



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

TÍTULO DE LA TESIS

Evaluación de lixiviado de humus de lombriz en chile
zacapaleño (*Capsicum frutescens* L.).

Tesis que para obtener el título de
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

PRESENTA:

ANGELES MONTSSERRAT NORATO POTENCIANO

DIRECTOR: ROLANDO RUEDA LUNA

FEBRERO 2020



La presente tesis titulada Evaluación de lixiviado de humus de lombriz en chile zacapaleño (*Capsicum frutescens* L.) bajo condiciones de invernadero realizada por Angeles Montserrat Norato Potenciano bajo la dirección del comité asesor indicado, ha sido revidada y aprobada por el mismo como requisito parcial para obtener el título de:

LICENCIADA EN BIOLOGÍA

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Ciencias Biológicas

Consejo integrado por:

Dr. Rolando Rueda Luna

Director de tesis

Mtra. Miriam Romero Hernández

Codirectora de tesis

Dr. Carlos Alberto Ruiz Jiménez

Asesor de tesis

Dr. Daniel Sihuanca Mendoza

Asesor de tesis

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a los profesores del Departamento de Investigación de Ciencias Agrícolas sobre todo a mi director y codirectora de tesis Rolando Rueda Luna y Miriam Romero Hernández por apoyarme durante este proceso tan importante en mi vida académica.

A los profesores de laboratorio Cesar Calderón Fabián y Abel Cruz Montalvo por colaborar en ampliamente en este proyecto de tesis.

A los profesores Carlos Alberto Ruiz Jiménez y Daniel Sihuanca Mendoza por formar parte de este proceso académico como sinodales de tesis.

A todas las personas que de alguna manera colaboraron en la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

Mi gratitud infinita a mi hija, porque su presencia ha sido y será siempre el motivo más grande que me ha impulsado para lograr esta meta. Gracias también a mi compañero de vida que ha encaminado conmigo este trabajo en cada uno de sus procesos.

Como testimonio de cariño, eterno agradecimiento por mi existencia, valores morales y formación profesional. Porque sin escatimar esfuerzo alguno han sacrificado gran parte de su vida para formarme y porque nunca podré pagar todos sus desvelos ni aun con las riquezas más grandes el mundo. Por lo que soy y por todo el tiempo que les robé pensando en mí... Gracias papás.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	ANTECEDENTES.....	3
	2.1 ORIGEN.....	3
	2.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.....	4
	2.3 DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE <i>Capsicum frutescens</i>	5
	2.4 DESCRIPCIÓN DE CHILE ZACAPALEÑO.....	6
	2.5 IMPORTANCIA DEL CULTIVO.....	6
	2.5.1 IMPORTANCIA DE LA PRODUCCIÓN DE CHILE EN MÉXICO.....	7
	2.5.2 IMPORTANCIA DEL FRUTO EN PUEBLA.....	8
	2.5.3 IMPORTANCIA NUTRIMENTAL.....	9
	2.6 FENOLOGÍA.....	11
	2.7 REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS.....	12
	2.7.1 SUELO.....	12
	2.7.2 HUMEDAD.....	12
	2.7.3 TEMPERATURA.....	12
	2.8 FERTILIZACIÓN.....	13
	2.8.1 NITRÓGENO.....	13
	2.8.2 FÓSFORO.....	15
	2.8.3 POTASIO.....	15

2.8.4 SODIO.....	16
2.8.5 CALCIO.....	16
2.8.6 MAGNESIO.....	17
2.8.7 COBRE.....	18
2.8.8 ZINC.....	18
2.8.9 HIERRO.....	19
2.8.10 MANGANESO.....	19
2.9 LIXIVIADO.....	20
2.10 REQUERIMIENTOS DE CALIDAD.....	21
2.10.1 ÍNDICE DE MADUREZ.....	21
2.10.2 pH.....	22
2.10.3 GRADOS BRIX.....	22
2.10.4 COLOR.....	22
2.10.5 SABOR Y AROMA.....	22
2.10.6 FIRMEZA.....	23
2.10.7 NÚMERO DE SEMILLAS.....	23
2.11 FISIOPATÍAS.....	24
2.11.1 MANCHADO DE FRUTOS.....	24
2.11.2 CRACKING.....	24
2.11.3 DEFORMACIÓN.....	24
III. JUSTIFICACIÓN.....	25

IV.	HIPÓTESIS.....	26
V.	OBJETIVOS.....	26
	5.1 OBJETIVO GENERAL.....	26
	5.2 OBJETIVOS PARTICULARES.....	26
VI.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
VII.	RESULTADOS.....	32
VIII	DISCUSIÓN.....	88
IX.	CONCLUSIONES.....	97
X.	BIBLIOGRAFÍA.....	100
XI.	ANEXOS.....	108
	11.1 FOTOGRAFÍAS DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.....	108
	11.2 REGISTRO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA.....	114

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Parámetros altura y diámetro de tallo de chile zacapaleño.....	33
Cuadro 2.	Parámetros peso fresco y seco en raíz, tallo y hoja en plantas de chile zacapaleño a los 199 dds.....	35
Cuadro 3.	Parámetros de peso fresco y seco en raíz, tallo y hoja en plantas de chile zacapaleño a los 230 dds.....	36
Cuadro 4.	Parámetros de peso fresco y seco en raíz, tallo y hoja en plantas de chile zacapaleño a los 275 dds.....	37
Cuadro 5.	Parámetros de producción total, número total y peso medio total de frutos de chile zacapaleño a los 199 dds.....	42
Cuadro 6.	Clasificación comercial de frutos de chile zacapaleño a los 199 dds.....	43
Cuadro 7.	Clasificación de fisiopatías en frutos de chile zacapaleño a los 199 dds.....	44
Cuadro 8.	Parámetros de producción total, número total y peso medio total de frutos de chile zacapaleño a los 230 dds.....	45
Cuadro 9.	Clasificación comercial de frutos de chile zacapaleño a los 230 dds.....	46
Cuadro 10.	Clasificación de fisiopatías en frutos de chile zacapaleño a los 230 dds.....	47
Cuadro 11.	Parámetros de producción total, número total y peso medio total de frutos de chile zacapaleño a los 275 dds.....	48
Cuadro 12.	Clasificación de calidad en frutos de chile zacapaleño a los 275 dds.....	49
Cuadro 13.	Clasificación de fisiopatías en frutos de chile zacapaleño a los 275 dds.....	50
Cuadro 14.	Número de semillas y firmeza de frutos de chile	

	zacapaleño a los 199, 230 y 275 dds.....	52
Cuadro 15.	Parámetros de valoración gustativa de frutos de chile zacapaleño a los 199 dds.....	54
Cuadro 16.	Parámetros de valoración gustativa de frutos de chile zacapaleño a los 275 dds.....	55
Cuadro 17.	Condición de superficie de frutos de chile zacapaleño a los 199 y 275 dds.....	56
Cuadro 18.	Parámetros °Brix, pH inicial e Índice de Madurez (IM) en plantas de chile Zacapaleño a los 199 dds.....	58
Cuadro 19.	Parámetros °Brix, pH inicial e Índice de Madurez (IM) en plantas de chile zacapaleño a los 230 dds.....	59
Cuadro 20.	Parámetros °Brix, pH inicial e Índice de Madurez (IM) en plantas de chile zacapaleño a los 275 dds.....	60
Cuadro 21.	Macronutrientes en hoja de chile zacapaleño a los 199 dds.....	64
Cuadro 22.	Macronutrientes en tallo de chile zacapaleño a los 199 dds.....	65
Cuadro 23.	Macronutrientes en raíz de chile zacapaleño a los 199 dds.....	66
Cuadro 24.	Macroelementos en hoja de chile zacapaleño a los 230 dds.....	67
Cuadro 25.	Macronutrientes en tallo de chile zacapaleño a los 230 dds.....	68
Cuadro 26.	Macroelementos en raíz de chile zacapaleño a los 230 dds.....	69
Cuadro 27.	Macroelementos en hoja de chile zacapaleño a los 275 dds.....	70

Cuadro 28. Macroelementos en tallo de chile zacapaleño a los 275 dds.....	71
Cuadro 29. Macroelementos en raíz de chile zacapaleño a los 275 dds.....	72
Cuadro 30. Microelementos en hoja de chile zacapaleño a los 199 dds.....	79
Cuadro 31. Microelementos en tallo de chile zacapaleño a los 199 dds.....	80
Cuadro 32. Microelementos en raíz de chile zacapaleño a los 199 dds.....	81
Cuadro 33. Microelementos en hoja de chile zacapaleño a los 230 dds.....	82
Cuadro 34. Microelementos en tallo de chile zacapaleño a los 230 dds.....	83
Cuadro 35. Microelementos en raíz de chile zacapaleño a los 230 dds.....	84
Cuadro 36. Microelementos en hoja de chile zacapaleño a los 275 dds.....	85
Cuadro 37. Microelementos en tallo de chile zacapaleño a los 275 dds.....	86
Cuadro 38. Microelementos en raíz de chile zacapaleño a los 275 dds.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de distribución de chile zacapaleño en México.....	9
Figura 2. Propiedades nutrimentales de chile.....	10
Figura 3. Gráficos de concentración de macronutrientes en hojas de chile zacapaleño a los 199, 230 y 275 dds.....	74
Figura 4. Vista general del cultivo de chile zacapaleño 199 dds.....	108
Figura 5. Cosecha de chile zacapaleño.....	108
Figura 6. Ramificación de plantas de chile zacapaleño.....	109
Figura 7. Clasificación comercial de chile zacapaleño.....	109
Figura 8. Medición de acidez de los frutos.....	110
Figura 9. Obtención de °Brix.....	110
Figura 10. Valoración gustativa en chile zacapaleño.....	110
Figura 11. Flamómetro para la concentración de sodio.....	111
Figura 12. Absorción atómica para la determinación de macro y micronutrientes.....	111
Figura 13. Fotolimetría para la proporción de fósforo.....	112
Figura 14. Método Kjeldahl para calcular el nitrógeno.....	112
Figura 15. Método de digestión ácida en microondas.....	113
Figura 16. Registro de temperatura durante el ciclo de cultivo.....	114
Figura 17. Humedad registrada durante el ciclo de cultivo.....	114
Figura 18. Registro de pH y conductividad eléctrica durante el	

ciclo de cultivo..... 115

Figura 19. Concentración de elementos en lixiviado de bovino,

Ácidos Húmicos (AH) y Ácidos Fúlvicos (AF), Materia Orgánica
(MO) y Carbón Orgánico (CO)..... 115

Cuadro 20. Fenología de chile zacapaleño obtenido de este

proyecto de investigación..... 116

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en las instalaciones del Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas del Instituto de Ciencias (DICA - ICUAP) bajo invernadero tipo túnel con cubierta de plástico y conducido en sistema de cultivo sin suelo. El objetivo fue evaluar tres dosis de lixiviado de humus de lombriz en chile zacapaleño (*Capsicum frutescens* L.) conducido en un sistema hidropónico. Se utilizaron contenedores de 35 x 40 cm con sustrato a base de perlita. Para el desarrollo del trabajo experimental se realizó un experimento unifactorial con cuatro tratamientos (50%, 75% y 100% de lixiviado, más el testigo) y tres repeticiones cada una. Los parámetros evaluados fueron: producción total y comercial, características organolépticas del fruto, altura de planta, diámetro de tallo, peso fresco y seco de la planta. Asimismo, se determinó el contenido de macronutrientes y micronutrientes en hoja, tallo y raíz de la planta, según la NOM-021-Semarnat-2000. Los resultados indican mayor producción total en plantas testigo, seguido del tratamiento con el 50% de lixiviado. Se registraron 70 semillas promedio, y firmeza de los frutos con valores de 3.78 N/cm². El contenido de °Brix en los frutos fue de 4.90 a 6.97. La concentración de los elementos nitrógeno, fósforo, potasio y calcio fue mayor en plantas testigo y en el tratamiento con el 50% de lixiviado. En los mismos tratamientos se presentó mayor asimilación de los micronutrientes; hierro, cobre, zinc y manganeso. En todos los nutrientes valorados, el tratamiento con el 50% de lixiviado y plantas testigo registraron mayor acumulación de macro y micronutrientes en la planta, independientemente de la parte de la planta.

I. INTRODUCCIÓN

Se sabe que uno de los principales productores de Chile es México, ocupa el tercer lugar de exportación a nivel mundial, el primer lugar lo ocupa el aguacate, seguido de jitomate y limón. Y por debajo se encuentran el pepino, la fresa y la cebolla que tuvieron por destino 130 países, según las estadísticas reportadas por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2019).

A nivel nacional el Chile es el tercer cultivo con mayor producción, la alta demanda en el área gastronómica. Sin embargo, también suele ser utilizado para elaborar diferentes productos, como medicamentos, ungüentos, cosméticos. Además, con la implementación de un manejo sanitario se garantiza que los productos que llegan a la mesa sean sanos e inocuos (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2015).

México es el país donde se cultiva una mayor variedad de Chile y se produce en todo el territorio nacional. De la centena de variedades, se les ha clasificado en 22 grupos de Chiles verdes y 12 en Chiles secos, los que sobresalen son los de tipo picante como el jalapeño, poblano, serrano y algunos considerados dulces como el pimiento morrón. En los últimos años el estado de Sinaloa ha sido uno de los principales productores del país, sin embargo se ha observado una disminución en la superficie de siembra dado que los subsidios son menores y los productores se ven poco interesados en darle seguimiento a la siembra de Chile (SIAP, 2010).

Según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2010), Puebla recibe 2.1 millones de pesos de financiamiento para producir diferentes cultivos hortícolas, entre ellos el Chile, donde la superficie sembrada hasta el momento es de 3.089 mil hectáreas, dando como producción apenas 9 mil toneladas anuales.

La gran diversidad de Chiles nativos en Puebla, es poco conocida a nivel nacional e internacional, por esta razón un grupo de mujeres indígenas se interesaron en la producción agroecológica del Chile impactando el comercio local de la comunidad de Tlaola y la importancia cultural de la región (Zepeda, 2018).

El chile Zacapaleño (*Capsicum frutescens* L.) es una hortaliza cuya producción va en aumento, pues se utiliza como un complemento esencial en la dieta de los mexicanos, aportando una gran variedad de nutrientes principalmente carbohidratos y vitaminas A, B y C (SIAP, 2010). Cabe mencionar, que el clima para el cultivo de este fruto debe ser en condiciones cálidas para su óptimo desarrollo, de lo contrario su crecimiento se vería afectado si crece a temperaturas menores de 10°C y por arriba de 35°C. Además, es moderadamente resistente a la acidez y a la salinidad del suelo.

El chile zacapaleño es una planta herbácea anual: su altura varía de entre 75 y 120 cm en condiciones de invernadero, su tallo es grueso, erecto y robusto. Las hojas son simples, lisas, lanceolada y alternada con raíz es pivotante (Ruiz-Lau *et al.*, 2011).

Una alternativa como uso de fertilizante en el cultivo de hortalizas es la extracción del líquido proveniente de la lombricomposta llamado lixiviado, el uso de este componente es rentable para la producción, ya que para su obtención no se requiere de grandes inversiones, además, los beneficios que aporta este fertilizante natural son eficientes cuando son usados en el agua de riego o como fertilizante foliar, sin embargo, deben ser diluidos para evitar posibles efectos fitotóxicos sobre todo en la germinación y en los primeros estadios del crecimiento y desarrollo de la planta (Gómez-Rosales *et al.*, 2013).

II. ANTECEDENTES

2.1. ORIGEN

El chile (*Capsicum annuum* L.) es uno de los cultivos originarios de México y a nivel mundial tienen una gran importancia sobre todo en la gastronomía. Todas las especies del género *Capsicum* son provenientes del continente Americano. Esta hortaliza junto con la calabaza, frijol y maíz fueron la base de la dieta alimenticia de las distintas culturas de Mesoamérica (López-Riquelme, 2003).

En estudios arqueológicos demuestran que el chile fue cultivado desde el año 7000 al 2555 a. C. en lugares como Tehuacán, Puebla, y en Ocampo, Tamaulipas (Aguirre y Muñoz 2015). Opiniones naturalistas mencionan, que el chile es originario de América y que durante el viaje de Alejandro de Humboldt a México en 1803, lo tenía considerado como planta nacional mexicana, según lo expresa en su obra titulada *Ensayo político sobre el reino de la Nueva España*, donde menciona:

“Las diferentes especies de pimientos, que los mexicanos llaman Chilli, son un fruto tan indispensablemente necesario a los indígenas como la sal a los blancos.”

Si bien, en México se utiliza el término chile del vocablo náhuatl *chilli* o *xilli*, refiriéndose a todo aquel fruto que está dentro de la clasificación del género *Capsicum*, en cambio, en el sur de América los pobladores lo llaman ají, una palabra que los españoles adoptaron a su vocabulario y lo usan desde la época colonial hasta la actualidad (Aguirre y Muñoz, 2015).

Las culturas prehispánicas ilustraban en códices como el Mendocino y Florentino al chile como elemento esencial de su dieta, pero también, le fueron asignados distintos usos por ejemplo militares, en el cual, los chiles secos eran arrojados al fuego. También tenía uso medicinal, comercial y aunque sea difícil de comprender también era usado con fines pedagógicos, pues con un poco de humo de chile inhalado se creía que servía para corregir la mala disciplina de los hijos desobedientes y testarudos (Aguirre y Muñoz, 2015).

A la llegada de los españoles al nuevo continente, los antiguos agricultores prehispánicos cultivaban sobre chinampas, una forma muy sustentable de producir alimento, además del chile también cultivaban frijol y maíz con el que tenían una dieta muy saludable y rica en proteínas. Es bien sabido que México posee la mayor diversidad genotípica de *Capsicum*, además, de que el chile es un sello para identificar la nacionalidad mexicana sobre todo en la gastronomía, aunque no es el productor más sobresaliente a nivel mundial, los países más competitivos son, China, España, Turquía, Nigeria, India y México (López-Riquelme, 2003).

Entre las diversas variedades de chile con las que cuenta México se encuentra el chile zacapaleño que es sembrado y cosechado en el municipio de Zacapala (de ahí el nombre asignado), localizado al suroeste de Puebla, aunque por algunos comerciantes poblanos es conocidos como chile de tiempo (Aguilar-Rincón *et al.*, 2010).

2.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

El humanista y cortesano Pedro Mártir de Anglería, en su obra *Décadas de Orbe Novo* (Décadas del nuevo mundo) en 1493 dio a conocer en Europa la primera noticia sobre la existencia de un fruto hallado en las nuevas tierras, con tanto o más sabor que la pimienta, recolectado por Cristóbal Colón en su primer viaje, ni más ni menos se trataba de una variedad del fruto que los mexicanos denominan chile. Los primeros herbolarios que lo describieron le dieron el nombre de *Capsicum*, que ha perdurado hasta hoy en día. El reconocido botánico Carl Linneè fue quien estableció en 1753 una nomenclatura como se conoce en la actualidad (Vela, 2009).

La terminología que usualmente es utilizada en la nomenclatura taxonómica en relación al ají es, *Capsicum* proveniente del vocablo griego Kapso. Kaptein que significa picar; refiriéndose al aroma pungente y penetrante que tiene como tal el ají (Mendoza 2006), El género *Capsicum* está comprendido por varias especies de plantas que tienen un parentesco con el tomate o la papa de América; es

importante mencionar que en diferentes países donde es producido y distribuido, el chile es llamado de distintas formas como ají, pimiento, guindilla, morrón o chile como tal. La denominación original proviene de las Antillas como Ají, en cambio, México lo denominan chile haciendo alusión a las variedades picantes. En los países del sur de América como Perú y Bolivia es llamado uchú, aymara o huayka.

La clasificación de chile en cuanto a especie, se basa primordialmente en la forma de las flores, la genética, la composición bioquímica y la distribución geográfica (López Riquelme, 2003). No obstante, el género *Capsicum* incluye más de 26 especies, pero sólo doce especies y algunas variedades más, son aprovechadas para el consumo humano o para alguna otra utilidad; y de éstas solo cinco han sido domesticadas y cultivadas para tener una gran producción de la hortaliza y poderla distribuir en donde haya demanda. Estas especies son: *Capsicum annum* (jalapeño, serrano, ancho, pasilla, mirasol o guajillo, de árbol, chiltepín o piquín); *Capsicum baccatum*, *Capsicum chinense* (habanero), *Capsicum frutescens* L. (tabasco) y *Capsicum pubescens* (manzano).

Según el fenotipo de la planta en general, se considera que, dado el color amarillo verdoso de la flor y las características del fruto, el chile zacapaleño probablemente pertenece a la especie *C. frutescens*. (Aguilar-Rincón *et al.*, 2010).

La especie *C. frutescens* probablemente se originó en la parte oeste de la Amazonia en Sudamérica, y ahora se encuentra ampliamente distribuida como cultivo (y como maleza) desde el sureste de los Estados Unidos, hasta las Antillas y México.

2.3. DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE *Capsicum frutescens*

Capsicum frutescens L. presenta corola (pétalos) blanca-verdosa o amarilla; el cáliz (sépalos) sin dientes o cuando están presentes, son separados, raramente de más de 0.5 mm de largo, estilo exserto (estambres que sobresalen de la flor) por 1.5 mm o más arriba de las anteras. Flores 2 o más por nudo, raramente

menos, flores sin una constricción entre la base del cáliz y el pedicelo (Rabillo que une cada flor al eje de una inflorescencia); fruto erecto, deciuo (cae con facilidad), de pulpa blanda; sus semillas son pardas a amarillas (Nee, 1986). Además, las hojas son simples, lisas, de forma lanceolada y alternada, su tallo es grueso, erecto y robusto. Su raíz es pivotante, es decir, con una raíz principal haciendo un sistema radicular eficiente para la asimilación de nutrientes (Ruiz-Lau *et al.*, 2011).

2.4. DESCRIPCIÓN DE CHILE ZACAPALEÑO

A esta variedad de chile se le conoce de la misma forma ya sea en estado fresco o seco. Su picor es moderado, se utiliza para hacer adobo de conejo, y un amplio catálogo de salsas. Este tipo de chile es colectado en el municipio de Zacapala, al sureste de Puebla, no es tan conocido en otros estados de la República Mexicana (Aguilar-Rincón *et al.*, 2010).

2.5. IMPORTANCIA DEL CULTIVO

El grupo de chiles y pimientos son típicos de la gastronomía mexicana, además de ser uno de los productos con mayor demanda en el mercado nacional e internacional, cuenta con una producción anual de 3.2 millones de toneladas y el crecimiento anual promedio es de 4.8% en el periodo comprendido entre 2003 y 2016. Se reporta que el 29.7% de la producción total se distribuye en los mercados internacionales, pues Estados Unidos importa 77.99%; Canadá el 55.45% y Guatemala 52.25% de chile en sus distintas variedades (SAGARPA, 2017).

Según Cárdenas (s/f) menciona que el chile también es usado en tratamientos homeopáticos, como son la afectación de tejidos mucosos, convulsiones, dolores reumáticos, delirio, vértigo con pérdida de conciencia, congestión y dolor de cabeza solo por mencionar algunos padecimientos.

En algunas regiones de Oaxaca y Veracruz, el chile se utiliza para tratar algunas enfermedades culturales como el mal de ojo, tristeza y vergüenza además de sahumar animales timpanizados (cuando el gas en forma libre o de espuma en el estómago no es expulsado). También se utiliza como antiséptico, para atender padecimientos de la piel como el conocido chincual de criatura, erisipela y heridas (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009).

Es relevante mencionar que los agricultores o campesinos utilizan el chile como insecticida natural, y algunos de sus componentes químicos lo utilizan para la elaboración de fármacos alopáticos. En la actualidad es usual ver esta hortaliza en la cosmética como por ejemplo la elaboración de shampoo (Waizel y Camacho, 2011).

2.5.1. IMPORTANCIA DE LA PRODUCCIÓN DE CHILE EN MÉXICO

Se han descrito 22 grupos de chile verde y 12 secos, entre los que se encuentran aquellos que tienen un picor elevado como el chile serrano, poblano y jalapeño o en su contraparte, aquellos que tiene un bajo nivel de picor como el pimiento morrón. El chile verde se produce durante casi todo el año, la recolección del fruto del periodo otoño-invierno inicia en diciembre y acaba en agosto, en el periodo primavera-verano inicia en junio y concluye en marzo. En los últimos años, los principales estados de producción son Sinaloa y Chihuahua. Los estados con una amplia capacidad productiva son Zacatecas, San Luis Potosí, Jalisco, Michoacán, Durango y Chihuahua. Cabe mencionar que la asignación del subsidio es asociada con la superficie de siembra dando preferencia a los pequeños productores. Dado este punto de vista y para el caso del chile se otorgan aproximadamente \$1104 por hectárea durante el año 2009 (SIAP, 2010).

2.5.2. IMPORTANCIA DEL FRUTO EN PUEBLA

Desde 1992 en la comunidad de Tlaola, Puebla, un grupo de mujeres nahuas se reunieron para progresar la tierra sembrando chile serrano, con el objetivo de resaltar el valor de la mujer indígena, además de generar empleo y a la par tener un ingreso económico; con ello vino la creación de microempresas que comercializan al chile como salsas secas, mermeladas, miel y otros productos más. Además, la producción de chile serrano es agroecológica (Zepeda, 2018).

La superficie de tierra cultivada se ha visto a la baja en los últimos años principalmente por las enfermedades a nivel edafológico que dan como resultado pérdidas económicas de hasta el 100%. Conjuntamente la falta de organización entre los productores es evidente, así como del bajo financiamiento, la escasa o nula capacitación de los trabajadores y la falta de planeación estratégica que potencialicen la comercialización tanto local como nacional (Huerta *et al.*, 2007).

El chile Zacapaleño es el sello de Zacapala, Puebla (Figura 1), además de llamarse así, difícilmente es producido en otro estado de la república, da identidad al lugar, dado que los pobladores lo conocen también como chile de tiempo, los especialistas del arte culinario ocupan esta hortaliza para la elaboración de salsas, y otros guisos (Aguilar-Rincón *et al.*, 2010).

La resistencia genética es una buena alternativa sustentable para sobrellevar problemas fitosanitarios que también ayuda a reducir el uso inmensurable de fungicidas y degradación del suelo. Se podría decir que las poblaciones nativas representan una reserva génica dando una opción sustentable, pues resiste a diferentes enfermedades y que podría ser explorado para identificar germoplasma como fuente de resistencia y ser aplicado en cultivos mejorados (Laborde y Pozo, 1984).

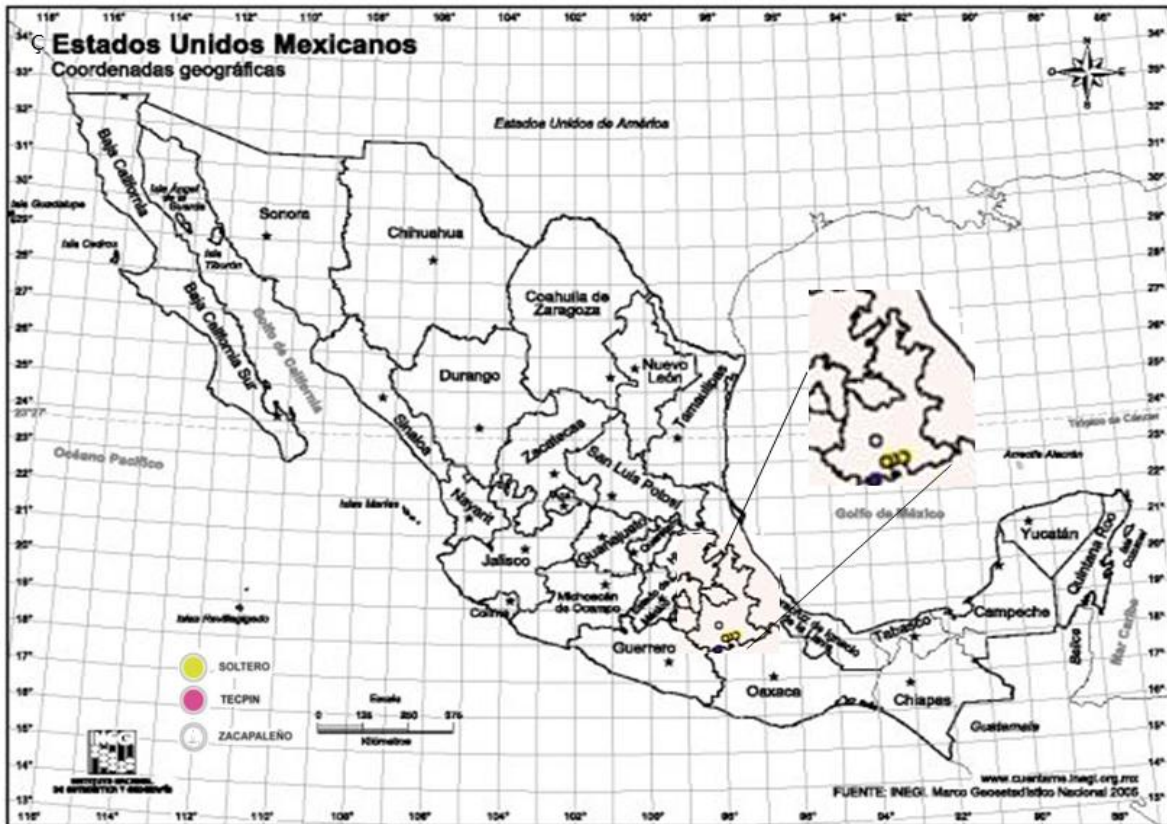


Figura 1. Mapa de distribución de Chile Zacapaleño en México. (Aguilar *et al.*, 2010).

2.5.3. IMPORTANCIA NUTRIMENTAL

Se han encontrado tocofenoles (α -tocofenol) que son precursores de la vitamina E, este componente es un antioxidante que protege el tejido corporal de los radicales libres que dañan células, tejidos y órganos. Es un potencial anti envejecimiento; es fundamental para la formación de glóbulos rojos y potencializa la acción de la vitamina K. El contenido de agua en el fruto de Chile es de 91%, aporta hasta 5.1 g de carbohidratos, el nivel proteico es de 1.3 g, mientras que el contenido vitamínico (A, B, C) es importante para el organismo, además de contener azufre, calcio, cloro y otros elementos más (Figura 2) (SIAP, 2010).

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

Figura 2. Propiedades nutrimentales de chile (SIAP, 2010).

También están presentes vitaminas como la niacina, el retinol (Vitamina A) y una alta concentración de ácido ascórbico o vitamina C de entre 50 y 360 mg/100 g (Waizel y Camacho, 2011).

El triptófano es un aminoácido esencial difícil de encontrar en las hortalizas, sin embargo se encuentra en las variedades de chile, es una sustancia benéfica que interviene en la cognición mejorando la memoria, es fundamental para el crecimiento y desarrollo ya que contribuyen a la estimulación de manera directa de la producción de la hormona del crecimiento, de producir antioxidantes y neuro protectores pero además es precursor de la serotonina, que regula el estado anímico y, el estrés y el apetito también evita los ataques de ansiedad y antojos,

aumenta el buen humor. El magnesio junto con el triptófano ayuda al mantenimiento de los dientes, favorece al funcionamiento del sistema nervioso, contribuye al equilibrio electrolítico, también para el buen funcionamiento normal de los músculos y es fundamental para el proceso de división celular (Waizel y Camacho, 2011).

2.6. FENOLOGÍA

Los cultivos de chile se realizan mediante la siembra directa o por trasplante, si se utiliza una sembradora mecánica en los grandes sembradíos, debe ser ajustada para depositar de 100 a 120 semillas por metro lineal en cada hilera, a una profundidad de 2 a 3 cm. Cuando emergen las plántulas, algunas deben ser arrancadas para que la distancia entre la planta sea la óptima para su crecimiento y desarrollo, por lo regular se deja un espacio entre 25 y 30 cm. Ahora bien, si se siembra manualmente, se colocan 1 o 2 semillas por planta, y se dejan 50 cm de espacio entre cada planta (SIAP, 2016).

La germinación se da entre los 9 y 12 días después de la siembra, en esta etapa necesita una temperatura de entre 20 y 30 °C.

En la etapa de floración y fructificación el intervalo de temperatura óptima oscila entre 16 y 32 °C.

En el chile se presentan tres etapas fenológicas; en la primera etapa, la biomasa se distribuye entre el tallo, hojas y raíz. En la segunda etapa la biomasa se ve disminuida en raíz tallo y hojas, pero incrementa la de las flores y frutos. En la tercera etapa, la distribución de la materia seca en la planta, que se alcanza al final de la etapa anterior, permanece constante relativamente hasta finalizar el ciclo de la planta (Azofeira y Moreira, 2004).

A la par la planta invierte cantidades similares de fotoasimilados para la producción de frutos y la parte vegetativa. Cuando el índice de asimilación llega a la cúspide, este evento coincide con la fase de rápido crecimiento de la parte

aérea y de los frutos. Después la planta de chile reduce el crecimiento vegetativo cuando inicia la fructificación (Azofeira y Moreira, 2004).

2.7. REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS

2.7.1. Suelo

La producción de hortalizas tiene como preferencia el uso de suelos francos, pero también, se producen muy bien en suelos pesados hasta suelos arenosos. Con suelos extremos (arcillosos o arenosos) se requiere un poco más de manejo como el laboreo o labranza mínima junto con cultivos cubierta, pero la producción es buena (Centro de Desarrollo de Agronegocios, 2002). Es moderadamente resistente a la acidez y a la salinidad del suelo (SIAP, 2010)

2.7.2. Humedad

La humedad aprovechable del suelo es entre 80 y 90 por ciento. Una baja humedad del suelo reduce considerablemente los rendimientos y la calidad en la producción, mientras que un exceso puede retrasar la maduración, reducir el contenido de sólidos solubles y si coincide con la presencia de bajas temperaturas, puede causar una reducción en la intensidad del color e incrementa la susceptibilidad a enfermedades (Ruíz-Lau *et al.*, 2011).

2.7.3. Temperatura

Para un óptimo crecimiento y desarrollo del chile zacapaleño se requiere una temperatura promedio superior a los 24 °C. El clima para el cultivo debe ser cálido pues no es adecuado si se produce en regiones con temperaturas menores a los 10 °C (ocasionalmente esta temperatura se presenta en los meses de enero y febrero) y por arriba de 35 °C (SIAP, 2010).

2.8. FERTILIZACIÓN

Los fertilizantes son aquellas sustancias químicas, orgánicas o inorgánicas que contienen distintos elementos nutritivos para el suelo o sustrato de cultivos, de tal forma que abastezcan y suministren los suficientes nutrientes a la planta por medio de la absorción. Con frecuencia son utilizados para aumentar la producción, reponer o evitar alguna deficiencia nutricional, además de proponer un mejoramiento sanitario de las plantas, como ajustar el pH o darle la textura al suelo (Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes, 1993).

Los fertilizantes y abonos inorgánicos, se forman a base de desechos y residuos de plantas y animales, tienen altos contenidos de nitrógeno y fósforo, que en algunos casos pueden ser absorbidos por las plantas en su totalidad, es importante mencionar que si es suministrado en grandes cantidades, no representa los riesgos de las dosis equivalentes de fertilizantes inorgánicos (Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes, 1993).

Para cumplir el ciclo de la planta de Chile es importante el requerimiento de agua, aire, y de más de doce elementos nutritivos que se encuentran bajo forma mineral en el suelo, así como de energía solar necesaria para la síntesis clorofílica. Estos se clasifican en nutrientes primarios (N, P, K), nutrientes secundarios (Ca, Mg, Na) y en micronutrientes (Cu, Zn, Fe, Mn, etc.).

2.8.1. Nitrógeno

El nitrógeno juega un papel crucial en el metabolismo y por lo mismo en crecimiento y desarrollo de las plantas, su importancia radica en su presencia en gran cantidad en constituyentes químicos principalmente proteínas, es un elemento estructural de la fenilalanina, compuesto precursor de la ruta de formación de las subunidades fenólicas comunes en las ligninas, la cual es un material de refuerzo que se presenta en ciertas paredes celulares de las plantas, es importante por su función de sostén y proporciona protección mecánica contra

el ataque de patógenos y el consumo por insectos y mamíferos (Bennet, 1983). La cantidad y la forma en que se aporta el nitrógeno a las plantas influye significativamente en la longevidad y calidad de las flores, también es trascendental para el color de la hoja como para la variedad que se consideran básicos de calidad en las plantas de follaje (Lao *et al.*, 2004). El nitrógeno puede ser aplicado en forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+).

La respuesta a la forma del nitrógeno varía entre especies cuando se desarrollan en soluciones nutritivas. Algunas aprovechan mejor el nitrógeno en forma de nitrato (trigo, chile) y otras prefieren el amonio (arroz, maíz).

La deficiencia de nitrógeno puede ocurrir cuando el medio de crecimiento tiene una baja capacidad de intercambio catiónico (CIC). Las deficiencias se manifiestan mediante el amarillamiento o clorosis que empiezan en las hojas adultas y se vuelve gradual (Tjia *et al.*, 1969). Además, las plantas tienen menor floración y el tamaño y grosor del tallo se ven reducidos (Oszkinis y Lisiecka, 1990).

Un exceso de nitrógeno influye en el mantenimiento de las plantas dado que puede afectarlas fisiológicamente (Herreros-Delgado, 1976). Pero también, las plantas se vuelven frondosas con hojas grandes de color verde oscuras (Sánchez y Escalante, 1998).

En algunos trabajos se ha constatado que la concentración de nitrógeno en pimiento es adecuado en hojas cuando se encuentra en un intervalo de entre 30-60 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Trani y Raij, 1997). Mientras que Terbe *et al.* (2006) mencionan que el contenido de nitrógeno en hojas de pimiento durante el desarrollo del fruto oscila entre 16.9 y 46.0 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$. Para la concentración de este macronutriente en tallo el valor va de 7.7 a 29.3 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$; y para raíz la concentración óptima para la planta de pimiento es de 18.3 a 34.2 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$.

2.8.2. Fósforo

El fósforo es un elemento muy importante en el proceso de fotosíntesis en el metabolismo de los azúcares, en el almacenamiento y la transformación de la energía, en la división y en el crecimiento celular y en la transferencia de información genética. Así mismo, influye en la formación de desarrollo de raíces y tallos. En cantidades adecuadas, el fósforo aumenta la eficiencia del uso del agua de otros nutrientes como el nitrógeno, sin embargo Trani y Raij (1997) han reportado que la concentración idónea en hojas de este macronutriente se encuentra entre 3 y 7 g·kg⁻¹. Por otra parte Terbe *et al.* (2006) destacan que el contenido de fósforo ideal para las hojas de pimiento se encuentra entre 2.0 y 7.3 mg·g⁻¹, además la concentración recomendable en tallo es de 1.4-3.7 mg·g⁻¹ y en raíz los valores adecuados se encuentran entre 2.2 y 4.2 mg·g⁻¹.

El síntoma más común de deficiencia de fósforo ocurre durante el invierno cuando las temperaturas del suelo son frías y desaparece cuando retorna el tiempo caluroso; esto es debido a que se dificulta la absorción de este elemento a bajas temperaturas en la parte radical (Tjia *et al.*, 1969).

2.8.3. Potasio

El potasio participa en la activación de enzimas, actúa como regulador osmótico para mantener la presión turgencia en los tejidos, regula la apertura y cierre de estomas y el balance de aniones, las reacciones energéticas, la absorción de nitrógeno, la síntesis de proteínas y los sistemas de defensa de las plantas (Bennet, 1993).

Los síntomas de deficiencia de potasio son visibles sobre todo en las hojas más viejas, cuyos bordes son inicialmente de color verde claro y posteriormente se secan. La superficie de la lámina foliar frecuentemente se vuelve ondulada y durante el periodo de formación de botones florales las plantas son susceptibles al

secado. También, la floración es más débil, disminuye la longitud de los pedúnculos, con una consecuente floración de mala calidad.

Si bien, hay concentraciones bajas de potasio que causan las deficiencias anteriormente mencionadas, también hay un intervalo óptimo de este elemento según lo reportado por Trani y Raij (1997) que señalan que el potasio en hojas de pimiento es óptimo en un intervalo de 40-60 g·kg⁻¹. En contraparte Terbe *et al.* (2006) mencionan que la concentración adecuada de potasio en hojas de pimiento oscila entre 26.2 y 59.2 mg·g⁻¹, en cuanto a la concentración apropiada de este macronutriente en el tallo se encuentra entre 1.4 y 3.7 mg·g⁻¹ y para la raíz el contenido nutrimental va de 2.2 a 4.2 mg·g⁻¹.

2.8.4. Sodio

El sodio es un ion dominante en los ambientes salinos, la toxicidad metabólica del sodio está relacionada con perturbaciones en la membrana celular y con la competencia por los sitios de enlace del potasio esencial para el metabolismo (Cerdá *et al.*, 1995). Una alta concentración de sodio desplaza los iones de calcio (Ca) de los sitios de enlace de la membrana celular en la raíz y altera su permeabilidad, lo que causa una salida de potasio de las células y favorece la entrada de sodio (Cramer *et al.*, 1994). El nivel de referencia de sodio en la materia foliar (hojas) del cultivo de pimiento morrón es de 0.04% (Agroproductores, 2018).

2.8.5. Calcio

Además de ser el regulador de pH del sustrato, tiene la función fisiológica en la planta de mantener un equilibrio de ácidos y bases en las células, así como también participar en la reducción y asimilación de nitratos.

La concentración foliar de calcio tiene un intervalo óptimo de asimilación de entre 10-35 g·kg⁻¹ recomendado para el pimiento por Trani y Raij (1997).

La deficiencia de calcio por su poca movilidad crea síntomas que se presentan en hojas jóvenes, y posteriormente se secan y se quiebran, se forman raíces cortas y presentan mucosidad de color café oscuro y negro (Oszkinis y Lisiecka, 1990). Además, ocasiona la muerte de meristemas apicales y en ocasiones se presenta clorosis de las hojas en desarrollo y disminución del área foliar (Tjia *et al.*, 1969).

2.8.6. Magnesio

En las células vegetales el magnesio cumple un rol específico como activador de enzimas que intervienen en la respiración, fotosíntesis y síntesis de ADN y ARN (Martínez-Murulanda, 2015). Forma parte de la clorofila, lo cual interviene en la asimilación del bióxido de carbono. Los síntomas de la deficiencia de magnesio aparecen en las hojas más viejas, cuya lámina entre las nervaduras toma un color verde claro o verde amarillento, dichas hojas presentan una clorosis intervenal, con una persistencia invertida en forma de V en el área verde de la base de las hojas. Cuando hay insuficiencia de Mg disminuyen las proteínas, se reduce la tasa de fotosíntesis y disminuye la exportación de carbohidratos al vertedero especialmente perjudicial en cultivos de papa, la yuca y en cereales (Buchanan *et al.*, 2000). Las hojas jóvenes se conservan verdes por que el magnesio es transportado de los tejidos adultos a los más jóvenes, a veces éstas se vuelven onduladas a causa de que las nervaduras crecen más lentamente que el parénquima.

Cuando existe una fuerte deficiencia de magnesio las hojas con clorosis toman un color rojizo y secan mientras que las hojas más jóvenes presentan una lámina foliar menor, peciolos largos y delgados, raíces cortas e inevitablemente esto repercute en una drástica disminución floral (Alcantar y Sandoval, 1999).

Una sobredosis de magnesio ocasiona un débil crecimiento y hojas de color verde oscuro. En casos extremos las plantas se marchitan y se secan sin cambiar el color verde de las hojas (Alcantar y Sandoval, 1999).

En tanto la concentración de magnesio en la parte foliar de plantas de pimiento el intervalo adecuado es 3-12 g·kg⁻¹ (Trani y Raij, 1997)

2.8.7. Cobre

El cobre se concentra principalmente en las células meristemáticas. Funciona como un catalizador en varias oxidaciones vitales y probablemente junto con el zinc actúan como catalizadores de óxido-reducción (Sánchez y Escalante, 1988).

Los daños por deficiencia aparecen en tiempos calurosos, soleados que se dan después de un periodo nublado y húmedo. La deficiencia se presenta principalmente sobre las hojas jóvenes, cuyos bordes se enrollan hacia arriba y los ápices se secan. En condiciones extremas la lámina foliar disminuye mucho, las plantas florecen poco y las inflorescencias se deforman con más frecuencia (Ozskinis y Lisiecka, 1990), lo cual se puede disminuir con la aplicación de fungicidas con sulfato de cobre (Herrerros, 1976).

La concentración media de cobre obtenida de las hojas en pimientos es de 15.5 mg·Kg⁻¹ (Mills y Benton, 1996).

2.8.8. Zinc

El zinc es esencial para los procesos fisiológicos de la célula. Este elemento no tiene actividad redox pero participa en la estructura y/o catálisis de muchos procesos y es el único metal de su clase presente en enzimas (Perea-Portillo *et al.*, 2010). De igual manera, el zinc controla la producción de importantes reguladores de crecimiento que afectan la formación de tejido nuevo.

Uno de los primeros indicadores de deficiencia de zinc es la falta de crecimiento de la planta, que resultan de la escasez de reguladores de crecimiento, como pueden ser hojas más pequeñas, entrenudos cortos, bandas anchas de color blanco a cada lado de la nervadura central, así como áreas de color verde claro entre las nervaduras de las hojas. Mills y Benton (1996) mencionan que la concentración media de zinc en materia foliar es de $110 \text{ mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$.

2.8.9. Hierro

El hierro tiene la función de catalizador en muchos procesos fisiológicos esenciales en la formación de la clorofila, por lo que la falta de micronutrientes inhibe drásticamente el crecimiento. Se considera que también actúa como transportador de oxígeno en los procesos de óxido-reducción (García, 1996).

El síntoma más observable de la deficiencia de hierro es una extensa clorosis de las hojas, cuyos nervios permanecen verdes durante más tiempo. Las hojas jóvenes son las más afectadas, dado que el hierro no se desplaza de las hojas viejas. En las raíces se puede provocar una inhibición de la elongación, un incremento del diámetro y una mayor abundancia de los pelos pediculares. Mills y Benton (1996) mencionan que la concentración media de hierro en hojas de pimiento es de $110 \text{ mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$.

2.8.10. Manganeseo

El manganeseo tiene funciones en el sistema enzimático de la planta. Tiene un rol en varias reacciones metabólicas importantes incluyendo la conversión del nitrógeno en forma de nitratos, para que la planta lo pueda utilizar. El manganeseo participa en la fotosíntesis al ayudar a la síntesis de la clorofila, debido a esta función, los síntomas de deficiencia de manganeseo generalmente incluyen amarillamiento o clorosis de la planta.

La deficiencia ocurre con mayor frecuencia en suelos con altos niveles de materia orgánica, suelos con pH neutro a alcalino, y en aquellos suelos naturalmente deficientes de manganeso. Los síntomas se presentan en hojas, al mostrar manchas necróticas marginales de color café grisáceo (Lazcano, 2000). Mills y Benton (1996) mencionan que la concentración media de hierro en hojas de pimiento es de $150 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$.

2.9. LIXIVIADO

El lixiviado de lombriz es uno de los productos de consistencia líquida que se obtienen de materia orgánica durante el proceso tecnológico en la cría de la lombriz. Su composición orgánica está basada en el contenido de ácidos húmicos, producto de la descomposición regulada del estiércol de bovino por parte de la lombriz y está integrada por ácidos húmicos, fúlvicos, urónicos, melánicos e himatomelánicos. Además, allí se encuentran aminoácidos y fitohormonas, los cuales están presentes en la misma composición de los desechos orgánicos minerales en el proceso de compostaje.

En su composición se encuentran factores de crecimiento como auxinas que son hormonas que permiten una mayor absorción de elementos nutritivos en las plantas, lo que repercute en un aumento del índice foliar y por lo tanto una mayor producción y productividad de las plantas.

El lixiviado obtenido de estiércol de ovinos, utilizado como alimento para las lombrices, ha demostrado ser una excelente fuente de potasio ($2,4 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) y de nitrógeno $61 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (61 ppm) conteniendo, además micro nutrientes esenciales como hierro, manganeso, cobre y zinc. (Ferruzzi, 1982).

Aplicado al suelo o a la planta actúa como racionalizante de fertilización (aumenta los rendimientos o reduce los costos con el mínimo esfuerzo) ya que hace asimilables en todo su espectro a los macro y micro nutrientes, evitando la concentración de sales. Crea además un medio ideal para la proliferación de

organismos benéficos como bacterias y hongos que impiden el desarrollo de patógenos, reduciendo sensiblemente el riesgo en el desarrollo de enfermedades. Además, estimula la humificación propia del suelo ya que incorpora y descompone los residuos vegetales presentes en el suelo (Ferruzzi, 1982).

Aunque no hay un nivel de preparación o dilución de lixiviado cuando el producto es obtenido en casa, el porcentaje que ocupan para la germinación de semillas de maíz va de 0 al 100% de concentración de lixiviado (Gómez *et al.*, 2013). La influencia de dosis creciente de lixiviado de abonos mixtos microbianos y lixiviado humus de lombriz sobre algunas variables morfoagronómicas en el cultivo del tomate, estableció las concentraciones de 100, 200, 300, 400 y 500 mL de lixiviado disuelto en 17 litro de agua cada una (Fornari y Rodríguez, 2009). Las casas de productos agrícolas recomiendan en la etiqueta del producto de lixiviado diluir del 2 al 10% en agua dependiendo del tipo de planta y el desarrollo vegetativo. En algunos estudios se obtuvo lixiviado de una lombricomposta preparada con excretas de borrego, se usó en niveles de 0 al 40%, para evaluar la germinación y crecimiento de semillas de rábano, se encontró que con el nivel de 10% de lixiviado la germinación fue mayor al 50% y se mejoró el número de hojas, altura de la planta y el peso de los brotes respecto al resto de los niveles; con el nivel de 15% de lixiviado el peso seco de la raíz se incrementó respecto a los demás niveles (Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, 2013).

2.10. REQUERIMIENTOS DE CALIDAD

2.10.1. Índice de madurez

El índice de madurez se basa en los procesos de maduración del fruto como el color, sabor, textura, aroma, jugosidad (Argón *et al.*, 2006), dichos cambios son resultado de la reestructuración metabólica y química que se lleva a cabo dentro del fruto, conjuntamente con una serie de cambios anatómicos, fisiológicos y bioquímicos que son evaluables. Los índices más utilizados para medir la madurez

de un fruto es el color, la firmeza, el contenido de sólidos solubles y la acidez (Crisosto, 1994).

2.10.2. pH

El pH o potencial de hidrógeno es un coeficiente que sirve para medir el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa. Es un exponente positivo de la concentración de iones de Hidrógeno (Hidrogeniones) (Blanco y Carvajal, 2013). Por lo general las hortalizas tienen un pH con valor entre 5 y 6.

2.10.3. Grados Brix

Es un parámetro para medir el dulzor contenido en los alimentos, cuantos más grados Brix, mayor es el dulzor. Si tienes 30 grados Brix quiere decir que se tienen 30 gramos de 100 gramos totales de solución. Es un medio para saber el punto óptimo de recolección (Agricultorers, 2018).

Se miden los sólidos solubles totales (°Brix), utilizando el método oficial de la AOAC 932.14 (Association of Official Analytical Chemists -Asociación de Químicos Analíticos Oficiales-) bajo el uso del refractómetro (Domene y Segura, 2014).

2.10.4. Color

El cambio de color es una característica externa más evidente de la maduración y se debe primeramente a la degradación de la clorofila, es decir, el color verde se va desvaneciendo, en tanto se hace un incremento de síntesis de carotenoides y antocianinas con pigmentaciones amarillo, naranja o rojo, estos cambios están asociados a la madurez, lo cual determina un factor en el proceso de cosecha, el cual es el caso para el chile zacapaleño en estado fresco, se corta en verde, se debe tomar como referencia el tamaño ideal de la variedad y/o mercado (Lancaster *et al.*, 1997).

2.10.5. Sabor y aroma

El sabor cambia debido a la hidrólisis de los almidones que se transforman en azúcares, por la desaparición de los taninos y otros productos causantes del sabor

astriigente y por la disminución de la acidez debido a la degradación de los ácidos orgánicos. El aroma se desarrolla por la formación de una serie de compuestos volátiles que le imparten un olor característico a las diferentes frutas y hortalizas (Agricultorers, 2017). Mazida *et al*, (2005) indican que los compuestos volátiles de chile cambian de forma notable durante el proceso de maduración, y que los compuestos característicos de un aroma verde y picante (hexanal y 2-isobutil-3-metoxipirazina) disminuyen, mientras que los compuestos de un aroma dulce y floral (2,3-butanodiona, 3-careno, (E)-2-hexenal y linalol) aumentan durante la maduración.

2.10.6. Firmeza

Esta medida está relacionada con el nivel de madurez y puede estar influenciada por las condiciones de cultivo, el penetrómetro se utiliza para contribuir a determinar la etapa de maduración de un fruto, se basa en la presión necesaria para insertar un puntal de tamaño específico en la pulpa de la fruta una profundidad dada (Crisosto, 1994). Por lo general, la textura de las frutas sufre un cambio que se debe a una hidrólisis de almidones y de pectinas, por la reducción de su contenido de fibra y por los procesos degradativos de las paredes celulares. Las frutas se tornan blandas y más susceptible de ser dañadas durante el manejo postcosecha.

2.10.7. Número de semillas

Existen diversas técnicas y en la producción de plántula, sin embargo en todas ellas los productores requieren sembrar una cantidad mayor de semilla de la que en realidad necesitan para compensar las pérdidas provocadas por diversas enfermedades (Vázquez, 2006), entre más semillas se obtengan por fruto mayor será la posibilidad de seleccionar las de mejor calidad.

2.11. FISIOPATÍAS

Las fisiopatías se presentan como una alteración o desorden no deseado de forma natural, como consecuencia de la incidencia de agentes abióticos de naturaleza como clima, nutrición y factores de estrés (Rueda *et al.*, 2016).

2.11.1. Manchado de frutos

Coloración anormal del fruto, presencia de manchas irregulares que van del verde pálido a la carencia de color, existiendo áreas marrones en el tejido vascular del interior de los frutos. Se asocia con baja intensidad lumínica, temperaturas frías, alta humedad del suelo, exceso de nitrógeno y falta de potasio (Rueda *et al.*, 2016).

2.11.2. Cracking

El Cracking se presenta como grietas longitudinales o radiales en la superficie del fruto y se produce por aportes irregulares de agua y/o altos niveles de humedad relativa en frutos maduros cuando se hincha el mesocarpio por un exceso de agua y rompe la epidermis (Rueda *et al.*, 2016).

2.11.3. Deformación

La deformación del fruto es la distorsión o desproporción que se ve influida por la disponibilidad de algún nutrimento importante para el correcto desarrollo y maduración de este mismo, dando como resultado el encorvado del fruto (Rueda *et al.*, 2016).

III. JUSTIFICACIÓN

El chile es un cultivo que ha existido en las culturas mexicanas más antiguas incluso en el estado de Puebla (Laborde y Pozo, 1984) y que en la actualidad sigue adquiriendo mucha demanda en el mercado, además se sabe que los cultivares utilizados tienen una favorable respuesta tanto en rendimiento como en adaptación. Su importancia tiene un alto impacto en la gastronomía mexicana dado que es un distintivo en diferentes platillos, además del aporte nutrimental en la dieta de los mexicanos (SIAP, 2010).

De entre los 22 grupos de chiles verdes y 12 en chiles secos se encuentra el chile Zacapaleño, sin embargo, no existen estudios relacionados al manejo del cultivo y extracción de nutrientes de este tipo de chile donde se incluya el manejo de la fertilización a base de lixiviado de bovino, y para ello, es importante conocer la biología del chile Zacapaleño para establecer un programa de cultivo y así poder ampliar zonas con potencial de producción con frutos de alta calidad comercial.

La aplicación de lixiviado al suelo o a la planta actúa como racionalizante de fertilización ya que hace asimilable a los macro y micronutrientes, evitando la concentración de sales (Ferruzzi, 1982). Este producto podría reducir el uso de fertilizantes químicos, que a largo plazo tiene consecuencias tanto en el organismo humano al ser consumido como en la calidad del suelo, además de ser accesible por los productores y reducir el costo de fertilizantes.

IV. HIPÓTESIS

Si en las condiciones en que desarrolla el trabajo experimental y en función de las dosificaciones de lixiviado de humus de lombriz, entonces aumentará la absorción de nutrientes y mejorará la calidad de los frutos de chile zacapaleño (*Capsicum frutescens*).

V. OBJETIVOS

5.11. OBJETIVO GENERAL

Evaluar tres dosis de lixiviado de humus de lombriz en chile zacapaleño (*Capsicum frutescens*) conducido en un sustrato inerte.

5.12. OBJETIVOS PARTICULARES

Evaluar altura de la planta (cm) y diámetro del tallo (mm).

Evaluar peso fresco y seco de la planta.

Evaluar producción total y comercial de frutos.

Evaluar las características organolépticas de los frutos.

Evaluar las principales fisiopatías en los frutos.

Determinar la cantidad de macronutrientes; nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y sodio, y micronutrientes; cobre, zinc, hierro y manganeso en la raíz, tallo y hoja de la planta

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en las instalaciones del Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas de la BUAP (DICA – ICUAP). Se utilizó un macrotunel con cubierta de plástico tipo lechoso. El almácigo se estableció el 4 de noviembre de 2017, con semillas nativas de la zona de Zacapala, Puebla, para ello se utilizaron charolas de poliestileno de 200 cavidades y sustrato a base de una mezcla compuesta por peat moss y perlita en proporción de 3:1.

El trasplante se efectuó el día 4 de diciembre del 2017 cuando la plantas presentaban 5 hojas verdaderas y una altura promedio de 15 cm, en contenedores de 35 x 40 cm rellenos de sustrato a base de perlita, previo al trasplante se dio un tratamibento a la raíz con una solución de enraizador (Rooting) y fungicida (TokaT 240). Con la finalidad de que se adaptaran las plantas durante la primera semana después del trasplante, se regaron con una solución nutritiva compuesta por (mMol·l⁻¹) 13.75 NO₃⁻, 1.5 H₂PO₄⁻, 3.75 SO₄⁻, 0.5 HCO₃⁻, 8.0 K⁺, 4.25 Ca⁺², 2.0 Mg⁺². CE=1.9 (mS cm⁻¹) y pH de 6, posteriormente se incorporaron los tratamientos correspondientes.

Al tratamiento 1 se le agregó una solución con el 50% de lixiviado (5 litros de lixiviado y 100 litros de agua), al tratamiento 2 con el 75% de lixiviado (7.5 litros de lixiviado con 100 litros de agua) y al tratamiento 3 con el 100% de lixiviado (10 litros de lixiviado con 100 litros de agua), el testigo consistió en la incorporación de la solución nutritiva arriba mencionada. El lixiviado que se utilizó en el trabajo de investigación se obtuvo de la unidad de lombricultura del DICA-ICUAP a base de estiércol de bovino y cáscara de naranja.

El diseño experimental fue unifactorial (chile zacapaleño) x 3 tratamientos (50, 75 y 100% de lixiviado) más el testigo (solución nutritiva) con 3 repeticiones de 8 plantas a cada una.

Durante el experimento se registró la temperatura y humedad relativa dentro del macrotúnel, asimismo, se midió el pH y CE de las soluciones nutritivas tanto de entrada como de salida.

Los parámetros vegetativos a evaluar fueron altura de la planta en centímetros, diámetro de tallo en mm con ayuda de un vernier digital, a partir de los 157 días después de la siembra (Cuadro 20, anexos).

Los parámetros productivos se realizaron cuando el fruto se encontraba maduro fisiológicamente que correspondió a los 199 días después de la siembra (dds), posteriormente se realizaron dos cortes a los 230 dds y 275 dds. Los frutos se pesaron y se clasificaron: frutos de primera categoría (16 a 20 cm), de segunda categoría (13 a 15.9 cm) y de tercera categoría (de 12.9 cm hacia abajo). Posteriormente, a los frutos se les realizó una valoración subjetiva en una escala de 0 a 3; donde 0 corresponde a frutos sin ninguna anomalía y 3 con mayor incidencia de presencia de la fisiopatía valorada; como presencia de cracking ya sea radial o longitudinal, color y deformación de frutos. También se midió el grosor y longitud de fruto.

Para la firmeza de los frutos se utilizó un penetrómetro marca tr fruit peeler 0543774670 con una punta de 11.3 mm para hortalizas, para ello, se realizaron 5 punciones en la parte ecuatorial del fruto reportando el valor en gramos. Asimismo, se realizó la conversión de gramos a Newtons utilizando la siguiente fórmula:

$$1 \text{ gramo} = 0.00980665 \text{ N} = \text{N} * \text{gr}$$

$$\text{Ejemplo: } 0.00980665 * 297.75 = 2.92 \text{ N/cm}^2$$

La valoración de °Brix se realizó con la ayuda de un refractómetro digital (HANNA HI 96801), para ello se molieron los frutos, colocando un par de gotas de jugo en la ventana del refractómetro y así obtener su valor.

Para determinar el pH se molieron los frutos con un molino (molinox) hasta obtener una papilla, se pesaron 10 g de muestra que se colocó en un vaso de

precipitado con 150 mL de agua destilada y con ayuda de un potenciómetro se tomó el pH inicial de la muestra, para inmediatamente realizar la titulación con NaOH 0.1 N hasta alcanzar un pH 8.2.

El índice de madurez de los frutos se obtuvo mediante las siguientes fórmulas:

Primero se obtiene la acidez titulable (TA) representado en mL

$$TA (\%) = \left[\frac{\{mL(NaOH) * N * 0.064\} * 100}{\text{peso de fruto molido (g)}} \right]$$

N= Normalidad NaOH 0.1 N

Ejemplo

$$TA (\%) = \left[\frac{\{10.77 * 0.1 * 0.064\} * 100}{10 \text{ g}} \right] = 1.37 \text{ mL}$$

El índice de madurez se obtiene con la relación $IM = \text{°Brix}/TA$

Ejemplo

$$IM = \frac{14.7}{1.37} = 10.56$$

La valoración gustativa se efectuó en los frutos de acuerdo a cada categoría, para ello se estableció un panel de 5 catadores que a lo largo del trabajo de investigación siempre fueron los mismos para evitar menor riesgo de error. Las muestras se tomaron de la parte central del fruto y utilizando una escala subjetiva de 0 a 3, asignando el valor 0 a los frutos con las mejores características y el valor 3 a los frutos que presentan mayor grado de desconformidad o alteración, se valoraron diferentes características como el aroma, pungencia, turgencia, condición del fruto, sabor y jugosidad del fruto. Los resultados se reportan en porcentaje, es decir, entre más grande sea el porcentaje mayor es la incidencia, los cálculos se hicieron con la siguiente fórmula:

$$\% = [(25 * VL) - 100] * -1$$

VL= Valor subjetiva asignada.

Ejemplo:

$$[(25 * 0.5) - 100] * -1 = 87.5\%$$

Este valor resultante es restado a 100 para reportar los valores.

Para los análisis químicos de las plantas se tomaron muestras en tres estadios; vegetativo (199 dds), floración (230 dds) y fructificación (275 dds). Posteriormente, se pesó toda la planta para después separar las hojas, tallos y raíz y pesarlas por separado. Las muestras se colocaron en bolsas de papel perforadas e identificadas para secarlas en el horno (RIOSSA Digital HCF-62) a 65°C por un periodo de 48 a 72 horas o hasta que alcanzaron un peso constante. Finalmente, las muestras se molieron para su posterior análisis.

Método de digestión ácida en microondas

Para hacer el análisis de los macro y micro nutrientes se pesaron 0.3 gr de la molienda que se colocó en tubos, ahí mismo se le agregó 5 ml de ácido nítrico y se dejó reposar 30 minutos. Una vez transcurrido el tiempo se adicionó 2.5 ml de peróxido de hidrógeno al 30%, se dejó reposar 20 minutos, por último se añadió 2.5 ml de peróxido de hidrogeno. Todos los tubos se sellaron con tapones de plástico, y luego se colocaron en el carrusel del horno (Mars XP1500Plus) para meterlos a un proceso de digestión de metales a 1600W durante 15 minutos a una temperatura de 200°C. Posteriormente se llevaron los tubos a una campana de flujo laminar donde fueron retirados los tapones a presión, a cada tubo se le agregó agua destilada para diluir las sustancias contenidas. Para terminar con este proceso, en matraces aforados de capacidad de 50 ml se les colocó un embudo con papel filtro para filtrar las sustancias obtenidas de la digestión, se aforó a 50 ml con agua destilada, finalmente las sustancias fueron envasadas en frascos pequeños con etiquetas (White y Douthil 1985).

Análisis de Macro y micronutrientes

Los elementos Mn, Cu, Fe, Zn, Mg, K y Ca se cuantificaron en un espectrofotómetro de absorción atómica (Spectr AA55B Varian).

El Na se leyó con el flamómetro (lame Photometer 410) con un ajuste de curva con dilución; el P se leyó con un espectrofotómetro de luz visible (SPECTRONIC 20D), la preparación de la solución para leer fue distinta, en un tubo de ensaye se agregó 1ml de la muestra base diluyendo en 6 ml de agua, añadiendo 2 ml de solución de molibdato más 1ml de cloruro estañoso, esta última sustancia se adicionó hasta el final por ser la que da el color y tiene un tiempo limitado de lectura (Isaac y Kerber, 1971).

Método Kjeldahl para calcular el nitrógeno

Por último para hacer la lectura del N se hizo una digestión con lo siguiente, en tubos largos de cristal se depositaron 0.1g de muestra molida, luego 1g de mezcla catalizadora y 2 ml de ácido sulfúrico puro. Los tubos se colocaron en una gradilla dentro del horno a una temperatura de 360°C durante 3 horas, y se dejan enfriar los tubos. En matraces de 250ml se pusieron 10ml de ácido bórico más 3 gotas de indicador. El tubo con la muestra se colocó en el destilador y por la parte superior se agregó 10ml de hidróxido de sodio, el matraz se coloca en donde sale el producto final. Después la muestra destilada se tituló con ácido sulfúrico 0.025 N (Goyal y Hafez, 1990).

Todos los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA), una prueba de comparación de medias mediante la prueba de Tukey, utilizando el programa Stargraphic Centurion 4.1.

VII. RESULTADOS

En los cuadros 1 al 37 se presentan los resultados de las plantas de chile zacapaleño en los diferentes tratamientos, para altura de la planta, diámetro de tallo, peso fresco y seco de la planta, producción, número y peso medio total de frutos, número de semillas clasificaciones de calidad (peso, diámetro, longitud de fruto), deformación, coloración, cracking y firmeza, también se estimaron los parámetros: aroma, pungencia, turgencia, condición de superficie, sabor, jugosidad, °Brix, pH, IM (Índice de Madurez) y por último el contenido nutrimental de macronutrientes y micronutrientes en hoja, tallo y raíz.

En el **cuadro 1** se presentan los resultados del análisis de la varianza para las diferentes proporciones de lixiviado para los parámetros de altura de la planta y diámetro del tallo.

En las cinco fechas de evaluación, solo en las primeras dos mediciones (157 y 199 dds) no se encontraron diferencias estadísticas en ambos parámetros, posiblemente no se hayan presentado diferencias por efecto de la temperatura y la humedad relativa dentro del invernadero que oscilan entre 20 – 22° C y 29 – 35% respectivamente, y que hayan favorecido el desarrollo y crecimiento de las plantas de chile zacapaleño.

A partir de la tercera fecha de medición (230 dds) se registraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) solo en el parámetro altura de la planta, es decir, se registró mayor crecimiento en las plantas testigo (136.25 cm) respecto a los diferentes tratamientos. Para el caso del diámetro de tallo no se encontraron diferencias estadísticas.

Cuadro 1. Parámetros altura y diámetro de tallo de chile zacapaleño.

Tratamiento	157 dds		199 dds		230 dds		255 dds		275 dds	
	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)
50 %	4.63 ± 0.33 a	32.73 ± 2.74 a	5.79 ± 0.29 a	43.6 ± 4.91 a	6.65 ± 0.34 a	72.10 ± 2.25 b	7.76 ± 0.59 a	97.0 ± 3.07 bc	7.53 ± 1.36 a	112.62 ± 3.19 b
75 %	4.55 ± 0.19 a	34.86 ± 2.31 a	5.11 ± 0.32 a	44.46 ± 0.76 a	6.84 ± 0.33 a	72.8 ± 1.27 b	8.10 ± 0.26 a	86.58 ± 0.96 c	8.51 ± 0.21 a	94.62 ± 3.05 c
100 %	4.28 ± 0.19 a	29.6 ± 1.90 a	5.25 ± 0.35 a	42.13 ± 4.73 a	6.76 ± 0.26 a	72.66 ± 0.29 b	7.02 ± 0.29 a	102.37 ± 0.79 b	7.27 ± 0.32 a	110.33 ± 2.30 b
Testigo	4.42 ± 0.14 a	31.4 ± 2.38 a	6.24 ± 0.56 a	67.93 ± 7.11 a	7.74 ± 0.78 a	91.9 ± 3.29 a	8.43 ± 0.89 a	124.50 ± 4.90 a	9.36 ± 1.26 a	136.25 ± 3.22 a

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

Letras iguales minúsculas en una misma columna indica que no hubo diferencias estadísticas.

dds: días después de la siembra.

En los cuadros 2 al 4 se presentan los resultados del análisis de varianza para el peso seco y fresco de raíz, tallo y hoja en tres fechas de valoración (199, 230 y 275 dds).

En referencia a los diferentes tratamientos en el **cuadro 2** se reportan diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) en todos los rubros, se encontró que las plantas testigo tienen mayor peso fresco y seco de raíz, tallo y hoja; sin embargo, las plantas a las que se les suministró el 75% de lixiviado tiene un peso fresco de raíz estadísticamente igual que el testigo (21.67 g), y 75% (20.00 g), aunque el tratamiento de 100% (17.00 g) se aproxima a los valores anteriormente mencionados también tiene relación con el tratamiento de 50% (10.00 g).

En el **cuadro 3** se presentan los resultados del análisis de varianza para el peso seco y fresco de raíz, tallo y hoja a los 230 dds.

Respecto a los diferentes tratamientos, se encontró que las plantas con el 75% de lixiviado tuvieron un mayor peso fresco y seco en la raíz con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$); cabe señalar que aunque en el rubro de peso fresco de tallo no muestra diferencias estadísticas, hay que mencionar que el que tuvo mayor peso fue el testigo, en cambio en el peso seco de tallo tuvo más peso el tratamiento con 100% de lixiviado (14.00 g). En las últimas dos columnas es posible notar que el peso fresco y seco de las hojas es mayor en las plantas testigo (104.67 y 17.00 g) respectivamente con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$).

En relación a los distintos resultados de los tratamientos en el **cuadro 4** se presentan los valores para el peso seco y fresco de raíz, tallo y hoja a los 275 dds.

En cuanto a las diferentes concentraciones de lixiviado añadidas en los tratamientos, se encontró que en el tratamiento 50% tuvo un buen peso fresco y seco en raíz, tallo y hoja como una vista general con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos; a excepción del peso fresco y seco de la raíz que tienen mayor relevancia en las plantas testigo (45.33 g y 5.00 g respectivamente) con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$).

Cuadro 2. Parámetros peso fresco y seco en raíz, tallo y hoja en plantas de chile zacapaleño a los 199 dds.

Tratamiento	Raíz Peso Fresco (g)	Raíz Peso Seco (g)	Tallo Peso Fresco (g)	Tallo Peso Seco (g)	Hoja Peso Fresco (g)	Hoja Peso Seco (g)
50 %	10.00 ± 1.15 b	1.1 ± 0.1 c	19.00 ± 1.15 c	2.6 ± 0.11 c	25.00 ± 1.15 c	2.97 ± 0.03 c
75 %	20.00 ± 3.31 a	1.9 ± 0.11 ab	47.00 ± 0.58 b	8.00 ± 0.17 b	45.00 ± 1.73 b	6.53 ± 0.03 b
100 %	17.00 ± 1.73 ab	1.5 ± 0.29 bc	24.67 ± 3.18 c	4.43 ± 0.14 bc	27.67 ± 2.02 c	4.5 ± 0.29 c
Testigo	21.67 ± 0.33 a	2.27 ± 0.07 a	128.00 ± 8.67 a	24.20 ± 1.61 a	122.33 ± 4.91 a	19.3 ± 0.63 a

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.
dds: días después de la siembra.

Cuadro 3. Parámetros peso fresco y seco en raíz, tallo y hoja en plantas de chile zacapaleño a los 230 dds.

Tratamiento	Raíz Peso Fresco (g)	Raíz Peso Seco (g)	Tallo Peso Fresco (g)	Tallo Peso Seco (g)	Hoja Peso Fresco (g)	Hoja Peso Seco (g)
50 %	30.00 ± 1.15 b	3.00 ± 0.17 bc	54.67 ± 0.33 a	11.67 ± 0.33 c	58.00 ± 7.81 b	8.67 ± 0.88 b
75 %	53.67 ± 2.02 a	3.83 ± 0.26 a	54.00 ± 6.93 a	13.5 ± 0.29 ab	47.67 ± 1.45 b	7.67 ± 0.33 b
100 %	42.00 ± 2.31 ab	3.73 ± 0.03 ab	58.00 ± 6.35 a	14.00 ± 0.58 a	71.00 ± 0.58 b	10.00 ± 0.00 b
Testigo	32.00 ± 4.61 b	2.6 ± 0.11 c	59.00 ± 4.04 a	12.00 ± 0 bc	104.67 ± 7.21 a	17.00 ± 1.15 a

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

Letras iguales minúsculas en una misma columna indica que no hubo diferencias estadísticas.

dds: días después de la siembra.

Cuadro 4. Parámetros de peso fresco y seco en raíz, tallo y hoja en plantas de chile zacapaleño a los 275 dds.

Tratamiento	Raíz Peso Fresco (g)	Raíz Peso Seco (g)	Tallo Peso Fresco (g)	Tallo Peso Seco (g)	Hoja Peso Fresco (g)	Hoja Peso Seco (g)
50 %	39.00 ± 4.04 a	3.50 ± 0.29 ab	83.00 ± 2.31 a	16.00 ± 0 a	70.67 ± 5.49 a	12.00 ± 0.00 a
75 %	39.00 ± 2.31 a	3.00 ± 0.58 b	43.67 ± 3.18 bc	7.00 ± 0.58 c	46.67 ± 0.33 b	10.00 ± 0.00 ab
100 %	15.33 ± 0.67 b	2.00 ± 0 b	30.33 ± 4.25 c	3.67 ± 0.33 d	45.5 ± 3.17 b	8.00 ± 0.58 b
Testigo	45.33 ± 6.98 a	5.00 ± 0.58 a	55.33 ± 2.67 b	9.00 ± 0.58 b	62.33 ± 5.04 ab	8.67 ± 0.88 b

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.
dds: días después de la siembra.

De los cuadros 5 al 13 se exponen los datos referentes a la producción, número y peso total de frutos de las tres fechas de cosecha, además se muestran los valores de clasificación comercial de primera, segunda y tercera en los que se subdivide en peso, longitud y diámetro de fruto, también las fisiopatías (deformación, coloración y cracking).

En relación a los resultados del **cuadro 5** la producción total de frutos y el peso medio de frutos fue mayor en las plantas del tratamiento 50% de lixiviado (140.23 g y 6.64 g respectivamente) en comparación al resto de los tratamientos con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). Para el caso del número total de frutos estadísticamente se encontraron diferencias entre los tratamientos de 50% de lixiviado y el testigo, respecto a los tratamientos 75 y 100% de lixiviado con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$).

Para el **cuadro 6** se exponen los resultados del análisis de varianza de los diferentes tratamientos para los parámetros de peso, longitud y diámetro del fruto para la clasificación comercial a los 199 dds.

Respecto a la clasificación comercial de frutos de primera se observa que las plantas que recibieron el tratamiento de 50% de lixiviado y las plantas testigo presentaron mayor peso, longitud y diámetro del fruto respecto a los demás tratamientos con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). Para los chiles de segunda los frutos con más peso son los del tratamiento 100% (6.81 g); para el caso de la longitud y diámetro del fruto se registró mayor prevalencia en el testigo (15.05 cm y 11.29 mm respectivamente). Así mismo en el tratamiento testigo disminuyeron los valores considerados de los frutos de tercera clasificación con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) respecto a los distintos tratamientos.

En referencia a los distintos tratamientos en el **cuadro 7** se reportaron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$), en la deformación del fruto, siendo el testigo con menor incidencia en comparación a los demás tratamientos en los frutos de primera segunda y tercera clasificación (3.13%, 30.00% y 41.25% respectivamente) Los frutos con mayor coloración se encontraron en el testigo (90.62%). Sin embargo

para el cracking no hay diferencias estadísticas para la los frutos de primera. Para los frutos de segunda se observa que en los tratamientos 100% y testigo la coloración es la más alta con 72.50% en ambos casos con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). El cracking solo es visible en los frutos testigo (25.00%), en los demás tratamientos no se encontró presencia de esta fisiopatía. Para finalizar los datos tabulados en los frutos de tercera dicen que la coloración los frutos con mayor pigmentación están ubicados en el tratamiento 50% (49.58%) y en el testigo (50.00%); en este caso el cracking está ausente en el tratamiento 100% de lixiviado en comparación a los demás tratamientos con 20.00% con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$).

En el **cuadro 8** se muestran los resultados de la segunda cosecha a los 230 dds sumados con los datos correspondientes de la primera cosecha (199dds),

En relación a la producción total de frutos el testigo es quien acumuló mayor peso (534.23 g), en tanto el número total de frutos tiene la misma tendencia, el testigo es en donde se ve reflejado el valor mayoritario (98.00). Sin embargo para el peso medio total de frutos el tratamiento 50% con 6.80 g está por arriba del testigo con 6.23 g con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$).

En el **cuadro 9** se muestran los resultados de la clasificación de calidades en la segunda cosecha a los 230 dds.

Inicialmente para los frutos de primera el peso es mayor en los tratamientos 50% (9.93 g) y testigo (10.13 g) con respecto al tratamiento 75% y 100%; A su vez la longitud del fruto es mayor en el tratamiento 50% de lixiviado (19.30 cm)). En cuanto al diámetro del fruto el testigo tiene la mayor puntuación (12.94 mm) con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre los distintos tratamientos. En los frutos de segunda clasificación el peso de los chiles es mayor en el tratamiento 100% de lixiviado (7.10 g) seguido del testigo (6.73 g); para la longitud no se encontraron diferencias estadísticas. El diámetro del fruto es visiblemente mayor en el testigo con 11.87 mm con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) respecto a los demás tratamientos. Por último en los frutos de tercera se obtuvo que en el peso los

tratamientos 50% y testigo tienen los valores más altos (4.46 g). Respecto a la longitud de fruto el tratamiento 100% tiene la medición mayor con 11.90 cm; en la última columna el diámetro del fruto es casi igual estadísticamente, debido a que en los tratamientos 75% y testigo tienen el mismo valor (9.00 mm) seguido del tratamiento 50% (8.96), aunque difiere del tratamiento 100% (8.46 mm) con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$).

En la clasificación de fisiopatías de los frutos de chile zacapaleño en la segunda cosecha a los 230 dds registrados en el **cuadro 10** se encontró que para los frutos de primera la deformación es nula en el tratamiento con el 75% de lixiviado con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). En cuanto a la coloración del chile los tratamientos 75%, 100% y testigo son estadísticamente iguales con porcentajes altos. Además se observó que no hay diferencias estadísticas, para el cracking (en las tres clasificaciones comerciales). Para continuar, en los frutos de segunda se observa que la deformación es menos visible en el tratamiento 100% (21.67%), así mismo los frutos más coloridos se encontraron en el testigo con 82.50%. Para finalizar, en la clasificación comercial de tercera los parámetros de deformación y coloración muestran mayor prevalencia en el testigo (59.27 y 63.33% respectivamente) con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$).

En el **cuadro 11** se presentan los resultados de los datos acumulados de los tres cortes de cosecha 275 dds utilizando un análisis de la varianza para los frutos de chile Zacapaleño con diferentes proporciones de lixiviado para los parámetros de producción total, número total y peso medio total.

Referente a la producción total de frutos se registró que las plantas testigo tuvieron una mayor producción (965.61 g) respecto a los tratamientos de 50%, 75% y 100% con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). Para el número total de frutos se presentó la misma tendencia en el testigo (226.33) y con el mismo grado de significancia. Sin embargo para el peso medio total de frutos no hay una diferencia estadística clara, pues aunque se observa un valor mayor en el testigo (6.96 g) los valores de los tratamientos 50% (6.16 g), 75% (6.46 g) y 100% (6.26 g) son estadísticamente iguales.

En el **cuadro 12** se muestran los resultados del análisis estadístico de Anova de la tercera cosecha a los 275 días después de la siembra.

En referencia a la primera clasificación comercial el peso y el diámetro del frutos es mayor en el tratamiento 75% de lixiviado (9.50 g y 12.73 mm respectivamente) con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) respecto a los diferentes tratamientos; sin embargo la longitud no registró diferencias estadísticas. En base a los frutos de segunda el peso es mayor en el tratamiento 75% de lixiviado (7.10 g); la longitud del testigo (14.66 cm) está por arriba de los demás tratamientos aunque no hay diferencias estadísticas claras. En el rubro de diámetro del fruto los tratamientos con mayor valor son el tratamiento 75% (11.39 mm) y el testigo (11.50 mm). Por último en los frutos de tercera clasificación comercial tanto el peso como la longitud y el diámetro del fruto registró medidas muy bajas en el testigo respecto a los demás tratamientos con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$).

En el **cuadro 13** se exponen los resultados de las fisiopatías de los frutos clasificados en tres calidades en la última cosecha a los 275 dds.

En referencia a los parámetros de deformación, coloración y cracking de la primera clasificación comercial no se encontraron diferencias estadísticas. De igual forma la deformación y el cracking de segunda clasificación no presentaron diferencias estadísticas. Sin embargo los frutos con mayor coloración se ubicaron en el tratamiento de 50% de lixiviado (73.75%) y en el testigo (75.83%) con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) respecto a los demás tratamientos. En la última clasificación de los frutos de tercera, las hortalizas con menor deformación, se encontraron en el tratamiento de 75% de lixiviado (57.50) Los chiles con una coloración mayor se observaron en el tratamiento de 75% con 70.00%. En cuanto al cracking no se mostraron diferencias estadísticas.

Cuadro 5. Parámetros de producción total, número total y peso medio total de frutos de chile zacapaleño a los 199 dds.

Tratamiento	Producción total de frutos (g/U.R)	Número total de frutos	Peso medio total de frutos (g/fruto)
50 %	140.23 ± 3.37 a	22.00 ± 1.15 a	6.64 ± 0.11a
75 %	94.60 ± 2.68 c	16.67 ± 1.45 b	5.72 ± 0.03 b
100 %	68.80 ± 0.83 d	15.00 ± 0.57 b	5.89 ± 0.04 b
Testigo	122.20 ± 3.23 b	24.33 ± 0.88 a	6.08 ± 0.10 b

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

dds: días después de la siembra.

U.R.: Unidad de Repetición (8 plantas).

Cuadro 6. Clasificación comercial de frutos de chile zacapaleño a los 199 dds.

Clasificación Comercial									
	Primera			Segunda			Tercera		
Tratamiento	Peso del fruto (g)	Longitud de fruto (cm)	Diámetro del fruto (mm)	Peso del fruto (g)	Longitud de fruto (cm)	Diámetro del fruto (mm)	Peso del fruto (g)	Longitud de fruto (cm)	Diámetro del fruto (mm)
50 %	10.16 ± 0.23 a	18.92 ± 0.15 a	12.59 ± 0.12 a	5.21 ± 0.05 c	14.83 ± 0.21 a	10.08 ± 0.06 b	5.37 ± 0.18 a	10.85 ± 0.14 b	9.38 ± 0.18 a
75 %	8.39 ± 0.21 b	17.22 ± 0.05 b	11.64 ± 0.30 a	6.30 ± 0.18 ab	14.51 ± 0.10 a	9.79 ± 0.20 b	3.60 ± 0 b	11.27 ± 0.16 b	8.69 ± 0.14 b
100 %	6.62 ± 0.07 c	19.31 ± 0.40 a	10.58 ± 0.07 b	6.81 ± 0.22 a	14.48 ± 0.18 a	10.01 ± 0.03 b	4.88 ± 0.11 a	12.03 ± 0.03 a	8.73 ± 0.16 ab
Testigo	9.88 ± 0.27 a	18.32 ± 0.33 ab	12.40 ± 0.28 a	5.64 ± 0.10 bc	15.05 ± 0.25 a	11.29 ± 0.29 a	2.87 ± 0.02 c	9.67 ± 0.06 c	8.5 ± 0.10 b

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

Letras iguales minúsculas en una misma columna indica que no hubo diferencias estadísticas.

dds: días después de la siembra.

Cuadro 7. Clasificación de fisiopatías en frutos de chile zacapaleño a los 199 dds.

Tratamiento	Clasificación Comercial								
	Primera			Segunda			Tercera		
	Deformación (%)	Coloración (%)	Cracking (%)	Deformación (%)	Coloración (%)	Cracking (%)	Deformación (%)	Coloración (%)	Cracking (%)
50 %	22.50 ± 1.44 a	77.50 ± 1.44 b	0.00 ± 0.00 a	38.33 ± 1.67 a	54.08 ± 2.38 b	0.00 ± 0.00 b	67.08 ± 1.10 a	49.58 ± 0.42 a	20.00 ± 2.89 a
75 %	25.00 ± 0.00 a	60.41 ± 1.20 c	0.00 ± 0.00 a	31.11 ± 1.11 b	59.11 ± 0.48 b	0.00 ± 0.00 b	50.41 ± 0.41 b	35.83 ± 0.83 c	20.00 ± 2.89 a
100 %	25.00 ± 0.00 a	75.00 ± 0.00 b	0.00 ± 0.00 a	37.50 ± 1.44 a	72.50 ± 1.44 a	0.00 ± 0.00 b	66.67 ± 1.67 a	42.50 ± 1.44 b	0.00 ± 0 b
Testigo	3.13 ± 1.80 b	90.62 ± 1.80 a	0.00 ± 0.00 a	30.00 ± 0.00 b	72.50 ± 1.44 a	25.00 ± 0.00 a	41.25 ± 1.25 c	50.00 ± 0.00 a	20.00 ± 2.89 a

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

Letras iguales minúsculas en una misma columna indica que no hubo diferencias estadísticas.

dds: días después de la siembra.

Cuadro 8. Parámetros de producción total, número total y peso medio total de frutos de chile zacapaleño a los 230 dds.

Tratamiento	Producción total de frutos (g/U. R)	Número total de frutos	Peso medio total de frutos (g/fruto)
50 %	209.06 ± 10.53 b	34.33 ± 2.33 b	6.80 ± 0.05 a
75 %	159.03 ± 3.60 c	27.33 ± 2.67 bc	5.70 ± 0.10 bc
100 %	131.83 ± 5.45 c	24.67 ± 1.33 c	5.50 ± 0.20 c
Testigo	534.23 ± 11.40 a	98.00 ± 1.15 a	6.23 ± 0.08 ab

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

dds: días después de la siembra

U. R.: Unidad por Repetición (8 plantas).

Cuadro 9. Clasificación comercial de frutos de chile Zacapaleño a los 230 dds.

Clasificación Comercial									
Tratamiento	Primera			Segunda			Tercera		
	Peso (g)	Longitud de fruto (cm)	Diámetro del fruto (mm)	Peso (g)	Longitud de fruto (cm)	Diámetro del fruto (mm)	Peso (g)	Longitud de fruto (cm)	Diámetro del fruto (mm)
50 %	9.93 ± 0.12 a	19.30 ± 0.15 a	12.04 ± 0.01 b	6.50 ± 0.11 bc	14.40 ± 0.25 a	10.28 ± 0.07 b	4.46 ± 0.16 a	10.70 ± 0.15 c	8.96 ± 0.12 a
75 %	8.86 ± 0.12 b	17.63 ± 0.03 b	10.81 ± 0.14 c	6.10 ± 0.10 c	14.23 ± 0.17 a	10.13 ± 0.18 b	3.60 ± 0.05 b	11.16 ± 0.08 b	9.00 ± 0.10 a
100 %	7.56 ± 0.03 c	18.40 ± 0.03 ab	10.93 ± 0.01 c	7.10 ± 0.05 a	14.16 ± 0.08 a	10.04 ± 0.14 b	4.10 ± 0.05 ab	11.90 ± 0.05 a	8.46 ± 0.12 b
Testigo	10.13 ± 0.13 a	17.86 ± 0.03 b	12.94 ± 0.18 a	6.73 ± 0.17 ab	14.76 ± 0.16 a	11.87 ± 0.20 a	4.46 ± 0.05 a	10.53 ± 0.08 c	9.00 ± 0.05 a

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

Letras iguales minúsculas en una misma columna indica que no hubo diferencias estadísticas.

dds: días después de la siembra.

Cuadro 10. Clasificación de fisiopatías en frutos de chile zacapaleño a los 230 dds.

Clasificación Comercial									
Tratamiento	Primera			Segunda			Tercera		
	Deformación (%)	Coloración (%)	Cracking (%)	Deformación (%)	Coloración (%)	Cracking (%)	Deformación (%)	Coloración (%)	Cracking (%)
50 %	25.00 ± 0.00 a	75.00 ± 0.00 b	0.00 ± 0.00 a	27.50 ± 1.44 b	75.00 ± 0.00 b	0.00 ± 0.00 a	48.33 ± 1.67 b	41.89 ± 0.30 d	0.00 ± 0.00 a
75 %	0.00 ± 0.00 c	100.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a	33.94 ± 2.11 a	58.41 ± 1.12 c	0.00 ± 0.00 a	38.33 ± 0.83 c	54.17 ± 0.83 b	0.00 ± 0.00 a
100 %	14.59 ± 1.20 b	97.91 ± 2.08 a	0.00 ± 0.00 a	21.67 ± 0.83 b	62.50 ± 0.00 c	0.00 ± 0.00 a	40.55 ± 0.55 c	50.00 ± 0 c	0.00 ± 0.00 a
testigo	25.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a	25.00 ± 0.00 b	82.50 ± 1.44 a	0.00 ± 0.00 a	59.27 ± 0.50 a	63.33 ± 0.83 a	0.00 ± 0.00

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

Letras iguales minúsculas en una misma columna indica que no hubo diferencias estadísticas.

dds: días después de la siembra.

Cuadro 11. Parámetros de producción total, número total y peso medio total de frutos de chile zacapaleño a los 275 dds.

Tratamiento	Producción total de frutos (g/ U. R)	Número total de frutos	Peso medio total de frutos (g/fruto)
50 %	563.90 ± 13.16 b	97.00 ± 2.08 b	6.16 ± 0.12 b
75 %	427.20 ± 13.04 c	82.33 ± 1.20 c	6.46 ± 0.08 b
100 %	457.13 ± 9.32 c	78.00 ± 2.08 c	6.26 ± 0.12 b
Testigo	965.61 ± 11.33 a	226.33 ± 3.84 a	6.96 ± 0.08 a

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

dds: días después de la siembra.

U. R.: Unidad de Repetición (8 plantas).

Cuadro 12. Clasificación de calidad en frutos de chile zacapaleño a los 275 dds.

Clasificación Comercial									
Tratamiento	Primera			Segunda			Tercera		
	Peso (g)	Longitud de fruto (cm)	Diámetro del fruto (mm)	Peso (g)	Longitud de fruto (cm)	Diámetro del fruto (mm)	Peso (g)	Longitud de fruto (cm)	Diámetro del fruto (mm)
50 %	9.23 ± 0.09 ab	18.30 ± 0.10 a	11.94 ± 0.20 ab	5.96 ± 0.17 c	14.36 ± 0.12 ab	10.35 ± 0.07 b	3.83 0.08 a	10.53 ± 0.17 b	9.63 ± 0.08 a
75 %	9.50 ± 0.11 a	17.53 ± 0.14 a	12.73 ± 0.33 a	7.10 ± 0.05 a	14.20 ± 0.01 bc	11.39 ± 0.17 a	3.96 ± 0.03 a	10.96 ± 0.03 a	9.73 ± 0.06 a
100 %	8.36 ± 0.09 c	17.76 ± 0.46 a	11.27 ± 0.04 b	6.83 ± 0.03 ab	13.86 ± 0.08 c	9.74 ± 0.12 c	3.73 ± 0.08 a	10.70 ± 0.00 ab	8.93 ± 0.08 b
Testigo	9.06 ± 0.06 b	17.26 ± 0.12 a	12.67 ± 0.10 a	6.63 ± 0.17 b	14.66 ± 0.03 a	11.50 ± 0.12 a	3.00 ± 0.00 b	9.96 ± 0.03 c	9.00 ± 0.00 b

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

Letras iguales minúsculas en una misma columna indica que no hubo diferencias estadísticas.

dds: días después de la siembra.

Cuadro 13. Clasificación de fisiopatías en frutos de chile zacapaleño a los 275 dds.

Clasificación Comercial									
	Primera			Segunda			Tercera		
Tratamiento	Deformación (%)	Coloración (%)	Cracking (%)	Deformación (%)	Coloración (%)	Cracking (%)	Deformación (%)	Coloración (%)	Cracking (%)
50 %	27.50 ± 1.44 a	72.50 ± 1.44 a	0.00 ± 0.00 a	34.16 ± 2.20 a	73.75 ± 1.25 a	0.00 ± 0.00 a	67.50 ± 1.44 a	50.00 ± 0.00 b	0.00 ± 0.00 a
75 %	25.00 ± 0.00 a	75.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a	40.00 ± 0.00 a	54.16 ± 0.83 c	0.00 ± 0.00 a	57.50 ± 1.44 c	51.25 ± 1.25 b	0.00 ± 0.00 a
100 %	25.00 ± 0.00 a	75.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a	40.00 ± 0.00 a	60.41 ± 0.41 b	0.00 ± 0.00 a	60.00 ± 0.00 bc	70.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a
testigo	25.00 ± 0.00 a	75.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 a	37.50 ± 1.44 a	75.83 ± 0.83 a	0.00 ± 0.00 a	63.75 ± 0.72 ab	47.50 ± 1.44 b	0.00 ± 0.00 a

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.
 Letras iguales minúsculas en una misma columna indica que no hubo diferencias estadísticas.
 dds: días después de la siembra.

Los resultados del número de semillas y firmeza de los frutos de chile zacapaleño se describen en el **cuadro 14** a los 199, 230 y 275 días después de la siembra, clasificados en primera, segunda y tercera.

Referente al número de semillas de la primera clasificación a los 199 y 230 dds, se registró mayor número en el tratamiento de 75% de lixiviado (85.43 y 92.67 respectivamente), en cambio a los 275 dds el testigo registro mayor número (72.25) respecto a los tratamientos restantes con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). En cuanto a los chiles con mayor firmeza, se encontraron en el tratamiento 75% de lixiviado en los frutos de primera y tercera clasificación (3.51 N/cm² y 2.78 N/cm² respectivamente); a su vez la firmeza de la segunda clasificación es más alta en el testigo con 3.17 N/cm² con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) respecto a los diferentes tratamientos. De los frutos cosechados a los 230 dds, se registró que la firmeza en los frutos del testigo es mayor en la primera y tercera clasificación comercial (3.78 N/cm² y 2.67 N/cm² respectivamente). Referente a la segunda clasificación, la firmeza tiene una incidencia mayor en el tratamiento 100% de lixiviado (3.50 N/cm²) en relación a los demás tratamientos con diferencias. Para finalizar, la firmeza en los frutos colectados a los 275 dds fue mayor en el tratamiento de 100% de lixiviado y testigo con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$).

En los cuadros 15 y 16 se muestran los parámetros evaluados con respecto a la valoración gustativa del fruto de chile zacapaleño.

En los datos tabulados en el **cuadro 15** a los 199 días después de la siembra, se puede observar de forma general que los parámetros tienden a ser mayor en el testigo; de forma particular se puede decir que el aroma y la jugosidad obtuvieron mayor calificación para los frutos del testigo (40.00% y 71.67% respectivamente), con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) respecto a los otros tratamientos. En cuanto a la pungencia y el sabor el porcentaje mayor se concentró en el tratamiento de 75% de lixiviado (35.67% 82.67% respectivamente), con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). En el caso de la turgencia, no se encontraron diferencias estadísticas.

En el **cuadro 16** se muestran los parámetros evaluados con respecto a la valoración gustativa del fruto de chile zacapaleño a los 275 días después de la siembra. En los datos obtenidos se puede apreciar que para el aroma se obtuvo un mayor porcentaje en los frutos del tratamiento de 50% de lixiviado (31.67%). En el caso de la pungencia se registró mayor valor en el testigo (32.33%) con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre los diferentes tratamientos. Referente a la turgencia, al igual que el sabor y jugosidad, no se encontraron diferencias estadísticas.

Cuadro 15. Parámetros de valoración gustativa de frutos de chile zacapaleño a los 199 dds.

Tratamiento	Aroma (%)	Pungencia (%)	Turgencia (%)	Sabor (%)	Jugosidad (%)
50 %	1.67 ± 1.00 c	12.33 ± 1.45 b	60.00 ± 2.88 a	30.00 ± 2.88 b	46.67 ± 6.01 b
75 %	21.67 ± 1.67 b	35.67 ± 2.33 a	56.67 ± 4.40 a	82.67 ± 4.33 a	57.67 ± 1.45 ab
100 %	25.00 ± 2.89 b	3.33 ± 0.88 c	46.67 ± 3.33 a	35.00 ± 5.77 b	65.00 ± 2.89 a
Testigo	40.00 ± 2.89 a	33.33 ± 1.67 a	66.67 ± 10.13 a	62.67 ± 4.33 a	71.67 ± 3.33 a

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

Letras iguales minúsculas en una misma columna indica que no hubo diferencias estadísticas.

dds: días después de la siembra.

Cuadro 16. Parámetros de valoración gustativa de frutos de chile zacapaleño a los 275 dds.

Tratamiento	Aroma (%)	Pungencia (%)	Turgencia (%)	Sabor (%)	Jugosidad (%)
50 %	31.67 ± 0.88 a	24.67 ± 0.33 b	63.67 ± 5.67 a	70.33 ± 7.21 a	72.33 ± 2.67 a
75 %	16.67 b ± 0.88	0.67 ± 0.60 d	75 ± 4.61 a	66.67 ± 4.91 a	66.67 ± 4.91 a
100 %	0.67 ± 0.60 c	14.00 ± 2.08 c	66.67 ± 9.52 a	93.67 ± 5.36 a	55.33 ± 2.67 a
Testigo	17.33 ± 0.33 b	32.33 ± 1.20 a	77.67 ± 2.67 a	61 ± 11.93 a	58.33 ± 9.52 a

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

Letras iguales minúsculas en una misma columna indica que no hubo diferencias estadísticas.

dds: días después de la siembra.

En el **cuadro 17** se muestran los parámetros evaluados con respecto a la condición de superficie del fruto de chile zacapaleño a los 199 y 275 días después de la siembra. En los datos obtenidos se puede apreciar que a los 199 dds, no se encontraron diferencias estadísticas aunque los frutos de las plantas testigos son más rugosos, en cambio a los 275 dds la condición de superficie se obtuvo un mayor porcentaje en los frutos del tratamiento de 50% de lixiviado 66.67%.

Cuadro 17. Condición de superficie de frutos de chile zacapaleño a los 199 y 275 dds.

Condición de superficie (%)		
Tratamiento	199 dds	275 dds
50 %	56.67 ± 4.40 a	66.67 ± 8.33 a
75 %	63.33 ± 7.26 a	55.67 ± 9.94 ab
100%	60.00 ± 7.64 a	63.67 ± 9.94 ab
Testigo	66.67 ± 3.33 a	28.33 ± 3.33 b

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

Letras iguales minúsculas en una misma columna indica que no hubo diferencias estadísticas.
dds: días

Delos cuadros del 18 al 20 se muestran los resultados de los parámetros de °Brix, pH inicial e Índice de Madurez.

En el **cuadro 18** se presentan los resultados de los análisis de varianza, para °Brix, pH inicial e Índice de Madurez (IM) obtenidos directamente del fruto de chile zacapaleño a los 199 dds. En referencia a los °Brix no se encontraron diferencias estadísticas en los distintos tratamientos al igual que en el pH inicial, En cuanto al IM se encontró mayor incidencia en el tratamiento 100% de lixiviado (32.50) con respecto a los otros tres tratamientos con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$).

Los resultados del análisis de varianza, para °Brix, pH inicial e Índice de Madurez (IM) obtenido del chile zacapaleño a los 230 dds se presentan en el **cuadro 19**. Donde los parámetros medidos no se obtuvieron diferencias estadísticas en ninguno de los tratamientos. Sin embargo se registró que en los frutos testigo hay más °Brix, así como para el tratamiento 75% de lixiviado el pH inicial es mayor numéricamente y para el tratamiento 100% de lixiviado el IM es mayor.

En el **cuadro 20** se observan los resultados de los análisis de varianza, para °Brix, pH inicial e Índice de Madurez (IM) obtenidos del fruto de chile zacapaleño a los 275 dds. En relación a los parámetros °Brix y pH inicial no hay diferencias estadísticas en los distintos tratamientos. Sin embargo, para el índice de madurez no hay diferencias estadísticas claras, aunque el tratamiento de 50% de lixiviado muestra una valor mayor que en los demás tratamientos con un 24.84, además está estrechamente relacionado con el tratamiento 75% (22.74) y 100% (21.56) y estos a su vez con el testigo (20.31).

Cuadro 18. Parámetros de °Brix, pH inicial e Índice de Madurez (IM) en plantas de chile zacapaleño a los 199 dds.

Tratamiento	°Brix	pH inicial	I M
50 %	4.9 ± 0.45 a	5.64 ± 0.18 a	23.18 ± 0.15 b
75 %	5.46 ± 0.54 a	5.74 ± 0.15 a	20.68 ± 1.29 b
100 %	5.2 ± 0.23 a	5.56 ± 0.12 a	32.50 ± 1.44 a
Testigo	5.6 ± 0.11 a	5.65 ± 0.11 a	20.58 ± 0.28 b

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

Letras iguales minúsculas en una misma columna indica que no hubo diferencias estadísticas.
dds: días después de la siembra.

Cuadro 19. Parámetros de °Brix, pH inicial e Índice de Madurez (IM) en plantas de chile zacapaleño a los 230 dds.

Tratamiento	°Brix	pH inicial	I M
50 %	6.10 ± 0.06 a	5.79 ± 0.08 a	23.25 ± 0.29 a
75 %	6.07 ± 0.07 a	5.85 ± 0.03 a	26.31 ± 1.70 a
100 %	6.47 ± 0.13 a	5.75 ± 0.10 a	26.93 ± 1.30 a
Testigo	6.97 ± 0.37 a	5.61 ± 0.14 a	24.73 ± 0.29 a

Letras iguales minúsculas en una misma columna indica que no hubo diferencias estadísticas.
dds: días después de la siembra.

Cuadro 20. Parámetros de °Brix, pH inicial e Índice de Madurez (IM) en plantas de chile zacapaleño a los 275 dds.

Tratamiento	°Brix	pH inicial	IM
50 %	5.87 ± 0.12 a	5.65 ± 0.06 a	24.84 ± 0.94 a
75 %	5.97 ± 0.37 a	5.53 ± 0.07 a	22.74 ± 0.21 ab
100 %	5.57 ± 0.26 a	5.60 ± 0.05 a	21.56 ± 0.60 ab
Testigo	5.57 ± 0.20 a	5.45 ± 0.07 a	20.31 ± 1.33 b

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

Letras iguales minúsculas en una misma columna indica que no hubo diferencias estadísticas.
dds: días después de la siembra.

En los cuadros 21 al 29 se muestran los resultados del análisis de varianza en gramo por kilogramo ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) de la concentración de nutrientes en planta para nitrógeno, fósforo, potasio, sodio, calcio y magnesio en hojas, tallo y raíz en plantas de chile zacapaleño con la aplicación de lixiviados en diferentes porcentajes y con la adición de la solución nutritiva.

En el **cuadro 21** se reportan los $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ del contenido nutrimental para hojas en planta de chile zacapaleño a los 199 dds. En referencia a los macronutrientes nitrógeno ($258.80 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), fósforo ($2.69 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), potasio ($1224.85 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), calcio ($847.98 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) y magnesio ($200.56 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) muestran una misma tendencia de tener mayor valor en el testigo con diferencias estadísticas ($p\leq 0,05$) referente a los demás tratamientos. Sin embargo, el sodio no tiene diferencias estadísticas.

Respecto a los valores obtenidos del contenido nutrimental en tallo de planta de chile zacapaleño a los 199 días después de la siembra se muestran en el **cuadro 22**. En referencia al análisis de varianza realizado todos los nutrientes, tanto nitrógeno ($58.20 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), fósforo ($7.36 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), potasio ($1057.00 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), sodio ($30.12 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), calcio ($453.93 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) y magnesio ($85.18 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) tienen una incidencia prominente en las plantas testigo con la aplicación de la solución nutritiva respecto a los diferentes tratamientos con diferencias estadísticas ($p\leq 0.05$).

En el **cuadro 23** se muestran $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ del contenido nutrimental para raíz en planta de chile zacapaleño a los 199 dds. Respecto al nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio se registró que el tratamiento con mayor valor son las plantas testigo con diferencias estadísticas ($p\leq 0.05$) en referencia a los demás tratamientos. En el caso del potasio no se muestran diferencia estadísticas claras ya que el tratamiento 75% ($78.59 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), 100% ($76.47 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) y testigo ($71.73 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) son iguales estadísticamente, sin embargo el tratamiento 50% ($40.73 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) es diferente a los tratamientos anteriores. El macronutriente sodio tuvo mayor presencia en las plantas del tratamiento de 75% de lixiviado ($8.82 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) con diferencias estadísticas ($p\leq 0.05$).

En el **cuadro 24** se muestran los valores $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ del contenido de macronutrientes para hojas en planta de chile zacapaleño a los 230 días después de la siembra. Para el contenido de nitrógeno ($264.20 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), fósforo ($3.46 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), potasio ($1317.28 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), calcio ($534.83 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) y magnesio ($232.54 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) se encontró que los valores más altos pertenecen a las plantas testigo en comparación a los demás tratamientos con diferencias estadísticas ($p\leq 0.05$). A diferencia del sodio no se encontraron diferencias estadísticas.

En el **cuadro 25** se exponen los valores de $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ del contenido de macronutrientes para tallo en planta de chile zacapaleño a los 230 días después de la siembra. En relación al contenido de nitrógeno ($73.80 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), calcio ($852.18 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) y magnesio ($111.04 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) se registró mayor contenido nutrimental en el testigo respecto a los demás tratamientos con diferencias estadísticas ($p\leq 0.05$). Para el fósforo y el potasio el contenido nutrimental es mayor en el tratamiento 75% de lixiviado (0.42 y $826.94 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ respectivamente) con diferencias estadísticas ($p\leq 0.05$). Referente al sodio no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos.

El $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ del contenido nutrimental para raíz en planta de chile zacapaleño a los 230 días después de la siembra se muestran en el **cuadro 26**. En referencia al contenido de nitrógeno, sodio y magnesio no se registraron diferencias estadísticas en cuanto al fósforo se encontró mayor acumulación de este nutriente en el testigo ($0.67 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), por otra parte el potasio tiene mayor incidencia en los tratamientos 50% ($184.45 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) y 100% de lixiviado ($192.66 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), así mismo el calcio tiene mayor prevalencia en los tratamientos 50% ($187.90 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) y 100% de lixiviado ($176.71 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) con diferencias estadísticas ($p\leq 0.05$) respecto a los demás tratamientos.

En el **cuadro 27** se muestran los $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ del contenido nutrimental para hojas en la planta de chile zacapaleño a los 275 días después de la siembra. Para los macronutrientes de nitrógeno ($153.60 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), fósforo ($5.51 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), potasio ($1059.21 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) y calcio ($846.36 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) se encontraron con mayor concentración nutrimental en el tratamiento 50% de lixiviado en relación a los demás

tratamientos con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). En cuanto al sodio y magnesio no se encontraron diferencias estadísticas.

En el **cuadro 28** se reportan los resultados del contenido nutrimental para tallo en planta de chile zacapaleño a los 275 días después de la siembra. Para el contenido de nitrógeno, sodio, calcio y magnesio se halló mayor cantidad de nutrientes en los tratamientos 50% de lixiviado y testigo con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). En el caso del fósforo las plantas testigo tuvieron mayor concentración nutrimental con $1.21 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$; respecto al potasio se encontró mayor cantidad en el tratamiento 50% de lixiviado ($1150.10 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre los diferentes tratamientos.

En el **cuadro 29** se muestra el contenido nutrimental para raíz en planta de chile zacapaleño a los 275 días después de la siembra. En relación a los macronutrientes nitrógeno, fósforo, potasio y sodio se encontró mayor contenido en el testigo (41.70 , 1.22 , 73.41 y $19.93 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ respectivamente) con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) respecto a los demás tratamientos. Para el caso de calcio que se registró con mayor prevalencia fue en los tratamientos 50% ($265.58 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) y 75% de lixiviado ($278.19 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). Sin embargo el magnesio no presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Cuadro 21. Macronutrientes en hoja de chile zacapaleño a los 199 dds.

Tratamiento	N (g·kg ⁻¹)	P (g·kg ⁻¹)	K (g·kg ⁻¹)	Na (g·kg ⁻¹)	Ca (g·kg ⁻¹)	Mg (g·kg ⁻¹)
50 %	61.53 ± 10.19 b	0.33 ± 0.01 d	154.95 ± 1.40 c	30.96 ± 6.07 a	111.22 ± 12.33 c	51.21 ± 11.46 b
75 %	89.10 ± 1.15 b	0.75 ± 0.08 c	312.36 ± 19.32 b	23.66 ± 3.88 a	198.84 ± 4.58 b	91.57 ± 17.91 b
100 %	57.50 ± 4.61 b	1.37 ± 0.01 b	315.47 ± 12.19 b	15.32 ± 0.76 a	210.68 ± 2.69 b	79.06 ± 0.52 b
Testigo	258.80 ± 12.07 a	2.69 ± 0.16 a	1224.85 ± 8.02 a	24.37 ± 3.75 a	847.98 ± 17.02 a	200.56 ± 31.30 a

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

Letras iguales minúsculas en una misma columna indica que no hubo diferencias estadísticas.

dds: días después de la siembra.

Cuadro 22. Macronutrientes en tallo de chile zacapaleño a los 199 dds.

Tratamiento	N (g·kg⁻¹)	P (g·kg⁻¹)	K (g·kg⁻¹)	Na (g·kg⁻¹)	Ca (g·kg⁻¹)	Mg (g·kg⁻¹)
50 %	23.78 ± 2.72 b	1.05 ± 0.03 b	137.48 ± 7.23 d	8.20 ± 0.43 b	180.86 ± 2.52 c	17.25 ± 0.59 c
75 %	24.73 ± 6.45 b	1.30 ± 0.17 b	473.38 ± 12.97 b	16.68 ± 2.51 b	227.32 ± 6.92 b	38.29 ± 7.66 b
100 %	22.35 ± 1.71 b	1.72 ± 0.23 b	280.32 ± 5.88 c	10.96 ± 0.99 b	179.98 ± 7.09 c	23.20 ± 1.55 bc
Testigo	58.20 ± 4.71 a	7.36 ± 1.13 a	1057.00 ± 17.39 a	30.12 ± 4.50 a	453.93 ± 7.47 a	85.18 ± 3.36 a

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.
dds: días después de la siembra.

Cuadro 23. Macronutrientes en raíz de chile zacapaleño a los 199 dds.

Tratamiento	N (g·kg⁻¹)	P (g·kg⁻¹)	K (g·kg⁻¹)	Na (g·kg⁻¹)	Ca (g·kg⁻¹)	Mg (g·kg⁻¹)
50 %	10.44 ± 0.41 c	0.27 ± 0.06 b	40.73 ± 0.52 b	3.90 ± 0.60 b	66.52 ± 3.87 c	6.55 ± 0.63 b
75 %	17.62 ± 0.47 b	0.27 ± 0.02 b	78.59 ± 5.14 a	8.82 ± 0.96 a	100.54 ± 4.31 b	8.65 ± 1.49 ab
100 %	16.20 ± 1.27 b	0.44 ± 0.05 ab	76.47 ± 6.19 a	6.20 ± 0.90 ab	70.23 ± 4.63 c	10.27 ± 1.90 ab
Testigo	24.09 ± 1.91 a	0.62 ± 0.07 a	71.73 ± 0.40 a	7.97 ± 0.96 a	119.53 ± 2.07 a	13.12 ± 1.21 a

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.
dds: días después de la siembra.

Cuadro 24. Macroelementos en hoja de chile zacapaleño a los 230 dds.

Tratamiento	N (g·kg⁻¹)	P (g·kg⁻¹)	K (g·kg⁻¹)	Na (g·kg⁻¹)	Ca (g·kg⁻¹)	Mg (g·kg⁻¹)
50 %	84.73 ± 10.23 b	1.21 ± 0.23 c	567.55 ± 16.67 d	19.30 ± 2.35 a	391.49 ± 14.43 b	89.44 ± 8.51 b
75 %	96.06 ± 4.73 b	1.58 ± 0.11 bc	661.91 ± 21.70 c	22.73 ± 3.92 a	442.98 ± 6.12 b	103.44 ± 6.14 b
100 %	89.06 ± 11.17 b	1.88 ± 0.07 b	789.55 ± 9.43 b	23.90 ± 2.36 a	328.27 ± 1.32 c	84.53 ± 6.51 b
Testigo	264.20 ± 29.56 a	3.46 ± 0.11 a	1317.28 ± 19.75 a	34.33 ± 5.45 a	534.83 ± 4.63 a	232.54 ± 11.71 a

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

Letras iguales minúsculas en una misma columna indica que no hubo diferencias estadísticas.

dds: días después de la siembra.

Cuadro 25. Macronutrientes en tallo de chile zacapaleño a los 230 dds.

Tratamiento	N (g·kg⁻¹)	P (g·kg⁻¹)	K (g·kg⁻¹)	Na (g·kg⁻¹)	Ca (g·kg⁻¹)	Mg (g·kg⁻¹)
50 %	47.90 ± 4.85 ab	0.11 ± 0.03 c	456.98 ± 8.21 d	45.30 ± 6.57 a	466.14 ± 11.32 d	51.72 ± 3.81 b
75 %	35.50 ± 4.75 b	0.42 ± 0.04 a	826.94 ± 11.24 a	37.43 ± 2.74 a	725.35 ± 12.60 b	70.17 ± 4.08 b
100 %	47.86 ± 9.49 ab	0.16 ± 0.02 bc	654.81 ± 9.61 c	49.35 ± 0.77 a	547.67 ± 5.03 c	72.77 ± 3.66 b
Testigo	73.80 ± 0.34 a	0.35 ± 0.06 ab	688.12 ± 0.94 b	41.46 ± 4.74 a	852.18 ± 5.78 a	111.04 ± 11.52 a

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

Letras iguales minúsculas en una misma columna indica que no hubo diferencias estadísticas.

dds: días después de la siembra.

Cuadro 26. Macroelementos en raíz de chile zacapaleño a los 230 dds.

Tratamiento	N (g·kg⁻¹)	P (g·kg⁻¹)	K (g·kg⁻¹)	Na (g·kg⁻¹)	Ca (g·kg⁻¹)	Mg (g·kg⁻¹)
50 %	25.68 ± 2.79 a	0.46 ± 0.04 ab	184.45 ± 6.83 a	14.00 ± 2.89 a	187.90 ± 3.61 a	23.47 ± 4.24 a
75 %	24.30 ± 2.47 a	0.35 ± 0.07 b	136.91 ± 3.08 b	14.00 ± 1.85 a	139.98 ± 4.39 b	20.81 ± 1.97 a
100 %	31.58 ± 2.22 a	0.43 ± 0.03 b	192.66 ± 2.96 a	18.12 ± 2.55 a	176.71 ± 1.53 a	26.04 ± 2.72 a
Testigo	31.28 ± 4.53 a	0.67 ± 0.01 a	115.62 ± 6.31 b	11.70 ± 2.03 a	132.97 ± 5.30 b	18.19 ± 4.68 a

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

Letras iguales minúsculas en una misma columna indica que no hubo diferencias estadísticas.

dds: días después de la siembra.

Cuadro 27. Macroelementos en hoja de chile zacapaleño a los 275 dds.

Tratamiento	N (g·kg⁻¹)	P (g·kg⁻¹)	K (g·kg⁻¹)	Na (g·kg⁻¹)	Ca (g·kg⁻¹)	Mg (g·kg⁻¹)
50 %	153.60 ± 6.92 a	5.51 ± 0.17 a	1059.21 ± 19.14 a	27.86 ± 1.09 a	846.36 ± 23.76 a	152.52 ± 11.36 a
75 %	107.33 ± 12.38 bc	2.49 ± 0.07 c	751.52 ± 18.49 b	26.33 ± 5.60 a	657.83 ± 10.22 b	142.28 ± 1.12 a
100 %	82.65 ± 5.28 c	2.30 ± 0.07 c	280.71 ± 0.07 d	16.17 ± 5.22 a	359.90 ± 8.46 c	130.64 ± 1.99 a
Testigo	138.30 ± 0.17 ab	3.48 ± 0.25 b	651.51 ± 16.87 c	20.26 ± 4.65 a	645.77 ± 1.48 b	160.75 ± 10.82 a

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

Letras iguales minúsculas en una misma columna indica que no hubo diferencias estadísticas.

dds: días después de la siembra.

Cuadro 28. Macroelementos en tallo de chile zacapaleño a los 275 dds.

Tratamiento	N (g·kg⁻¹)	P (g·kg⁻¹)	K (g·kg⁻¹)	Na (g·kg⁻¹)	Ca (g·kg⁻¹)	Mg (g·kg⁻¹)
50 %	59.20 ± 2.77 a	0.38 ± 0.06 b	1150.10 ± 17.62 a	37.60 ± 2.01 a	232.10 ± 12.04 a	69.57 ± 4.26 a
75 %	37.70 ± 6.45 ab	0.31 ± 0.05 b	463.19 ± 2.77 b	32.23 ± 0.55 a	159.72 ± 3.36 b	43.02 ± 3.84 b
100 %	14.87 ± 3.44 b	0.29 ± 0.02 b	235.68 ± 10.98 c	10.05 ± 1.12 b	92.72 ± 4.98 c	22.69 ± 0.96 c
Testigo	56.80 ± 6.95 a	1.21 ± 0.10 a	429.32 ± 11.29 b	33.36 ± 3.32 a	255.93 ± 13.08 a	62.06 ± 5.56 a

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

dds: días después de la siembra.

Cuadro 29. Macroelementos en raíz de chile zacapaleño a los 275 dds.

Tratamiento	N (g·kg⁻¹)	P (g·kg⁻¹)	K (g·kg⁻¹)	Na (g·kg⁻¹)	Ca (g·kg⁻¹)	Mg (g·kg⁻¹)
50 %	16.80 ± 0.17 c	0.61 ± 0.01 b	19.54 ± 3.33 c	13.73 ± 0.44 b	265.58 ± 7.03 a	24.79 ± 2.98 a
75 %	30.05 ± 2.74 b	0.54 ± 0.02 b	66.83 ± 4.92 a	10.10 ± 1.50 b	278.19 ± 9.56 a	24.36 ± 2.87 a
100 %	17.00 ± 0.11 c	0.37 ± 0.01 c	41.78 ± 3.81 b	7.73 ± 0.96 b	143.58 ± 8.66 b	17.60 ± 0.80 a
Testigo	41.70 ± 0.51 a	1.22 ± 0.02 a	73.41 ± 0.53 a	19.93 ± 2.02 a	179.63 ± 10.12 b	17.94 ± 2.23 a

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

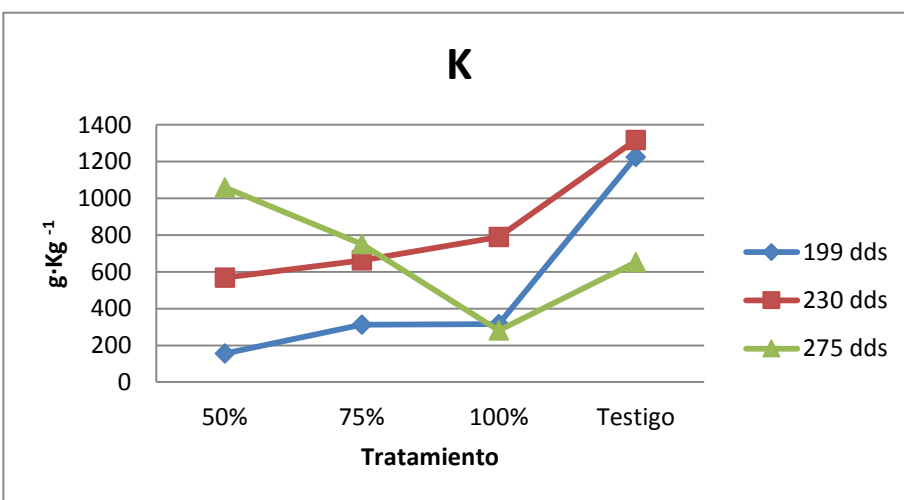
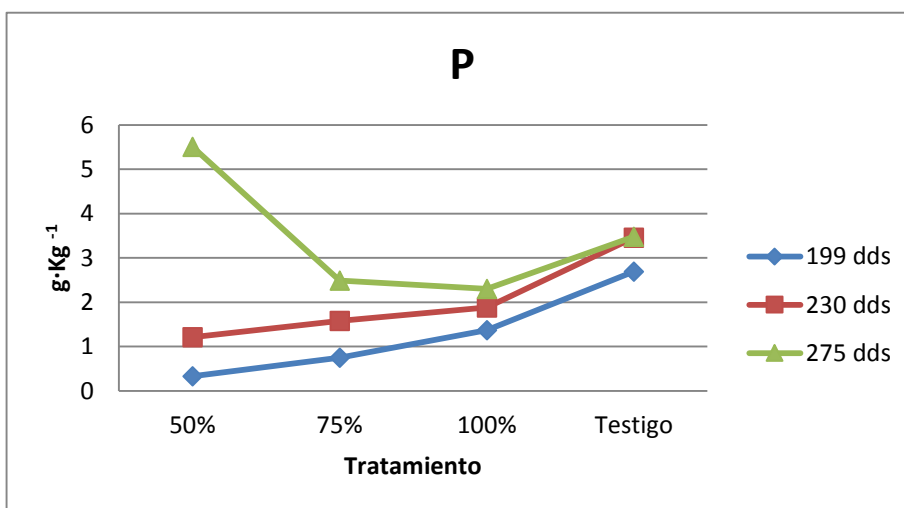
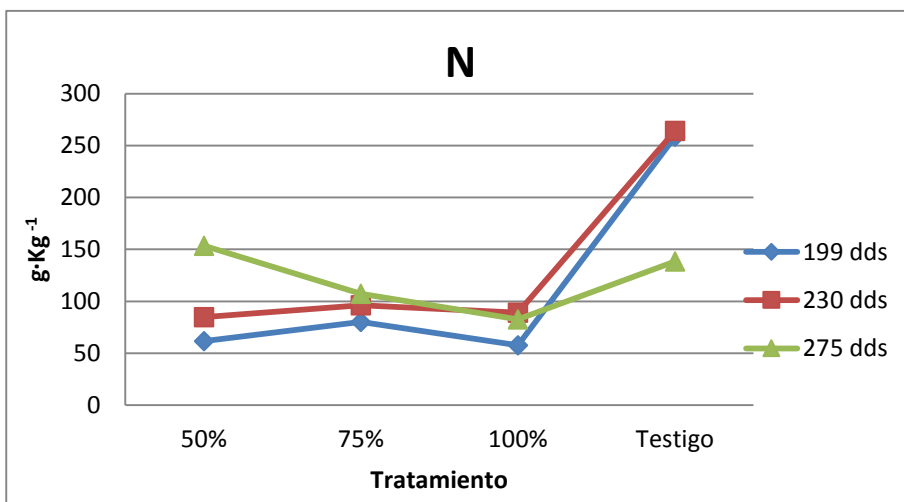
Letras iguales minúsculas en una misma columna indica que no hubo diferencias estadísticas.

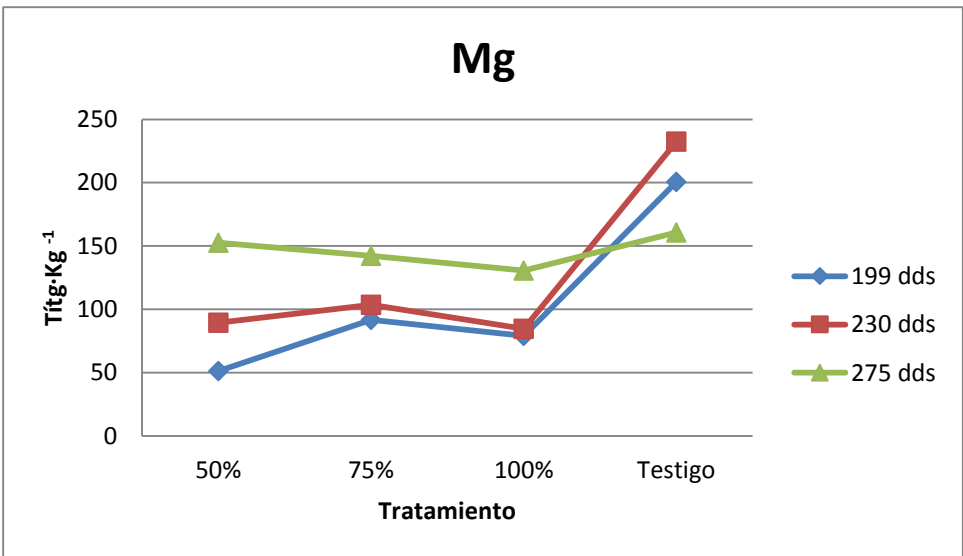
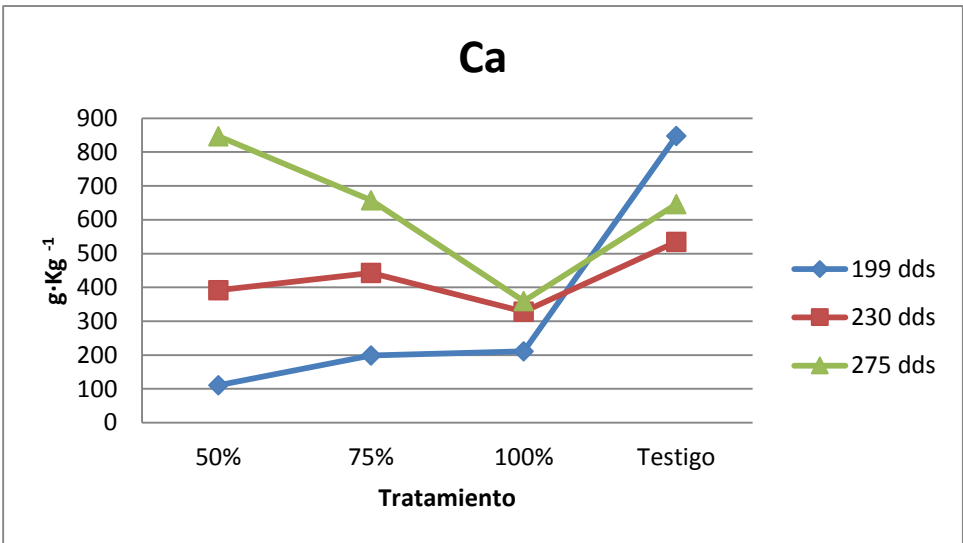
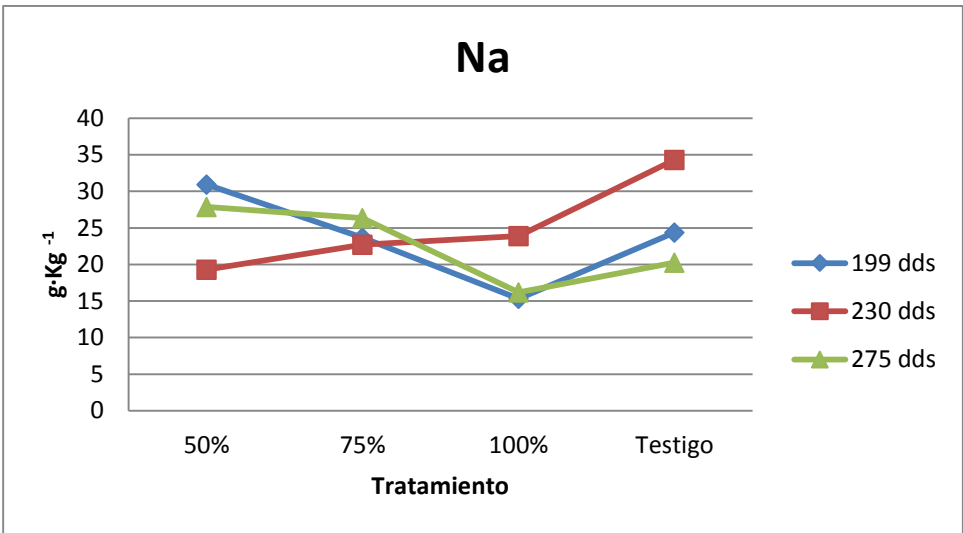
dds: días después de la siembra.

En los gráficos se observa la concentración de macronutrientes en materia foliar de chile zacapaleño a los 199, 230 y 275 dds, (Figura 3).

Para el nitrógeno las concentraciones mayores están en las plantas testigo, aunque a los 275 dds bajo su nivel de asimilación. El fósforo tiene un comportamiento creciente con la absorción final en el tratamiento con el 50% de lixiviado y en el testigo; lo mismo sucede con el potasio, sin embargo, a los 275 dds hay una decaída en el tratamiento con el 100% de lixiviado y en el testigo. Con respecto a la concentración de sodio en las hojas del tratamiento del 100% de lixiviado muestra una baja asimilación de este nutriente. A diferencia del calcio el tratamiento con el 50% de lixiviado concentro mayor cantidad de este macronutriente a los 275 dds; y por último la concentración mayor de magnesio fue en las hojas de las plantas testigo.

Figura. 3. Gráficos de concentración de macronutrientes en hojas de chile zacapaleño a los 199, 230 y 275 dds.





En los cuadros 30 al 38 se muestran los resultados del análisis de varianza en partes por millón (ppm) para los micronutrientes cobre, zinc, hierro y manganeso en hojas, tallo y raíz en plantas de chile zacapaleño con las diferentes proporciones de lixiviado en los tratamientos en tres diferentes fechas de corte.

En el **cuadro 30** se muestran las ppm de micronutrientes para hojas en plantas de chile zacapaleño a los 199 dds. En relación a los diferentes tratamientos no se encontraron estadísticas para el cobre; mientras que para el zinc se encontró mayor incidencia en el tratamiento de 75% de lixiviado (756.13 ppm); en el caso del hierro estuvo más presente en el tratamiento 50% de lixiviado (440.81 ppm) y por último el manganeso tiene mayor concentración en el testigo (171.66 ppm) con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) respecto a los diferentes tratamientos.

En el **cuadro 31** se muestran las ppm del contenido de micronutrientes para tallo en planta de chile zacapaleño a los 199 días después de la siembra. En relación al contenido de cobre no se encontraron diferencias estadísticas. Así mismo, se registraron ppm más elevadas de zinc en el tratamiento 75% de lixiviado (177.07 ppm). Mientras que para el hierro se encontró mayor dominancia en el tratamiento 50% de lixiviado (154.16 ppm). En el caso del manganeso se hizo notar con mayor prevalencia en el testigo (40.00 ppm) con diferencia estadísticas ($p \leq 0.05$) entre los diferentes tratamientos.

En el **cuadro 32** se muestran las ppm del contenido de micronutrientes para raíz en planta de chile zacapaleño a los 199 días después de la siembra. Para el contenido de cobre y manganeso se observa una alta presencia en las plantas testigo (73.27 y 348.74 ppm respectivamente). En cuanto al contenido de micronutrientes zinc (1157 ppm) y de hierro (1248.70 ppm) se halló una concentración mayor en las plantas del tratamiento 100% de lixiviado respecto a los otros tratamientos con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$).

En el **cuadro 33** se muestran las ppm de micronutrientes para hojas en plantas de chile zacapaleño a los 230 dds. En relación al contenido de cobre no se encontraron diferencias estadísticas sin embargo para el zinc se encontró mayor

prevalencia en el tratamiento 50% de lixiviado (579.14 ppm); no obstante, se observó que para el hierro y manganeso las plantas testigo tuvieron mayor concentración de nutrientes (529.00 y 96.66 ppm respectivamente) con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) respecto a los distintos tratamientos.

En el **cuadro 34** se muestran las ppm del contenido de micronutrientes para tallo en planta de chile zacapaleño a los 230 días después de la siembra. Para el contenido de cobre y manganeso la concentración mayor se ubicó en el testigo con (6.27 y 23.89 ppm respectivamente) con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre los diferentes tratamientos. Referente al contenido nutrimental de zinc y hierro no se encontraron diferencias estadísticas.

En el **cuadro 35** se muestran las ppm del contenido de micronutrientes para raíz en planta de chile zacapaleño a los 230 días después de la siembra. En relación a la concentración de micronutrientes cobre, zinc y manganeso, se registró mayor asimilación en las plantas testigo (65.67, 1069.63 y 389.98 ppm respectivamente). Además, se encontró el mayor contenido de hierro en el tratamiento 50% de lixiviado (734.38ppm) con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) respecto a los distintos tratamientos.

Respecto a las ppm del contenido de micronutrientes en hojas de planta de chile zacapaleño a los 275 dds (**cuadro 36**), no se encontraron diferencias estadísticas para la concentración de cobre. En cuanto al zinc se registró que en los tratamientos 50% y 75% de lixiviado hubo mayor presencia de este micronutriente con (483.31 y 461.96 ppm) respectivamente con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). Sin embargo los resultados observados para el hierro se ven influidos por el tratamiento de 50% de lixiviado (564.97 ppm), mientras que el manganeso tiene mayor asimilación en las plantas testigo con 247.90 ppm en referencia a los distintos tratamientos con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$).

En el **cuadro 37** se muestran las ppm del contenido de micronutrientes para tallo en planta de chile zacapaleño a los 275 días después de la siembra. Para el contenido de cobre y manganeso se encontró que hay mayor presencia en las

plantas testigo (5.33 y 96.67 ppm respectivamente). Sin embargo en el tratamiento 50% de lixiviado se observó que hay mayor cantidad de zinc y hierro (70.72 y 83.33 ppm respectivamente) con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) en relación a los diferentes tratamientos.

En el **cuadro 38** se muestran las ppm del contenido de micronutrientes para raíz en planta de chile zacapaleño a los 275 días después de la siembra. En los datos tabulados se obtuvo que para el contenido de cobre, zinc y manganeso están mejor asimilados en las plantas testigo (126.58, 1614.94 y 289.99 ppm respectivamente). Sin embargo, en el tratamiento 100% de lixiviado, se encontró que el hierro tiene mayor prevalencia con 1113.70 ppm con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre los distintos tratamientos.

Cuadro 30. Microelementos en hoja de chile zacapaleño a los 199 dds.

Tratamiento	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)
50 %	19.25 ± 0.14 a	670.80 ± 2.40 b	440.81 ± 13.95 a	107.08 ± 3.60 c
75 %	20.33 ±2.70 a	756.13 ± 6.01 a	351.65 ± 8.55 b	130.83 ± 3.36 b
100 %	16.91 ± 3.12 a	551.01 ± 9.02 c	364.77 ± 9.02 b	106.66 ± 1.92 c
Testigo	12.55 ± 2.36 a	533.50 ± 0.19 c	231.65 ± 12.50 c	171.66 ± 3.85 a

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

Letras iguales minúsculas en una misma columna indica que no hubo diferencias estadísticas.
dds: días después de la siembra.

Cuadro 31. Microelementos en tallo de chile zacapaleño a los 199 dds.

Tratamiento	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)
50 %	5.22 ± 1.87 a	120.83 ± 2.40 b	154.16 ± 2.40 a	28.33 ± 3.84 bc
75 %	6.22 ± 1.41 a	177.07 ± 6.01 a	132.91 ± 6.01 b	36.11 ± 1.47 ab
100 %	8.83 ± 1.73 a	64.58 ± 6.01 c	85.83 ± 4.33 c	23.75 ± 1.68 c
Testigo	6.83 ± 0.42 a	70.83 ± 2.40 c	74.22 ± 2.40 c	40.00 ± 0.96 a

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

Letras iguales minúsculas en una misma columna indica que no hubo diferencias estadísticas..

dds: días después de la siembra

Cuadro 32. Microelementos en raíz de chile zacapaleño a los 199 dds.

Tratamiento	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)
50 %	30.50 ± 3.07 b	795.80 ± 2.40 c	720.81 ± 2.40 c	332.76 ± 0.28 b
75 %	43.27 ± 7.23 b	1083.29 ± 4.80 b	556.43 ± 7.82 d	285.81 ± 3.36 c
100 %	49.16 ± 1.53 b	1157.54 ± 9.95 a	1248.70 ± 6.97 a	264.16 ± 1.44 d
Testigo	73.27 ± 4.79 a	1117.36 ± 12.64 b	852.17 ± 6.13 b	348.74 ± 3.60 a

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

dds: días después de la siembra.

Cuadro 33. Microelementos en hoja de chile zacapaleño a los 230 dds.

Tratamiento	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)
50 %	14.00 ± 2.86 a	579.14 ± 7.21 a	400.81 ± 0.48 b	60.88 ± 0.48 b
75 %	12.33 ± 1.76 a	337.48 ± 2.40 c	346.37 ± 9.67 c	54.16 ± 1.44 bc
100 %	10.00 ± 2.60 a	333.32 ± 4.80 c	269.99 ± 3.85 d	45.00 ± 4.80 c
Testigo	19.50 ± 0.38 a	485.39 ± 6.01 b	529.00 ± 4.09 a	96.66 ± 2.88 a

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

Letras iguales minúsculas en una misma columna indica que no hubo diferencias estadísticas.
dds: días después de la siembra.

Cuadro 34. Microelementos en tallo de chile zacapaleño a los 230 dds.

Tratamiento	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)
50 %	5.44 ± 0.73 ab	51.66 ± 7.63 a	48.88 ± 8.18 a	5.55 ± 0.55 bc
75 %	2.61 ± 0.77 b	41.66 ± 9.62 a	36.67 ± 3.84 a	3.88 ± 0.55 c
100 %	4.44 ± 0.53 ab	27.77 ± 2.77 a	37.22 ± 1.46 a	8.33 ± 0.96 b
Testigo	6.27 ± 0.47 a	25.00 ± 0 a	48.88 ± 2.42 a	23.89 ± 1.47 a

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

Letras iguales minúsculas en una misma columna indica que no hubo diferencias estadísticas.
dds: días después de la siembra

Cuadro 35. Microelementos en raíz de chile zacapaleño a los 230 dds.

Tratamiento	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)
50 %	36.16 ± 1.82 b	614.56 ± 8.41 b	734.38 ± 5.17 a	182.21 ± 0.55 b
75 %	17.39 ± 1.09 c	354.15 ± 7.21 d	361.65 ± 8.66 c	58.33 ± 0.96 d
100 %	19.94 ± 1.62 c	474.97 ± 4.81 c	333.87 ± 8.18 c	132,67 ± 0.51 c
Testigo	65.67 ± 3.03 a	1069.63 ± 9.34 a	570.72 ± 8.30 b	389.98 ± 5.77 a

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

dds: días después de la siembra.

Cuadro 36. Microelementos en hoja de chile zacapaleño a los 275 dds.

Tratamiento	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)
50 %	23.55 ± 1.65 a	483.31 ± 9.62 a	564.97 ± 10.58 a	102.91 ± 2.16 c
75 %	21.27 ± 0.90 a	461.96 ± 12.33 a	509.143 ± 3.36 b	124.99 ± 0.96 c
100 %	16.83 ± 3.84 a	237.49 ± 2.40 c	338.00 ± 1.35 d	182.07 ± 7.45 b
Testigo	19.77 ± 1.30 a	358.32 ± 9.62 b	364.76 ± 0.22 c	247.90 ± 7.93 a

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

Letras iguales minúsculas en una misma columna indica que no hubo diferencias estadísticas.
dds: días después de la siembra

Cuadro 37. Microelementos en tallo de chile zacapaleño a los 275 dds.

Tratamiento	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)
50 %	3.22 ± 0.57 ab	70.72 ± 7.21 a	83.33 ± 2.88 a	15.83 ± 2.40 c
75 %	2.83 ± 0.50 ab	50.00 ± 4.80 ab	56.67 ± 0.96 b	32.50 ± 2.40 b
100 %	2.33 ± 0.82 b	50.00 ± 4.80 ab	61.66 ± 2.88 b	40.83 ± 3.36 b
Testigo	5.33 ± 0.28 a	33.33 ± 0.00 b	40.00 ± 0.00 c	96.67 ± 0.96 a

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

dds: días después de la siembra.

Cuadro 38. Microelementos en raíz de chile zacapaleño a los 275 dds.

Tratamiento	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)
50 %	113.83 ± 2.95 b	1534.82 ± 12.32 b	1004.96 ± 12.51 b	110.82 ± 3.36 d
75 %	36.83 ± 1.67 d	1132.87 ± 13.35 d	640.39 ± 12.26 d	155.40 ± 6.85 c
100 %	55.83 ± 0.83 c	1291.11 ± 7.55 c	1113.70 ± 7.45 a	235.66 ± 6.25 b
Testigo	126.58 ± 3.22 a	1614.94 ± 1.66 a	830.45 ± 8.84 c	289.99 ± 1.67 a

Letras distintas minúsculas en una misma columna indica diferencias estadísticas al 95% según la prueba de Tukey.

dds: días después de la siembra.

VIII. DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos en cultivo de chile zacapaleño conducido en un sistema hidropónico con diferentes soluciones nutritivas, y después de analizar los resultados estadísticamente se llegó a la siguiente discusión:

Para el caso del diámetro del tallo no se encontraron diferencias estadísticas para este parámetro valorado, posiblemente como respuesta a que las plantas se encontraban en condiciones de igualdad respecto a los diferentes factores abióticos. Sin embargo, en altura de la planta se encontraron diferencias estadísticas en todas las fechas de evaluación; teniendo valores medios de altura de la planta de 34.86 cm a los 157 dds y de 136.25 cm a los 275 dds, alturas dentro del intervalo que se reportan en diferentes tipos de *Capsicum* como el pimiento que van desde los 82 cm hasta los 141 cm de altura a los 209 días después del trasplante (Elizondo y Monge, 2017).

Respecto al peso fresco y peso seco en raíz, tallo y hoja de plantas de chile zacapaleño, se encontraron diferencias en las tres fechas de evaluación, a los 199 dds se registró mayor peso en las plantas testigo; en el caso de la evaluación a los 230 dds las plantas testigo y el tratamiento correspondiente al 75% de lixiviado presentaron mayor acumulación de biomasa y finalmente, a los 275 dds el peso fresco y seco mayor de las plantas, se presentó en el tratamiento al 50% de lixiviado, según Sallaku *et al.* (2009) mencionan que los productos fotosintéticos distribuidos en raíces tallos y hojas son parámetros fundamentales de calidad en las plantas de hortalizas, de tal forma que a una mayor altura de planta y una mayor acumulación de peso seco en estas tres partes morfológicas, se tendrá una mejor calidad de la planta.

La producción total de frutos y número total de frutos sobre datos acumulados de las tres fechas de muestreo; se encontró que a los 275 dds en plantas testigo presentaron mayor producción con 965.61 g, seguido del tratamiento con el 50% de lixiviado con 563.90 g, asimismo, las plantas testigo presentaron mayor número de frutos (226.33), y mayor peso medio de frutos (6.96 g), valor aproximado a el

peso de chile serrano (6.9 a 7.8 g) reportado en el trabajo de Vázquez *et al.* (2010).

Referente a la clasificación comercial de los frutos de chile zacapaleño no se ha encontrado información al respecto, sin embargo, la literatura reporta en general estudios sobre la clasificación comercial en otros tipos de chiles cercano a *C. frutescens* y del cual se hacen referencia; respecto a los frutos clasificados de primera categoría tanto del peso, como longitud y diámetro de los frutos el mejor tratamiento fue el correspondiente a 50% de lixiviado y en plantas testigo con un peso de 9.23 y 10.13 g, longitud de frutos de 18.32 a 19.30 cm, y diámetros de fruto que van de 11.94 a 12.94 mm, respectivamente. Por lo que Vázquez *et al.* (2010) reportan que el peso medio de chile serrano va de 6.9 a 7.8 g, la longitud del fruto varía de entre 6.4 a 8.7 cm y para el diámetro del fruto 1.9 cm (19 mm), por lo que estas características son encontradas con frecuencia en el mercado dado su buena calidad.

No se encontraron diferencias en las fisiopatías valoradas en este experimento, debido a que apenas fueron perceptibles las alteraciones fisiológicas como la deformación, coloración y cracking en los frutos de chile zacapaleño a lo largo de las diferentes fechas de corte. Para el caso del cracking se reportan porcentajes por debajo del 20% en frutos clasificados de tercera categoría; para la deformación de los frutos los porcentajes alcanzaron valores del 25% en frutos clasificados como de primera calidad, no obstante, según el mercado regional no presenta ningún inconveniente para su comercialización, debido a que esta deformación es propia de su morfología en esta especie de chile.

Con respecto a la coloración del fruto de chile zacapaleño y de acuerdo a la valoración subjetiva que se llevó a cabo los frutos, presentaron un color verde oscuro en los diferentes tratamientos con porcentajes que van del 75 al 100%, es decir, la coloración de los frutos no presentaron diferencias entre tratamientos.

La cantidad de semillas por fruto varía según la especie y cultivar, teniendo alto impacto sobre la germinación, crecimiento, desarrollo y producción del cultivo

(Singh y Bhatia, 2009). Es por ello que sólo se llevó a cabo la cuantificación y recolección de semillas en frutos clasificados de primera categoría, registrando mayor número de semillas en frutos con el 75% de lixiviado (42.27 a 92.67).

La firmeza de los frutos fue mayor en plantas testigo y en frutos clasificados como de primera calidad con valores de 2.65 y 3.78 N/cm², muy por debajo de otras especies como es el caso del chile serrano que han reportado valores de 98 a 159 N/cm² (Vázquez *et al.*, 2010).

En lo que concierne a las valoraciones de las características organolépticas del chile zacapaleño, se puede decir que el aroma tuvo un máximo del 40% lo que quiere decir, que el aroma de este chile es medianamente perceptible. Respecto a la pungencia o el picor de los frutos, se obtuvo que, tanto el tratamiento con el 75% de lixiviado y testigo reportan como máximo valorado del 35.67%, es decir, que el nivel de picor de este fruto es bajo comparado con el picor del chile jalapeño.

La turgencia de los frutos fue mayor en plantas testigo cuyos porcentajes superaron el 77% respecto a los demás tratamientos. Para el caso de la jugosidad de los frutos no se reportan diferencias, no obstante, cabe mencionar que son frutos con poca agua en los mismos. Finalmente, la condición de la superficie de los frutos superó el 50% de la valoración considerado como frutos rugosos en todos los tratamientos, característica que difiere con otras especies de chile que tienden a ser frutos mucho más lisos como es el caso del chile serrano o jalapeño. No obstante el chile zacapaleño tiene mayor posibilidad de ser comercializado.

Por lo que se refiere a los sólidos solubles totales, pH inicial e Índice de Madurez, se registró que aunque no presentan diferencias estadísticas significativas los valores medios de °Brix fluctuaron con valores de 4.90 y 6.97, valores muy superiores a lo reportado en otros chiles como el chile piquín (1.37 a 2.83 °Brix) (Flores *et al.*, 2018), y con pH en los frutos de chiltepín, que también se le conoce como chile piquín que van de 6.43 a 7.00, valores superiores a lo encontrado en este experimento (pH 5.45 a 5.85). También, se reporta un índice de madurez que

va de 20.31 a 32.50 según los parámetros anteriormente descritos, y que se le considera como una madurez comercial aceptable para chile zacapaleño.

En relación a las concentraciones de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y sodio en hoja, tallo y raíz, se analizan los resultados de éstos elementos esenciales, y valores expresados en gramo por kilogramo en planta ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$). Cabe mencionar que $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ y $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ son unidades de medida equivalentes.

Por lo que se refiere a la concentración de nitrógeno en las hojas de chile zacapaleño, se observó que las plantas testigo asimilaron más este elemento a lo largo de todo el ciclo de cultivo con valores que van entre 138.30 y 258.80 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, valores por arriba del intervalo de concentración adecuada (30-60 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de nitrógeno) para el pimiento, según Trani y Raji (1997), también Terbe *et al.* (2006) reportan valores de concentración óptimos en la materia seca de hojas de plantas de chile pimiento con 16.9 a 46.0 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, valores igualmente superiores a los obtenidos en chile zacapaleño; por otro lado, Nuez *et al.* (1998), mencionan que el nivel normal de materia foliar de cultivo de pimentón oscila entre 4-5% de nitrógeno, mientras que en chile zacapaleño se encontró una concentración de 0.004%. Al mismo tiempo al contrastar los valores de concentración de chile pimiento con los datos de chile zacapaleño en tallo (23.78 a 73.80 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) y raíz (10.44 a 31.58 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) los valores se encuentran muy por arriba de las medias óptimas (tallo, 7.7 a 29.30 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ y raíz, 18.3 a 34.20 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$), según Terbe *et al.* (2006). Esto hace suponer que las plantas de chile zacapaleño presentaron un exceso de nitrógeno en los tratamientos y que podría influir en el desarrollo y crecimiento de las plantas ya que puede afectarlas fisiológicamente, los tallos se vuelven blandos y quebradizos, también las plantas se vuelven sensibles a los ataques de insectos y mayor sensibilidad a ataques de hongos fitopatológicos como lo mencionan (Herrereros-Delgado, 1976) (Rueda *et al.*, 2009).

En relación a la concentración de fósforo en las plantas de chile zacapaleño se registró que el comportamiento de este nutriente fue ascendente durante el ciclo vegetativo de la planta, asimismo, las plantas testigo asimilaron mayor cantidad de fósforo (2.69- 3.48 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$), lo cual indica que los valores obtenidos están dentro del

intervalo de 2.0- 7.3 mg•g⁻¹, concentración optima en área foliar en chile pimiento, reportado por Terbe *et al.* (2006), y de 3 a 7 g•kg⁻¹ según mencionan Trani y Raij (1997) en hojas de pimiento. También, Nuez *et al.* (1998) describen el nivel normal de fósforo en hojas de pimentón de 0.3-0.7 %, lo cual concuerda con este trabajo (0.39%) en el área foliar. En cuanto a la concentración de fósforo en tallo y raíz de las plantas de chile zacapaleño se presentaron concentraciones de este elemento en las plantas testigo (0.35 a 7.36 g•kg⁻¹ para tallo y para raíz de 0.67 a 1.22 g•kg⁻¹), valores que difieren con lo reportado por Terbe *et al.* (2006) quienes señalan valores óptimos tanto de tallo como de raíz de 1.4 a 3.7 mg•g⁻¹ y de 2.2 a 4.2 mg•g⁻¹ respectivamente, es decir, en este trabajo se encontró mayor concentración de fósforo en tallo pero menor concentración en raíz.

En relación con la concentración de potasio en las hojas de chile pimiento Terbe *et al.* (2006) catalogan como valores óptimos 26.2 a 59.2 mg•g⁻¹, mientras que Trani y Raij (1997) describen que la concentración foliar adecuada en pimiento es de 40 a 60 g•kg⁻¹, los valores que se reportan en este experimento difieren con lo arriba mencionado, ya que se encontraron concentraciones de potasio en las hojas de las plantas testigo que van de 651.51 a 1224.85 g•kg⁻¹. Asimismo, en hojas de pimiento se han reportado porcentajes entre el 4.5 y 5.5% en la concentración de potasio (Nuez *et al.*, 1998) valores similares se reportan en este trabajo de investigación con 5.82% en hojas de chile zacapaleño. El mismo comportamiento se presentó en la acumulación de potasio, tanto en tallo como en raíz (429.32 a 1057 g•kg⁻¹; 40.73 a 192.66 g•kg⁻¹, respectivamente), valores superiores a lo reportado por (Terbe *et al.*, 2006) en tallo y raíz en plantas de pimiento (10.8 a 45.2 mg•g⁻¹ y de 9.9 a 26.9 mg•g⁻¹, respectivamente). Los niveles de potasio son característicamente elevados en actividades de crecimiento y la concentración en partes relacionadas con la asimilación (Rueda *et al.*, 2009).

En relación a la concentración foliar de sodio en las hojas de chile zacapaleño las plantas con el 50% de lixiviado y las plantas testigo fueron los tratamientos con mayor concentración de este elemento, con valores de 19.30 a 34.33 g•kg⁻¹ (un porcentaje promedio de 0.27%), valor por arriba del nivel de referencia en hojas de

chile pimiento morrón 0.04% (Casas, A. 1995). En cuanto a la concentración de sodio en tallo, las plantas testigo obtuvieron mayor cantidad de este ion (30.12 a 41. g•kg⁻¹), sin embargo, en la raíz se encontró la mayor concentración de sodio con el tratamiento del 100% de lixiviado y las plantas testigo (18.12 y 19.93 g•kg⁻¹ respectivamente). Si la concentración de sodio tuviera un nivel mayor al registrado en las plantas de chile zacapaleño éste desplaza los iones de calcio de los sitios de enlace de la membrana celular en la raíz y altera su permeabilidad, lo que causa una salida de potasio de las células y favorece la entrada de sodio (Cramer *et al.*, 1994).

En referencia a la concentración de calcio Trani y Raij, (1997) describen un intervalo óptimo de asimilación de entre 10-35 g•kg⁻¹ recomendado para el cultivo de pimiento, concentraciones muy superiores se reportan en este trabajo de investigación con el tratamiento de 50% de lixiviado cuyos valores fluctuaron entre 111.22 y 846.36 g•kg⁻¹. Asimismo, Nuez *et al.* (1998), mencionan que el nivel normal de calcio en chile pimentón es de 2.0 a 4.0%, porcentaje similar se encontró en hojas de chile zacapaleño (3.7%). No obstante, mayor concentración de calcio se registró en el tallo de las plantas de chile zacapaleño del tratamiento correspondiente al testigo con valores entre 255 y 852 g•kg⁻¹, cabe mencionar que la mayor concentración de calcio se registró a los 230 dds para el caso de la raíz la mayor concentración se registró en las plantas testigo y el tratamiento con el 50% de lixiviado de 66.52 a 265 g•kg⁻¹, respectivamente. Esta elevada concentración de calcio en las plantas puede provocar la deficiencia de hierro (Rueda *et al.*, 2009).

Por lo que se refiere a la concentración de magnesio en las hojas de chile pimiento el intervalo adecuado es 3-12 g•kg⁻¹ (Trani y Raij, 1997), mientras que los datos analizados de la materia foliar en chile zacapaleño muestran que las plantas testigo tuvieron mayor cantidad de magnesio (160.75 a 200.56 g•kg⁻¹) un nivel muy alto con respecto al chile pimiento. Por su parte, Nuez *et al.* (1998) mencionan que el nivel normal de magnesio en hojas de cultivo de pimentón va de 1.0 a 1.7%, lo cual indica que el porcentaje de magnesio en hojas de chile zacapaleño (1.84%)

es mayor que el nivel recomendado. Asimismo, la mayor concentración de magnesio predominó en plantas testigo a nivel de tallo (62.06 a $111.04 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) y en la raíz fue el tratamiento con el 100% de lixiviado donde se reporta mayor cantidad de este elemento. El magnesio como activador de enzimas que intervienen en la respiración, fotosíntesis y síntesis de ADN y ARN puede verse repercutida por el exceso de este elemento (Martínez-Murulanda, 2015). La alta concentración de nutrientes en las plantas de chile zacapaleño pudo deberse a que el lixiviado que se ocupó en los diferentes tratamientos es reincorporado.

El orden de absorción de macronutrientes en chile zacapaleño fue $\text{K}>\text{Ca}>\text{N}>\text{Mg}>\text{Na}>\text{P}$, mientras que, el orden de absorción de los nutrientes fue distinto para los cultivos de chile dulce $\text{K}>\text{N}>\text{Ca}>\text{P}>\text{Mg}$ (Rojas y Paniagua, 2015).

En cuanto a la concentración nutrimental de cobre, zinc, hierro y manganeso, solo se reportan datos comparables para la concentración en materia foliar en unidades de partes por millón (ppm).

El contenido de cobre en las hojas tuvo un aumento en su asimilación a lo largo del ciclo vegetativo de la planta, si bien, no se reportan diferencias estadísticas. En el tratamiento con el 50% de lixiviado presentó mayor concentración de cobre en las hojas con 23.55 ppm a los 275 dds; caso contrario sucedió con el contenido de cobre en tallo al disminuir la concentración a lo largo del ciclo vegetativo, entre los 199 y 275 dds., De acuerdo a lo reportado por Nuez *et al.* (1998) los niveles normales de cobre en hojas de pimentón se encuentran entre 10 y 20 ppm, lo cual indica que las plantas de chile zacapaleño tuvieron un nivel óptimo de este microelemento. Por su parte, Mills y Benton (1996) establecen la concentración media de referencia de cobre en materia foliar de pimiento como $15.5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, esto indica que los valores obtenidos están por debajo de la media con $0.90 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Y para el caso del contenido de cobre en la raíz, fueron las plantas testigo y el tratamiento con 50% de lixiviado las que presentaron valores superiores a 110 ppm, concentraciones muy por encima de lo mencionado anteriormente.

La concentración de zinc en hojas fue mayor en plantas del tratamiento de 50% de lixiviado con valores entre 483.31 y 670.80 ppm, por el contrario en el tallo fue mucho menor la concentración de zinc en las plantas testigo con 33.33 y 70.83 ppm entre los 199 a 275 dds. Respecto a la concentración de zinc en raíz se presentó mayor acumulación a lo largo del ciclo vegetativo alcanzando valores de hasta 1614.94 ppm en las plantas testigo, concentraciones muy superiores a lo reportado por el autor y que bien podría esperarse toxicidad en las plantas por este metal. Las concentraciones antes mencionadas difieren con lo que reportan Nuez *et al.* (1998) quienes mencionan que los niveles foliares normales en cultivo de pimentón van de 25 a 60 ppm. Por su parte, Schroeder y Martínez (2004) mencionan concentraciones medias de zinc en hojas de pimiento es de 42.5 mg•Kg⁻¹, lo que parecería que la concentración de este micronutriente está por debajo de la media establecida con 5.01 mg•kg⁻¹. Los síntomas de toxicidad por zinc pueden presentarse como una clorosis, como resultado de una sobredosificación en la preparación del composteo de donde se obtuvo el lixiviado.

Con respecto a la concentración nutrimental de hierro en la materia foliar de cultivo de pimentón, Nuez *et al.* (1998) mencionan que los niveles normales van de 80 a 200 ppm. En contraste en este trabajo experimental se reportan concentraciones de hierro en hojas de chile zacapaleño que van de 231.65 a 564.97 ppm durante el periodo de muestreo, valores que bien podrían ocasionar toxicidad a la planta y retrasar crecimiento de la misma (Rueda *et al.*, 2009). En estudios realizados por Mills y Benton (1996) determinaron que la concentración media en hojas de pimiento es de 180 mg•kg⁻¹, valor muy diferente a los datos en chile zacapaleño (14.58 mg•kg⁻¹). Por otra parte el nivel de hierro en el tallo se comportó de forma decreciente de los 199 dds a los 275 dds (de 154.16 a 40 ppm). En cambio para la concentración de hierro en la raíz los valores son muy altos sobre todo en los tratamientos de 50% de lixiviados y 100% de lixiviado con niveles de entre 720.81 a 1248.70 ppm.

En el último de los nutrientes analizados Nuez *et al.* (1998) reportaron que el nivel normal de manganeso en la materia foliar de cultivo de pimentón va de 90 a 200

ppm, por lo que los datos obtenidos en este trabajo de investigación están dentro de los niveles establecidos, la concentración de manganeso en hojas de chile zacapaleño tiene un nivel normal a los 199 y 275 dds (107.08 a 182.07 ppm). Cabe resaltar que las plantas testigo fueron las que tuvieron mayor asimilación durante las tres fechas de muestreo. Otros autores como Schroeder y Martínez (2004) establecen una concentración media de manganeso en hojas es de 145 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, valores muy diferentes en las hojas de chile zacapaleño ($7.39 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Respecto a la concentración de manganeso en tallo los valores están entre 3.88 y 96.67 ppm en los diferentes tratamientos. Asimismo, los valores más altos de manganeso se reportan en la parte radicular de las plantas de chile zacapaleño sobretodo en el testigo (389.98 ppm).

El orden de absorción de micronutrientes en chile zacapaleño fue $\text{Zn}>\text{Fe}>\text{Mn}>\text{Cu}$, diferente a lo que reporta Soto (2008), el cual menciona el orden de absorción $\text{Fe}>\text{Mn}>\text{Zn}>\text{Cu}$ en el cultivo de chile dulce. En general el comportamiento de los micronutrientes en los diferentes tratamientos durante los días de muestreo son similares, a los 199 días tienen un nivel alto, a los 230 dds la concentración baja al mínimo y para los 275 dds la asimilación vuelve a tener repunte importante en la concentración de estos elementos particularmente en las plantas testigo y en el tratamiento con el 50% de lixiviado.

IX. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos para el experimento llevado a cabo en el invernadero con plantas de chile zacapaleño con diferentes tratamientos a base de lixiviado de lombriz y en las condiciones que se llevó a cabo se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. Las plantas testigo presentaron mayor altura y diámetro de tallo de la planta, alcanzando una altura de 136.25 cm y un diámetro de 9.36 mm.
2. De igual forma las plantas testigo presentaron mayor peso fresco y peso seco durante el ciclo vegetativo, asimismo, a los 275 dds también las plantas con el 50% de lixiviado presentaron alto contenido de materia seca.
3. En cuanto a la producción total, el peso, longitud y diámetro del fruto las plantas testigo tienen los valores más altos, seguido del tratamiento con el 50% de lixiviado.
4. La incidencia de fisiopatías fue prácticamente nula a lo largo del trabajo de investigación, no obstante, el cracking según tratamiento se presentó hasta en un 25%, respecto a la deformación y rugosidad de los frutos posiblemente las valoraciones registradas sean parte de su morfología de este cultivar, sin embargo la coloración del fruto del chile zacapaleño no es verde oscuro.
5. Se registraron 70 semillas promedio, y firmeza de los frutos con valores de 3.78 N/cm². El contenido de °Brix en los frutos fue de 4.90 a 6.97.
6. Referente a las características organolépticas; el aroma, la pungencia, la turgencia y la jugosidad de los frutos fueron mediamente perceptibles con

valores que oscilaron entre el 35 y 60% según la escala subjetiva utilizada, aunque el sabor de los frutos fue muy aceptable.

7. Referente a la asimilación de macronutrientes; el nitrógeno, fósforo, potasio y calcio, las plantas testigo y el tratamiento con el 50% de lixiviado presentaron mayor concentración de estos elementos, sin embargo, la concentración de potasio presentó menor proporción en la raíz de la planta.
8. El sodio se acumuló más en las plantas con el 50% de lixiviado y el testigo, siendo el tallo donde se presentó mayor concentración de sodio. Asimismo, en la raíz del tratamiento con 100% de lixiviado y las plantas testigo también se registró mayor concentración de este elemento.
9. La asimilación del magnesio fue variable encontrándose mayor concentración de este elemento en plantas del tratamiento con el 50% de lixiviado y en el testigo tanto en hojas como en tallo, si bien, en la raíz de las plantas con el tratamiento de 100% de lixiviado se registró mayor concentración de este nutriente.
10. En relación al contenido de micronutrientes; el hierro, cobre, zinc y manganeso se asimiló mejor en el tratamiento de 50% de lixiviado y en plantas testigo. En el caso del zinc también presentó mayor concentración en hojas de las plantas del tratamiento con el 75% de lixiviado.
11. En todos los nutrientes valorados, el tratamiento con el 50% de lixiviado y plantas testigo registraron mayor acumulación de macro y micronutrientes en la planta independientemente del órgano de la planta.

12.El orden de absorción de macronutrientes en chile zacapaleño fue $K > Ca > N > Mg > Na > P$, teniendo mayor asimilación en las plantas testigo seguido del tratamiento con la aplicación del 50% de lixiviado. Por otra parte el orden de absorción de micronutrientes fue $Zn > Fe > Mn > Cu$, y que al igual que los macronutrientes las plantas testigo fue quien protagonizó la mayor asimilación nutrimental.

X. BIBLIOGRAFÍA

Agricultorers, red de especialistas en agricultura. (2018). Qué son los grados Brix. México. . Recuperado el 10 de febrero de 2019, de <http://agriculturers.com/que-son-los-grados-brix/>

Agricultorers, red de especialistas en agricultura. (2017). Maduración del fruto y términos de uso común en postcosecha. México. Recuperado el 10 de febrero de 2019, de <http://agriculturers.com/maduracion-del-fruto-y-terminos-de-uso-comun-en-postcosecha/>

Aguilar-Rincón, V. H., Corona-Torres, T., López-López, P., Latournerie-Moreno, L., Ramírez-Meraz, M., Villalón-Mendoza, H. y Aguilar-Castillo, J. A. (2010). Los chiles de México y su distribución. SINAREFI, CP, INIFAP, IT-CONKAL, UANL y UAN. México 114 p.

Aguirre-Hernández, E y Muñoz-Ocotero, V. (2015). El chile como alimento. UNAM. México 16-23.

Agroproductores (2018). Niveles de referencia foliar en el cultivo de Pimiento Morrón. Recuperado el 10 de junio de 2019, de <http://agroproductores.com/niveles-de-referencia-foliar-en-el-cultivo-de-pimiento-morron/>

Alcántar, G. y Sandoval, M. (1999). Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal. Publicación especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Chapingo, México.

Argón, P., Santos, N. y Hernández, C. (2006). Índice para la determinación de las condiciones óptimas de maduración de un fruto. Universidad Tecnológica de la Mixteca 10 (30): 3-8.

Azofeifa, A y Moreira, M. A. (2004). Análisis de crecimiento del chile jalapeño (*Capsicum annum* L. cv. Hot), en Alajuela, Costa Rica. Agronomía Costarricense. Costa Rica 28(1): 57-67.

Bennet N.F. (1993). Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants. APS Press, St Paul.

Biblioteca digital de la medicina tradicional mexicana. (2009). Usos medicinales del chile. México. Recuperado el 10 de febrero de 2019, de <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=chile%20o%20chiltep%C3%ADn&id=7215>

Blanco, V. L. y Carvajal, S. N. (2013). Determinación microbiológica, pH, acidez y grados Brix en bebidas carbonatadas de máquinas dispensadoras en los food court de metrocentro, San Salvador. Tesis de licenciatura. Universidad de el Salvador

Buchanan, B., Gruissem, W. y Jones, R. (2000). Biochemistry and Molecular Biology of Plants. American Society of plant Physiologists. Rockville, M. D. USA. 1367 p.

Cárdenas, F. y Di Hom, T. (s/f). La materia médica homeopática: la familia de las solanáceas. Perú. Recuperado el 10 de febrero de 2019, de <http://www.homeoint.org/articles/cardenas/solanaceas.htm>

Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes. CASAFE. (1993). Guía de productos fitosanitarios para la República Argentina. República Argentina

Casas, A. (1995). El diagnostico foliar del pimiento H. F. Hortoinformación. 9: 46-49.

Centro de Desarrollo de Agronegocios. (2002). Manual de producción de Chile Jalapeño. Fintrac CDA. Honduras. p 1-24.

Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. (2013). Resultados del uso de lixiviado de lombriz en hortalizas. México. Recuperado el 20 de junio de 2019, de http://lombriculturagdl.com/34_resultados+del+uso+de+lixiviado+de+lombriz+en+hortalizas_.html

Cerdá, A. J, Pardines, Botella, M. A. y Martínez, V. (1995). Effect of potassium on growth, water relations, and the inorganic and organic solute contents for two maize cultivars growth under saline conditions. *Journal of Plant Nutrition*. 18:839-851.

Cramer, G. R., Alberico, G. J y Schmidt, C. (1994). Salt tolerance is not associated with sodium accumulation of two maize hybrids. *Australian Journal of Plant Physiology*. 21:675-692.

Crisosto, C. (1994). Optimus procedures for ripening stone fruit, Managment of ripening fruit. 24-25 p.

Domene-Ruiz, M. A. y Segura-Rodríguez, M. (2014). Parámetros de calidad interna de hortalizas y frutas en la industria agroalimentaria. *CAJAMAR ADN Agro*. 5: 1-18.

Elizondo-Cabalчета, E. y Monge-Pérez, J. E. (2017). Caracterización morfológica de 15 genotipos de pimiento (*Capsicum annuum*) cultivados bajo invernadero en Costa Rica. *Revista InterSedes*. 18 (37): 1-27.

Ferruzzi, C. Manual de (Lombricultura. 1982). Lombriz Roja- Las Lombrices Silvestres O Comunes- La Lombriz Domestica Criadero Familiar- Criadero Industrial- Organización- Alimentación Comercialización Ecología. 1 ed. Madrid. Editorial Mundi-Prensa, Catello 37. Pág.13, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 29, 30, 31, 32, 33.

Flores- González, P., Franco- Bañuelos, A., Hernández-Martínez, J., Moreno-Limón, S., Hernández-Pinero, J. L. y Pinedo- Espinoza, J. M. (2018). Evaluación fisicoquímica y capacidad antioxidante de chiltepín silvestre de Nuevo León, México. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. México 3: 529-534.

Fornaris- Sánchez, A. A y Rodríguez-Fernández, P. A. (2009). Influencia de dosis creciente de lixiviado de abonos mixtos microbianos y lixiviado humus de lombriz sobre algunas variables morfoagronómicas en el cultivo del tomate (*Lycopersicum*

esculentum mill). Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba. Cuba 2: 100-114.

García, M. B. E. (1996). Deficiencias nutrimentales en gerbera (*Gerbera jamesonii* H. Bolus). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo.

Gómez-Rosales, S., Angeles, M., Méndez-Romero, J. J. A., Reséndiz-Castillo. M. G. y Sánchez-Barragán, R. (2013). Guía de buenas prácticas de reciclaje de excretas: Uso de lixiviados de humus de lombriz para la producción de forraje verde. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. México. 18 p.

Goyal, S. S y Hafez, A. A (1990). Quantitative reduction and inclusion of plant tissue nitrates in Kjeldahl digestion, *Agron J.* 82: 571-576.

Herreros-Delgado, L. M. (1976). Cultivo de gerbera. Hojas divulgadoras del Ministerio de Agricultura N° 1-76 HD. Publicaciones de extensión agraria. Madrid, España. 12 p.

Huerta P. A., Fernández R. S. y Ocampo F. I. (2007). Manual de chile poblano, importancia económica y sociocultural. Puebla-México, Campus Puebla-Colegio de Postgraduados.

Isaac, RA. y Kerber, J. D. (1971). Capitulo 2 en *Instrumental Methods for Analysis of Soils and Plant Tissue*. LM. Walsh (ed.).

Laborde, C. J. A. y Pozo O. (1984) Presente y pasado del Chile en México. México, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), 80 p.

Lao, M.T., Jiménez, S., Eymar, E. y Fernández, E.J. (2004). Nutrient levels of the soil solution obtained by means of suction cups in intensive tomato cultivation. *Revista Internacional de Botánica Experimental (Phyton)*, 73: 19-37.

Lancaster, J. E., Lister, C., Reay, P., y Triggs, C. (1997). Influence of pigment composition on skin color in a wide range of fruit and vegetables. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 122: 594-598.

Lazcano, I. 2000. Deficiencia de Ca en tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*). *Informaciones Agronómicas, Instituto de la Potasa y el Fósforo de Canadá*, 39, 7-8.

López-Riquelme, G. O. (2003). Chilli. La especia del Nuevo Mundo. UNAM. *México* 69: 66-75.

Martínez- Murulanda, A. C. (2015). Requerimientos nutricionales del ají *Capsicum annum* L. y su relación con rendimiento bajo condiciones ambientales de Palmira, Valle del Cauca. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia.

Mazida M. M., M. M. Salleh, O. Osman. 2005. Analysis of volatile aroma compounds of fresh chilli (*Capsicum annum*) during stages of maturity using solid phase extraction (SPME). *Journal of Food Composition and Analysis*, 18: 427-437.

Mendoza, R. (2006). Sistemática e historia del ají *Capsicum Tourn*. *Universalía*. Perú 11(2): 80-88.

Mills, H.A. y Benton Jones, J. Jr. (1996). *Plant Analysis Handbook II*. P. 361

Nee, M. (1986). Flora de Veracruz, Solanaceae I. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos Xalapa, Veracruz, México. 46 p.

Nuez V, F; Gil O, R y Costa G, J. 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Ediciones Mundi-prensa. 607p.

Ozskinis, K. y Lisiecka, A. (1990). Gerbera, Ed. EDAMEX. Mex. México.

Perea-Portillo, E., Ojeda-Barrios, D. L., Hernández-Rodríguez, O. A., Escudero-Almanza, D. J., Martínez-Téllez, J. J. y López-Ochoa, G. R. (2010). El zinc como promotor de crecimiento y fructificación en el nogal pecanero. *Tecnociencias Chihuahua*. 4(2): 64-71.

Rojas-Méndez, J. J. y Paniagua-Madrigal, F. (2015). Comportamiento agronómico de *Capsicum annuum* L., *Lycopersicon esculentum* M. y *Cucumis melo* L. bajo cultivo protegido hidropónico utilizando la solución universal de Steiner. Tesis de licenciatura. Tecnológico de Costa Rica.

Rueda-Luna, R., Reyes-Matamoros, J., Romero-Hernández, M. y Montes-Reyes, C. (2016). Prácticas Culturales en Chile Serrano en la Sierra Norte de Puebla. BUAP. Pp. 63.

Ruiz-Lau, N., Medina-Lara, F y Martínez- Estévez, M. (2011). El chile habanero: su origen y usos. Comunicaciones libres, ciencia. México. 70-77.

SAGARPA. (2017). Chiles y pimientos mexicanos. Planeación agrícola nacional 2017-20130. 2-32 p.

Sánchez, C. F. y Escalante, R. E. (1988). Hidroponía. 3ª edición. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo. México. P: 194.

Sallaku G, A Bani, A Balliu (2009). The effects of N concentration in pre-transplant nutrient solution on the N use efficiency and dry mass partitioning of vegetable solanaceae seedlings. Acta Hort. 830:405-412.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2015). El chile, de México para el mundo. México. Recuperado el 10 de febrero de 2019, de <https://www.gob.mx/sader/articulos/el-chile-de-mexico-para-el-mundo?tab=>

Schroeder, M. A. y Martínez, G. C. (2004). Concentraciones foliares de microelementos en pimiento (*Capsicum annuum* L.). Agrotecnia. 13: 17-21.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2016). Chile verde. México. Recuperado el 10 de febrero de 2019, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166381/chileverde_monograf_a.pdf

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2010). Un panorama del cultivo del chile. México. Pp: 3-20.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2019). Volumen mensual exportado de productos agroalimentarios Enero 2019. México. Recuperado el 10 de febrero de 2019, de <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/indicadores-economicos>

Singh, N. y Bhatia, A. K. (2009). Vegetable seed production. Busines and Development Unit, Directore of Human Resourse Management. CCS Haryana Agricultural University, Hisar Haryana India. 38p.

Soto O, R. 2008. Crop phenology, dry matter production, and nutrient uptake and partitioning in cantaloupe (*Cucumis melo* L.) and chile (*Capsicum annuum* L.). Tesis Dr. Estados Unidos, Universidad de Arizona. 173h.

Terbe I, Szabó ZS, Kappel N.(2006). Macronutrient accumulation in green pepper (*Capsicum annuum* L.) as affected by different production Technologies. International Journal of Horticultural Science; (12): 13–19.

Tjia B. O, Rogers M. N y Hartley, D. E. (1969). Effects of ethylene on morphology and flowering of *Chrysanthemum morifolium* Ramat. Journal of the American Society for Horticultural Science 94: 35–39.

Trani, P. E. y Raij, B. (1997). Hortaliças. En B. Raij, H. Cantarella, J. A. Quaggio y A. M. C. Furlani (Eds.) Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo (pp. 157-164). Campinas: IAC. (Boletim Técnico, 100).

Vázquez, R. (2006). Presencia de patógenos en almácigos y semilla de chile (*Capsicumm annuum* L.) en Aguascalientes y Zacatecas, México. Revista mexicana de fitopatología. 25 (1).

Vázquez-García E., Ramírez-Meraz., M., Ariza-Flores, R. y Alia-Tejacal I. (2010). Atributos de calidad y vida de anaquel de frutos de cultivares de chile serrano en México. Revista Fitotecnia Mexicana. México 33(4): 79-82.

Waizel-Bucay, J. y Camacho-Morfin, R. (2011). El género *Capsicum* spp. (“chile”). Una versión panorámica. Aleph Zero. México 16(60): 67-79.

White, R.T., Jr. y Douthil, G.E. (1985). Use of microwave oven and nitric acid-hydrogen peroxide digestion to prepare botanical materials for elemental analysis by inductively coupled argon plasma emission spectroscopy. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 68 766-769.

Vela, E. (2009), "Los chiles de México. Catálogo visual", Arqueología Mexicana, edición especial.

Zepeda, M. (2018). Las mujeres que reactivaron su economía con el cultivo de chiles en Puebla. México. Recuperado el 10 de febrero de 2019, de <https://www.animalgourmet.com/2018/11/26/las-mujeres-que-reactivaron-su-economia-con-el-cultivo-de-chiles-en-puebla/>

XI. ANEXOS

11.11. FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



Figura 4. Vista general del cultivo de chile zacapaleño 199 dds.



Figura 5. Cosecha de chile zacapaleño.



Figura 6. Ramificación de plantas de chile zacapaleño.



Figura 7. Clasificación comercial de chile zacapaleño 1º, 2º y 3º calidad respectivamente.



Figura 8. (Izquierda) y Figura 9. (Derecha). Medición de acidez de los frutos. Obtención de °Brix.



Figura 10. Valoración gustativa en chile zacapaleño.



Figura 11. Flamómetro para la concentración de sodio.



Figura 12. Absorción atómica para la determinación de macro y micronutrientes.



Figura 13. Fotometría para la proporción de fósforo.



Figura 14. Método Kjeldahl para determinar nitrógeno.



Figura 15. Método de digestión ácida en microondas.

11.2. ANEXO 2. REGISTRO DE TEMPERATURA, HUMEDAD RELATIVA, pH y CE.

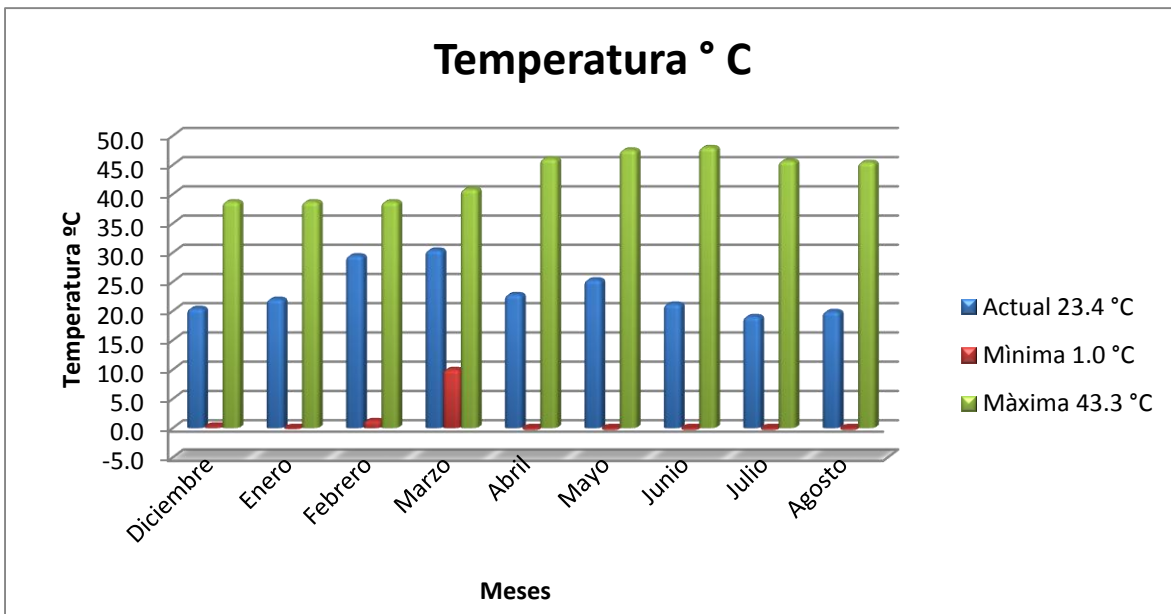


Figura 16. Registro de temperatura durante el ciclo de cultivo.

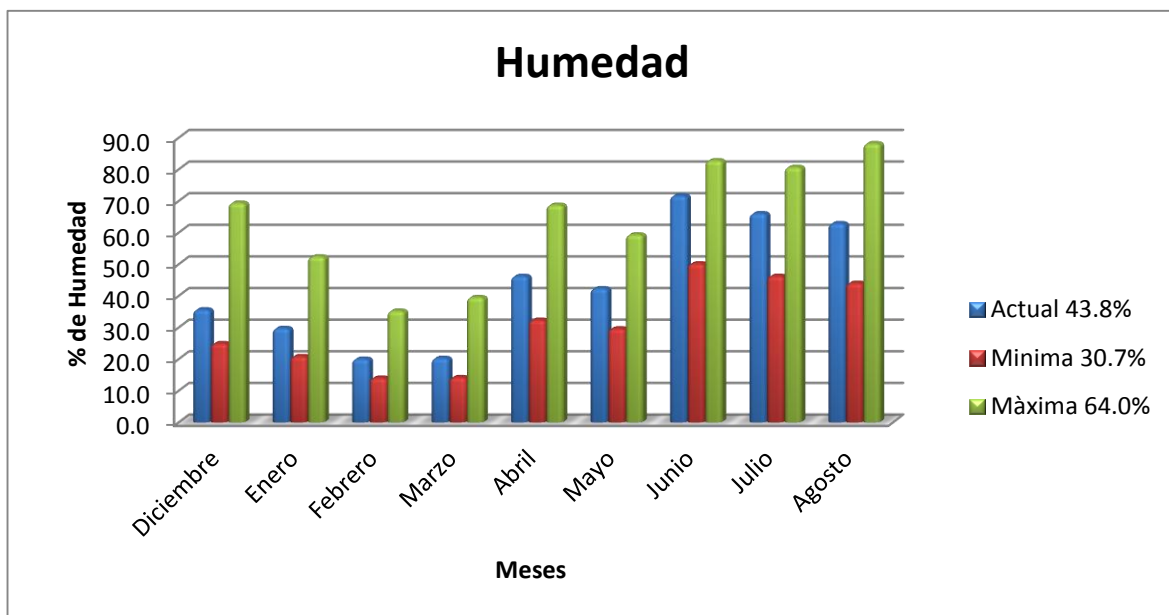


Figura 17. Humedad relativa registrada durante el ciclo de cultivo.

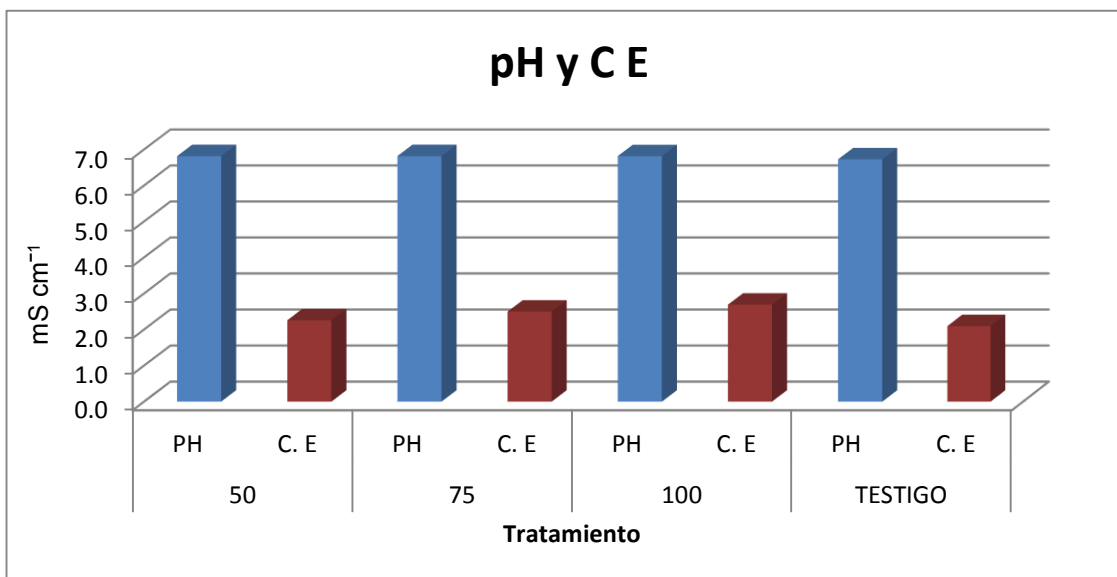


Figura 18. Registro de pH y conductividad eléctrica durante el ciclo de cultivo.

Bovino a	14/10/2016	08/12/2016	10/02/2017	21/04/2017	02/06/2017
% AH	6,17	6,58	1,94	1,43	2,26
% AF	10,85	33,29	27,79	25,53	15,73
Bovino b					
% AH	7,18	7,84	1,12	3,19	1,12
%AF	21,92	29,89	39,22	29,56	39,22
Bovino a					
% M. O.	45,71	46,46	37,95	9,04	9,47
% C. O.	26,51	26,95	22,01	5,24	5,49
Bovino b					
% M. O.	56,06	43,77	35,79	26,47	19,26
% C. O.	32,51	25,38	20,75	15,35	11,17

Cuadro 19. Concentración de elementos en lixiviado de bovino, Ácidos Húmicos (AH) y Ácidos Fúlvicos (AF), Materia Orgánica (MO) y Carbón Orgánico (CO).

Fenología del chile Zacapaleño					
Días después de la siembra	157 dds	199 dds	230 dds	255 dds	275 dds
Estado fenológico	Vegetativo	Vegetativo	Floración	Floración	Fructificación

Cuadro 20. Fenología de chile zacapaleño obtenido de este proyecto de investigación.