe una creciente demanda de productos hortícolas de mejor calidad para el consumo humano, como las características físicas del fruto, el color, la forma, la calidad gustativa, la ausencia de residuos químicos de agroinsumos, además de que sean alimentos inocuos y que la producción sea sustentable. Asimismo, para el fruto de chile serrano se consideran variables de calidad, el diámetro (cm), longitud (cm), peso (g), firmeza, llenado de placenta, grosor del pericarpio (mm), color del pericarpio y el porcentaje de perdida fisiológica de peso (Vázquez *et al*., 2010).

5.16.3 Requerimientos ambientales

La planta de chile requiere para su cultivo ciertas condiciones climáticas, como el porcentaje de humedad y temperatura que oscila entre 14°C de temperatura mínima y de 25 a 28°C como temperatura optima, tolerando altas temperaturas hasta de 35°C, el porcentaje de humedad relativa fluctúa entre 40 y 50% como mínima y de 70 a 75% como humedad optima, dichos requerimientos se consideran fundamentales para lograr un desarrollo adecuado en las plantas de *Capsicum annuum* durante sus distintas fases fenológicas (Juárez, 2014). Asimismo, Maroto (2000), afirma que el manejo equitativo de factores ambientales de

manera conjunta es crucial para que el cultivo funcione de forma adecuada, ya que estos se encuentran relacionados y la acción de uno incide sobre el resto de ellos.

Cuadro 5.16.3.3. Requerimientos para alcanzar el crecimiento optimo en plantas de *Capsicum annuum.*

Fase	**Temperatura (°C)**			**Humedad relativa (%)**		
	Mínima	Optima	Máxima	Mínima	Optima	Máxima
Crecimiento	14°	20°-25°	35°	40%	70%	
Cuajado	18°-20°	25°	35°	50%	75%	
Suelo	13°					
Cero vegetativo	10°		35° si HR<70%			
			40° si HR>70%			
Luminosidad	Poco fotoperiodo	Alto fotoperiodo				

Fuente: Juárez, (2014).

5.16.4 Suelo para cultivo de chile serrano

La planta de chile serrano requiere para alcanzar su desarrollo óptimo, de suelos profundos, con alto contenido de materia orgánica, con buena capacidad de aireación, bien drenados y con buena retención de humedad, con capacidad de resistir diversos grados de acidez con valores de pH de 5.5. El cultivo prefiere suelos arenosos y arcillosos, sin embargo, los niveles idóneos para un buen crecimiento y desarrollo de la planta se encuentran en suelos de tipo franco arenosos, con gran profundidad, buena retención de humedad, gran capacidad de drenaje y con un pH de 6.3 (Montes, 2022).

5.16.5 Fertilización en planta de chile serrano

En la sierra norte de Puebla la fertilización en cultivo de chile serrano se considera una actividad relativamente nueva, debido a que de forma tradicional los cultivos se establecen en zonas conservadas de bosque mesófilo de montaña, actividad que contempla, suelos con altos contenidos en materia orgánica, sin embargo, los campesinos de la región agregan a sus cultivos diversos estiércoles de animales de traspatio, y en la actualidad usan fertilizantes de origen sintético de distintas marcas y formulas comercialmente conocidas como: urea, guano y triple 17. Un método adecuado para fertilizar debe resultar del previo análisis de suelo y la correlación del cálculo de análisis nutrimental de la planta, así como de los factores del clima, humedad relativa y capacidad de retención de humedad del suelo, y sobre todo de las prácticas agrícolas que se emplean y la época de siembra. La aplicación excesiva e inadecuada en suelos destinados a la agricultura por medio de fertilizantes sintéticos, genera principalmente alta mortalidad en los microorganismos benéficos y salinización del suelo, asimismo los gastos de inversión son elevados particularmente en casos de sobrefertilización. Para que un suelo tenga buena productividad además de requerir de una fertilización optima, depende de condiciones medioambientales como temperatura, humedad del suelo, humedad relativa y luz, así como de insumos agrícolas como insecticidas, fungicidas, herbicidas, uso de maquinaria agrícola y sistemas de riego (Cepeda, 2007). Se considera que de los fertilizantes incorporados la planta solamente aprovecha 60% de nitrógeno, 30% de fósforo y 50% de potasio. Esta región por sus características topográficas y climáticas como la pendiente altamente pronunciada y el exceso de lluvias extremas presenta pérdidas mayores del fertilizante adicionado (Montes, 2022).

5.17 Fisiopatías

Maroto, (1997) menciona que el termino fisiopatía se refiere a una alteración no esperada, ocasionada naturalmente como resultado de la incidencia de factores abióticos que generalmente se originan de manera natural la cual puede ser fisiológica, nutricional o por factores climáticos, que ocasionan estrés y diversas circunstancias que comúnmente provocan daño especifico en las plantas, por lo que generalmente intervienen conjuntamente y de forma relacionada. Es muy común encontrar que en menor o mayor daño ocasionado existe relación con cada especie y variedad de planta y su nivel de susceptibilidad, al igual que sus requerimientos adaptativos, por lo tanto, una alternativa adecuada de control durante

el ciclo de cultivo es el buen manejo preventivo para estos tipos de desórdenes. Además, una vez que se presenta una fisiopatia se pueden encontrar y observar en los tejidos lesionados de las plantas una gran diversidad de organismos saprofitos como bacterias y hongos (Montes, 2022).

5.17.1 Cracking

Cracking o rajado del fruto es el daño que consiste en el desarrollo de aberturas en forma de grietas longitudinales en la parte superficial del fruto. Los desórdenes no previstos durante el desarrollo de los frutos ocasionan que la epidermis no resista la presión generada por el crecimiento de la carne, provocando aperturas verticales, así mismo los altos niveles de humedad relativa favorecen el desarrollo de esta deformación, que generalmente es ocasionada por el mal manejo del riego en los cultivos, provocado por exceso de agua que ocasiona que se hinche el mesocarpio destruyendo la epidermis de los frutos maduros (Montes, 2022). En el caso de chile serrano es común encontrar esta fisiopatia debido al exceso de humedad que se presenta en la región de la sierra norte de Puebla.

5.17.2 Daños ocasionados por altas temperaturas

La exposición a temperaturas extremas sea directa o indirectamente ocasiona severos daños a los cultivos de hortalizas, el más común es el estrés o marchitamiento de órganos afectados, así como síntomas por deshidratación, desecación y quemaduras por radiación solar. Los daños por altas temperaturas dependen, del rango alcanzado de temperatura y de la etapa de desarrollo fenológico de la planta, temperaturas mayores a 40 °C comúnmente causan alteraciones en diversos cultivos hortícolas, como la formación y concentración de toxinas que intervienen en el proceso metabólico de la planta. Para reducir los daños causados por temperaturas excesivas es recomendable elegir la variedad adecuada para un determinado ciclo de cultivo, programando correctamente el volumen y tiempo de riego (Lyons, 1973).

5.17.3 Planchado

Esta alteración se caracteriza por el cambio de coloración o la aparición de manchas causadas por la desecación en los frutos, como consecuencia de la exposición directa a la radiación solar y temperaturas extremas (McGuire, 1992).

5.17.4 Defectos y malformación en frutos

Este efecto es el resultado de temperaturas muy bajas que conllevan a la deformación y reducción de tamaño en los frutos, que generalmente presentan alteraciones morfológicas y disminuyen la viabilidad de polinización promoviendo el desarrollo de frutos partenocarpicos (Miranda *et al*., 2019).

5.18 Temporada de siembra

La época para establecer el cultivo de chile serrano a cielo abierto requiere de distintas condiciones ambientales, particularmente en la región serrana de Puebla el cultivo se establece de temporal debido a que hay gran probabilidad de daños ocasionados por heladas tardías y sequias, así la programación de cosechas es fundamental. Por lo tanto, se recomienda sembrar y trasplantar en tres temporadas distintas específicamente para el cultivo nativo de dicha región; la siembra adelantada se lleva a cabo en el mes de octubre en predios que de acuerdo a la pendiente del terreno y la posición del sol durante todo el día tiene más horas luz, a dichos terrenos se les conoce comúnmente como "calentaderos", la siembra intermedia se realiza a principios de noviembre en terrenos donde los rayos del sol llegan en un el 50% de horas al día y finalmente la siembra atrasada que se realiza entre finales de diciembre y principios de enero, corresponde a predios donde la mayor parte del día esta sombreado de acuerdo a la pendiente del predio y a la posición del sol, a estas zonas se le conoce como "sombríos" (Montes, 2022).

5.18.1 Siembra directa

Para establecer un cultivo de siembra directa, primero se realiza una nivelación de la superficie del suelo con ayuda de un tablón de madera, este debe estar barbechado para mantener homogéneo el tamaño de los terrones, debe tener buen porcentaje de humedad para favorecer la emergencia y germinación, la siembra se realiza al voleo o al chorrillo como comúnmente se le conoce a esta práctica, esparciendo la semilla de dos a tres centímetros de profundidad para posteriormente ser cubierta con el mismo suelo, utilizando aproximadamente 2 kg de semilla por hectárea (Mata *et al*., 2010). En la sierra norte de Puebla la siembra se realiza mediante el establecimiento de almacigo a cielo abierto, para su trasplante.

5.18.2 Trasplante de plántulas de chile

El trasplante se debe realizar cuando la plántula alcanza de 15 a 20 cm de altura lo cual coincide entre los 45 y 60 días posterior a la siembra del almacigo, es decir cuando el sistema radicular de la plántula obtiene el tamaño adecuado para resistir al trasplante. Esta práctica se lleva a cabo enterrando el sistema radicular de tres plantas por metro en dos hileras colocadas a ambos lados de la cintilla y entre 25 y 30 cm entre plantas. Para alcanzar mayor rendimiento, en el cultivo se debe establecer una densidad de población de 36 mil a 43 mil plantas por hectárea (Mata *et al*.,2010). En la sierra norte de Puebla el trasplante se realiza a los 60 días después de la siembra del almacigo.

5.19 Cosecha de chile

El primer corte se lleva a cabo cuando el fruto alcanza su madurez fisiológica, y obtiene una coloración verde brillante, dicho proceso fisiológico se da aproximadamente entre los 90 a 100 días posterior al trasplante, los frutos cosechados deben clasificarse en rangos de primera, segunda y tercera calidad de acuerdo con sus características morfológicas. La cosecha se realiza en intervalos de 12 y 15 días entre cada corte (Mata *et al*., 2010). En la sierra norte de Puebla el fruto se cosecha y clasifica comercialmente de acuerdo con el tamaño de frutos; primera categoría frutos de 6 o más cm de largo, segunda categoría frutos entre 4 y 6 cm y tercera categoría frutos de menos de 4 cm de largo.

VI. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1 Ubicación del municipio de Tlaola

Tlaola es uno de los municipios que se encuentra en la región sierra norte de la entidad poblana, colinda al Norte con los municipios de Juan Galindo, y Zihuateutla, al Este con Huauchinango, al Oeste con Jopala y Tlapacoya y finalmente al Sur con Chiconcuautla y Tlapacoya, la superficie terrestre de este municipio consta de 108.44 kilómetros colocándose en el lugar 116 dentro de todos los municipios de dicha entidad (Figura 2). De acuerdo con sus coordenadas geográficas se ubica entre los paralelos 20° 05′ 18″ y 20° 14′ 42″ de latitud Norte y los meridianos 97° 50′ 00″ y 97° 58′ 36″ de longitud Oeste. Presenta un clima templado y semicálido subhúmedo, con fuertes lluvias y una temperatura entre -3 y 28 °C.

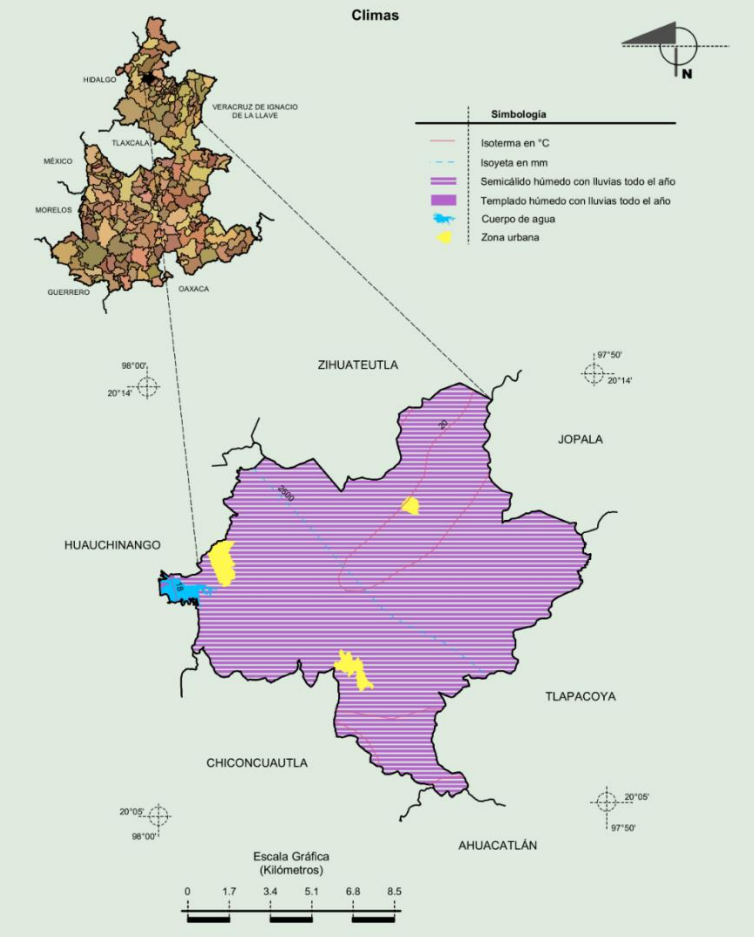

Figura 2. Ubicación y Climas del municipio de Tlaola dentro del estado de Puebla. Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico 2010, versión 4.3. Escala 1: 250 000 serie II.

En esta zona quedan muy pocas áreas con vegetación natural, solo en la ribera de los ríos Cuanacasco y Zempoala aún se encuentran bosques mesófilos de montaña, el uso de suelo en agricultura corresponde al 53.70 %, zona urbana 2.02 %, y en cuanto a vegetación el 32.78 % corresponde a bosque mesófilo de montaña y el 7.21 % a pastizal (Figura 3).

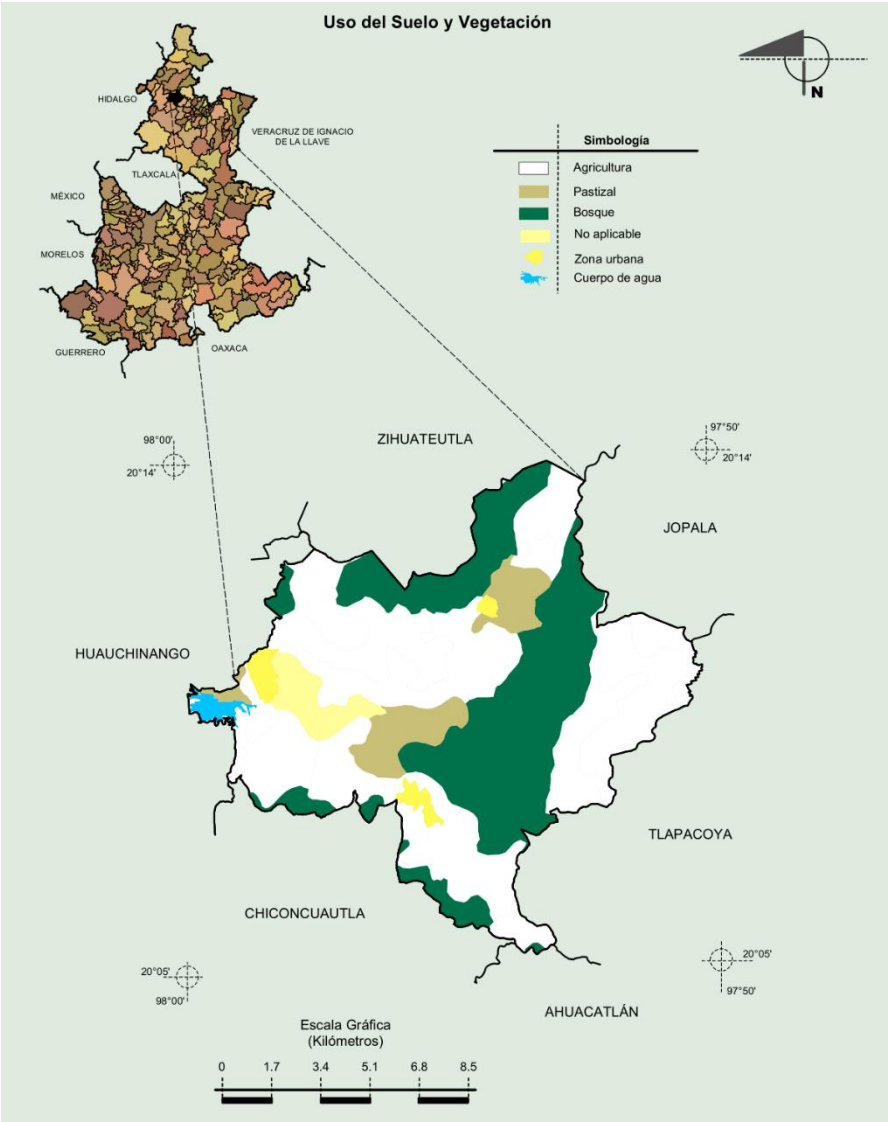

Figura 3. Uso de suelo y vegetación del municipio de Tlaola Puebla. Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico 2010, versión 4.3. Escala 1: 250 000 serie II.

Dicha región terrestre cuenta con gran diversidad edafológica encontrando en ella seis diferentes tipos de suelo: Leptosol 40.49%, Acrisol 28.79%, Luvisol 12.43%, Phaeozem 11.75%, Andosol 1.09%, Fluvisol 1.28% y Regosol 1.28% (Figura 4).

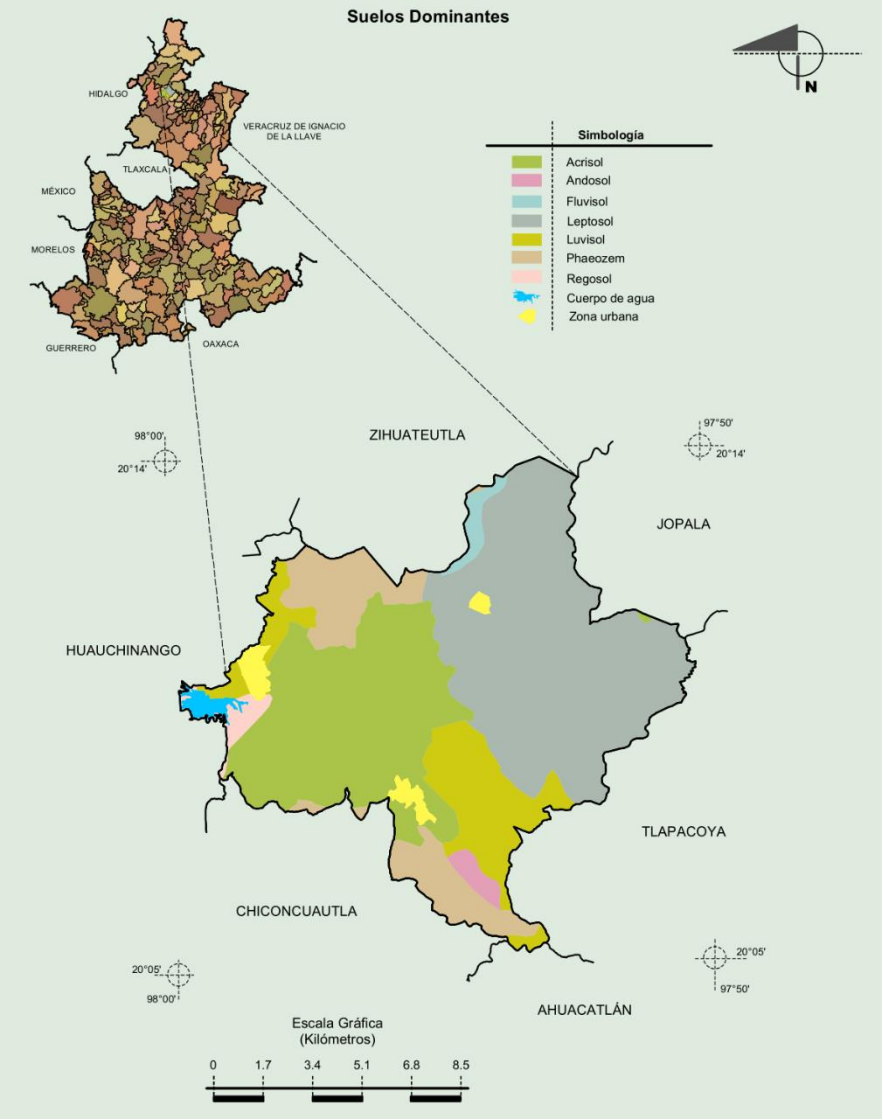

Figura 4. Suelos predominantes del municipio de Tlaola Puebla. Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico 2010, versión 4.3. Escala 1: 250 000 serie II.

En este municipio la agricultura es la principal actividad económica, está constituido por una población de 20, 433 habitantes. Se encuentra ubicado a 163 km de distancia de la ciudad de Puebla. Es uno de los municipios catalogados con alto grado de marginación como resultado de la carencia de empleo debido a que los habitantes de sus distintas comunidades en su mayoría se dedican al cultivo de chile, maíz, café, frijol, cacahuate y en algunos pueblos se dedican a la floricultura y comercialización de plantas de ornato. No obstante, las cosechas que generan un ingreso económico más para la población es el chile serrano y café, debido a que el resto de los cultivos son de autoconsumo. Dentro de los chiles verdes, el cultivar serrano actualmente al igual que el frijol y el maíz, conforman una fuente nutrimental importante para satisfacer la alimentación humana en nuestro país, siendo el chile serrano la variedad por volumen y valor el cultivo más rentable para cultivar durante el año, el ciclo de producción de otoño a invierno inicia en diciembre y concluye en julio, mientras que el ciclo productivo de primavera a verano se lleva a cabo entre los meses de junio a diciembre (Montes,2022).

El tipo de suelo que predomina en el área de estudio es muy productivo debido a que cuenta con altos contenidos de materia orgánica (10.2%), nitrógeno total (0.56%), fosforo (196.4 ppm), potasio (0.33%) y una textura arcillo limosa. Los resultados de análisis de suelos (Cuadro 6.1.4) concuerdan con las unidades de suelos que se reportan para el sitio en que se ubicó el experimento (Figura 5), para dicha zona se reportan tanto acrisoles como andosoles húmicos, los valores de pH y C.E. encontrados se relacionan con la alta precipitación de la zona, lo mismo ocurre con los altos valores de M.O. y N total encontrados, ya que los dos tipos de suelo de la zona poseen el calificador húmico, que coincide con los valores obtenidos para esos dos parámetros, que presentan una alta correlación en los suelos, los bajos valores de P y K, también coinciden con las condiciones de alta precipitación y de alta temperatura que existe en la zona estudiada.

Cuadro 6.1.4: Análisis fisicoquímico de las muestras de suelo de la zona de estudio Predio Tzintlakotla Tlaola.

Muestra	pH	CE (dS-m^{-1})	C.O. (%)	M.O. (%)	N total (%)	P (ppm)	K (%)	TEXTURA				Densidad Aparente (g/ml)
								Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura	
1T	4.64	0.48	4.8	8.3	0.42	80.2	0.17	35.66	29.64	24.7	Franco-Arcilloso	0.77
2T	5.53	0.51	5.8	10.0	0.56	133.0	0.33					
3T	5.05	0.38	4.5	7.8	0.35	76.0	0.14					
4T	4.41	0.24	4.8	8.3	0.25	109.8	0.17					
5T	4.35	0.39	5.1	8.9	0.40	50.7	0.17					
6T	4.50	0.28	4.7	8.1	0.39	54.9	0.12	13.66	65.64	20.7	Franco-Limoso	0.74
1D	4.64	0.29	5.3	9.1	0.37	196.4	0.21	23.30	32.00	44.7	Arcilloso	0.79
2D	4.56	0.30	5.9	10.2	0.41	141.5	0.20					0.83
3D	4.62	0.25	4.5	7.8	0.32	139.4	0.18					
4D	4.02	0.31	4.4	7.5	0.38	171	0.18					
5D	4.67	0.52	2.5	4.3	0.34	126.7	0.23					
6D	4.75	0.27	5.2	8.9	0.43	63.3	0.14	21.3	30.00	48.70	Arcilloso	0.78

Fuente: Elaboración propia.

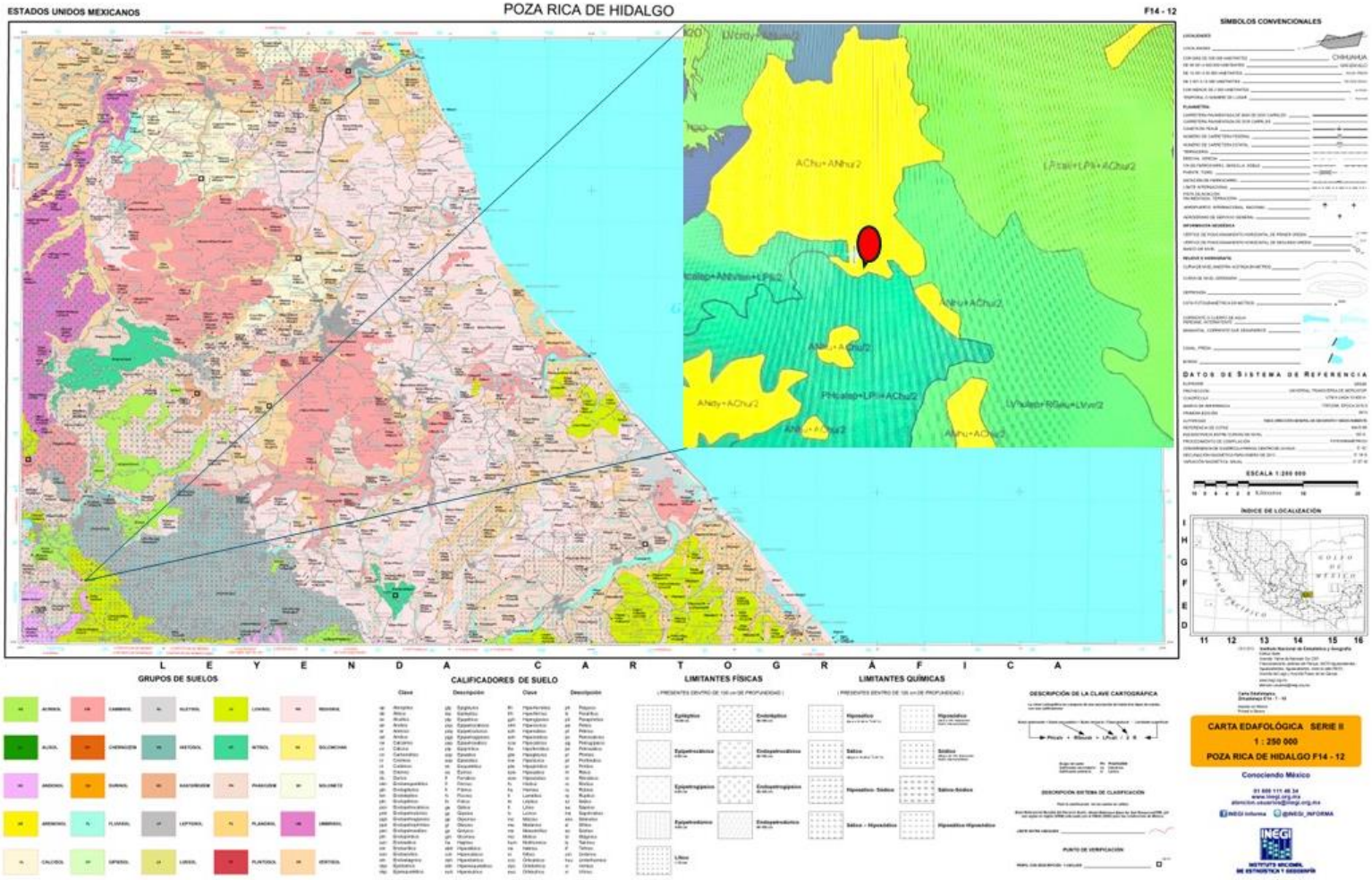

Figura 5. Carta edafológica serie II, 1: 200 000 Poza Rica de Hidalgo F14-12 INEGI, (2013).

6.1.1 Establecimiento del experimento en campo

El experimento se realizó en el municipio de Tlaola durante el ciclo de primavera–verano de 2024. Se utilizó semilla nativa de chile serrano seleccionada de una cosecha anterior en la zona de estudio.

El semillero se estableció a cielo abierto en camas de 12 m de longitud por 2 m de ancho, previamente se agregó gallinaza a razón de 50 kg por cama, la semilla se depositó al voleo y posteriormente, se cubrió con el mismo suelo con ayuda de un rastrillo metálico, y se cubrieron las camas con hojas de helecho comúnmente conocidas como "ocopetate" para favorecer la germinación. A los 10 días posterior a la siembra se descubrieron los semilleros, momento en que la plántula empezó a emerger. A los 75 días después de la siembra, la plántula alcanzó una altura aproximadamente de 25 cm, tiempo en el que se considera lista para realizar el trasplante.

Se utilizó un diseño factorial de 3 tipos de siembra (trasplante, directa y tradicional) con gallinaza y sin gallinaza, en bloques completamente al azar, con tres repeticiones de 6 plantas cada una.

Para el caso de la siembra tradicional todas las practicas del cultivo se realizaron como las llevan a cabo los agricultores de la región de estudio realizando las prácticas de "roza, tumba y quema". En el caso de siembra directa y siembra de trasplante, se omitieron estas prácticas, y se mejoraron algunas prácticas agrícolas respecto al manejo del cultivo en estos tratamientos, solo difieren en el tipo de siembra.

6.1.2 Siembra Tradicional

El tipo de siembra tradicional. Primeramente, se seleccionó el área de terreno de la zona conservada de bosque mesófilo de montaña para establecer el ensayo. Todas las actividades se efectuaron llevando a cabo las prácticas de roza de arvenses, tumba y quema de arbustos y árboles; que consisten en realizar la limpieza total del terreno, rozando todas las plantas herbáceas con ayuda de un machete, posteriormente se tumbaron arbustos y árboles longevos de gran tamaño con ayuda de machetes, hachas y motosierras, finalmente se quemaron todos los restos vegetales para dejar el suelo descubierto listo para el trasplante. Después de realizar la "roza, tumba y quema", se llevó a cabo la práctica denominada ixtlaya o barbecho, que consiste en voltear y remover el suelo. Esta práctica se puede realizar de forma manual o con

tracción animal, dependiendo del porcentaje de pendiente del terreno, en este trabajo como se encontraba el terreno con más del 50% de pendiente la práctica del ixtlayado se llevó a cabo de forma manual con la ayuda de un azadón a una profundidad de 20 cm.

El trazo de surcos y matas se efectuó a una profundidad de 10 cm y una distancia de 40 cm entre surcos y 30 cm entre plantas, obteniendo una densidad de población de 5.5 plantas por metro cuadrado.

Previo al trasplante se incorporó 100 g de gallinaza mezclándola al momento de poner la planta. Esta práctica sólo se realizó en el tratamiento con gallinaza. Al momento del trasplante, se remojo el sistema radicular de la planta en una solución con fungicida a base de Ridomil a razón de 3g/l, esta práctica se llevó a cabo el 15 de enero de 2024.

Durante el ciclo de cultivo se realizaron 3 labores de limpieza, las cuales consistieron en remover el suelo con ayuda de un azadón de metal para eliminar las herbáceas cuando alcanzaban una altura de entre 5 y 10 cm. La primera labor se realizó 30 días después del trasplante, la segunda a los 60 días antes de realizar la fertilización química y finalmente la tercera a los 90 días antes de iniciar el primer corte de frutos.

Para el control de plagas y enfermedades se utilizó Foley 3ml/l y Ridomil 4 g/l, respectivamente, la aplicación fue de forma foliar cada 8 días durante el ciclo de cultivo.

Se aplicó fertilización foliar a base de micronutrientes de la marca Syntek 3 ml/l y Gro-Green 3ml/l, cada 8 días durante la etapa de floración y fructificación.

La fertilización química al suelo se llevó a cabo a los 60 días posterior al trasplante, a base de fertilizante comercial conocido como Guano (240-180-45) a razón de 100 g por cada planta.

La cosecha de los frutos se llevó a cabo de forma manual cuando alcanzaron su madurez fisiológica y presentaban una coloración verde brillante. La cosecha inició el 1 de abril y finalizó el 30 de mayo, realizando 5 cortes en periodos de 15 días.

6.1.3 Siembra Directa y Trasplante

Para la siembra directa y siembra de trasplante con prácticas agrícolas mejoradas. Se seleccionó un área de terreno de descanso (rastrojo) para establecer el ensayo, dicho predio

solo se encontraba cubierto por herbáceas. Para estos tipos de siembra se omitieron las actividades que se llevan a cabo de manera tradicional, es decir, la tumba y quema de arbustos y árboles no se llevó a cabo, sólo se realizó la práctica de roza que consiste en ir trozando en partes pequeñas todas las plantas herbáceas con ayuda de un machete, reincorporando todos los restos vegetales en forma de acolchado sobre la superficie del área a cultivar para no dejar el suelo descubierto. Asimismo, se omitió la práctica denominada ixtlaya o barbecho para evitar voltear, remover y exponer el suelo, es decir, se dejaron los restos de herbáceas como cobertura vegetal, cubriendo el suelo después de la roza. El trazado de surcos y matas se realizó a una profundidad de 2 cm para evitar remover el suelo. La densidad de población en ambos casos fue la misma, que en la siembra tradicional (5.5 plantas por metro cuadrado).

Para el caso de la siembra directa se llevó a cabo el 5 de diciembre de 2024, 40 días antes que los tratamientos de trasplante, y consistió en colocar 3 semillas de chile serrano directa por mata a una profundidad de 2 cm cubriéndolas con el suelo para favorecer su germinación y emergencia.

Para la siembra directa y de trasplante se llevaron a cabo tres labores de cultivo. La diferencia radica en que se omitió el uso de azadón para no manipular el suelo y la limpieza se realizó de forma manual, y al momento que las herbáceas alcanzaron una altura del 50% respecto a la altura de las plantas de chile. De tal manera que los restos de hierba se fueron incorporando entre los surcos para no dejar descubierto el suelo. La primera labor se realizó a los 30 días después del trasplante al igual que en siembra directa, la segunda labor a los 60 días antes de realizar la fertilización química, y finalmente la tercera se llevó a cabo a los 90 días, antes de iniciar el primer corte de frutos.

En el caso del control de plagas y enfermedades se utilizaron los mismos productos que para la siembra tradicional, pero la diferencia radica que en los tratamientos preventivos se redujo la dosis al 50%, de tal manera que se aplicó Foley 1 ml/l y Cupravit 1.5 g/l cada 15 días durante el ciclo de cultivo. La fertilización foliar, también se redujo al 50% la dosis respecto a la siembra tradicional; Syntek 1.5 ml/l, cada 15 días en la etapa de floración y fructificación.

La fertilización química de suelo para estos tipos de siembra se realizó con base en el análisis de suelo previo (Cuadro 6.1.4) y se ajustó la dosis de fertilizante basándonos en una dosis optima que se calculó en ensayos anteriores de dosis de fertilización. El fertilizante se incorporó a los 60 días después de la siembra y trasplante con Guano (160-120-30) a razón de 40 g por planta.

La cosecha de los frutos se realizó de forma manual cuando estos mostraban un tono verde brillante. Las fechas de cosecha para la siembra de trasplante fueron a los 75 días después del trasplante, y para la siembra directa fue a los 124 días posterior a la siembra, se realizaron 6 cortes en total en intervalos de 8 días entre ellos. La disminución en los rangos de días de corte fue con la finalidad de que la planta no envejeciera más rápido y produjera frutos de mejor calidad.

6.2 Variables evaluadas

Las variables que se evaluaron con respecto a la producción de frutos de acuerdo con Pozo (1981) son: peso total en (g), peso medio total de frutos en (g), clasificación comercial primera categoría (frutos de más de 6 cm de largo), segunda categoría (frutos entre 4 y 6 cm de largo) y tercera categoría (frutos con menos de 4 cm de largo) y el diámetro de fruto en (mm), las valoraciones se realizaron con ayuda de un vernier digital. Finalmente se seccionaron longitudinalmente 5 frutos por tratamiento para conteo.

6.3 Características organolépticas del fruto de chile

Se valoró el picor de los frutos de chile serrano mediante una valoración subjetiva por un grupo de catadores no profesionales integrado por 5 personas, Asignando rangos desde 0 hasta 3, el valor de 0 a frutos menos picantes y el valor de 3 a frutos con alto grado de picor. Se utilizó la misma escala de valores para evaluar los parámetros de turgencia y aroma, color, defectos y deformación de frutos, el resultado se presenta en porcentaje.

Respecto a la valoración de firmeza de frutos se tomaron 5 frutos de primera categoría de cada tratamiento y se evaluó haciendo 5 punciones en la parte ecuatorial del fruto, con ayuda de un penetrómetro manual Fruit Pressure tester modelo FT327, puntale diameter 11.3 mm (Ring nut), expresando el valor en gramos. Después de haber molido el fruto y obtener una papilla, y con ayuda de un refractómetro analógico marca LEICA BRIX 35HP se valoró el contenido de °Brix o solidos solubles.

Para la acidez de los frutos se utilizó una licuadora manual para obtener una papilla, y posteriormente, tomar 10 g de muestra y llevarlo a 150 ml con agua destilada en un vaso de precipitado, con ayuda de un potenciómetro se midió el pH inicial de la muestra y así se realizó la titulación con NaOH 0.1N hasta llegar a un pH de 8.2.

6.4 Análisis de suelo

El análisis de muestras de suelo se realizó en base a la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios de muestreo y análisis.

6.5 Contenido nutrimental de la planta

La evaluación de contenido nutrimental en planta de chile serrano se valoró N, P, K, Na, Ca, Mg y la relación K/Ca+Mg, durante la etapa fenológica de floración, en raíz, tallo y hojas.

6.6 Método de digestión ácida en microondas

Para evaluar el contenido de macronutrientes se procedió a pesar 0.3 g de muestra, la cual se depositó en tubos y se añadieron 5 ml de ácido nítrico dejándose reposar por 30 minutos pasando este tiempo se agregaron 5 ml de peróxido de hidrogeno al 30 %, dejándose en reposo durante 20 minutos. Los tubos después de ser sellados con tapones de plástico se colocaron dentro del carrusel del horno Mars XP1500Plus, para someterlos al proceso de digestión a 1600W a una temperatura de 200°C por un tiempo de 15 minutos. Finalmente, se filtraron las sustancias obtenidas de la digestión en matraces aforados de 50 ml con un embudo y papel filtro, se aforo con agua destilada a 50 ml y para terminar dicho proceso se guardaron las sustancias en pequeños frascos respectivamente etiquetados (White y Douthit, 1985).

6.7 Análisis de macronutrientes

Se midieron los elementos Mg, Ca, y K mediante espectrofotometría de absorción atómica (Spectr AA55B Varian).

Con ayuda del flamómetro (lame Photometer 410) con ajuste de curva por dilución se leyó el Na, así mismo mediante el espectrofotómetro de luz visible (SPECTRONIC 20D) se leyó el P, la forma de preparación para la lectura fue diferente, se agregó 1ml de muestra base diluyendo en 6 ml de agua en tubo de ensaye, adicionando 2 ml de solución de molibdato y

finalmente se agregó 1 ml de cloruro estañoso dicha sustancia da coloración y tiene un tiempo limitado de lectura (Isaac y Kerber, 1971).

6.8 Determinación de Nitrógeno por Método Kjeldahl

Finalmente, se realizó una digestión para determinar el N, depositando 0.1 g de muestra molida en tubos largos de cristal, después se agregaron 1 g de mezcla catalizadora y 2 ml de ácido sulfúrico concentrado. Los tubos fueron colocados dentro del horno en una gradilla durante 3 horas a una temperatura de 360 °C, posteriormente se dejaron enfriar. Se colocaron 10 ml de ácido bórico y 3 gotas de indicador en matraces de 250 ml. Se colocó en el destilador el tubo con la muestra agregando por la parte superior 10 ml de hidróxido de sodio, el matraz se colocó dónde sale el producto final. Para terminar, se tituló la muestra destilada con ácido sulfúrico 0.025 N (Ekedahl G, Junker P. & Rondell B. 1975).

Todos los resultados obtenidos corresponden a datos acumulados de 6 fechas de corte durante los meses de abril a junio de 2024. Todos los resultados se sometieron a un análisis de la varianza mediante el programa Statgraphics Centurión versión XVI.I y la comparación de medias se realizó con un nivel de confianza de 99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los cuadros 7.5 al 7.28 se presentan los resultados del análisis de varianza sobre datos acumulados de ocho fechas de corte de chile serrano para la producción total, clasificación comercial, características organolépticas y firmeza de los frutos, análisis nutrimental de la raíz, tallo y hojas de la planta, en función de sus respectivos factores de estudio como fue la siembra directa, de trasplante y de forma tradicional, en combinación con la incorporación de gallinaza, según tratamiento.

En los cuadros 7.5 al 7.13 se reportan las medias del resultado del análisis de varianza para producción total, producción comercial (primera, segunda y tercera), firmeza de los frutos, numero de semillas y características organolépticas en los frutos de chile serrano, en función a las variables de tipos de siembra con incorporación de gallinaza. Sobre datos acumulados de dos fechas de corte.

En el cuadro 7.5 en relación con la producción total sobre datos acumulados de dos fechas de corte, para los diferentes tipos de siembra no se registraron diferencias estadísticamente significativas (e.s.), lo cual se atribuye a que en los 3 tratamientos solo varió la forma de siembra, siendo el mismo manejo y nutrición, si bien, en plantas que fueron trasplantadas tuvieron mayor rendimiento (607.05 g/U.R.) en comparación a la siembra directa, sin que se hayan presentado diferencias e.s. Para el caso de la incorporación de gallinaza presento mayor rendimiento (713.16 g/U.R.) en comparación al tratamiento sin gallinaza (394.25 g/U.R.) con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$). La misma tendencia se presentó para el número de frutos y el peso medio de los frutos, en este último caso con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$). estos resultados coinciden con lo reportado por Lozano (2016), quien menciona que la incorporación de gallinaza incrementa la producción en cultivo de pimiento.

Cuadro 7.5. Evaluación de los parámetros de producción total de chile serrano. Datos acumulados de 2 fechas de corte.

Tratamiento		Peso total de frutos (g/U.R.)	Número total de frutos (Unidad/U.R.)	Peso medio total de frutos (g/U.R.)
Directa		499.91 ± 153.86 n.s.	149.0 ± 42.61 n.s.	3.18 ± 0.14 n.s.
Trasplante		607.05 ± 45.24 n.s.	186.0 ± 14.33 n.s.	3.28 ± 0.05 n.s.
Tradicional		553.71 ± 94.36 n.s.	167.0 ± 21.15 n.s.	3.23 ± 0.07 n.s.
Sin gallinaza		394.25 ± 83.01 B	121.0 ± 23.58 B	3.13 ± 0.07 b
Con gallinaza		713.16 ± 40.76 A	214.0 ± 10.72 A	3.34 ± 0.05 a
Interacción	Siembra con y sin Abono	*	*	**

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).
-n.s., *, ** no significativo y nivel de significancia 0.05 y 0.01, respectivamente.
-U. R.: Unidad de repetición (6 plantas).

Asimismo, se presentó una interacción (Cuadro 7.6) entre tipo de siembra y adición de abono ($p \leq 0.05$), donde se observó que la siembra directa con incorporación de gallinaza las plantas presentaron mayor producción total, número y peso medio de los frutos. Lo que indica que su aplicación mejora el rendimiento del cultivo de chile serrano indistintamente del tipo de siembra, si bien, mejores resultados se obtuvieron con la siembra directa. Martínez *et al*. (2005) reportan valores similares a los obtenidos en el presente ensayo, en frutos de chile serrano, mediante la adición de gallinaza, con pesos medios de los frutos entre 5.5 y 15 g. resultados que se pueden atribuir al alto contenido nutrimental de la gallinaza.

Cuadro 7.6. Interacción. Media y significancia para los parámetros de producción total de chile serrano. Datos acumulados de 2 fechas de corte.

Tratamiento		Peso total de frutos (g/U.R.)	Número total de frutos (Unidad/U.R.)	Peso medio total de frutos (g/U.R.)
Directa	Sin gallinaza	158.16 b	54.66 b	2.89 b
	Con gallinaza	841.17 a	242.66 a	3.47 a
Trasplante	Sin gallinaza	524.67 n.s.	159.33 n.s.	3.30 n.s.
	Con gallinaza	690.33 n.s.	212.0 n.s.	3.25 n.s.
Tradicional	Sin gallinaza	499.92 n.s.	149.0 n.s.	3.18 n.s.
	Con gallinaza	607.05 n.s.	186.0 n.s.	3.28 n.s.
	LSD ($p \leq 0.05$)	271.24	78.76	0.26

-Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa y 95% según la prueba de Tukey).
-n.s. no significativo.
-U. R.: Unidad de repetición (6 plantas).

En relación a la clasificación comercial de frutos, considerados de primera calidad (Cuadro 7.7), el mayor peso total de frutos se presentó en plantas que se les incorporó gallinaza (123.83 g/U.R.) en comparación a las plantas que no se les adiciono dicho abono (53.92 g/U.R.) con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$). Para el caso del tipo de siembra no se registraron diferencias e.s. asimismo, el mayor número de frutos totales se registró en plantas que se les incorporó gallinaza (25) con respecto a las plantas que no tuvieron esta (12) con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$). Para el peso medio de frutos con incorporación de gallinaza las plantas presentaron mayor peso medio (5.07 g/U.R.) respecto a los frutos que procedían de plantas sin gallinaza (4.47 g/U.R.) con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$). En el caso de los tipos de siembra no se reflejan diferencias claras, si bien, las plantas que fueron trasplantadas (5.14 g/U.R.) y cultivadas de manera tradicional (4.27 g/U.R.) presentaron mejor peso medio con respecto a la siembra directa (4.40 g/U.R.) con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$).

Referente a la longitud y diámetro de frutos, sólo este último presentó mayor diámetro 6.58 g/U.R.) en plantas que no fueron abonadas con respecto a los frutos procedentes de plantas con gallinaza (4.32 g/U.R.) con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$).

En relación con las fisiopatías se encontró que la deformación de frutos fue mayor en plantas que recibieron el abono (57.25%) en comparación a las plantas que no fueron abonadas (33.33%) con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$). Para el caso de los tipos de siembra no se reflejan diferencias estadísticamente significativas claras, sin embargo, el mayor porcentaje de deformación se presentó en frutos que fueron cultivados de forma tradicional (58.33%) respecto a siembra directa (52.08%) y trasplante (43.05%), con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$). Los resultados obtenidos para dichos parámetros muestran los efectos positivos de aplicación de gallinaza como resultado del mejoramiento de la capacidad de intercambio catiónico, la estructura, textura, retención y disponibilidad del agua, considerando también el contenido de materia orgánica en el suelo, dichos resultados coinciden con los obtenidos por Vázquez *et al*. (2010 b), que obtuvieron frutos de chile serrano de 6.2 a 8.7 cm de longitud y diámetro de 1.4 a 1.9 cm.

Cuadro 7.7. Evaluación de los parámetros de producción comercial y fisiopatías en frutos de chile serrano clasificados de primera. Datos acumulados de 2 fechas de corte.

		FRUTOS CLASIFICADOS DE PRIMERA							
Tratamiento		Peso total de frutos (g/U.R.)	Número total de frutos (Unidad/U.R)	Peso medio total de frutos (g/U.R.)	Longitud de fruto (cm)	Diámetro de fruto (mm)	Defectos de fruto (%)	Deformación de frutos (%)	Color de frutos (%)
Directa		80.92 ± 27.25 n.s.	18.0 ± 5.68 n.s.	4.40 ± 0.22 b	7.17 ± 0.12 n.s	7.25 ± 1.32 A	47.22 ± 9.61 n.s.	52.08 ± 5.54 AB	29.86 ± 4.55 n.s.
Trasplante		96.83 ± 22.60 n.s.	19.0 ± 4.60 n.s.	5.14 ± 0.20 a	6.89 ± 0.23 n.s.	3.66 ± 0.60 B	31.94 ± 8.51 n.s.	43.05 ± 5.43 BC	29.16 ± 4.36 n.s.
Tradicional		88.87 ± 21.64 n.s.	19.0 ± 4.43 n.s.	4.77 ± 0.19 ab	7.04 ± 0.12 n.s.	5.45 ± 1.14 AB	48.61 ± 9.62 n.s.	58.33 ± 5.56 A	34.72 ± 5.38 n.s.
Sin gallinaza		53.92 ± 16.07 B	12.0 ± 3.39 b	4.47 ± 0.16 b	7.06 ± 0.18 n.s.	6.58 ± 1.24 A	40.27 ± 9.32 n.s.	33.33 ± 11.11 B	27.77 ± 4.28 n.s.
Con gallinaza		123.83 ± 12.80 A	25.0 ± 2.87 a	5.07 ± 0.17 a	7.01 ± 0.08 n.s.	4.32 ± 0.28 B	39.26 ± 9.21 n.s.	57.25 ± 5.55 A	28.33 ± 4.32 n.s.
Interacciones	Siembra con y sin Abono	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).
-n.s., *, ** no significativo y nivel de significancia 0.05 y 0.01, respectivamente.
-U. R.: Unidad de repetición (6 plantas).

En el cuadro (7.8) se muestra la interacción entre tipo siembra x abono ($p \leq 0.05$), reflejando mayor diámetro de frutos en platas de siembra directa en relación con las plantas con gallinaza. Gago (2022) menciona que la aplicación de gallinaza al cultivo de chile serrano con una dosis de 75 kg de N/ha favorece el diámetro de fruto.

Cuadro 7.8. Interacción. Media y significancia para los parámetros de producción comercial y fisiopatías en frutos de chile serrano clasificados de primera. Datos acumulados de 2 fechas de corte.

Tratamiento		Diámetro de fruto (mm)
Directa	Sin gallinaza	10.16 a
	Con gallinaza	4.33 b
Trasplante	Sin gallinaza	2.33 n.s.
	Con gallinaza	4.98 n.s.
Tradicional	Sin gallinaza	7.25 n.s.
	Con gallinaza	3.66 n.s.
LSD ($p \leq 0.05$)		2.38

-Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa 95% según la prueba de Tukey).
-n.s. no significativo.
-U. R.: Unidad de repetición (6 plantas).

En relación a frutos clasificados de segunda categoría (Cuadro 7.9), el mejor peso total de los frutos se registró en plantas a las que se adiciono gallinaza (344.77 g/U.R.) con respecto a las plantas que no recibieron este abono (199.05 g/U.R.) con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$). En el caso del número de frutos y el peso medio de los mismos, se presentó la misma tendencia, sin embargo, para el peso medio de los frutos la diferencia estadística fue al ($p \leq 0.05$).

El diámetro de frutos fue mayor en plantas sin incorporación de gallinaza (6.22 mm) en comparación a las plantas donde se adiciono (3.60 mm) con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$). En los diferentes tipos de siembra no existe una diferencia clara, no obstante, en siembra directa

(6.66 mm) se reflejó el mayor diámetro en comparación al trasplante y de forma tradicional, con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$). Resultados similares reporta Romero (2016) en frutos de chile serrano autóctono clasificados de segunda categoría bajo distintas dosis de fertilización.

En relación a las diversas fisiopatías (defectos, deformación y color de los frutos) no se registraron diferencias estadísticamente significativas.

Cuadro 7.9. Evaluación de los parámetros de producción comercial y fisiopatías en frutos de chile serrano clasificados de segunda. Datos acumulados de 2 fechas de corte.

		FRUTOS CLASIFICADOS DE SEGUNDA							
Tratamiento		Peso total de frutos (g/U.R.)	Número total de frutos (Unidad/U.R.)	Peso medio total de frutos (g/U.R.)	Longitud de fruto (cm)	Diámetro de fruto (mm)	Defectos de fruto (%)	Deformación de frutos (%)	Color de frutos (%)
Directa		261.16 ± 72.16 n.s.	74.0 ± 18.05 n.s.	3.33 ± 0.16 n.s.	5.56 ± 0.12 b	6.66 ± 1.30 A	44.44 ± 5.56 n.s.	46.53 ± 5.52 n.s.	39.58 ± 9.61 n.s.
Trasplante		282.66 ± 29.85 n.s.	81.0 ± 9.94 n.s.	3.49 ± 0.08 n.s.	6.03 ± 0.09 a	3.15 ± 0.32 B	43.75 ± 5.54 n.s.	57.64 ± 5.56 n.s.	47.22 ± 9.62 n.s.
Tradicional		271.91 ± 43.52 n.s.	78.0 ± 11.58 n.s.	3.41 ± 0.09 n.s.	5.79 ± 0.12 ab	4.91 ± 1.07 AB	54.86 ± 5.68 n.s.	46.52 ± 5.52 n.s.	39.58 ± 9.61 n.s.
Sin gallinaza		199.05 ± 36.81 B	58.0 ± 9.44 B	3.29 ± 0.11 b	5.67 ± 0.08 n.s.	6.22 ± 1.13 A	39.58 ± 5.42 n.s.	48.61 ± 5.54 n.s.	42.36 ± 9.63 n.s.
Con gallinaza		344.77 ± 25.87 A	98.0 ± 6.86 A	3.52 ± 0.05 a	5.91 ± 0.12 n.s.	3.60 ± 0.18 B	42.34 ± 5.55 n.s.	47.54 ± 5.48 n.s.	43.41 ± 9.62 n.s.
Interacciones	Siembra con y sin Abono	*	*	**	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).
-n.s., *, ** no significativo y nivel de significancia 0.05 y 0.01, respectivamente.
-U. R.: Unidad de repetición (6 plantas).

Se registró una interacción (Cuadro 7.10) entre tipo siembra con y sin gallinaza ($p \leq 0.05$). Se observó que la siembra directa con la incorporación de gallinaza las plantas presentaron mayor ventaja productiva para el peso total de frutos, número de frutos y el peso medio total de frutos. Y para el caso del diámetro de frutos, el mayor grosor de frutos se presentó en siembra directa, pero sin adicionar el abono. Montes (2022), menciona que la variable diámetro de fruto en chile serrano nativo, se considera de mejor calidad entre menor sea el diámetro, a diferencia de las variedades hibridas de chile serrano que tienden a presentar mayor diámetro en frutos.

Cuadro 7.10. Interacción. Media y significancia para los parámetros de producción comercial y fisiopatías en frutos de chile serrano clasificados de segunda. Datos acumulados de 2 fechas de corte.

Tratamiento		Peso total de frutos (g/U.R.)	Número total de frutos (Unidad/U.R.)	Peso medio total de frutos (g/U.R.)	Diámetro de fruto (mm)
Directa	Sin gallinaza	104.33 b	35.0 b	2.98 b	9.52 a
	Con gallinaza	418.0 a	113.33 a	3.68 a	3.80 b
Trasplante	Sin gallinaza	231.66 n.s.	64.66 n.s.	3.58 n.s.	2.46 n.s.
	Con gallinaza	333.66 n.s.	98.66 n.s.	3.40 n.s.	3.85 n.s.
Tradicional	Sin gallinaza	261.16 n.s.	74.66 n.s.	3.33 n.s.	6.66 n.s.
	Con gallinaza	282.66 n.s.	81.66 n.s.	3.49 n.s.	3.15 n.s.
LSD ($p \leq 0.05$)		141.63	38.95	0.35	2.20

-Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa 95% según la prueba de Tukey).
-n.s. no significativo.
-U. R.: Unidad de repetición (6 plantas).

En el cuadro 7.11 se registran los valores medios de frutos de chile serrano clasificados de tercera calidad para los tipos de siembra con y sin gallinaza. Como en los casos anteriores de frutos clasificados de primera y segunda calidad, se presentó la misma tendencia, es decir, el mejor peso total y número de frutos se registró en plantas con gallinaza (244.55 g/U.R. y

90.0, respectivamente) con respecto a las plantas que no recibieron el abono (141.28 g/U.R. y 51.0, respectivamente), con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$).

Igualmente, se registró mayor longitud y diámetro frutos (4.68 cm, 3.25 mm, respectivamente) en las plantas con gallinaza en relación a las que no recibieron el abono (4.32 cm, y 5.48 mm, respectivamente), con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$).

Con relación a las fisiopatías evaluadas, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en los diferentes tratamientos. Estos resultados concuerdan con los reportados por Montes (2022) en frutos de chile serrano clasificados de tercera categoría bajo diferentes dosis de fertilización.

Cuadro 7.11. Evaluación de los parámetros de producción comercial y fisiopatías en frutos de chile serrano clasificados de tercera. Datos acumulados de 2 fechas de corte.

		FRUTOS CLASIFICADOS DE TERCERA							
Tratamiento		Peso total de frutos (g/U.R.)	Número total de frutos (Unidad/U. R.)	Peso medio total de frutos (g/U.R.)	Longitud de fruto (cm)	Diámetro de fruto (mm)	Defectos de fruto (%)	Deformación de frutos (%)	Color de frutos (%)
Directa		157.83 ± 60.73 n.s.	57.0 ± 21.35 n.s.	2.55 ± 0.18 n.s.	4.11 ± 0.15 B	5.86 ± 1.12 A	54.86 ± 5.56 AB	55.55 ± 5.55 n.s.	49.30 ± 5.55 n.s.
Trasplante		228.0 ± 21.42 n.s.	85.0 ± 7.35 n.s.	2.68 ± 0.12 n.s.	4.88 ± 0.07 A	2.87 ± 0.28 B	43.05 ± 5.56 B	58.33 ± 5.55 n.s.	52.77 ± 5.56 n.s.
Tradicional		192.9 ± 36.17 n.s.	71.0 ± 13.26 n.s.	2.62 ± 0.06 n.s.	4.50 ± 0.18 AB	4.37 ± 0.95 AB	64.58 ± 5.56 A	67.36 ± 5.55 n.s.	51.39 ± 5.55 n.s.
Sin gallinaza		141.28 ± 37.36 b	51.0 ± 12.74 B	2.53 ± 0.11 n.s.	4.32 ± 0.16 B	5.48 ± 0.98 A	47.22 ± 5.56 A	48.21 ± 5.53 n.s.	40.97 ± 5.56 n.s.
Con gallinaza		244.55 ± 20.39 a	90.0 ± 7.68 A	2.71 ± 0.08 n.s.	4.68 ± 0.14 A	3.25 ± 0.16 B	46.27 ± 5.56 B	54.62 ± 5.52 n.s.	49.26 ±5.52 n.s.
Interacciones	Siembra con y sin Abono	*	n.s.	*	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).
-n.s., *, ** no significativo y nivel de significancia 0.05 y 0.01, respectivamente.
-U. R.: Unidad de repetición (6 plantas).

En la interacción entre tipo de siembra con y sin gallinaza ($p \leq 0.05$), para siembra directa, el mayor peso total de frutos y el mejor peso medio de los frutos se registró en plantas de siembra directa con adición de gallinaza. Por el contrario, el mayor diámetro de frutos se presentó en plantas sin gallinaza (Cuadro 7.12). este resultado coincide con lo encontrado por Lozano. (2016) quien menciona que la gallinaza favorece el diámetro de frutos.

Cuadro 7.12. Interacción. Media y significancia para los parámetros de producción comercial y fisiopatías en frutos de chile serrano clasificados de tercera. Datos acumulados de 2 fechas de corte.

Tratamiento		Peso total de frutos (g/U.R.)	Peso medio total de frutos (g/U.R.)	Diámetro de Fruto (mm)
Directa	Sin gallinaza	32.33 b	2.21 b	8.32 a
	Con gallinaza	283.33 a	2.89 a	3.40 b
Trasplante	Sin gallinaza	233.66 n.s.	2.81 n.s.	2.25 n.s.
	Con gallinaza	222.33 n.s.	2.54 n.s.	3.48 n.s.
Tradicional	Sin gallinaza	157.83 n.s.	2.55 n.s.	5.86 n.s.
	Con gallinaza	228.0 n.s.	2.68 n.s.	2.87 n.s.
LSD ($p \leq 0.05$)		127.45	0.44	2.04

-Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa 95% según la prueba de Tukey.
-n.s. no significativo.
-U. R.: Unidad de repetición (6 plantas).

Para el caso de la firmeza de frutos, número de semillas y características orgnolépticas los resultados se muestran en el cuadro 7.13. Como se observa no se registraron diferencias estadísticamente significativas, sin embargo, se registró mayor firmeza de frutos en plantas sin gallinaza. De acuerdo con Khromov y Zhidekhina, (2007) mencionan que las características morfológicas son un reflejo de la capacidad productiva de las variedades que dependen en gran parte del genotipo, de las variaciones ambientales y contenido nutrimental de los abonos.

Cuadro 7.13. Evaluación de los parámetros de firmeza de frutos, numero de semillas y características organolépticas en frutos de chile serrano. Datos acumulados de 2 fechas de corte.

Tratamiento	Firmeza de frutos (g)	Numero de semillas	°Brix	pH inicial	NaOH	Pungencia Cata	Aroma	Turgencia
Directa	192.34 ± 96.83 n.s.	82.0 ± 7.35 n.s.	12.66 ± 0.49 n.s.	6.12 ± 0.03 n.s.	2.9 ± 2.91 n.s.	2.32 ± 5.55 a	1.22 ± 7.41 n.s.	1.92 ± 1.85 n.s.
Trasplante	235.65 ± 118.64 n.s.	99.0 ± 4.68 n.s.	12.33 ± 0.21 n.s.	6.16 ± 0.07 n.s.	2.3 ± 1.53 n.s.	1.66 ± 5.55 ab	1.02 ± 7.40 n.s.	1.6 ± 6.68 n.s.
Tradicional	329.0 ± 314.26 n.s.	90.0 ± 5.86 n.s.	12.33 ± 0.21 n.s.	6.1 ± 0.10 n.s.	2.3 ± 1.53 n.s.	1.56 ± 5.55 b	1.22 ± 7.44 n.s.	1.72 ± 4.90 n.s.
Sin gallinaza	374.63 ± 14.53 n.s.	84.0 ± 5.54 n.s.	12.44 ± 0.33 n.s.	6.16 ± 0.07 n.s.	2.1 ± 1.50 n.s.	1.77 ± 5.55 a	1.06 ± 6.22 n.s.	1.61 ± 4.91 n.s.
Con gallinaza	268.53 ± 14.42 n.s.	97.0 ± 4.03 n.s.	12.44 ± 0.17 n.s.	6.2 ± 0.02 n.s.	2.4 ± 1.55 n.s.	1.54 ± 5.55 b	1.04 ± 6.12 n.s.	1.62 ± 4.90 n.s.
Interacciones	Siembra con y sin Abono n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

-Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa 95% según la prueba de Tukey).
-n.s., *, ** no significativo y nivel de significancia 0.05 y 0.01, respectivamente.
-U. R.: Unidad de repetición (6 plantas).

En los cuadros 7.14 al 7.22 se registran los valores medios del análisis de varianza para producción total, producción comercial (primera, segunda y tercera), firmeza de los frutos, numero de semillas y características organolépticas en los frutos de chile serrano, en función a las variables de tipos de siembra con incorporación de gallinaza, sobre datos acumulados de seis fechas de corte.

Para el caso de la producción total (Cuadro 7.14) el resultado del análisis de la varianza no muestra diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tipos de siembra. Con relación a la incorporación de abono, se observó que el mayor peso total, número y mejor peso medio total de los frutos, se registró en plantas que lo recibieron (1684.56 g/U.R., 546 y 3.06 g/U.R., respectivamente) en comparación a los frutos que procedían de plantas sin abonar (1192.19 g/U.R., 409.0 y 2.79 g/U.R., respectivamente), con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$). Se mantuvo la misma tendencia en la producción total sobre datos acumulados de 6 fechas de corte que para el caso de producción de las dos fechas de corte.

Cuadro 7.14. Evaluación de los parámetros de producción total de chile serrano. Datos acumulados de 6 fechas de corte.

Tratamiento		Peso total de frutos (g/U.R.)	Número total de frutos (Unidad/U.R.)	Peso medio total de frutos (g/U.R.)
Directa		1296.42 ± 301.52 n.s.	427.0 ± 76.56 n.s.	2.87 ± 0.19 n.s.
Trasplante		1580.33 ± 128.68 n.s.	527.0 ± 33.43 n.s.	2.98 ± 0.10 n.s.
Tradicional		1438.38 ± 169.43 n.s.	478.0 ± 42.53 n.s.	2.93 ± 0.12 n.s.
Sin gallinaza		1192.19 ± 178.27 b	409.0 ± 47.84 b	2.79 ± 0.12 b
Con gallinaza		1684.56 ± 14.84 a	546.0 ± 25.05 a	3.06 ± 0.08 a
Interacción	Siembra con y sin Abono	*	*	*

-Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa 95% según la prueba de Tukey.
-n.s., *, ** no significativo y nivel de significancia 0.05 y 0.01, respectivamente.
-U. R.: Unidad de repetición (6 plantas).

Se registró la interacción entre tipo de siembra con y sin gallinaza ($p \leq 0.05$) en siembra directa, donde se observó que las plantas en combinación con el abono presentaron mayor producción total de frutos (Cuadro 7.15). Cunin (2024), menciona que, al incorporar 100 g de gallinaza en pimiento, aumenta el peso medio de los frutos.

Cuadro 7.15. Interacción. Media y significancia para los parámetros de producción total de chile serrano. Datos acumulados de 6 fechas de corte.

Tratamiento		Peso total de frutos (g/U.R.)	Número total de frutos (Unidad/U.R.)	Peso medio total de frutos (g/U.R.)
Directa	Sin gallinaza	653.83 b	267.33 b	2.44 b
	Con gallinaza	1939.0 a	587.66 a	3.30 a
Trasplante	Sin gallinaza	1626.33 n.s.	533.33 n.s.	3.07 n.s.
	Con gallinaza	1534.33 n.s.	522.0 n.s.	2.90 n.s.
Tradicional	Sin gallinaza	1296.42 n.s.	427.66 n.s.	2.87 n.s.
	Con gallinaza	1580.33 n.s.	528.0 n.s.	2.98 n.s.
LSD ($p \leq 0.05$)		623.56	157.83	0.45

-Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa 95% según la prueba de Tukey.
-n.s. no significativo.
-U. R.: Unidad de repetición (6 plantas).

Los frutos clasificados de primera categoría sobre datos acumulados de seis fechas de corte se registran en el cuadro 7.16. Con respecto a la producción total, se presentó mayor peso total en plantas que adicionadas con gallinaza (217.22 g/U.R.) en comparación a los frutos procedentes de plantas sin abonar (134.53 g/U.R.) con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$). Para el número y peso medio de frutos totales, se presentó la misma tendencia, pero sin que se hayan registrado diferencias estadísticas. Estos resultados en frutos de primera calidad coinciden con lo reportado por Santoyo y Martínez (2008) quienes evaluaron la aplicación de abono orgánico y fertilizante químico en chile ancho variedad rebelde y jalapeño variedad tajín, obteniendo frutos de mejor calidad con el abono.

En la evaluación de fisiopatías, el mayor porcentaje de deformación de frutos se registró en plantas que fueron abonadas (55.28%) en comparación a las que no lo recibieron (31.37%), con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$). En los diferentes tipos de siembra, no se observa una diferencia clara, no obstante, el mayor porcentaje de deformación se registró en frutos procedentes de

plantas que se sembraron de manera tradicional (56.35%), con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$). Referente a los distintos tipos de siembra no se observaron diferencias e.s. dichos resultados se atribuyen a que en la zona de estudio al establecer los cultivos de manera tradicional realizan prácticas de "roza, tumba y quema", aunado a la fertilización excesiva y mal uso de dosis de insecticidas y fungicidas, así como la exposición y remoción del suelo y la degradación del mismo, trayendo como resultado intoxicación, estrés a las plantas, mayores defectos y deformaciones.

Cuadro 7.16. Evaluación de los parámetros de producción comercial y fisiopatías en frutos de chile serrano clasificados de primera. Datos acumulados de 6 fechas de corte.

Tratamiento		FRUTOS CLASIFICADOS DE PRIMERA							
		Peso total de frutos (g/U.R.)	Número total de frutos (Unidad/U.R.)	Peso medio total de frutos (g/U.R.)	Longitud de fruto (cm)	Diámetro de fruto (mm)	Defectos de fruto (%)	Deformación de frutos (%)	Color de frutos (%)
Directa		164.75 ± 45.24 n.s.	35.0 ± 8.98 n.s.	4.53 ± 0.22 n.s.	7.15 ± 0.21 n.s.	6.43 ± 0.33 n.s.	46.23 ± 4.81 n.s.	51.09 ± 8.33 AB	28.84 ± 2.78 n.s.
Trasplante		187.0 ± 22.01 n.s.	48.0 ± 13.57 n.s.	5.61 ± 0.56 n.s.	6.82 ± 0.06 n.s.	7.10 ± 0.59 n.s.	30.91 ± 9.62 n.s.	42.06 ± 4.31 BC	27.18 ± 2.90 n.s.
Tradicional		175.87 ± 28.48 n.s.	42.0 ± 7.63 n.s.	4.57 ± 0.25 n.s.	6.98 ± 0.11 n.s.	6.76 ± 0.31 n.s.	45.60 ± 9.60 n.s.	56.35 ± 8.33 A	33.71 ± 2.93 n.s.
Sin gallinaza		134.53 ± 23.82 b	36.0 ± 10.41 n.s.	4.28 ± 0.35 n.s.	7.02 ± 0.14 n.s.	6.56 ± 0.21 n.s.	41.28 ± 4.60 n.s.	31.37 ± 4.80 B	29.68 ± 2.76 n.s.
Con gallinaza		217.22 ± 20.46 a	47.0 ± 5.07 n.s.	4.87 ± 0.18 n.s.	6.94 ± 0.09 n.s.	6.96 ± 0.44 n.s.	38.28 ± 9.40 n.s.	55.28 ± 8.40 A	29.36 ± 2.90 n.s.
Interacción	Siembra con y sin Abono	*	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s	n.s.	n.s

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).
-n.s., *, ** no significativo y nivel de significancia 0.05 y 0.01, respectivamente.
-U. R.: Unidad de repetición (6 plantas).

En la interacción (Cuadro 7.17) entre tipo de siembra con y sin gallinaza ($p \leq 0.05$). Las plantas presentaron mayor peso total de frutos con adición de gallinaza. Y en el caso de plantas que fueron trasplantadas y con incorporación de abono presentaron mayor diámetro de frutos.

Cuadro 7.17. Interacción. Media y significancia para los parámetros de producción comercial y fisiopatías en frutos de chile serrano clasificados de primera. Datos acumulados de 6 fechas de corte.

Tratamiento		Peso total de frutos (g/U.R.)	Diámetro de fruto (mm)
Directa	Sin gallinaza	69.16 b	7.12 n.s.
	Con gallinaza	260.33 a	5.73 n.s.
Trasplante	Sin gallinaza	169.66 n.s.	6.13 b
	Con gallinaza	204.33 n.s.	8.07 a
Tradicional	Sin gallinaza	164.75 n.s.	6.42 n.s.
	Con gallinaza	187.0 n.s.	7.09 n.s.
LSD ($p \leq 0.05$)		106.39	1.42

-Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa 95% según la prueba de Tukey.
-n.s. no significativo.
-U. R.: Unidad de repetición (6 plantas).

En el cuadro 7.18 se muestran los valores medios de frutos clasificados de segunda. El mayor peso total de estos se registró en plantas con adición de gallinaza (916.16 g/U.R.) y mayor número (263.0) en relación a los frutos procedentes de plantas que no recibieron el abono (609.83 g/U.R. y 179.0, respectivamente), con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$). Para el resto de las variables en estudio no se observaron diferencias estadísticas.

En el caso de los diferentes tipos de siembra sólo se registró diferencia estadísticamente significativa para el peso medio de frutos totales, donde el mejor peso medio se presentó en frutos de plantas que fueron trasplantadas (3.59 g/U.R.), con respecto a la siembra directa y tradicional, con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$). dichos resultados coinciden con lo reportado por

Medranda *et al*. (2016) quien incremento el rendimiento en cultivo de pimiento dulce, al aplicar estiércol avícola.

Cuadro 7.18. Evaluación de los parámetros de producción comercial y fisiopatías en frutos de chile serrano clasificados de segunda. Datos acumulados de 6 fechas de corte.

		FRUTOS CLASIFICADOS DE SEGUNDA							
Tratamiento		Peso total de frutos (g/U.R.)	Número total de frutos (Unidad/U.R.)	Peso medio total de frutos (g/U.R.)	Longitud de fruto (cm)	Diámetro de fruto (mm)	Defectos de fruto (%)	Deformación de frutos (%)	Color de frutos (%)
Directa		713.16 ± 218.43 n.s.	216.0 ± 61.67 n.s.	3.17 ± 0.15 b	5.25 ± 0.09 n.s.	5.60 ± 0.11 n.s.	43.41 ± 7.35 n.s.	47.56 ± 2.78 n.s.	37.66 ± 7.35 n.s.
Trasplante		812.83 ± 85.36 n.s.	226.0 ± 22.14 n.s.	3.59 ± 0.10 a	5.28 ± 0.10 n.s.	5.44 ± 0.19 n.s.	44.72 ± 7.35 n.s.	55.58 ± 5.56 n.s.	46.29 ± 9.62 n.s.
Tradicional		763.0 ± 111.27 n.s.	221.0 ± 29.07 n.s.	3.38 ± 0.14 ab	5.26 ± 0.03 n.s.	5.53 ± 0.17 n.s.	52.81 ± 7.30 n.s.	44.56 ± 2.70 n.s.	37.55 ± 5.56 n.s.
Sin gallinaza		609.83 ± 110.87 b	179.0 ± 28.35 b	3.27 ± 0.15 n.s.	5.30 ± 0.07 n.s.	5.63 ± 0.26 n.s.	38.53 ± 4.81 n.s.	49.63 ± 2.72 n.s.	44.33 ± 2.78 n.s.
Con gallinaza		916.16 ± 100.95 a	263.0 ± 30.05 a	3.49 ± 0.07 n.s.	5.23 ± 0.05 n.s.	5.42 ± 0.16 n.s.	43.36 ± 7.35 n.s.	49.58 ± 2.70 n.s.	41.45 ± 2.75 n.s.
Interacciones	Siembra con y sin Abono	*	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

-Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa 95% según la prueba de Tukey).
-n.s., *, ** no significativo y nivel de significancia 0.05 y 0.01, respectivamente.
-U. R.: Unidad de repetición (6 plantas).

En el cuadro 7.19 se muestran los valores de la interacción entre tipo de siembra con y sin gallinaza ($p \leq 0.05$). Los resultados presentan la misma tendencia que en las fechas de corte antes mencionadas, donde la siembra directa en combinación con el abono, las plantas presentan mayor producción total (peso total, número de frutos y peso medio de los frutos). De Grazia *et al*. (2006), argumentan que uno de los efectos benéficos principales de aplicar gallinaza es el aporte de materia orgánica al suelo que disminuye la lixiviación de nutrientes en el suelo debido a la mayor retención de humedad y al incremento de la capacidad de intercambio catiónico. En tanto podemos atribuir que este efecto entre la siembra directa y el uso de gallinaza es resultado del no manejo del suelo previo a la siembra directa, ya que no fue removido y la gallinaza no fue mezclada con él (como lo es en trasplante y tradicional), por lo tanto, favoreció el intercambio catiónico y la humedad así mismo mantuvo disponible los nutrientes para que la planta los pudiera aprovechar.

Cuadro 7.19. Interacción. Media y significancia para los parámetros de producción comercial y fisiopatías en frutos de chile serrano clasificados de segunda. Datos acumulados de 6 fechas de corte.

Tratamiento		Peso total de frutos (g/U.R.)	Número total de frutos (Unidad/U.R.)	Peso medio total de frutos (g/U.R.)
Directa	Sin gallinaza	280.0 b	97.33 b	2.88 b
	Con gallinaza	1146.33 a	334.33 a	3.46 a
Trasplante	Sin gallinaza	836.33 n.s.	224.0 n.s.	3.75 n.s.
	Con gallinaza	789.33 n.s.	228.33 n.s.	3.42 n.s.
Tradicional	Sin gallinaza	713.16 n.s.	216.33 n.s.	3.17 n.s.
	Con gallinaza	812.83 n.s.	226.33 n.s.	3.59 n.s.
LSD ($p \leq 0.05$)		478.25	135.60	0.44

-Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa 95% según la prueba de Tukey.
-n.s. no significativo.
-U. R.: Unidad de repetición (6 plantas).

Los frutos clasificados de tercera calidad (Cuadro 7.20) con sus respectivas variables en estudio, muestran que, para los distintos tipos de siembra, el mayor peso total de frutos se registró en plantas que fueron trasplantadas (580.5 g/U.R.) en referencia a la siembra directa (418.5 g/U.R.) y de manera tradicional (499.5 g/U.R.), con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$). El mismo comportamiento se presentó para el número y peso medio total de frutos, pero con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$). Para el caso de los defectos de frutos, las plantas que fueron sembradas de manera tradicional presentaron el mayor porcentaje (66.52%) respecto a los de plantas trasplantadas o de siembra directa, con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$). para las fisiopatías de deformación y color de los frutos no se registraron diferencias estadísticamente significativas.

Con respecto a la variable, con y sin gallinaza, las plantas que recibieron el abono presentaron mayor producción de frutos clasificados de tercera calidad (551.16 g/U.R. y 235.0 frutos) con respecto a los procedentes de plantas que no recibieron abono (447.83 g/U.R. y 194.0 frutos) con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$). Asimismo, el mayor porcentaje de frutos con defectos se observó en plantas sin abonar (49.26%) con respecto a las plantas con abono (48.29%) con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$). Para el resto de las fisiopatías, no se observaron diferencias estadísticamente significativas. Santoyo y Martínez (2008) demostraron que al aplicar gallinaza en cultivo de chile ancho y jalapeño se obtiene mejor calidad de frutos, aunque menor rendimiento. Estos resultados se pueden atribuir al estrés fisiológico recibido por las plantas a consecuencia de las condiciones adversas de temperatura que se presentaron en la zona de estudio durante las fechas de trasplante.

Cuadro 7.20. Evaluación de los parámetros de producción comercial y fisiopatías en frutos de chile serrano clasificados de tercera. Datos acumulados de 6 fechas de corte.

		FRUTOS CLASIFICADOS DE TERCERA							
Tratamiento		Peso total de frutos (g/U.R.)	Número total de frutos (Unidad/U.R.)	Peso medio total de frutos (g/U.R.)	Longitud de fruto (cm)	Diámetro de fruto (mm)	Defectos de fruto (%)	Deformación de frutos (%)	Color de frutos (%)
Directa		418.5 ± 67.61 b	176.0 ± 20.58 B	0.97 ± 0.44 B	3.82 ± 0.07 n.s.	6.15 ± 0.38 A	56.83 ± 12.10 AB	57.59 ± 8.33 n.s.	47.40 ± 5.53 n.s.
Trasplante		580.5 ± 34.85 a	253.0 ± 9.03 A	2.30 ± 0.10 A	3.99 ± 0.11 n.s.	4.67 ± 0.33 B	45.07 ± 4.81 B	59.36 ± 7.35 n.s.	54.71 ± 4.86 n.s.
Tradicional		499.5 ± 46.36 ab	215.0 ± 18.98 AB	1.63 ± 0.39 AB	3.91 ± 0.09 n.s.	5.41 ± 0.41 AB	66.52 ± 7.78 A	69.31 ± 4.80 n.s.	53.33 ± 8.33 n.s.
Sin gallinaza		447.83 ± 55.88 b	194.0 ± 19.03 b	1.79 ± 0.28 n.s.	3.91 ± 0.08 n.s.	5.78 ± 0.44 a	49.26 ± 4.81 A	46.29 ± 5.55 n.s.	41.72 ± 5.56 n.s.
Con gallinaza		551.16 ± 24.68 a	235.0 ± 11.71 a	1.47 ± 0.37 n.s.	3.90 ± 0.07 n.s.	5.05 ± 0.19 b	48.29 ± 4.81 B	58.61 ± 5.55 n.s.	47.36 ± 5.56 n.s.
Interacciones	Siembra con y sin Abono	*	n.s.	n.s.	*	**	n.s.	n.s.	n.s.

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).
-n.s., *, ** no significativo y nivel de significancia 0.05 y 0.01, respectivamente.
-U. R.: Unidad de repetición (6 plantas).

En la interacción entre tipo de siembra con y sin gallinaza ($p \leq 0.05$). Se registró mayor peso total de frutos en siembra directa en combinación con la adición de gallinaza (Cuadro 7.21).

Cuadro 7.21. Interacción. Media y significancia para los parámetros de producción comercial y fisiopatías en frutos de chile serrano clasificados de tercera. Datos acumulados de 6 fechas de corte.

Tratamiento		Peso total de frutos (g/U.R.)	Longitud de frutos (cm)	Diámetro de fruto (mm)
Directa	Sin gallinaza	304.66 b	3.75 n.s.	6.98 a
	Con gallinaza	532.33 a	3.90 n.s.	5.32 b
Trasplante	Sin gallinaza	620.33 n.s.	4.16 a	4.20 n.s.
	Con gallinaza	540.66 n.s.	3.81 b	5.15 n.s.
Tradicional	Sin gallinaza	418.5 n.s.	3.82 n.s.	6.15 n.s.
	Con gallinaza	580.5 n.s.	3.99 n.s.	4.67 n.s.
LSD ($p \leq 0.05$)		171.42	0.37	1.05

-Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa 95% según la prueba de Tukey.
-n.s. no significativo.
-U. R.: Unidad de repetición (6 plantas).

En el cuadro 7.22 se reportan valores medios de la firmeza de frutos, numero de semillas por fruto y características organolépticas de estos con sus respectivas variables en estudio. En general no se registraron diferencias estadísticamente significativas de las variable**s** en estudio. Sin embargo, cabe resaltar que la mayor firmeza de frutos (376.65g) se registró en los procedentes de plantas sin aplicación de gallinaza. Asimismo, se registraron 84 semillas por fruto como media aprox. También, el contenido de sólidos solubles fue superior a un valor de 12 °Brix, y la acidez de frutos fue ligeramente con valor de 6. En todos los casos las diferencias son numéricas.

Cuadro 7.22. Evaluación de los parámetros de firmeza de frutos, numero de semillas y características organolépticas en frutos de chile serrano. Datos acumulados de 6 fechas de corte.

Tratamiento	Firmeza de frutos (g)	Numero de semillas	°Brix	pH inicial	NaOH	Pungencia Cata	Aroma	Turgencia
Directa	194.35 ± 26.67 n.s.	87.0 ± 3.93 n.s.	12.68 ± 0.22 n.s.	6.14 ± 0.03 n.s.	2.7 ± 0.06 n.s.	2.34 ± 10.02 a	1.24 ± 3.71 n.s.	1.94 ± 1.60 n.s.
Trasplante	237.67 ± 7.64 n.s.	81.0 ± 4.95 n.s.	12.35 ± 0.21 n.s.	6.18 ± 0.08 n.s.	2.4 ± 0.05 n.s.	1.68 ± 2.76 ab	1.04 ± 5.56 n.s.	1.7 ± 3.34 n.s.
Tradicional	331.61 ± 13.01 n.s.	84.0 ± 7.72 n.s.	12.36 ± 0.16 n.s.	6.3 ± 0.02 n.s.	2.3 ± 0.04 n.s.	1.58 ± 13.46 b	1.25 ± 2.45 n.s.	1.74 ± 0.93 n.s.
Sin gallinaza	376.65 ± 13.02 n.s.	86.0 ± 3.19 n.s.	12.43 ± 0.14 n.s.	6.18 ± 0.08 n.s.	2.2 ± 0.06 n.s.	1.79 ± 2.76 a	1.08 ± 0.93 n.s.	1.63 ± 9.12 n.s.
Con gallinaza	270.55 ± 13.01 n.s.	82.0 ± 3.18 n.s.	12.45 ± 0.17 n.s.	6.4 ± 0.02 n.s.	2.3 ± 0.04 n.s.	1.56 ± 13.48 b	1.06 ± 0.92 n.s.	1.66 ± 9.4 n.s.
Interacciones	Siembra con y sin Abono n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

-Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa 95% respectivamente según la prueba de Tukey.
-n.s. no significativo
-U. R.: Unidad de repetición (6 plantas).

En los cuadros 7.23 al 7.28 se reportan valores medios del análisis de varianza para el análisis nutrimental en planta de chile serrano durante la etapa de floración, en raíz, tallo y hojas de planta, con sus respectivas variables de estudio.

La concentración de macroelementos en raíz de la planta de chile serrano (Cuadro 7.23) durante la etapa de floración, se observa que, para el nitrógeno, fósforo, sodio, calcio, magnesio y la relación K/Ca+Mg, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. En el caso del potasio para los diferentes tipos de siembra, no se observa una diferencia clara, sin embargo, en raíz de plantas que fueron trasplantadas presentaron mayor concentración de potasio (1.26%) respecto a la siembra directa y tradicional, con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$). En relación a la incorporación de gallinaza, las plantas que se les incorporó gallinaza presentaron mayor porcentaje de potasio (1.23%) con respecto a las plantas que no fueron abonadas (1.08%), con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$). Resultados similares reporta Romero (2016) en raíz de chile serrano nativo con diferentes dosis de fertilizante químico. De igual manera Valentin. (2013) en su ensayo sobre extracción de macronutrimentos en chile de agua reportó valores semejantes de potasio en raíz de la planta.

Cuadro 7.23. Evaluación del análisis en raíz de planta de chile serrano durante la etapa fenológica de floración.

Tratamiento		N (%)	P (%)	K (%)	Na (%)	Ca (%)	Mg (%)	K/Ca+Mg)
Trasplante		0.74 ± 0.01 n.s.	0.07 ± 0.02 n.s.	1.26 ± 0.04 a	0.25 ± 0.01 n.s.	1.17 ± 0.11 a	0.01 ± 0.01 n.s.	1.11 ± 0.12 n.s.
Directa		0.65 ± 0.03 n.s.	0.34 ± 0.24 n.s.	1.17 ± 0.05 ab	0.27 ± 0.04 n.s.	0.96 ± 0.09 ab	0.02 ± 0.01 n.s.	1.24 ± 0.11 n.s.
Tradicional		0.87 ± 0.09 n.s.	0.10 ± 0.01 n.s.	1.03 ± 0.10 b	0.25 ± 0.01 n.s.	0.80 ± 0.10 b	0.01 ± 0.01 n.s.	1.37 ± 0.23 n.s.
Con gallinaza		0.76 ± 0.07 n.s.	0.25 ± 0.16 n.s.	1.23 ± 0.03 a	0.27 ± 0.02 n.s.	0.97 ± 0.09 n.s.	0.01 ± 0.01 n.s.	1.36 ± 0.16 n.s.
Sin gallinaza		0.75 ± 0.02 n.s.	0.08 ± 0.01 n.s.	1.08 ± 0.07 b	0.25 ± 0.01 n.s.	0.98 ± 0.10 n.s.	0.02 ± 0.01 n.s.	1.11 ± 0.07 n.s.
Interacciones	Siembra con y sin Abono	n.s.	n.s.	*	n.s.	*	n.s.	n.s.

-Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa 95% según la prueba de Tukey.
-n.s., *, ** no significativo y nivel de significancia 0.05 y 0.01, respectivamente.
-U. R.: Unidad de repetición (6 plantas).

Se registró la interacción entre tipo de siembra con y sin gallinaza ($p \leq 0.05$). Para el caso de la concentración de potasio fue mayor en plantas cultivadas en forma tradicional con la incorporación de gallinaza. Respecto al calcio la concentración fue mayor en plantas de siembra directa sin incorporación de gallinaza, (Cuadro 7.24). El incremento en la concentración nutrimental generalmente se da como resultado de la fertilización aplicada, debido a la mayor disponibilidad de nutrientes que abastecen la demanda de la planta durante la etapa de floración, como lo argumentan Gorbe y Calatayud (2010). Por lo tanto, se atribuye que el efecto de interacción entre siembra tradicional y sin aplicación de gallinaza respecto al porcentaje de potasio, es resultado de la fertilización química excesiva que aplican los productores de manera tradicional en la zona de estudio.

Cuadro 7.24. Interacción. Media y significancia del análisis en raíz de planta de chile serrano durante la etapa fenológica de floración.

Tratamiento		K (%)	Ca (%)
Directa	Sin gallinaza	1.22 n.s.	0.97 b
	Con gallinaza	1.30 n.s.	1.37 a
Trasplante	Sin gallinaza	1.24 n.s.	1.11 n.s.
	Con gallinaza	1.10 n.s.	0.81 n.s.
Tradicional	Sin gallinaza	1.22 a	0.83 n.s.
	Con gallinaza	0.84 b	0.77 n.s.
LSD ($p \leq 0.05$)		0.21	0.39

-Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa 95% respectivamente según la prueba de Tukey.
-n.s. no significativo.
-U. R.: Unidad de repetición (6 plantas).

En relación al análisis químico en tallo de plantas de chile serrano se registran en el cuadro 7.25. En los distintos tipos de siembra, no se registraron diferencias estadísticamente significativas en los elementos analizados, así como en el cálculo de la relación K/Ca+Mg. Referente a la incorporación de gallinaza, las plantas que no recibieron el abono presentaron

mayor concentración de nitrógeno (1.76%) con respecto a las plantas que se les incorporó (1.44%), con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$). Caso contrario se reporta para el potasio, donde la mayor concentración de este elemento se presentó en plantas con gallinaza (2.10%) referente a las plantas que no recibieron el abono (1.60%), con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$). Asimismo, cabe mencionar que la concentración de nitrógeno en tallo se incrementó más del 100% en relación a la raíz. También el calcio aumentó en todas las variables de estudio, aunque en mucho menor proporción. El resto de los elementos analizados permanecieron relativamente similares. Barker y Pilbean (2006), mencionan que el aumento en la concentración de N se debe a que es esencial en la división y expansión de células vegetales y en el crecimiento y desarrollo de estructuras vegetativas tales como tallos y hojas.

Cuadro 7.25. Evaluación del análisis en tallo de planta de chile serrano durante la etapa fenológica de floración.

Tratamiento		N (%)	P (%)	K (%)	Na (%)	Ca (%)	Mg (%)	K/Ca+Mg)
Trasplante		1.56 ± 0.24 n.s.	0.07 ± 0.01 n.s.	2.07 ± 0.20 n.s.	0.26 ± 0.01 a	1.42 ± 0.14 n.s.	0.02 ± 0.01n.s.	1.50 ± 0.19 n.s.
Directa		1.53 ± 0.03 n.s.	0.24 ± 0.13 n.s.	1.80 ± 0.22 n.s.	0.24 ± 0.01 ab	0.99 ± 0.17 n.s.	0.02 ± 0.01 n.s.	1.85 ± 0.16 n.s.
Tradicional		1.71 ± 0.05 n.s.	0.10 ± 0.01 n.s.	1.68 ± 0.08 n.s.	0.22 ± 0.01 b	1.14 ± 0.17 n.s.	0.02 ± 0.01 n.s.	1.61 ± 0.24 n.s.
Con gallinaza		1.44 ± 0.10 b	0.10 ± 0.01 n.s.	2.10 ± 0.16 a	0.25 ± 0.01 n.s.	1.25 ± 0.13 n.s.	0.03 ± 0.01 n.s.	1.75 ± 0.16 n.s.
Sin gallinaza		1.76 ± 0.11 a	0.17 ± 0.09 n.s.	1.60 ± 0.07 b	0.24 ± 0.01 n.s.	1.12 ± 0.14 n.s.	0.02 ± 0.01 n.s.	1.56 ± 0.17 n.s.
Interacciones	Siembra con y sin Abono	*	n.s.	n.s.	*	*	*	n.s.

-Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa 95% según la prueba de Tukey.
-n.s., *, ** no significativo y nivel de significancia 0.05 y 0.01, respectivamente.
-U. R.: Unidad de repetición (6 plantas).

Se registró una interacción (Cuadro 7.26) entre tipo de siembra con y sin gallinaza ($p \leq 0.05$); para el caso de siembra directa con la incorporación de abono se encontró mayor concentración de nitrógeno. Por el contrario, en plantas que fueron trasplantadas sin la incorporación de gallinaza se registró mayor concentración de calcio, magnesio y sodio. Datos que coinciden con los reportados por Campos S. y Arguedes G. (2017), en su experimento de extracción nutrimental en cultivares de chile dulce. El Ca participa en el almacenamiento de azucares en frutos y mejora la firmeza de estos, por lo tanto, existe gran variación de Ca durante las distintas etapas fenológicas de la planta, principalmente en floración y fructificación Mengel *et al*. (2001).

Cuadro 7.26. Interacción. Media y significancia del análisis en tallo de planta de chile serrano durante la etapa fenológica de floración.

Tratamiento		N (%)	Na (%)	Ca (%)	Mg (%)
Directa	Sin gallinaza	1.13 b	0.25 n.s.	1.58 n.s.	0.02 n.s.
	Con gallinaza	1.98 a	0.27 n.s.	1.26 n.s.	0.02 n.s.
Trasplante	Sin gallinaza	1.54 n.s.	0.26 a	1.25 a	0.03 a
	Con gallinaza	1.51 n.s.	0.22 b	0.74 b	0.01 b
Tradicional	Sin gallinaza	1.65 n.s.	0.22 n.s.	0.92 n.s.	0.02 n.s.
	Con gallinaza	1.77 n.s.	0.23 n.s.	1.36 n.s.	0.02 n.s.
LSD ($p \leq 0.05$)		0.47	0.03	0.64	0.02

-Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa 95% según la prueba de Tukey.
-n.s. no significativo.
-U. R.: Unidad de repetición (6 plantas).

Finalmente, en el cuadro 7.27 se registran los valores medios del análisis de varianza para la concentración de elementos analizados en hojas de chile serrano y sus respectivas variables de estudio. Referente a los tipos de siembra la mayor concentración de fósforo se registró en hojas de plantas que se cultivaron de manera tradicional (1.95%) con respecto al trasplante (0.13%) y siembra directa (0.70%), con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$). También, la relación

K/Ca+Mg fue mayor en hojas de plantas que fueron cultivadas de manera tradicional (1.10), con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$). datos que coinciden con lo reportado por Montes (2022) quien, en su ensayo de dosis de fertilización en chile serrano nativo, reporta que la relación K/Ca+Mg fue mayor en el grupo testigo que fue fertilizado de manera tradicional en la zona de estudio. Por lo que se atribuye que este resultado es inducido también por la alta dosis de fertilizante que aplican los productores de forma tradicional.

En relación a la incorporación de abono, el mayor porcentaje de fósforo se registró en hojas de plantas que no recibieron gallinaza (0.85%) con respecto a las hojas de plantas que fueron abonadas (0.50%), con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$). Sin embargo, la mayor concentración de calcio (3.43%) se presentó en hojas que no fueron abonadas en relación a las que se les aplicó gallinaza (2.94%), con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$). Los abonos orgánicos como la gallinaza generalmente contienen elementos minerales que están más fácilmente disponibles para la planta, lo que explica el incremento en la concentración de P, Ca y Mg Hernández *et al;* (2010). Asimismo, Arancon *et al*. (2005). reporta mayor porcentaje de P en la concentración foliar de chile pimiento cultivado con diferentes tipos de abonos orgánicos, destacando la aplicación de gallinaza.

Cuadro 7.27. Evaluación del análisis en hoja de planta de chile serrano durante la etapa fenológica de floración.

Tratamiento		N (%)	P (%)	K (%)	Na (%)	Ca (%)	Mg (%)	K/Ca+Mg)
Trasplante		4.95 ± 0.51 n.s.	0.13 ± 0.01 C	2.69 ± 0.11 n.s.	0.25 ± 0.01 n.s.	4.04 ± 0.04 n.s.	0.07 ± 0.01 n.s.	0.65 ± 0.02 b
Directa		5.40 ± 0.15 n.s.	0.70 ± 0.25 B	2.56 ± 0.8 n.s.	0.23 ± 0.01 n.s.	3.22 ± 0.38 n.s.	0.06 ± 0.01 n.s.	0.83 ± 0.09 b
Tradicional		5.14 ± 0.32 n.s.	1.95 ± 0.02 A	2.55 ± 0.13 n.s.	0.23 ± 0.01 n.s.	2.29 ± 0.10 n.s.	0.06 ± 0.01 n.s.	1.10 ± 0.08 a
Con gallinaza		5.03 ± 0.31 n.s.	0.50 ± 0.17 B	2.63 ± 0.06 n.s.	0.24 ± 0.01 n.s.	3.43 ± 0.31 A	0.07 ± 0.01 n.s.	0.82 ± 0.10 n.s.
Sin gallinaza		5.30 ± 0.26 n.s.	0.85 ± 0.18 A	2.57 ± 0.11 n.s.	0.23 ± 0.01 n.s.	2.94 ± 0.28 B	0.06 ± 0.01 n.s.	0.90 ± 0.06 n.s.
Interacciones	Siembra con y sin Abono	*	**	*	n.s.	**	n.s.	**

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).
-n.s., *, ** no significativo y nivel de significancia 0.05 y 0.01, respectivamente.
-U. R.: Unidad de repetición (6 plantas).

La interacción registrada se presenta en el cuadro 7.28 entre tipo de siembra con y sin gallinaza ($p \leq 0.05$). Para el caso de siembra directa con gallinaza las hojas de las plantas presentaron mayor concentración de nitrógeno y potasio. Y las plantas que fueron trasplantadas y con incorporación de gallinaza, las hojas presentaron mayor concentración de fósforo y la relación K/Ca+Mg. Sin embargo, el porcentaje mayor de calcio se registró en plantas trasplantadas, pero sin gallinaza. Resultados que coinciden con los reportados por Cruz- Crespo *et al*. (2014) quienes reportan resultados similares en la concentración mineral de N, Ca y Mg, en su ensayo de concentración nutrimental foliar y crecimiento de chile serrano en sustratos orgánicos. Referente a esto Arancon *et al*. (2004), afirman que además de la concentración nutrimental se deben considerar las propiedades físicas del suelo ya que estas influyen en los resultados obtenidos.

Cuadro 7.28. Interacción. Media y significancia del análisis en hoja de planta de chile serrano durante la etapa fenológica de floración.

Tratamiento		N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	K/Ca+Mg)
Directa	Sin gallinaza	4.15 b	0.14 n.s.	2.48 b	4.01 n.s.	0.60 n.s.
	Con gallinaza	5.15 a	0.13 n.s.	2.90 a	4.06 n.s.	0.70 n.s.
Trasplante	Sin gallinaza	5.63 n.s.	0.14 b	2.67 n.s.	4.06 a	0.64 b
	Con gallinaza	5.17 n.s.	1.26 a	2.45 n.s.	2.37 b	1.02 a
Tradicional	Sin gallinaza	5.29 n.s.	1.21 n.s.	2.74 n.s.	2.21 n.s.	1.22 n.s.
	Con gallinaza	4.98 n.s.	1.17 n.s.	2.35 n.s.	2.37 n.s.	0.96 n.s.
LSD ($p \leq 0.05$)		1.40	0.08	0.38	0.36	0.22

-Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa 95% según la prueba de Tukey.
-n.s. no significativo.
-U. R.: Unidad de repetición (6 plantas).

VIII. CONCLUSIONES

Respecto a los resultados obtenidos en el presente experimento se llegó a las siguientes conclusiones:

En el tratamiento de siembra directa donde se conservó la cobertura vegetal con adición de gallinaza sin mezclarla con el suelo las plantas de chile serrano presentaron mayor producción total.

El tratamiento de siembra directa con incorporación de gallinaza mejoró la clasificación comercial en frutos de chile serrano considerados de primera, segunda y tercera categoría. Asimismo, este tratamiento aumentó el diámetro de frutos. Con la siembra tradicional se presentó mayor porcentaje de deformación de frutos.

Con relación a las características organolépticas, numero de semillas, °Brix, pH, aroma y turgencia de los frutos no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las variables de estudio.

Respecto al análisis químico en raíz de planta de chile serrano, se encontró mayor porcentaje de K en plantas del tratamiento de siembra de trasplante con incorporación de gallinaza. Por el contrario, la mayor concentración de Ca se presentó en plantas de siembra directa sin incorporación de gallinaza.

El análisis mineral en tallo de planta de chile serrano presentó mayor porcentaje de N en plantas del tratamiento de siembra directa sin incorporación de gallinaza. En el caso del K la concentración más alta se presentó en plantas del tratamiento de siembra de trasplante con incorporación de gallinaza.

Finalmente, el análisis químico en hojas de planta de chile serrano, se encontró mayor porcentaje de P y la relación K/Ca+Mg fue mayor en plantas cultivadas de forma tradicional. El mayor porcentaje de Ca se encontró en hojas de plantas del tratamiento trasplante con adición de gallinaza.

En términos generales, entre los tres tipos de siembra; directa, trasplante y tradicional no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para los parámetros de producción total. Sin embargo, cabe aclarar que esto nos indica que no es necesario realizar el desmonte del bosque mesófilo de montaña, así como la remoción del suelo y el mal laboreo del suelo,

para asegurar una buena producción del cultivo de chile serrano, ya que los mismos rendimientos se pueden alcanzar sin necesidad de alterar el ecosistema.

En tanto se recomienda realizar siembra directa, con la posibilidad de omitir aplicación de gallinaza o en su caso trasplante, pero bajo el manejo que se le dio en este experimento, asegurando la rentabilidad de los cultivos, aumentando su producción, mejorando la calidad en fruto y conservando al mismo tiempo la biodiversidad.

IX. LITERATURA CITADA

Anzola L. (1977) Integrating forest and small-scale farm systems in middle America. Agroecosystems 3:291 302.

. 1982. Cropping practices and virus spread. Annu. Rev. Phytopathol. 20: 193 218.

. 1987. Good Farmers Traditional Agricultural Resource Management in México and Central America. Berkeley: University of California Press.

. 2002. Índice Agropecuario. Ed. 27. Maracay. Venezuela. 90pp.

Araceli, A.M., Morrell, P.L., Roose, M.L., & Kim, S.C. (2009). Genetic diversity and structure in semiwild and domesticated chiles (*Capsicum anuum*; *Solanaceae*) from México. American Journal of Botany, 96(6), 1190-1202. https://doi.org/10.3732/ajb.0800155.

Argueta, V. A. 2016. Los saberes y las prácticas tradicionales: Conceptos y propuestas para la construcción de un enorme campo transdiciplinario. In: Delgado, F. y Rist, S. (Ed.). Ciencias, dialogo de saberes y transdisciplinariedad. Aportes teóricos metodológicos para la sustentabilidad alimentaria y del desarrollo. La paz, Bolivia. UMSS-AGRUCO. Universidad Berna, CRIM-UNAM, CLACSO. Plural Editores. 169-188 p.

Arancon N. Q., C. A. Edwards, P. Biermanb, J. D. Metzger and C. Luchtd (2005) Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. *Pedobiologia* 49:297-306.

Azofeifa, A. y Moreira, M. 2008. Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile dulce (*Capsicum annum L*. CV. HOT) en Alajuela, Costa Rica. Agronomía Costarricense 32: 19-29.

Altieri, M. A. y C. Nicholls (2012) "Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica" *Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología*. Berkeley, En: <http://agroeco.org/socla/archivos_documentos_ claves/SOCLA-Rio+20-espanol.pdf.

Baker, H.F. 1974. The evolution of weeds. Ann. Rev. Eco. Syst. 5: 1 24.

Berroterán J, Zinck J (2000) Indicadores de la sostenibilidad Agrícola Nacional Cerealera. Caso de Estudio: Venezuela. Rev. Fac. Agron. (Luz). 17: 138-154.

Beets, W. C. 1982. Multiple Cropping and Tropical Farming Systems. Boulder: Westview Press.

BARKER, A. V.; PILBEAM, D. J. 2006. Handbook of plant nutrition. CRC Press. Boca Raton, Florida, United States of America. 613 p.

Bifani P (1999) Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. IEPALA. Madrid. España. 593pp.

Bosland, P.W. and Votava, E.J. 2012. Peppers: vegetable and spice Capsicums. 2nd. Ed. CABL. USA. 230 pp.

Boul, S. W., F.D. Hole y R.J. McKracken. 2004. Genesis y clasificación de suelo. Ed. Trillas. México, D.F. 417 pps.

Campos, S. R. A. y Arguedas G. C. 2017. Crecimiento, producción y extracción nutricional en los cultivos protegidos de chile dulce (*Capsicum Annuum* L.) y Tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) Utilizando dos soluciones nutritivas en Santa Clara, San Carlos, Costa Rica.

Cunin E.P. E. (2024) Efecto de tres dosis de abono orgánico a partir de la pollinaza bajo dos tipos de riego en el cultivo de pimiento (Capsicum annuum) El Triunfo. Tesis para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Agraria del Ecuador. El Triunfo Ecuador.

CEE (2000) Origen y Desarrollo de La Agricultura Ecológica y de su Normalización. Comunidad Europea. http://europa.eu.int

Cepeda J.M. 2007. "Química de suelos" UAAAN. Saltillo, México, Editorial Trillas.

Cruz-Crespo E., Can-Chulim A., Bugarin-Montoya R., Pineda-Pineda J., Flores-canales R., Juárez López P., y Alejo-Santiago G. 2014. Concentración nutrimental foliar y crecimiento de chile serrano en función de la solución nutritiva y el sustrato. Revista fitotecnia Mexícana. Vol. 37 (3): 289-295.

Dent, D. 1991. Insect Pest Management. England: C. A. B. International.

Díaz C (2000) La nueva agricultura española en su contexto comunitario y mundial. En Reforma de la PAC y Agenda 2000, Nuevos tiempos, nueva agricultura. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. España. Pp 145-157.

Ekedahl G, Junker P. and Rondell B. Interlaboratory study of methods of chemical analysis of water. J Water Pollut Contr Fed. 1975 47: 858-866.

Escobar A, Messa H, Ruiz-Silvera C, Rodríguez J (1998) Proyecto de Establecimiento y evaluación de un Modelo Físico de Agricultura Tropical Sostenible. Taller Internacional: Agricultura Tropical Sostenible. Experiencias y desafíos para el tercer milenio. Fundación Polar. CIARA. Caracas. pp 65-72.

FAOSTAT, 2023. Cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Fernández C (2001) Las Buenas Prácticas Agrarias y el Medio Ambiente. Cuaderno para talleres de buenas prácticas agrarias. Unión de Agricultores y Ganaderos de Navarra. España. 32pp.

Gabaldón A (1998) La agricultura Tropical Sostenible: una necesidad. Taller Internacional: Agricultura Tropical Sostenible. Experiencias y desafíos para el tercer milenio. Fundación Polar. CIARA. Caracas. pp 25-32.

Gago, M. (2020). *Beneficios del abono orgánico*. Obtenido de Ecología Verde.

Gorbe E. and A. Calatayud (2010) Optimization of nutrition in soilless systems: a review. *Advances in Botanical Research* 53:193-245.

Gliessman, S. R., E. R. Garcia, and A. M. Amador. 1981. The ecological basis for the application of traditional agricultural technology in the management of tropical agro-ecosystems. Agroecosystems 7: 173 185.

Gliessman, S.R. 2002. Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sustentable. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 359 pps.

Guzmán G, Gonzáles M, Sevilla E (2000) Introducción a la Agroecología como Desarrollo Rural Sostenible. Mundi Prensa. Madrid. 535pp.

Guggenberger, G. 2005. Humification and Mineralization in soils. In: F. Buscot y A. Varma. Soil Biology, Vol 3 Microorganisms in Soils: Roles in Genesis and Functions. Springer-Verlag. Berlin Alemania.

Hernández A., H. Castillo, D. Ojeda, A. Arras, J. López and E. Sánchez (2010) Effect of compost on lettuce production. *Chilean Journal of Agricultural Research* 70:583-589. https://www.ecologiaverde.com/abono-organico

Huerta P.A., (2007). Chile poblano importancia económica y sociocultural. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados Campus Puebla. 21p.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Anuario Estadístico del Estado de Puebla, México, 2022.

INTAGRI. (2019). La pollinaza como fertilizante. México, D.F.: Intagri.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Compendio de información geográfica municipal. Marco Geoestadístico 2010. Tlaola, Puebla. versión 4.3. Escala 1:250 000.

Isaac R.A. y J.D. Kerber. 1971 Atomic Absorption and flame photometry: techniques and uses in soil, plant and water analysis. In Instrumental Methods for Analysis of Soil and Plant Tissues. Pp. 17-37. Soil Sci. Soc. Amer. Madison, Wisconsin, USA.

Juárez A, J.P. 2014. Evaluación del rendimiento de tres variedades de chile poblano (*Capsicum Anuumm* L.), en Macrotunel. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Agronomía y Veterinaria. Tesis para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista.

J. De Grazia, P.A. Tittonel and A. Chiesa. 2006. The effect of substrates with compost and nitrogenous fertlization on Photosynthesis, precocity and pepper (Caspsicum annuum) yield. Cien. Inv. Agr. 34 (3): 195-204. II.

Khromov, N.V y T.V. ZhideKhina, 2007. Biological aspects of crop yield formation in serviceberry. Rissian Agricultural Scienses, 33(1):22-23.

Kim, J.-S., Ahn, J., Lee, S.-J., Moon, B., Ha, T.-Y., & Kim, S. (2011). Phytochemicals and antioxidant activity of fruits and leaves of paprika (Capsicum annuum L., var. special) cultivated in Korea. Journal of Food Science, 76(2), C193-8. https://doi.org/10.1111/j.1750.3841.2010.01891.x

Kolmas, E. y D. Vásquez. 1999. Manual de agricultura ecológica. Una aplicación a los principios básicos y su aplicación. Grupo de agricultura orgánica de ACTAF. La Habana, Cuba. 163 pps. (En línea: www.agriculturasostenible.info/imagenes/Manual1%20AE.pdf)

Kogan, M. 1986. E*cological Theory and Integrated Pest Management Practice.* New York: John Wiley and Sons.

Knight, C. G. 1980. «Ethnoscience and the African farmer: rationale and strategy.» In: Indigenous Know-ledge Systems and Development. D. Broken-shaw et al., eds. Maryland: Univ. Press of America.

Kraft, K. H., Brown, C. H., Nabhan, G. P., Luedeling, E., De Jesús Luna Ruiz, J., D'Eeckenbrugge, G. C., … Gepts, P. (2014). Multiple lines of evidence for the origin of domesticated chili pepper, Capsicum annuum, in Mexico. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 111(17), 6165-6170. https://doi.org/10.1073/pnas.1308933111

Lal, R., E. Regnier, D. J. Exkert, W. M. Edwards, and R. Hammond. 1991. Expectations of cover crops for sustainable agriculture. In: Cover Crops for Clean Water. W. L. Hargrove, ed. pp. 114. Soil and Water Conservation Soc.

Lowa. Martinez, Z.G., J.R.A. Dorantes, M. Ramirez, A. De La Rosa y O. Pozo (2005). Efectos geneticos y heterosis en la vida de anaquel del chile serrano. Revista de Fitotecnia Mexicana 28: 327-332.

Lyons, J. M. (1973). Chilling Injury in Plants. *Annual Review of Plant Physiology*, *24*(1), 445–466. https://doi.org/10.1146/annurev.pp.24.060173.002305

López F (2000) Desarrollo Agrario Sostenible. En Reforma de la PAC y Agenda 2000, Nuevos tiempos, nueva agricultura. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. España. pp. 209-217.

Lozano S. M. Efecto de cuatro dosis de materia orgánica (Pollaza) en el cultivo de Aji Pimienton (*Capsicum annuum* L) Variedad California Wonder. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo. Tarapoto Perú. 2016.

Macías R. H., Muñoz V. J. A.; Velásquez V. M. A., Potisek T. M. C. y Villa C. M. M. 2013. Chile Habanero: descripción d su cultivo en la península de Yucatán. México. Ver. Chapingo Ser. Zonas Áridas 12(2):37-43.

MENGEL, K., E. A. KIRKBY, H. KOSEGARTEN, AND T. APPEL. 2001. Principles of plant nutrition. 5th ed. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands. 635 p.

Maroto. L. 2000. Manejo del cultivo de pepino. Ed. Madrid-España. p, 87-90.

Maroto B., J. V. 1997a. Etimología y descripción de las principales fisiopatías de la horticultura mediterránea. Ed. Ediciones y promociones L. A. V, S.L.

Maroto B., J. V. 1997b. Fisiopatías de las hortalizas (II). Cuadernos de fitopatología/ 1° trimestre. pp: 64-75.

Mata Vázquez H., Vázquez García E., Ramírez Meraz M., y Phathistan Pérez J., 2010 Fertirrigación de chile serrano con riego por goteo en el sur de Tamaulipas inifap villa Cuahutemoc, Tamaulipas diciembre de 2010 libro técnico número 2.

McGuire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements. HortScience, 27(12), 1254-1255. doi.org/ 10.21273/HORTSCI.27.12.1254

Millington, S., C. Stopes, and L. Woodward. 1990. «Rotational design and the limits of organic Systems.

Miranda Molina, F. D., Valle Guadarrama, S., Guerra Ramírez, D., Arévalo Galarza, M. D. L., Pérez Grajales, M., & Artés Hernández, F. (2019). Quality attributes and antioxidant properties of Serrano chili peppers (*Capsicum annuum* L.) affected by thermal conditions postharvest. International Food Research Journal, 26(6).

Montes R. C. (2022). Potencial productivo y calidad de chile serrano autóctono en el municipio de Tlaola Puebla. Tesis de Licenciatura, Facultad de ciencias biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Repositorio institucional BUAP.

Morán-Bañuelos, S. H., Aguilar-Rincón, V. H., Corona-Torres, T., Castillo-González, F., Soto-Hernández, R, M., & San Miguel-Chávez, R. (2008). Capsaicinoides en chiles nativos de Puebla, México. Agrociencia, 42(7), 807-816. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?scripr=sciarttext&pid=S1405-31952008000700007&Ing=es&nrm=iso&tlng=es

Mueller, D. H., T. C. Daniel, and R. C. Wendt. 1981. Conservation tillage: best management practice for nonpoint runoff. Env. Manage. 5: 33 53.

Nieto A, Murillo B, Troyo E, Larinaga J, García L (2002) El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. Interciencia 27: 417-421.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.

Ortiz-Villanueva, B. y C. A. Ortiz. 1990. Edafología. Universidad Autónoma Chapingo. México, D.F. 394 pps.

Organización Internacional del Trabajo. XXII Congreso Mundial sobre Seguridad y Salud. Salud y Seguridad en el Trabajo. Ginebra Suiza. 2021.

Perfecto, I., Vandermeer, J. y R. Levins (2010) "The agroecological matrix as alternative to the land-sparing/agriculture intensification model" Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. Vol. 107 (13), marzo, pp. 5786-5791.

Perry, L., Dickau, R., Zarrillo, S., Holst, l., Pearsall, D. M., Piperno, D. R., …Zeidler, J. A. (2007). Starch fossils and the domestication and dispersal of 50 chili peppers (Capsicum spp. L.) in the Americas. Science, 315 (5814), 986-988. https://doi.org/10.1126/science.1136914

Pozo Campodónico., O. 1981. Descripción y tipos de cultivares de chile (*Capsicum spp*) en México; folleto técnico numero 77 octubre inia 1981, sa4rh, México df.

Pickersgill, B. (1971). Relationships Between Weedy and Cultivated Forms in Some Species of Chili Peppers. In Source: Evolution (Vol. 25).

. 2007. Domestication of plants in the Americas: Insights from Mendelian and molecular genetics. Annals of Botany, Vol. 100, pp. 925-940. https://doi.org/10.1093/aob/mcm193

. 2011. Society for American Archaeology. The Archaeological Record of Chili Peppers (*Capsicum spp*.) and the sequence of plant domestication in Peru. American Archaeology, 34(1), 54-61.

Reijntjes C.B., Haverkort A. and Waters-Bayer A. 1992. Farming for the future. MacMillan Press Ltd.,London.

Rigby D, Cáceres D (2001) Organic Farming and Sustainability Agricultural Systems. Agric. Syst. 68: 21-40.

Rivera R (1999) Evolución del concepto de desarrollo rural y la Sustentabilidad/Sostenibilidad. Revista Latinoamericana de Desarrollo Rural. Año IV N°5. CIARA. Caracas. Venezuela. pp. 6-12.

Romero H. M. (2016) Evaluación Agronómica de Ecotipos de Chile Serrano en la Sierra Norte de Puebla. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería Agrohidrahulica. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Repositorio Institucional BUAP.

Roberts, B, 1992. Land Care Manual. Kensington, Australia. New South Wales University Press.

Rodríguez, S y Casas, L. (2020). La pollinaza, efecto en el medio ambiente y posibilidades de reutilización. Revista de Producción Animal, 32(3), 87-102. Doi:2224-7920

Rueda L. R., Reyes M. J., Romero H. M. y Montes R.C. (2016). Prácticas culturales en chile serrano en la sierra norte de Puebla. 1ed. Editorial BUAP, Puebla Mex.

Ruthenberg, H. 1971. Farming Systems of the Tropics. London: Oxford Univ. Press.

Sandia L, Cabeza M, Arandia J, Bianchi G (1999) Agricultura, Salud y Ambiente. CIDIAT. Fundación Polar. Caracas. Venezuela. 243pp.

Santoyo, J.A. y C.O. Martinez (2008). Nutricion organica y mineral para la produccion de chiles picosos en el sur de Sinaloa. Fundacion Produce, Sinaloa A.C. Enlace, Innovacion y Progreso.

Seoánez M (1998) Medio Ambiente y Desarrollo. Manual de Gestión de los Recursos en Función del Medio Ambiente. Mundi-Prensa. Madrid. España. 592 pp.

SEMARNAT. 2016. Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde. Edición 2015. SEMARNAT, México.

SIAP. 2018. Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera. Producción agrícola por cultivo. Disponible en línea: http://www.siap.gob.mx

SIAP. 2019. Panorama Agroalimentario 2019. Servicio de información Agroalimentaria y pesquera. 214 p.

SIAP. 2020. Producción anual agrícola. Servicio de información Agroalimentaria y pesquera.

SIAP. 2023. Producción anual agrícola. Servicio de información Agroalimentaria y pesquera.

Smil, V. 1991. General Energetics: Energy in the Biosphere and Civilization. New York: John Wiley & Sons.

Statgraphics Centurión version XVI.I 2010

Thresh, J. M. 1981. Pests, Pathogens and Vegetation: The Role of Weeds and Wild Plants in the Ecology of Crop Pests and Diseases. Massachusetts: Pitman Pub., Inc.

Tucuch-Haas C. J., Alcántar-González G., Ordaz-Chaparro, V. m., Santizo-Rincón J. A. y Larqué-Saavedra A. 2012. Producción y calidad de chile habanero (*Capsicum chinense jacq.)* con diferentes relaciones $NH^{4+}NO3^{-}$ y tamaño de partícula de sustratos. Terra Latinoamericana, 30(1), 9-15.

Turk A, Turk J, Wittes J, Wittes R (1976) Tratado de Ecología. Interamericana. México. 453pp.

Valadez S. YM. 2016. E Olivares Sáenz, RE Vazquez Alvarado, JR Esparza-Rivera. P Preciado-Rangel. RD Valdez-Cepeda, JL Garcia-Hernandez. Calidad y concentración de capsaicinoides en genotipos de chile serrano (Capsicum annuum L.) Producidos bajo fertilización orgánica. Revista Internacional de Botánica Experimental de Argentina.

Vázquez García E., Ramírez-Meráz M., Mata-Vázquez H., Ariza-Flores R y Alia-Tejacal I. (4). (2010). Atributos de calidad y vida de anaquel de frutos de cultivares de chile serrano en México. Revista Fitotecnia Mexicana. Vol. 33 No. 4.

Vazquez, E., M. Ramirez, H. Mata, R. Ariza y I. Alia (2010 b). Atributos de calidad y vida de anaquel de frutos. *Revista de Fitotecnia Mexicana* 33: 79-82

Valentin-Miguel M. C. Castro B.R. Rofriguez P. J.E. Perez G.M. Extracción de Macronutrimentos en Chile de Agua (*Capsicum annuum* L) Revista Chapingo serie Horticultura 19 (4): 71-78 Ed 2013.

Vera-Guzmán, A. M., Chávez-Servia, J. L., Carrillo-Rodríguez, J. C., & G. López, M. (2011). Phytochemical evaluation of eild and cultivated pepper (*Capsicum annuum* L. and *C. pubescens* Ruiz & amp; pav.) from Oaxaca, Mexico. Chilean Journal of Agricultural Research, 71(4), 578-585. https://doi.org/10.4067/S0718-58392011000400013

White, R. T. Jr. & Douthit, G. E. 1985. Use of microwave oven and nitric acid-hydrogen peroxide digestion to prepare botanic materials for elements analysis, J. Assoc. Off Anal. Chem., Washington, DC, 68(4): 766-769.

Wilken, G. C. 1969. The ecology of gathering in a Mexican farming region. Econ. Bot. 24: 286 295.

Wilson C, Tisdell C (2001) Why Farmers Continue to Use Pesticides Despite Environmental, Health and Sustainability Costs. Ecological Economics 39: 449-462.

Wittwer, S. H. 1975. Food production: technology and the resource base. Science 188: 579 588.

Zandstra, H. G., E. C. Price, J. A. Litsinger, and R. A. Morris. 1981. A Methodology for On-farm Cropping Systems Research. Philippines: IRRI.

X. ANEXO 1. ARCHIVO FOTOGRÁFICO DEL EXPERIMENTO

Figura 6. Practica tradicional Roza en predio de cultivo de siembra directa.

.

Figura 7. Practica tradicional Tumba de árboles en predio de cultivo tradicional.

Figura 8. Practica tradicional quema de residuos vegetales en cultivo tradicional.

Figura 9. Almacigo de chile serrano cubierto con hoja de helecho.

Figura 10. Practica de Barbecho o Ixtlaya con azadón en cultivo.

Figura 11. Semilla en mata para cultivo de siembra directa.

Figura 12. Trasplante de plántula de chile serrano.

Figura 13. Plántula de chile de siembra directa a los 15 días después de siembra.

Figura 14. Practica de limpieza de cultivo de forma manual sin remover el suelo e incorporando cobertura vegetal.

Figura 15. Planta de chile serrano con frutos de primera calidad.