



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**CALIDAD Y RENDIMIENTO DE FRUTOS
DE CHILHUACLE (*Capsicum annuum* L.)
EN RESPUESTA A LA NUTRICIÓN Y
PODAS DE CONDUCCIÓN**

TESIS

**PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
Y DESARROLLO RURAL**

PRESENTA:

EVELIA FAJARDO REBOLLAR

CODIRECTORES DE TESIS:

**Dr. Oscar Gabriel Villegas Torres
Dr. Héctor Sotelo Nava**



"LA RESPUESTA UNIVERSITARIA
AL CAMPO"

Cuernavaca, Mor., abril de 2023.

**CALIDAD Y RENDIMIENTO DE FRUTOS DE CHILHUACLE (*Capsicum annuum*
L.) EN RESPUESTA A LA NUTRICIÓN Y PODAS DE CONDUCCIÓN**

Tesis realizada por **Evelia Fajardo Rebollar** bajo la dirección y comité revisor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL

COMITÉ REVISOR

Director:

Dr. Oscar Gabriel Villegas Torres

Codirector:

Dr. Héctor Sotelo Nava

Revisor:

Dra. María Andrade Rodríguez

Revisor:

Dr. Porfirio Juárez López

Revisor:

Dr. Edgar Martínez Fernández

Revisor:

Dr. Francisco Perdomo Roldán

Revisor:

Dr. Manuel de Jesús Sainz Aispuro

Revisor:

Dr. José Luis Viveros Ceballos

Cuernavaca, Mor., abril de 2023.

DEDICATORIA

A *Dios,*

Ser mi fuerza, voluntad y pensamiento para lograr todo lo que me propongo.

A mis padres, *Ena y Jose.*

Las personas más importantes en mi vida. Sus esfuerzos hicieron que alcanzaré mis sueños, mi sueño se hizo una meta. Mi meta una realidad. ¡Gracias papas!

A mis hermanos... *Yaneli y Jose.*

Nuestra nueva versión de hermandad me llena de felicidad. ¡Los quiero ♡!

A mi compañero de vida... *Jose Manuel.*

Quien siempre estuvo ahí en todo momento, brindándome su apoyo, comprensión y cariño. Por motivarme día tras día para seguir adelante. Este logro, también es tuyo ♡.

A mi hermosa... *Sussy.*

Es ese cariño inexplicable que llena vacíos al abrazarla y recibir sus muestras de afecto en pequeños besos; y Tito, mi niño hermoso ♡.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT),

Por el apoyo económico para concluir mis estudios de doctorado.

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias,

Por facilitarme los recursos necesarios para concluir esta investigación.

Al Dr. Oscar Gabriel Villegas Torres,

Un agradecimiento en especial por todos los años que me brindó su apoyo incondicional para seguir adelante, con motivación y ejemplo. ¡Gracias doctor!

Al Dr. Francisco Perdomo Roldan,

Mi total agradecimiento al ¡Mejor de mis profesores!, al considerarlo un amigo, confidente y un gran apoyo. Gracias por sus consejos doctor.

A mi *comité asesor*, que fueron parte fundamental para finalizar esta investigación.

Gracias por sus consejos y apoyo.

ÍNDICE

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS	iv
RESUMEN GENERAL	1
ABSTRAC GENERAL	2
INTRODUCCIÓN GENERAL	3
OBJETIVO GENERAL	5
CAPÍTULO 1. EFECTO DE LA NUTRICIÓN MINERAL EN PLÁNTULAS DE CHILHUACLE (<i>CAPSICUM ANNUUM L.</i>)	6
1.1 RESUMEN.....	6
1.2 SUMMARY.....	7
1.3 INTRODUCCIÓN.....	8
1.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
1.4.1 Ubicación del experimento.....	10
1.4.2 Material vegetal.....	10
1.4.3 Desarrollo de plántulas y diseño de soluciones nutritivas.....	10
1.4.4 Diseño experimental y variables respuesta.....	12
1.4.4 Análisis estadístico.....	13
1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
1.5.1 Efecto de la concentración de N-NO ₃ ⁻ en plántulas de chilhuacle.....	15
1.5.2 Efecto de la concentración de Ca ²⁺ en plántulas de chilhuacle.....	18
1.5.3 Efecto de la interacción N-NO ₃ ⁻ :Ca ²⁺ en el desarrollo de plántulas de chilhuacle.....	21
1.6 CONCLUSIONES.....	24
1.7 LITERATURA CITADA.....	25
CAPÍTULO 2. RÉGIMEN NUTRIMENTAL EN CHILHUACLE I: CICLO OTOÑO-INVIERNO	28
2.1 RESUMEN.....	28
2.2 SUMMARY.....	29
2.3 INTRODUCCIÓN.....	30
2.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	32

2.4.1	Ubicación del experimento.....	32
2.4.2	Material vegetal.....	32
2.4.3	Regímenes nutrimentales en el experimento.....	32
2.4.3	Manejo del experimento.....	33
2.4.4	Diseño experimental y variables respuesta.....	34
2.5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
2.6	CONCLUSIONES.....	49
2.7	RECOMENDACIONES.....	49
2.8	LITERATURA CITADA.....	50
CAPÍTULO 3. RÉGIMEN NUTRIMENTAL EN CHILHUACLE II: CICLO PRIMAVERA-VERANO.....		53
3.1	RESUMEN.....	53
3.2	SUMMARY.....	54
3.3	INTRODUCCIÓN.....	55
3.4	MATERIALES Y MÉTODOS.....	57
3.4.1	Ubicación del experimento.....	57
3.4.2	Material vegetal.....	57
3.4.3	Manejo del experimento.....	57
3.4.4	Diseño experimental y variables respuesta.....	59
3.4.5	Análisis estadístico.....	60
3.5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	61
3.6	CONCLUSIONES.....	73
3.7	LITERATURA CITADA.....	74
CAPÍTULO 4. RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTOS DE CHILHUACLE (<i>CAPSICUM ANNUUM</i> L.) EN RESPUESTA AL NÚMERO DE TALLOS POR PLANTA Y FERTILIZACIÓN FOLIAR.....		77
4.1	RESUMEN.....	77
4.2	SUMMARY.....	78
4.3	INTRODUCCIÓN.....	79
4.4	MATERIALES Y MÉTODOS.....	81
4.4.1	Ubicación del experimento.....	81

4.4.2	Material vegetal.....	81
4.4.3	Manejo del experimento.....	83
4.4.6	Análisis estadístico.....	85
4.5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	86
4.6	CONCLUSIONES.....	93
4.7	RECOMENDACIONES.....	93
4.8	LITERATURA CITADA.....	94
	CONCLUSIONES GENERALES.....	97
	LITERATURA GENERAL.....	98

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
CAPÍTULO 1	
Cuadro 1 Composición química de las soluciones nutritivas para la producción de plántulas de chilhuacle (concentración iónica total de 100%).....	11
Cuadro 2 Fases fenológicas de las plántulas de chilhuacle con respecto a la humedad relativa y temperatura promedio.....	15
Cuadro 3 Crecimiento morfológico y producción de materia seca en plántulas de chilhuacle por efecto de la concentración N-NO_3^- de la solución nutritiva.....	17
Cuadro 4 Crecimiento morfológico y producción de materia seca en plántulas de chilhuacle por efecto de la concentración Ca^{2+} de la solución nutritiva.....	20
Cuadro 5 Crecimiento morfológico y producción de materia seca en plántulas de chilhuacle por efecto de la concentración NO_3^- : Ca^{2+} de la solución nutritiva.....	23
CAPÍTULO 2	
Cuadro 1 Regímenes nutrimentales evaluados en chilhuacle.....	33
Cuadro 2 Efecto del régimen nutrimental en variables de crecimiento de plantas de chilhuacle.....	38
Cuadro 3 Efecto de la nutrición en las distintas etapas fenológicas del chilhuacle (<i>Capsicum annuum</i> L.) en la producción de materia seca.....	40
Cuadro 4 Efecto de la nutrición en las tres etapas fenológicas del chilhuacle (<i>Capsicum annuum</i> L.) en la producción de frutos grandes.....	43
Cuadro 5 Efecto de la nutrición en las tres etapas fenológicas del chilhuacle (<i>Capsicum annuum</i> L.) en la producción de frutos medianos.....	46

Cuadro 6	Efectos del régimen nutrimental en el porcentaje de frutos grandes y medianos de chilhuacle.....	47
----------	--	----

CAPÍTULO 3

Cuadro 1	Regímenes nutrimentales en la etapa vegetativa, reproductiva y fructificación del chilhuacle (<i>Capsicum annuum</i> L.).....	58
Cuadro 2	Efecto del régimen nutrimental en las variables morfológicas de plantas de chilhuacle negro.....	64
Cuadro 3	Efecto del régimen nutrimental en la producción de materia seca y partición de materia seca en chilhuacle negro	66
Cuadro 4	Efecto del régimen nutrimental en plantas de chilhuacle negro en la producción de frutos de primera calidad.....	69
Cuadro 5	Efecto del régimen nutrimental en plantas de chilhuacle negro en la producción de frutos de segunda calidad.....	71
Cuadro 6	Efecto del régimen nutrimental en plantas de chilhuacle en la producción de frutos de calidad.....	72

CAPÍTULO 4

Cuadro 1	Tratamientos generados por la combinación de la fertilización foliar y el número de tallos por planta en la producción de chilhuacle negro (<i>Capsicum annuum</i> L.).....	82
Cuadro 2	Régimen nutrimental y concentraciones iónicas totales del chilhuacle aplicado según su etapa fenológica.....	84
Cuadro 3	Variables morfológicas en plantas de chilhuacle por efecto de la fertilización foliar y poda de conducción.....	88
Cuadro 4	Peso de la materia seca en plantas de chilhuacle por efecto de la fertilización foliar y la poda de conducción.....	89
Cuadro 5	Calidad física, peso y rendimiento por efecto de la poda y fertilización foliar en frutos de chilhuacle.....	92

RESUMEN GENERAL

El chilhuacle es uno de los chiles secos más populares de Oaxaca para elaborar el Mole negro Oaxaqueño. Se evaluaron cuatro experimentos en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos con la finalidad de evaluar la nutrición en plántula, régimen nutrimental y manejo agronómico, fertilización foliar y podas de conducción para incrementar el rendimiento y la calidad de los frutos. Se determinó que el manejo agronómico y nutrimental del chilhuacle con la relación 14:7 mEq L⁻¹ de NO₃⁻:Ca²⁺ en una concentración iónica total de 30 % desde emergencia hasta la primera hoja verdadera, 60 % desde la primera hoja hasta la quinta hoja verdadera y 80 % de la quinta hoja hasta el desarrollo de la onceava hoja verdadera (10 ± 1 mm de longitud). La relación 14:7 mEq L⁻¹ aumentó la calidad de plántula como el crecimiento en la mayoría de las variables evaluadas. Después del trasplante, el régimen nutrimental 14 mEq L⁻¹ de NO₃⁻ (etapa vegetativa), 12:1:7 mEq L⁻¹ de NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻ (reproductiva) y 14:9 mEq L⁻¹ de NO₃⁻:K⁺ (fructificación) incrementó el peso fresco y seco de fruto, como el rendimiento y la calidad de frutos grandes en un 95.8 %. Los resultados demostraron que un manejo de 4 tallos, despunte apical a 10 entrenudos y eliminación de la primera y segunda flor incrementó la calidad, peso, número de frutos/planta y rendimiento. El ciclo primavera-verano con una temperatura mayor a 20 °C favoreció en el peso de fruto y rendimiento. La fertilización foliar no afectó positivamente en el crecimiento de las plantas y el rendimiento, siendo la nutrición edáfica suficiente durante el ciclo del cultivo.

Palabras clave: plántula, régimen nutrimental, fenología.

ABSTRAC GENERAL

Chilhuacle is one of the most popular dried chiles in Oaxaca to make Mole Negro Oaxaqueño. Four experiments were evaluated in the campo experimental of the Facultad de Ciencias Agropecuarias of the Universidad Autónoma del Estado de Morelos to evaluate seedling nutrition, nutritional regime and agronomic management, foliar fertilization and conduction pruning to increase the yield and quality of the fruits. It was determined that the agronomic and nutritional management of chilhuacle with the ratio 14:7 mEq L⁻¹ of NO₃⁻:Ca²⁺ in a total ionic concentration of 30% from emergence to the first true leaf, 60% from the first leaf to the fifth true leaf and 80% of the fifth leaf until the development of the eleventh true leaf (10 ± 1 mm in length). The 14:7 mEq L⁻¹ ratio increased seedling quality as growth in most of the variables evaluated. After transplantation, the nutritional regimen 14 mEq L⁻¹ of NO₃⁻ (vegetative stage), 12:1:7 mEq L⁻¹ of NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻ (reproductive) and 14:9 mEq L⁻¹ of NO₃⁻:K⁺ (fruiting) increased the fresh and dry weight of fruit, as well as the yield and quality of large fruits by 95.8%. The results showed that a management of 4 stems, apical propping to 10 internodes and elimination of the first and second flowers increased the quality, weight, number of fruits / plant and yield. The spring-summer cycle with a temperature greater than 20 °C favored fruit weight and yield. Foliar fertilization did not positively affect plant growth and yield, and soil nutrition was sufficient during the crop cycle.

Key words: seedling, nutritional regimen, phenology.

INTRODUCCIÓN GENERAL

El chilhuacle es uno de los chiles más antiguos y populares de Oaxaca (García-Gaytán *et al.*, 2017) en sus tres variantes como rojo, amarillo y negro; sin embargo, el negro tiene mayor reconocimiento nacional e internacional debido a que el fruto es esencial para elaborar el “Mole negro oaxaqueño” (García-Gaytán *et al.*, 2017). Se comercializa principalmente en seco en mercados locales, regionales y en parcelas de cultivo en precios de \$300.00 MXN en tercera calidad, \$400 a 450.00 MXN segunda calidad y \$500 a 600.00 MXN en primera calidad. En supermercados, el kilogramo por fruto deshidratado oscila en 1800.00 MXN.

La problemática del cultivo se debe a la alta susceptibilidad a plagas, enfermedades, deficiencias nutrimentales, variedades mejoradas, altos costos de producción y postcosecha, encontrándose en riesgo de extinción. A pesar de la distinción gastronómica, la demanda en mercados regionales es elevada donde la tasa de rentabilidad de 194 % (López *et al.*, 2016) demostrando que las plantas de chilhuacle responden a un manejo agronómico establecido (Galeote-Cid *et al.*, 2022; Sanjuan-Martínez *et al.*, 2022), control de enfermedades fitopatógenas (Chavarro-Carrero *et al.*, 2017), nutrición (Urbina-Sánchez *et al.*, 2020), calidad de semilla (San Juan *et al.*, 2019), entre otras.

En la presente investigación se propone un régimen nutrimental de acuerdo con las etapas fenológicas mediante un manejo agronómico que permitió el desarrollo de plántulas hasta fructificación para incrementar la calidad de fruto y rendimiento. El capítulo I, estudia la etapa de plántula al suministrar soluciones nutritivas desde la emergencia hasta el trasplante en diferente concentración iónica total (30, 60 y 80 %). En campo abierto, la siembra se realiza al voleo en pequeños almácigos donde la primera nutrición sucede a los 20 días después del trasplante (López *et al.*, 2016) y las plantas alcanzan una altura promedio de 20 cm (García-Gaytán *et al.*, 2017). La competencia por luz, espacio y nutrientes produce un efecto adverso en etiolación al reducir la calidad de la plántula y el potencial de rendimiento.

El capítulo II y III, se establecieron dos regímenes nutrimentales en dos ciclos otoño-invierno y primavera-verano. El ciclo otoño-invierno produjo un exceso de frutos pequeños y de mala calidad, el segundo ciclo produjo frutos grandes, aumentó el peso en materia fresca, seca de fruto y el rendimiento. La temperatura fue determinante para favorecer la calidad y el desarrollo de los frutos. La calidad del fruto se encuentra relacionada con la cantidad de K disponible en las soluciones nutritivas (Eguez *et al.*, 2022), además el aporte de macro y micronutrientes presentes en la nutrición. La calidad es un factor importante en frutos de chilhuacle, debido a que los frutos de primera son comercializados exitosamente, mientras que los de la segunda y tercera calidad son destinados para la elaboración de pasta de mole.

El capítulo IV, estuvo conformado por un manejo agronómico de podas de conducción en combinación con la fertilización foliar. El manejo inicio en la etapa de plántula al suministrar la mejor solución nutritiva hasta suceder el trasplante (capítulo I), después del trasplante hasta la fructificación se aplicó el régimen nutrimental proveniente del ciclo primavera-verano en diferente concentración iónica total dependiendo la etapa en desarrollo, se realizó un despunte apical de 10 entrenudos, se eliminó la primera y segunda flor, los fertilizantes foliares fueron aplicados en la 3ra, 6ta y 9na flor, la poda fue de 2, 4 tallos, sin poda y agua destilada en las del testigo. De acuerdo con los resultados se obtuvo mayor peso de fruto y rendimiento con un manejo sin podas y fertilización foliar. La poda permitió mayor control de plagas y enfermedades (Martínez-Gutiérrez *et al.*, 2021). La fertilización foliar incrementó la calidad de fruto, pero disminuyó el peso seco de fruto y el rendimiento.

Como antecedente, es conocido que las plantas de chilhuacle no responden a un manejo de podas, nutrición mineral u orgánica diferente al manejo tradicional debido a la falta de variedades no mejoradas donde el crecimiento es de tipo silvestre. Sin embargo, los resultados demostraron que mediante un manejo adecuado el chilhuacle puede cultivarse para la producción intensiva.

OBJETIVO GENERAL

Realizar estudios de nutrición inorgánica y manejo agronómico en el cultivo del chilhuacle en sistema hidropónico con la finalidad de incrementar el rendimiento y la calidad física de los frutos.

Para cumplir con el objetivo general, se plantean los objetivos específicos siguientes:

- I. Evaluar el desarrollo y estado nutrimental en plántulas de chilhuacle por efecto las relaciones $\text{NO}_3^-:\text{Ca}^{2+}$ de las soluciones nutritivas con diferente composición química y concentración iónica total.
- II. Evaluar ocho regímenes nutrimentales en plantas de chilhuacle con la finalidad de favorecer el crecimiento, rendimiento y calidad física de los frutos en condiciones de invernadero, cultivado en el ciclo otoño-invierno.
- III. Evaluar ocho regímenes nutrimentales en plantas de chilhuacle en un ciclo primavera-verano que en función a la fenología con la finalidad de favorecer en el crecimiento, rendimiento y calidad física de los frutos en condiciones de invernadero.
- IV. Evaluar el efecto de la poda conducción y la fertilización foliar en chilhuacle con la finalidad de incrementar el rendimiento y calidad de frutos, en hidroponía bajo cubierta plástica.

HIPÓTESIS

- I. Existe una solución nutritiva que favorece significativamente el desarrollo de las plántulas de chilhuacle.
- II. Con el régimen nutrimental caracterizado por suministrar 14 mEq L⁻¹ de NO₃⁻ en la etapa vegetativa, 10:0.75:9.25 mEq L⁻¹ de NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻ en la etapa reproductiva y 14:9 mEq L⁻¹ de NO₃⁻:K⁺ en la etapa de fructificación del chilhuacle, se obtiene mayor rendimiento y calidad de frutos.
- III. El régimen nutrimental 14 mEq L⁻¹ de NO₃⁻ en la etapa vegetativa, 12:1:7 mEq L⁻¹ de NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻ en la etapa reproductiva y 14:9 mEq L⁻¹ de NO₃⁻:K⁺ en la etapa de fructificación, favorecerá el desarrollo de los frutos y el rendimiento.
- IV. La combinación de la fertilización foliar con poda de dos tallos por planta favorecerá el rendimiento y la calidad de los frutos.

Para dar cumplimiento con los objetivos específicos anteriores y comprobar las hipótesis planteadas, se presentan los cuatro capítulos que integran la presente tesis.

CAPÍTULO 1

EFFECTO DE LA NUTRICIÓN MINERAL EN PLÁNTULA DE CHILHUACLE (*Capsicum annuum* L.)

1.1 RESUMEN

La calidad de una plántula de chile está determinada por la sanidad, vigor y resistencia a las enfermedades. Se realizó una investigación en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, con la finalidad de evaluar las fases de desarrollo en plántulas de chilhuacle por efecto de las relaciones $\text{NO}_3^-:\text{Ca}^{2+}$ en las soluciones nutritivas con diferente composición química y concentración iónica total. Se generaron ocho tratamientos a partir de dos factores: NO_3^- (10, 12 y 14 mEq L⁻¹) y Ca^{2+} (7, 9 y 11 mEq L⁻¹), se usó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones y una charola de polipropileno de 25 cavidades (de una charola de 200 cavidades), una plántula por cavidad, y cinco plántulas centrales para su estudio. Se determinó cinco fases de crecimiento: FI: tiempo en germinadora; FII: emergencia; FIII: 1ª hoja verdadera; FIV: 5ª hoja verdadera; FV: 11ª hoja verdadera. Durante 52 días, se observó mayor crecimiento con la relación 14:7 mEq L⁻¹ que favoreció el contenido de clorofila, área foliar, longitud y diámetro de tallo, materia seca de hoja y de la plántula completa.

Palabras clave: etapa vegetativa, concentración iónica total, nitrato-calcio.

1.2 SUMMARY

The quality of a chili seedling is determined by health, vigor and resistance to diseases. An investigation was carried out in the experimental field of the Facultad de Ciencias Agropecuarias of the Universidad Autónoma del Estado de Morelos, with the purpose of evaluating the development phases in chilhuacle seedlings due to the effect of the NO_3^- ratios in the nutritive solutions with different chemical composition and total ionic concentration. Eight treatments were generated from two factors: NO_3^- (10, 12 and 14 mEq L^{-1}) and Ca^{2+} (7, 9 and 11 mEq L^{-1}), a completely randomized design was used with four repetitions and one tray, 25 cavity polypropylene tray (from a 200-cavity tray), one seedling per cavity, and five central seedlings for study. Five growth phases were determined: FI: time in germination; FII: emergency; FIII: 1st true leaf; FIV: 5th true leaf; FV: 11th true leaf. For 52 days, greater growth was observed with the 14:7 mEq L^{-1} ratio, which favored chlorophyll content, leaf area, stem length and diameter, leaf dry matter and the entire seedling.

Key words: vegetative stage, total ion concentration, calcium-nitrate.

1.3 INTRODUCCIÓN

El Chilhuacle negro es uno de los chiles más antiguos y populares de Oaxaca (López *et al.*, 2016). El chile se comercializa en seco para elaborar el mole negro oaxaqueño (García-Gaytán *et al.*, 2017), uno de los siete moles más reconocidos en nuestro país. En los últimos años, el cultivo ha creado importancia por estudiar aspectos que influyen en la calidad de la semilla (San Juan *et al.*, 2019), del fruto y el rendimiento. Se cultiva principalmente a cielo abierto durante la temporada de lluvias (junio-octubre) con semillas provenientes del ciclo anterior. La siembra se realiza en pequeños almácigos por medio de una siembra al voleo donde las semillas son cubiertas con un palo de escoba (García-Gaytán *et al.*, 2017) hasta alcanzar una altura promedio de 15 a 20 cm entre 18 a 22 días después de siembra (López *et al.*, 2016). En invernadero, se realiza en charolas de polietileno con turba como sustrato y soluciones nutritivas de Steiner al 25 % cuando se encuentren en desarrollo de las dos primeras hojas verdaderas, 20 cm de altura a los 57 dds (García-Gaytán *et al.*, 2017).

Las plántulas de chile necesitan de cuidados específicos para alcanzar el máximo potencial de rendimiento (Luna-Fletes *et al.*, 2021). Al iniciar la producción, la selección de frutos sanos (Uch-Samos *et al.*, 2019) permite incrementar la calidad física, genética, sanitaria y fisiológica de las semillas (Mendoza *et al.*, 2020). En plántula, la calidad está determinada por la altura, grosor de tallo, longitud de raíces, estado nutrimental (Araméndiz *et al.*, 2013) y materia seca acumulable, por lo que las soluciones nutritivas favorecen en el crecimiento, vigor y la calidad de plántula en función a la concentración iónica total depende si el crecimiento puede incrementar o disminuir (Souri y Sooraki, 2019). En chilhuacle, la demanda de nutrientes es equivalente a la tasa de crecimiento, el N y Ca son parte esencial para inducir el desarrollo de la plántula y la calidad.

El nitrógeno es indispensable para la formación de clorofila, aminoácidos, proteínas, enzimas, vitaminas, hormonas y alcaloides (Dos Santos Nascimento *et al.*, 2015), induce el crecimiento, desarrollo vegetativo (Larios-González *et al.*, 2021), productivo,

calidad de fruto (Coutinho-Miranda *et al.*, 2020) y rendimiento (Alejo-Santiago *et al.*, 2015; Rodríguez-Yzquierdo *et al.*, 2020). Un déficit de N reduce el crecimiento, la fotosíntesis (Rodríguez *et al.*, 2020), maduración prematura de frutos, clorosis y aborto de flor (Silva *et al.*, 2017). Por su parte, el Ca^{2+} se acumula en materia seca y área foliar, proporciona firmeza, calidad al fruto y reduce la aparición de patógenos (Pérez y Quintero, 2015). En plántula, la demanda nutrimental es mayor para producir hojas, flores, frutos y meristemas apicales (Sanz *et al.*, 2001), una deficiencia de Ca provoca malformaciones en flores, frutos, desórdenes fisiológicos (Díaz *et al.*, 2007), pudrición apical, maduración acelerada y se reduce el crecimiento (Silva *et al.*, 2017).

En chilhuacle, no existe información para incrementar la calidad y las características morfológicas en plántula por medio de la concentración de las soluciones nutritivas de acuerdo a las fases de desarrollo. Por todo anterior, la presente investigación se realizó con la finalidad de evaluar el desarrollo y estado nutrimental en plántulas de chilhuacle por efecto de las relaciones $\text{NO}_3^-:\text{Ca}^{2+}$ de las soluciones nutritivas con diferente composición química y concentración iónica total, para producir plántulas de mayor calidad.

1.4 MATERIALES Y MÉTODOS

1.4.1 Ubicación del experimento

El presente experimento se realizó en un invernadero de cubierta plástica de polietileno en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (18° 58' 51" latitud norte, 99° 13' 57" longitud oeste, 1,868 msnm) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, durante el mes de septiembre a octubre de 2018.

1.4.2 Material vegetal

Se emplearon semillas de chilhuacle negro provenientes de productores de Oaxaca, mismas que fueron sembradas en charolas de polietileno negro de 200 de cavidades (se sembraron 25 cavidades en cada charola) con un volumen de 11 mL por cavidad, y sustrato comercial para almacigo (Sunshine3®). Se depositaron dos semillas por cavidad a una profundidad aproximada de 0.5 cm. Al finalizar la siembra, se regaron los semilleros con una solución de Promyl® (1 g⁻¹) hasta el punto de goteo.

1.4.3 Desarrollo de las plántulas y aplicación de las soluciones nutritivas

El desarrollo de las plántulas sucedió en cinco fases que fueron descritas en el Cuadro 1. Fase I, 72 horas en una germinadora para mantener la temperatura, humedad relativa (cercana al 100%) y en completa oscuridad. Fase II, las charolas fueron colocadas en el invernadero hasta la emergencia, bajo malla sombra para incrementar la humedad del sustrato y promover la germinación, el riego fue con agua, cada dos días para reducir la aparición de enfermedades. Fase III, desde el 80% de emergencia hasta la aparición de la primera hoja verdadera (5 ± 1 mm de longitud), el suministro de las soluciones nutritivas fue al 30% de CIT (concentración iónica total). Fase IV, desde el desarrollo de la primera hoja verdadera hasta el 80% de la quinta hoja verdadera (longitud de 5 ± 1 mm), el riego fue con solución nutritiva al 60% de CIT. Fase V, desde que el 80% de las plántulas presentaron la quinta hoja verdadera hasta el desarrollo de la onceava hoja (longitud de 10 ± 1 mm de largo), las soluciones nutritivas fueron aplicadas al 80% de CIT.

Se empleó la solución nutritiva universal de Steiner (1984) como base para diseñar ocho soluciones nutritivas modificando las relaciones entre aniones y cationes, la cual permite modificar las concentraciones de NO_3^- : ($\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{SO}_4^{2-}$) y Ca^{2+} : ($\text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$), además de emplearse como tratamiento testigo. Se mantuvieron constantes las relaciones mutuas entre cationes y aniones en 20 mEq L^{-1} , la concentración iónica total en 30 mM y la relación entre $\text{SO}_4^{2-}:\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ($7:1 \text{ mEq L}^{-1}$) y Mg^{2+} ($7:4 \text{ mEq L}^{-1}$). Se generaron ocho soluciones nutritivas a partir de dos factores de estudio: NO_3^- ($10, 12$ y 14 mEq L^{-1}) y Ca^{2+} ($7, 9$ y 11 mEq L^{-1}) (Cuadro 1). La composición química de las soluciones nutritivas se realizó de una concentración al 100%, de las cuales fueron suministradas en 30, 60 y 80% dependiendo su fase de desarrollo.

Cuadro 1. Composición química de las soluciones nutritivas para la producción de plántulas de chilhuacle (concentración iónica total de 100%).

Tratamiento	NO_3^-	H_2PO_4^-	SO_4^{2-}	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
	----- $\text{mEq}\cdot\text{L}^{-1}$ -----					
1	10.00	1.25	8.75	8.27	7.00	4.73
2	10.00	1.25	8.75	7.00	9.00	4.00
3	10.00	1.25	8.75	5.73	11.00	3.27
4	12.00	1.00	7.00	8.27	7.00	4.73
5*	12.00	1.00	7.00	7.00	9.00	4.00
6	12.00	1.00	7.00	5.73	11.00	3.27
7	14.00	0.75	5.25	8.27	7.00	4.73
8	14.00	0.75	5.25	7.00	9.00	4.00
9	14.00	0.75	5.25	5.73	11.00	3.27

*Tratamiento control: Solución Nutritiva Universal de Steiner (1984).

Se emplearon fertilizantes altamente solubles como: nitrato de calcio tetra hidratado, nitrato de potasio, sulfato de potasio, sulfato de magnesio hepta hidratado, fosfato de potasio monopotásico. La concentración de microelementos fue (en mg L^{-1}) Fe, 4; B,

0.5; Mn, 0.5; Zn, 0.05; Cu, 0.045 y Mo, 0.01. El Fe se adicionó como Fe-EDTA. Se consideró la aportación de los elementos del agua y antes de agregar los fertilizantes en las dosis calculadas, el pH se ajustó a 5.5 con ácido sulfúrico.

También se consideró la aportación de los elementos del agua. La evaluación se realizó cuando el 80% de las plántulas presentaron la onceava hoja verdadera y las características requeridas (Mendoza *et al.*, 2020) como extraer fácilmente la raíz de la charola como indicador para el trasplante. Se consideraron cinco plántulas para evaluar las variables morfológicas y materia seca de los órganos. Las variables respuesta fueron: contenido relativo de clorofila, área foliar, longitud de tallo, diámetro de tallo, longitud de raíz, volumen de raíz, peso de materia seca de raíz, tallo, hojas y total, partición de materia seca de los órganos (hojas, tallo y raíz).

1.4.4 Diseño experimental y variables respuesta

Se diseñaron ocho tratamientos y un control a partir de dos factores: NO_3^- (10, 12 y 14 mEq L^{-1}) y Ca^{2+} (7, 9 y 11 mEq L^{-1}) en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones y una charola de polipropileno de 25 cavidades (de una charola de 200 cavidades), una plántula por cavidad, y cinco plántulas centrales para evaluar las variables morfológicas y materia seca de los órganos. La evaluación se realizó cuando el 80% de las plántulas presentaron la onceava hoja verdadera (a una longitud 10 ± 1 mm) y las plántulas fueron extraídas fácilmente de las charolas sin lastimar las raíces y el tallo.

Las variables de respuesta evaluadas fueron: contenido relativo de clorofila este se determinó con un SPAD (Minolta® IL, 2900 PDL), el área foliar se midió con un integrador de área foliar (Licor® INC, LI-3100 Area Meter), la altura de planta y longitud de raíz se midió con una cinta métrica, el diámetro de tallo se midió con un vernier digital (Stainless Hardened® IP54), el volumen de raíz se determinó por desplazamiento de agua con una probeta de 100 mL. La materia seca de raíz, tallo, hoja y plántula completa se determinó con una balanza digital (OHAUS Corporation

USA[®], CS 2000), el peso de materia seca de raíz, tallo y hoja se obtuvo por deshidratación en estufa de circulación forzada (Luzeren, DGH9070A[®]) a 70°C hasta peso constante.

1.4.5 Análisis estadístico

A los datos obtenidos se estudiaron mediante un análisis de varianza con el programa SAS V9 (Statistical Analysis System) y a las variables con efecto de tratamientos se les realizó una prueba de comparación múltiple de medias LSD ($P \leq 0.05$).

1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Es importante conocer el momento ideal para el trasplante como la edad oportuna de la plántula (Sabino *et al.*, 2021) para establecer los parámetros de calidad requeridos (Araméndiz-Tatis *et al.*, 2013). En chilhuacle, el trasplante se realiza de acuerdo con los días después de siembra, número de hojas o la altura promedio, sucediendo a los 57 dds (García-Gaytán *et al.*, 2017), 35 a 45 dds (López y Pérez, 2015) o de 15 a 20 cm de altura entre 18 a 22 dds (López *et al.*, 2016). En campo abierto, la competencia por luz y espacio induce etiolación, por lo que el trasplante sucede en menor tiempo.

El crecimiento de las plántulas fue descrito en cinco fases fenológicas durante 52 días en almacigo. Se presentó precocidad por efecto de las SN, lo cual estimar la edad de una plántula podría ser el indicar para incrementar el rendimiento (Sabino *et al.*, 2021). La relación 14:7 mEq L⁻¹ de las soluciones nutritivas (SN) presentó un rápido crecimiento en la Fase III (siete días) y IV (doce días), que las plántulas con la Fase III y IV, con diez y nueve días, respectivamente. Los resultados fueron presentados por la relación 14:7 mEq L⁻¹ para indicar la temperatura, humedad relativa e intensidad luminosa promedio.

En la Fase I, las plántulas permanecieron por 72 horas expuestas a una temperatura promedio de 19.5 °C, humedad relativa (HR) de 75.6% e intensidad luminosa (IL) de 4.70 lux. Fase II, se registró una temperatura promedio fue de 21.7 °C, humedad relativa de 73.2% e intensidad luminosa de 2069.35 lux. Fase III, una temperatura promedio fue de 21.0 °C, humedad relativa de 73.9% e intensidad luminosa de 2 196.61 lux. Fase IV, la temperatura promedio registrada fue de 20.2 °C, 75.2% humedad relativa y 1 957.40 lux en intensidad luminosa. Fase V, con una temperatura promedio de 20.1 °C, 74.3% en humedad relativa y 1 821.77 lux en intensidad luminosa (Cuadro 2).

Cuadro 2. Fases fenológicas de las plántulas de chilhuacle con respecto a la humedad relativa y temperatura promedio.

Fase I	Fase II	Fase III	Fase IV	Fase V	Edad
----- días -----					
3	11	10	9	19	52
temperatura promedio (° C)					TPC
19.5	21.7	21.0	20.2	20.1	20.5
humedad relativa promedio (%)					HRP
75.6	73.2	73.9	75.2	74.3	74.4
intensidad luminosa (lux)					ILP
4.70	2069.35	2196.61	1957.40	1821.77	1609.97

TPC: Temperatura promedio (°C) durante el ciclo. HRP: Humedad relativa promedio. IL: Intensidad luminosa promedio. Fase I, siembra (completa oscuridad); Fase II, periodo de imbibición hasta el 80% de emergencia; Fase III, 80% de emergencia hasta 80% de las plántulas con la primera hoja verdadera (5 ± 1 mm); Fase IV, 80% de la primera hoja verdadera hasta la quinta hoja verdadera (5 ± 1 mm); Fase V, quinta hoja hasta el 80% de la onceava hoja verdadera (10 ± 1 mm).

1.5.1 Efecto de la concentración de N-NO_3^- en plántulas de chilhuacle

Las concentraciones de N-NO_3^- en 10, 12 y 14 mEq L^{-1} tuvieron efecto significativo ($P \leq 0.05$) en área foliar, longitud de tallo, diámetro de tallo, volumen de raíz, longitud de raíz y materia seca de raíz, tallo, hoja y planta completa (Cuadro 3). El contenido de clorofila no fue significativo por efecto de las SN donde el valor promedio fue de 154.54 unidades SPAD. Sin embargo, 14 mEq L^{-1} de NO_3^- incrementó 2.07 % unidades SPAD, misma relación que incrementó el área foliar (24.47 %), longitud de tallo (4.33 %), diámetro de tallo (14.67 %), volumen de raíz (27.45 %), materia seca de raíz (22.22 %), tallo (66.66 %), hoja (33.33 %) y planta completa (36.84 %).

Las plántulas de chilhuacle, el N requerido fue mayor en la mayoría de las variables evaluadas por lo que una deficiencia de N además de afectar el crecimiento (Silva *et al.*, 2017) se reduce la fotosíntesis (Rodríguez-Yzquierdo *et al.*, 2020). Las plántulas

nutridas con 10 mEq L^{-1} de NO_3^- redujeron y retrasaron su crecimiento debido a la falta de N en las SN (Larios-González *et al.*, 2021). En Chile habanero, el nitrógeno se acumula principalmente en los órganos de las plantas (Alejo-Santiago *et al.*, 2015) disponible para la formación raíces, tallos, hojas, flores y frutos.

La partición de materia seca en raíz, tallo y hojas, 45.9% correspondió a hoja, 36.2% en tallo y 17.8% en raíz; esto demuestra que el nitrógeno disponible en plántulas de Chile depende de la concentración en las soluciones nutritivas. En plántulas de Chile habanero, la concentración de 50% de CIT y la adición foliar de propóleo al 5% no favoreció en la morfología de las plántulas, pero si incrementó el N disponible en sus tejidos (Uch-Samos *et al.*, 2019). En planta adulta, el aporte de 20 mEq L^{-1} de N es aprovechable para producir hojas, tallos, frutos y materia seca, con 15 mEq L^{-1} indujo la producción de flores y el rendimiento (Alejo-Santiago *et al.*, 2015). El nitrógeno es parte esencial para el desarrollo de las plántulas como planta adulta siendo indispensable en todas las etapas fenológicas del cultivo.

Cuadro 3. Crecimiento morfológico y producción de materia seca en plántulas de chilhuacle por efecto de la concentración N-NO₃⁻ de la solución nutritiva.

Concentración N-NO ₃ ⁻ (mEq L ⁻¹)	CRC (SPAD)	AF (cm ²)	LT (cm)	DT (mm)	VR (cm ³)	LR (cm)	MSR -----	MST (g) -----	MSH -----	MSPC -----
10	153.38	35.51 b	15.21 b	1.84 b	0.51 c	11.27 a	0.03 b	0.06 b	0.09 b	0.19 c
12	153.67	42.60 a	15.75 a	2.09 a	0.58 b	10.17 b	0.04 a	0.08 b	0.10 a	0.23 b
14	156.57	44.20 a	15.87 a	2.11 a	0.65 a	10.53 b	0.04 a	0.10 a	0.11 a	0.26 a
DMS	4.273	3.04	0.49	0.09	0.03	0.71	0.002	0.01	0.01	0.02
CV (%)	7.67	20.75	8.74	13.28	17.83	18.54	16.24	58.18	29.28	26.58

Medias con la misma literal en columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba LSD ($P \leq 0.05$). CRC: Contenido relativo de clorofila. AF: Área foliar. LT: Longitud de tallo. DT: Diámetro de tallo. VR: Volumen de raíz. LR: Longitud de raíz. MSR: Materia seca de raíz; MST: Materia seca de tallo; MSH: Materia seca de hoja; MSPC: Materia seca de planta completa. DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación.

1.5.2 Efecto de la concentración de Ca²⁺ en plántulas de chilhuacle

La concentración de Ca²⁺ (7, 9 y 11 mEq L⁻¹) en plántulas de chilhuacle no presentó significancia en el contenido de clorofila (154.54 unidades SPAD), área foliar (40.77 cm²), longitud de tallo (15.61 cm), diámetro de tallo (2.01 mm) y longitud de raíz (10.65 cm) (Cuadro 4). El volumen de raíz incrementó 10.9% cuando las plántulas fueron nutridas con 9 mEq L⁻¹ de Ca²⁺ en comparación de las plántulas nutridas con 7 mEq L⁻¹. El incremento de Ca induce la formación de raíces secundarias en mayor longitud y volumen e incrementa la absorción de nutrientes para producir flores, frutos y meristemas apicales (Sanz *et al.*, 2001). En el presente estudio, el incremento de Ca en 9 y 11 mEq L⁻¹ favoreció el crecimiento y la materia seca en planta completa.

La materia seca de hoja, tallo y planta completa tuvieron efecto significativo ($P \leq 0.05$) con 7, 9 y 11 mEq L⁻¹ (Cuadro 4) correspondiendo a 0.103 g hoja, 0.083 g tallo y 0.22 g a materia seca de planta completa. En materia seca de raíz, presentó significancia con 11 mEq L⁻¹, es decir, 33.3% más materia seca a diferencia de las plantas nutridas con 7 y 9 mEq L⁻¹. La obtención de materia seca puede disminuir o aumentar el rendimiento dependiendo la temporada del año (El-Mageed y Semida, 2015). Por lo que nutrir plántulas de chilhuacle con 9 y 11 mEq L⁻¹ de Ca se obtiene el mismo contenido de materia seca total utilizando ambas concentraciones. En chile habanero var. Naranja, la concentración de Ca (1.86%) aumentó con las SN de Steiner al 50% y aspersión foliar con propóleo al 0.1%, las plántulas fueron de calidad en sanidad y coloración (Uch-Samos *et al.*, 2019). Aunque la aspersión foliar de miel y propóleo mejoro la calidad de plántula, el uso de las soluciones nutritivas al 50 % de CIT fue fundamental para alcanzar la calidad de plántula.

Otro estudio realizado en plantas de chile habanero, modificaron la relación 12:9:4 de K:Ca:Mg al incrementar la materia seca en hojas, tallos, frutos y total, en contraste la relación 7:9:4 que favoreció la producción de flores (Alejo-Santiago *et al.*, 2015). El suministro de Ca en plantas de chile depende de la etapa de estudio por lo que hacer modificaciones en las SN podría permitir obtener los resultados deseados.

Cuadro 4. Crecimiento morfológico y producción de materia seca en plántulas de chilhuacle por efecto de la concentración Ca²⁺ de la solución nutritiva.

Concentración Ca ²⁺ (mEq L ⁻¹)	CRC (SPAD)	AF (cm ²)	LT (cm)	DT (mm)	VR (cm ³)	LR (cm)	MSR -----	MST (g) -----	MSH -----	MSPC -----
7	152.55	40.37	15.61	2.04	0.55 b	10.60	0.03 b	0.08	0.10	0.22
9	154.32	41.26	15.57	2.02	0.61 a	10.60	0.03 b	0.08	0.11	0.23
11	156.75	40.69	15.65	1.98	0.58 ab	10.77	0.04 a	0.09	0.10	0.23
DMS	4.27	3.04	0.49	0.09	0.03	0.71	0.002	0.01	0.01	0.02
CV (%)	7.67	20.75	8.74	13.28	17.83	18.54	16.24	58.18	29.28	26.58

Medias con la misma literal en columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba LSD ($P \leq 0.05$). CRC: Contenido relativo de clorofila. AF: Área foliar. LT: Longitud de tallo. DT: Diámetro de tallo. VR: Volumen de raíz. LR: Longitud de raíz. MSR: Materia seca de raíz; MST: Materia seca de tallo; MSH: Materia seca de hoja; MSPC: Materia seca de planta completa. DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación.

1.5.3 Efecto de la interacción N-NO₃⁻:Ca²⁺ en el desarrollo de plántulas de chilhuacle

En plántulas de chilhuacle, las relaciones NO₃⁻:Ca²⁺ presentaron significancia ($P \leq 0.05$) en la producción de materia fresca y seca (Cuadro 5). La relación 14:7 mEq L⁻¹ fue significativo en área foliar, longitud de tallo, diámetro de tallo y materia seca de hoja a comparación de las plántulas nutridas con 10:11 mEq L⁻¹. La relación 14:9 mEq L⁻¹ se mantuvo constante en todas las etapas de crecimiento de las plántulas. En cuanto al Ca requerido en plántulas de chilhuacle, los resultados demostraron que 7, 9 y 11 mEq L⁻¹ crearon diferente respuesta en estado de plántula.

En plántulas de chile habanero, el área foliar (120.02 cm³) y diámetro de tallo (2.50 mm) incrementó cuando se emplearon soluciones nutritivas al 50% de CIT (Uch-Samos *et al.*, 2019) durante 45 días en almacigo. En plántulas de chilhuacle se redujo la producción de hoja, pero el diámetro del tallo fue similar debido al manejo establecido durante el semillero, la variedad y el tipo de semilla (Mendoza *et al.*, 2020). En Chile, la formulación de SN depende de las condiciones de la zona, variedad y temperatura para establecer la demanda nutrimental.

El volumen de raíz incrementó 75 % con las relaciones 12:11 y 14:9 mEq L⁻¹ a diferencia de la relación 10:11 mEq L⁻¹, misma relación que aumentó la longitud de raíz, disminuyendo el volumen de raíz al ser cortas, poco proliferadas y menor absorción nutrientes por efecto de un déficit de Ca (Sanz *et al.*, 2001). En plántulas de Chile habanero, el volumen (0.41 mL) y peso seco de raíz (0.08 g) aumentó con el uso de las SN al 50% de CIT (Uch-Samos *et al.*, 2019), valor que incrementó en volumen (0.70 cm³) y peso de raíz (0.51 g) como efecto de las concentraciones (30, 60 y 80 %) en plántulas de chilhuacle aplicadas de acuerdo con el crecimiento que presentaron.

La producción de materia seca se favoreció con la interacción de las relaciones de N-NO₃⁻:Ca²⁺ en las plántulas de chilhuacle. En hoja, la relación 12:11, 14:7 y 14:9 mEq L⁻¹ produjo un promedio de 0.121 g, en tallo la relación 14:11 mEq L⁻¹ y en raíz 12:11

mEq L⁻¹ incrementó 17.3 % y 30.76 %, respectivamente. La materia seca en planta completa fue similar con las relaciones 12:11, 14:7 y 14:11 mEq L⁻¹. Sin embargo, 14:7 mEq L⁻¹ aumentó la materia seca total debido a que el N en menor cantidad reduce el crecimiento (Silva *et al.*, 2017; Rodríguez *et al.*, 2020), además la materia seca puede disminuir o aumentar dependiendo la temporada del año (El-Mageed y Semida, 2015). En partición de materia seca, el 45.95 % se destinó a hoja, 36.23 % a tallo y 17.82 % a raíz.

Cuadro 5. Crecimiento morfológico y producción de materia seca en plántulas de chilhuacle por efecto de la concentración NO₃:Ca²⁺ de la solución nutritiva.

Relación NO ₃ :Ca ²⁺ (mEq L ⁻¹)		CRC (SPAD)	AF (cm ²)	LT (cm)	DT (mm)	VR (cm ³)	LR (cm)	MSR	MST	MSH	MSPC
		----- (g) -----									
SN1	10:7	154.34a	35.68c	14.62c	1.83e	0.55cd	11.53a	0.098bc	0.068bc	0.032d	0.198cd
SN2	10:9	152.44ab	36.37c	15.84ab	1.91de	0.60bc	11.29ab	0.097bc	0.075bc	0.039c	0.213cd
SN3	10:11	153.36ab	34.47c	15.19bc	1.79e	0.40e	11.00abc	0.084c	0.063c	0.032d	0.181d
SN4	12:7	146.42b	38.60bc	15.72ab	1.95de	0.50d	10.24bc	0.095bc	0.078bc	0.039c	0.213bcd
SN5	12:9*	157.16a	43.88ab	15.69ab	2.12bc	0.55cd	9.98c	0.113ab	0.080bc	0.039c	0.232abc
SN6	12:11	157.44a	45.31a	15.83ab	2.21ab	0.70a	10.30abc	0.119a	0.091abc	0.051a	0.262a
SN7	14:7	156.90a	46.81a	16.50a	2.33a	0.60bc	10.04c	0.122a	0.097ab	0.044b	0.263a
SN8	14:9	153.35ab	43.52ab	15.17bc	2.03cd	0.70a	10.52abc	0.122a	0.092abc	0.037c	0.251ab
SN9	14:11	159.47a	42.28ab	15.95ab	1.95de	0.65ab	11.02abc	0.104ab	0.118a	0.043b	0.267a
DMS		7.40	5.28	0.85	0.16	0.06	1.23	0.01	0.03	0.004	0.03
CV (%)		7.67	20.75	8.74	13.28	17.83	18.54	28.31	23.16	16.36	18.19

Medias con la misma literal en columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba LSD ($P \leq 0.05$). CRC: Contenido relativo de clorofila. AF: Área foliar. LT: Longitud de tallo. DT: Diámetro de tallo. VR: Volumen de raíz. LR: Longitud de raíz. MSR: Materia seca de raíz; MST: Materia seca de tallo; MSH: Materia seca de hoja; MSPC: Materia seca de planta completa. DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación. *tratamiento control.

1.6 CONCLUSIONES

De acuerdo con las condiciones en que se desarrolló la investigación y los resultados obtenidos, se concluye que, con base en los factores principales, la solución nutritiva con 14 mEq L⁻¹ de NO₃⁻ generó incremento en la mayoría de las variables morfológicas, al igual que 11 mEq L⁻¹ de Ca²⁺.

Por otro lado, las plántulas de chilhuacle respondieron de manera diferente a las relaciones NO₃⁻:Ca²⁺. La relación 14:7 mEq L⁻¹ favoreció el contenido de clorofila, área foliar, longitud y diámetro de tallo, materia seca de hoja y de la plántula completa.

1.7 LITERATURA CITADA

- Alejo-Santiago, G.; Luna-Esquivel, G.; Sánchez-Hernández, R.; Salcedo-Pérez, E.; García-Paredes, J. D. and Jiménez-Meza, V. M. 2015. Determination of the nitrogen requirement for habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.), México. Rev. Chapingo Serie Horticultura. 21(3):215-227.
- Araméndiz-Tatis, H.; Cardona-Ayala, C. y Correa-Álvarez, E. 2013. Efecto de diferentes sustratos en la calidad de plántulas de berenjena (*Solanum melongena* L.). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. 7(1):55-61.
- Coutinho-Miranda, V.; Pascual-Reyes, I. D.; Torquato-Tavares, A.; Gonçalves-Carline, J. V.; Silva-Sousa, K. A. y Rodrigues-do-Nascimento, I. 2020. Aumento en la producción de okra con la adición de nitrógeno. Agronomía Mesoamericana. 31(1):105-115.
- Díaz, A.; Cayón, G. y Mira, J. J. 2007. Metabolismo del calcio y su relación con la “mancha de madurez” del fruto de banano. Una revisión. Agronomía Colombiana. 25(2):280-287.
- Dos Santos Nascimento, P.; da Silva, P. V. P.; Fraga, J. L. S.; Passos, C. I. 2017. Crescimento vegetativo do quiabeiro em função da salinidade da água de irrigação e da adubação nitrogenada. In Colloquium Agrariae. 13(1):10-15.
- El-Mageed, T. A. A. and Semida, W. M. 2015. Effect of deficit irrigation and growing seasons on plant water status, fruit yield and water use efficiency of squash under saline soil. Scientia Horticulturae. 186(1):89-100.
- García-Gaytán, V.; Gómez-Merino, F. C.; Trejo-Téllez, L. I.; Baca-Castillo, G. A. and García-Morales, S. 2017. The chilhuacle chili (*Capsicum annuum* L.) in Mexico: description of the variety, its cultivation, and uses. International Journal of Agronomy. 13 p.
- Larios-González, R. C.; García, C. L.; Ríos, M. J.; Avalos, E. C. D. S. y Castro, S. J. R. 2021. Pérdidas de nitrógeno por volatilización a partir de dos fuentes nitrogenadas y dos métodos de aplicación. Siembra. 8(2):e2475.
- López, L. P. y Pérez, B. D. 2015. El chile Huacle (*Capsicum annuum* sp.) en el estado de Oaxaca, México. Revista Agroproductividad. 8(1):35-39.

- López, L. P.; Rodríguez, H. R. y Bravo, M. E. 2016. Impacto económico del chile huacle (*Capsicum annuum* L.) en el estado de Oaxaca. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 20(38):317-328.
- Luna-Fletes, J. A.; Cruz-Crespo, E. y Can-Chulim, Á. 2021. Piedra pómez, tezontle y soluciones nutritivas en el cultivo de tomate cherry. *Terra Latinoamericana*. 39(1):1-12:e781.
- Mendoza, E. M.; Zamudio, Á. L. F.; Cervantes, O. F.; Chable, M. F.; Frías, P. J. y Gámez, V. A. J. 2020. Rendimiento de semilla y calidad de fruto de chile habanero con fertilización química y orgánica. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 11(8):1749-1761.
- Pérez, R. A. y Martínez, Q. E. 2015. Funciones del calcio en la calidad poscosecha de frutas y hortalizas: una revisión. *Alimentos hoy*. 24(34):13-25.
- Rodríguez-Yzquierdo, G. A.; Pradenas-Aguila, H. E.; Basso-de-Figuera, C. A.; Barrios-García, M.; León-Pacheco, R. I. y Pérez-Macias, M. 2020. Efecto de dosis de nitrógeno en la agronomía y fisiología de plantas de maracuyá. *Agronomía Mesoamericana*. 31(1):117-128.
- San Juan, M. J.; Aquino-Bolaños, T.; Ortiz-Hernández, Y. D.; Cruz-Izquierdo, S. 2019. Características de fruto y semilla de chile huacle (*Capsicum annuum* L.) producido en hidroponía. *Idesia (Arica)*. 37(2):87-94.
- Sanz, M. A.; Blanco, A.; Monje, E. y Val, J. 2001. Caracterización de la deficiencia de calcio en plantas de tomate utilizando parámetros fisiológicos. *ITEA*. 97(1):26-38.
- Silva, A. Z.; Anderson, F. W.; Nowaki, R. H.; Cecilio, F. A. B. y Mendoza, C. J. W. 2017. Síntomas de deficiencia de macronutrientes en pimiento (*Capsicum annuum* L.). *Agrociencia*. 21(2):31-43.
- Souri, M. K. and Sooraki, F. Y. 2019. Benefits of organic fertilizers spray on growth quality of chili pepper seedlings under cool temperature. *Journal of plant nutrition*. 42(6):650-656.
- Steiner, A. A. 1984. The universal solution. ISOSC. pp. 633-649. In: *Proceedings of 6th International Congress on Soilles Culture*. Lunteren, The Netherlands.

Uch-Samos, E. M.; Interián-Ku, V. M.; Cázares-Sánchez, E.; Sánchez-Azcorra, P. S.; Casanova-Villarreal, V. E. y González-Rodríguez, F. D. J. 2019. Propóleo y miel de *Apis mellifera*, complemento nutricional para la producción de plántulas de chile habanero. *Investigación y Ciencia*. 27(78):34-42.

CAPÍTULO 2

RÉGIMEN NUTRIMENTAL EN CHILHUACLE I: CICLO OTOÑO-INVIERNO

2.1 RESUMEN

Debido a la escases de información sobre la nutrición del chilhuacle, el objetivo de la investigación fue evaluar el crecimiento, rendimiento y calidad física de frutos de chilhuacle en respuesta al régimen nutrimental en el ciclo otoño-invierno. Se suministraron ocho regímenes nutrimentales considerando las etapas fenológicas de la especie: vegetativa, reproductiva y fructificación. El diseño experimental fue completamente al azar, con cinco repeticiones y una planta por unidad experimental, la cual fue un contenedor de polietileno negro con capacidad de 15 L con tezontle rojo como sustrato. La distancia entre plantas fue de 50 cm en arreglo topológico “tres bolillo”. Las soluciones nutritivas se suministraron mediante sistema de riego por goteo. Los resultados indicaron que en el ciclo otoño-invierno, con periodo de 168 días (temperatura promedio de 20.2 °C) considerado del trasplante a la última cosecha, el régimen nutrimental que consistió en suministrar 14 mEq L⁻¹ de NO₃⁻ en la etapa vegetativa (duración 21 días), 10:0.75:9.25 mEq L⁻¹ de NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻ en la reproductiva (31 días) y 12:7 mEq L⁻¹ de NO₃⁻:K⁺ en la de fructificación (116 días) se incrementó significativamente el área foliar, materia seca de tallo, de hoja, de fruto, de la planta completa, el número de frutos por planta y el rendimiento de materia fresca y seca de frutos por planta, en tanto que el porcentaje de frutos grandes (> 4.0 g) fue de 63.64 % y de medianos (2.0 a 3.9 g) de 36.36 %.

Palabras clave: etapa vegetativa, etapa reproductiva, etapa de fructificación.

2.2 SUMMARY

Due to the scarcity of information on chilhuacle nutrition, the aim of the research was to evaluate the growth, yield and physical quality of chilhuacle fruits in response to the nutritional regime in the autumn-winter cycle. Eight nutritional regimes were provided considering the phenological stages of the species: vegetative, reproductive and fruiting. The experimental design was completely randomized one, with five repetitions and one plant per experimental unit, which was a black polyethylene container with a capacity of 15 L with red tezontle as substrate. The distance between plants was 50 cm in "tres bolillo" topological arrangement. The nutritive solutions were supplied by drip irrigation system. The results indicated that in the autumn-winter cycle, with a period of 168 days (average temperature of 20.2 °C) considered from transplantation to the last harvest, the nutritional regimen consisted of supplying 14 mEq L⁻¹ of NO₃⁻ in the stage vegetative (duration 21 days), 10:0.75:9.25 mEq L⁻¹ of NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻ in reproductive (31 days) and 12:7 mEq L⁻¹ of NO₃⁻:K⁺ in fruiting (116 days) significantly increased the foliar area, dry matter of the stem, of the leaf, of the fruit, of the entire plant, the number of fruits per plant and the yield of fresh and dry matter of fruits per plant, while the percentage of large fruits (> 4.0 g) was 63.64 % and medium fruits (3.9 to 3 g) were 36.36 %.

Keywords: vegetative stage, reproductive stage, fruiting stage.

2.3 INTRODUCCIÓN

El chilhuacle es uno de los chiles secos más antiguos de Oaxaca (López *et al.*, 2016) y es el ingrediente principal para elaborar el mole negro oaxaqueño (Martínez-Gutiérrez *et al.*, 2021). En años recientes, esta variedad se ha posicionado a nivel comercial como uno de los chiles secos de mayor valor económico en mercados regionales y nacionales. Su precio elevado se debe a la carencia de cultivares mejorados, alta susceptibilidad a plagas y enfermedades, desconocimiento de los requerimientos nutrimentales, rendimiento bajo y altos costos de producción (López *et al.*, 2016).

En cuanto a la nutrición, es relevante satisfacer la demanda nutrimental del chilhuacle con la finalidad de obtener rendimiento elevado y la calidad de los frutos que demanda el mercado. De esta manera, el régimen nutrimental pretende proporcionar los nutrimentos esenciales en la cantidad suficiente y en la forma iónica absorbida por las plantas con el propósito de cubrir los requerimientos por etapa fenológica (Valentín-Miguel *et al.*, 2013; Nieves-Gonzales *et al.*, 2015; Siles, 2019), e incrementar el potencial productivo, la calidad de frutos (Valentín-Miguel *et al.*, 2013) y el desarrollo apropiado desde la plántula hasta el llenado de frutos (Sieiro *et al.*, 2020), además de reducir la susceptibilidad a plagas, enfermedades y deficiencias.

Por medio de las soluciones nutritivas se puede manipular el aporte tanto de macro como de micronutrimentos (Steiner, 1984). Con relación a los primeros, nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) son los de mayor demanda por la planta. El N es requerido en altas cantidades durante las primeras etapas de crecimiento; si no se satisface la demanda la planta manifiesta hojas cloróticas y enanismo lo cual afecta el rendimiento (Eguez *et al.*, 2022). El P es constituyente de la adenosina trifosfato (ATP) por lo que participa en todos los procesos metabólicos en donde se requiere energía química (Siles, 2019); los síntomas por deficiencia es una coloración morada púrpura en tallos y nervaduras de las hojas (Eguez *et al.*, 2022). El K es un elemento de la calidad de

los frutos; la deficiencia se manifiesta por la tendencia de la planta a marchitarse en días secos y soleados, entrenudos cortos y caída de hojas (Eguez *et al.*, 2022).

El calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) son elementos requerimientos en menor cantidad que el N, P y K, sin embargo, tienen funciones importantes en las plantas. El Ca es el segundo mensajero en la transducción de señales; la carencia se presenta como pudrición apical (Sun *et al.*, 2010); el Mg es constituyente de la clorofila, por lo cual está relacionado con la producción de carbohidratos (Pinilla *et al.*, 2011); en insuficiencia aparecen hojas cloróticas en el tercio medio de la hoja. El S en forma de SO_4^{2-} estimula el crecimiento, incrementa la calidad y uniformidad de los frutos, favoreciendo la resistencia al frío, tolerancia a sequía y sales (Nazar *et al.*, 2011); la deficiencia provoca que las hojas jóvenes se tornen amarillas y en pimiento se reduzca el crecimiento (Silva *et al.*, 2017).

La respuesta de las plantas al suministro de nutrientes durante el ciclo de producción es modificada por el ambiente en el cual crece, por tal motivo, el objetivo de la investigación fue evaluar ocho regímenes nutrimentales en plantas de chilhuacle con la finalidad de favorecer el crecimiento, rendimiento y calidad física de los frutos en condiciones de invernadero, cultivado en el ciclo otoño-invierno.

2.4 MATERIALES Y MÉTODOS

2.4.1 Ubicación del experimento

La investigación se realizó en un invernadero de cubierta plástica de polietileno en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (18°50`51" O, 1868 msnm) en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México, durante los meses septiembre de 2019 a febrero de 2020.

2.4.2 Material vegetal

Se utilizaron semillas de chilhuacle negro obtenidas de frutos provenientes de San Juan Bautista Cuicatlán, Oax. El fruto es una baya de forma trapezoidal de color verde intenso en estado inmaduro, café brillante con exocarpio blando y suave en estado maduro y negro en completa deshidratación; el tamaño promedio es 6.0 cm de largo por 5.2 cm de ancho, peso promedio en fresco de 40.0 g y en seco de 5.6 g, el rendimiento promedio por planta es de 1,400 g de materia fresca y 250 a 434 g de materia seca (Urbina-Sánchez *et al.*, 2020). A cielo abierto, el chilhuacle crece a 1.45 m (López y Pérez, 2015) y en invernadero presenta una altura promedio de 1.78 m (López *et al.*, 2016).

2.4.3 Regímenes nutrimentales en el experimento

Se diseñaron ocho regímenes nutrimentales para nutrir al chilhuacle utilizando la Solución Nutritiva Universal de Steiner (SNU) (1984) como testigo y base para realizar las modificaciones de aniones y cationes en las tres etapas fenológicas de la especie. En la etapa vegetativa, que duró 21 días desde el trasplante hasta que el 50 % de las plantas presentaron el primer botón floral (5 ± 1 mm) se consideraron dos concentraciones de NO_3^- en 12 mEq L^{-1} (testigo) y 14 mEq L^{-1} (SNU modificada) (Cuadro 1). En la etapa reproductiva, con duración de 31 días desde que el 50 % de las plantas presentaron el primer botón floral hasta que el 50 % manifestaron el primer fruto (10 ± 1 mm de longitud) se emplearon los regímenes 12:1:7 (testigo) y 10:0.75:9.25 mEq L^{-1} de NO_3^- : H_2PO_4^- : SO_4^{2-} . La etapa de fructificación inició con la presencia del primer fruto (10 ± 1 mm de longitud) en el 50 % de las plantas hasta la

última cosecha, se modificaron las relaciones $\text{NO}_3^-:\text{K}^+$ en 12:7 (testigo) y 14:7 mEq L^{-1} (Cuadro 1).

Las soluciones nutritivas se suministraron en diferente concentración de acuerdo con la etapa fenológica, considerando los valores que aparecen en el Cuadro 1 como el 100 %: vegetativa, 80 %; reproductiva, 90 %; en fructificación hasta el despunte de la planta, 90 %; desde despunte hasta la madurez fisiológica del último fruto, 70 %; posteriormente al 50 % hasta la cosecha del último fruto. En cada régimen se aportaron (mg L^{-1}) los micronutrientes siguientes: Fe (Fe-EDTA), 7; H_3BO_3 , 2.88; MnCl_2 , 1.81; ZnSO_4 , 0.22; CuSO_4 , 0.18; H_2MoO_4 , 0.02. Se consideraron los iones presentes en el agua y antes de agregar los fertilizantes se ajustó el pH a 5.5 con ácido sulfúrico. Se realizaron 11 riegos al día, 1 min durante 21 días (etapa vegetativa), 2 min al inicio de la etapa reproductiva (31 días) y 3 a 4 min en la etapa de fructificación (116 días). Se consideró la temperatura y humedad relativa para estimar el tiempo de riego.

Cuadro 1. Regímenes nutrimentales evaluados en chilhuacle.

Régimen	Etapa Vegetativa (NO_3^-)	Etapa Reproductiva ($\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{SO}_4^{2-}$)	Etapa Fructificación ($\text{NO}_3^-:\text{K}^+$)
	----- (mEq L^{-1}) -----		
R1*	12	12:1:7	12:7
R2	12	12:1:7	14:9
R3	12	10:0.75:9.25	12:7
R4	12	10:0.75:9.25	14:9
R5	14	12:1:7	12:7
R6	14	12:1:7	14:9
R7	14	10:0.75:9.25	12:7
R8	14	10:0.75:9.25	14:9

*Testigo: régimen nutrimental con base en la solución nutritiva universal (Steiner, 1984).

2.4.4 Manejo del experimento

El manejo del cultivo consistió en eliminar los brotes axilares realizando una poda tipo holandesa con cuatro tallos secundarios a partir de la primera bifurcación, también se eliminaron las flores de las primeras dos bifurcaciones para propiciar tallos vigorosos, mantener el desarrollo vegetativo, reducir el aborto de flor y aumentar el amarre de frutos del tercer al quinto entrenudo. La planta se despuntó por arriba del décimo entrenudo con el propósito de detener el crecimiento longitudinal. La polinización se realizó durante la floración-fructificación de forma manual mediante vibraciones mecánicas de las plantas a través de los tutores.

2.4.5 Diseño experimental y variables respuesta

El diseño experimental fue completamente al azar, con cinco repeticiones por tratamiento. La unidad experimental fue un contenedor de polietileno negro con capacidad de 15.14 L, tezontle rojo como sustrato con granulometría ≤ 1 cm de diámetro, con una planta por contenedor. Los datos obtenidos se estudiaron con análisis de varianza y a las variables que presentaron efecto de tratamientos se les realizó la prueba de comparación múltiple de medias LSD ($P \leq 0.05$); en ambos casos se utilizó el programa SAS (Versión 9.0).

Se midió la altura de planta con un flexómetro, desde la base del tallo hasta el ápice del tallo más largo; el contenido relativo de clorofila se midió con un SPAD-502 (Konica Minolta®) considerando la quinta hoja después del ápice de cada tallo. El área foliar fue cuantificada con un integrado de área foliar (LI-COR, LI3100C®), el diámetro de tallo principal se midió a 2 cm del cuello de la planta por encima del sustrato, medido con un vernier de caratula digital (Stainless Hardened®). La longitud de raíz fue medida con un flexómetro desde el cuello de la planta hasta la raíz más larga. El volumen de raíz se determinó mediante la técnica de desplazamiento de agua con el uso de una probeta graduada de 2 L; se introdujo la raíz en un volumen conocido de agua y el incremento correspondió al volumen del órgano. La materia seca de raíz, tallo, hoja, fruto y total se obtuvo al deshidratar cada uno de los órganos en una estufa de

circulación forzada (Luzeren, DGH9070A®) a una temperatura de 70 °C hasta que el peso de la materia seca se mantuvo estable.

Las variables de fruto se obtuvieron conforme se fueron cosechando en estado maduro: longitud y diámetro ecuatorial fue medido con un vernier digital desde el pedúnculo hasta el ápice del fruto al igual que la parte media del fruto. El peso de materia fresca y seca de fruto se pesaron con una báscula digital (Ohaus Corporation Usa CS 2000®), número de frutos como resultado del total de frutos producidos por planta, rendimiento de frutos en peso fresco y seco obtenido por la suma total de los frutos producidos por planta.

Los datos fueron sometidos a una prueba de normalidad y homogeneidad de varianza. Las variables: número de frutos por planta, frutos grandes y medianos fueron sometidos a una prueba de bondad y ajuste. Las variables muestran los datos originales, la separación de medias se utilizó la transformación con la raíz cuadrada para frutos grandes (> 4.0 g) y con el logaritmo para número de frutos/planta y para frutos medianos (2.0 a 3.9 g).

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ciclo del chilhuacle desde el trasplante hasta la cosecha del último fruto fue de 168 días, con una temperatura promedio de 20.2 °C, humedad relativa promedio de 73.83 % e intensidad luminosa promedio de 2252.1 lux. Si se considera la duración de la fase de almácigo, que también pertenece a la etapa vegetativa (44 días), la duración completa del cultivo fue de 212 días. López-López y Pérez-Bennetts (2015) reportaron para chilhuacle, 35 a 45 días de almacigo, 90 días de crecimiento-desarrollo y 60 días de cosecha, para tener un ciclo de 185 a 195 días a cielo abierto. La temperatura promedio ideal para cultivar el chilhuacle es de 28 °C para que sucedan favorablemente las etapas fenológicas. Según Mármol (2010), una temperatura ± 20 °C, provoca un retraso en la floración, fructificación y anomalías en los frutos.

En relación con variables morfológicas de las plantas de chilhuacle, los diferentes regímenes suministrados tuvieron efecto estadísticamente similar ($P \leq 0.05$) en la concentración relativa de clorofila, diámetro de tallo y el volumen de raíz (Cuadro 2), los valores promedio fueron 75.87 unidades SPAD, 16.97 mm y 97.75 cm³, respectivamente. Las variables antes mencionadas mantienen funciones relacionadas, es decir, el volumen de raíz tiene la capacidad para producir hojas, resultado de suministrar agua y nutrientes (Cabeza y Claassen, 2017), mismas que son conducidas por los tallos, que, en la práctica eliminar brotes y las primeras dos flores permite incrementar la resistencia y vigor para soportar el peso de los frutos (Pinto y Álvarez, 2018).

Por otro lado, es posible que los tallos de las plantas de chilhuacle de los tratamientos evaluados en esta investigación presenten la misma resistencia mecánica independientemente del régimen nutrimental debido al porcentaje estadísticamente similar ($P \leq 0.05$) de materia seca destinada a este órgano (Cuadro 3). El régimen nutrimental 7 (R7) con 14 mEq L⁻¹ de NO₃⁻, 10:0.75:9.25 mEq L⁻¹ de NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻ y 12:7 mEq L⁻¹ de NO₃⁻:K⁺ en la etapa vegetativa, reproductiva y fructificación, respectivamente, incrementó 110.35 % el área foliar con relación a el de las plantas

que recibieron el régimen R6: 14, 12:1:7 mEq L⁻¹ de NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻ y 14:9 mEq L⁻¹ de NO₃⁻:K⁺. En cuanto a las plantas tratadas con el régimen testigo (R1; 12, 12:1:7, 12:7 mEq L⁻¹) presentaron área foliar estadísticamente similar con el R7; sin embargo, su tendencia fue hacia menor valor debido a que la respuesta fue parecida al de las plantas nutridas con el R6. Los resultados anteriores indican que con el R7 las plantas de chilhuacle requirieron menor cantidad de nitrato, fosfato y potasio para floración y fructificación en comparación con el R6 (Cuadro 4).

Medir el área foliar y la concentración de clorofila puede indicar el estado nutricional de la planta, la intercepción de la radiación solar, intercambio de CO₂, evapotranspiración y eficiencia fotosintética (Misle *et al.*, 2013). Los regímenes R7: 14, 10:0.75:9.45, 12:7 y R6: 14, 12:1:7, 14:9 mEq L⁻¹ fueron estadísticamente similares ($P \leq 0.05$) en el contenido relativo de clorofila, sin embargo, el área foliar fue completamente diferente, al igual que la altura de la planta y no se manifestaron diferencias estadísticas en longitud de raíz. Estos datos sugieren diferente capacidad fotosintética, la cual pudo haber sido modificada por la variación de la nutrición en la etapa reproductiva y en la de fructificación (Cuadro 2).

En altura de planta, el régimen R3: 12 (NO₃⁻), 10:0.75:9.25 (NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻) y 12:7 (NO₃⁻:K⁺) mEq L⁻¹ indujo plantas 18.62 % más altas que los regímenes R6: 14, 12:1:7, 14:9 y R8: 14, 10:0.75:9.25, 14:9 que fueron estadísticamente similares (Cuadro 2). El chilhuacle presenta una altura promedio de 128.30 a 152.18 cm con despunte a 10 entrenudos, mientras que a 20 entrenudos podría alcanzar valores de hasta ± 170 cm, esta variación podría ser efecto de las condiciones ambientales y un manejo sin podas donde la planta tiene un libre crecimiento de tallos, hojas, flores y frutos. En los *Capsicum*, la nutrición afecta de manera particular el diámetro de tallo y el número de hojas (Eguez *et al.*, 2022). Por lo tanto, conocer las etapas fenológicas e identificar el momento ideal de aplicación de las soluciones nutritivas (Valentín-Miguel *et al.*, 2013) permitiría alcanzar el máximo potencial de rendimiento de un cultivo.

Cuadro 2. Efecto del régimen nutrimental en variables de crecimiento de plantas de chilhuacle.

Régimen	Régimen nutrimental (mEq L ⁻¹)			CRC (SPAD)	Área foliar (cm ³)	Altura planta (cm)	Diámetro tallo (mm)	Longitud raíz (cm)	Volumen raíz (cm ³)
	NO ₃ ⁻	NO ₃ :H ₂ PO ₄ :SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻ :K ⁺						
R1	12*	12:1:7*	12:7*	78.34	5553.4 abc	140.80 abc	16.22	32.64 ab	88.0
R2	12	12:1:7	14:9	76.02	5851.7 abc	138.78 abc	15.94	28.66 b	94.0
R3	12	10:0.75:9.25	12:7	77.46	6381.1 ab	152.18 a	17.36	35.92 ab	104.0
R4	12	10:0.75:9.25	14:9	73.50	4968.4 c	131.18 bc	15.70	35.04 ab	104.0
R5	14	12:1:7	12:7	76.68	5279.3 bc	134.00 bc	18.56	32.58 ab	96.0
R6	14	12:1:7	14:9	74.02	3157.9 d	128.82 c	16.12	39.58 a	106.0
R7	14	10:0.75:9.25	12:7	76.10	6642.7 a	147.32 ab	18.12	32.22 ab	84.0
R8	14	10:0.75:9.25	14:9	74.90	5508.1 abc	128.30 c	17.76	31.60 ab	106.0
DMS	-	-	-	5.70	1280.5	18.03	3.18	8.92	43.16
CV (%)	-	-	-	5.83	18.34	10.16	14.54	20.65	34.27

Medias con la misma literal en columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba LSD ($P \leq 0.05$). CRC: contenido relativo de clorofila. DMS: diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación. *Testigo.

Respecto a la producción de materia seca, en raíz fue estadísticamente similar ($P \leq 0.05$) con cualquiera de los regímenes evaluados, con promedio de 16.80 g. En tallo, el régimen R3: 12, 10:0.75:9.25, 12:7 y R7: 14, 10:0.75:9.25, 12:7 mEq L⁻¹ se obtuvo un valor promedio de 135.5 g, lo que representó un incremento de 41.45 % respecto a las plantas con la menor acumulación de materia seca (Cuadro 3).

La materia seca de hoja fue similar en las plantas nutridas con 12, 12:1:7, 14:9 (R2); 12, 10:0.75:0.95, 12:7 (R3); 14, 10:0.75:9.25, 12:7 (R7) y 14, 10:0.75:9.25, 14:9 (R8) mEq L⁻¹ con promedio de 135.5 g; el aumento fue de 80.91 % respecto a las plantas nutridas con el régimen R6: 14, 12:1:7, 14:9 mEq L⁻¹. Al implementar todos los elementos indispensables en la nutrición, la obtención de materia fresca y seca incrementa de manera equilibrada entre la parte aérea como radical (Eguez *et al.*, 2022). La falta de N (en raíz) como el K (en hoja) reducen significativamente la producción de materia seca cuando estos elementos son insuficientes.

La materia seca de los frutos por planta y la de la planta completa incrementó 165.93 % y 78.30 %, respectivamente con el régimen R8: 14, 10:0.75:9.25, 12:7 mEq L⁻¹ comparado con R6: 14, 12:1:7, 14:9 mEq L⁻¹. En ambas variables el R8 y R6 fueron afectados por la variación de la solución nutritiva de la etapa reproductiva y de la de fructificación, puesto que la concentración de NO₃⁻ en la etapa vegetativa fue de 14 mEq L⁻¹. En chile de agua, la producción de materia seca (66.7 g/planta) incrementó conforme el potencial osmótico (0.090 MPa) siendo significativo en el rendimiento (2,601.5 g planta⁻¹) como el índice de cosecha (0.65) (Valentín-Miguel *et al.*, 2013).

Tanto en hojas como raíces, la acumulación de materia seca se encuentra en mayor concentración de P que con -N y -K (Eguez *et al.*, 2022). El P además de ser formador de la molécula ATP y de los procesos metabólicos que involucran energía (Siles, 2019) su concentración de materia seca acumulable en la planta es mayor.

Cuadro 3. Efecto de la nutrición en las distintas etapas fenológicas del chilhuacle (*Capsicum annuum* L.) en la producción de materia seca.

Régimen	Régimen nutrimental (mEq L ⁻¹)			MSR (g)	MST (g)	MSH (g)	MSF (g)	MSTOT (g)
	Etapla Vegetativa NO ₃ ⁻	Etapla Reproductiva NO ₃ ⁻ :H ₂ PO ₄ ⁻ :SO ₄ ²⁻	Etapla Fructificación NO ₃ ⁻ :K ⁺					
R1	12*	12:1:7*	12:7	15.00	108.20 ab	45.60 ab	116.60 ab	285.40 abc
R2	12	12:1:7	14:9	13.80	95.60 b	53.20 a	110.00 ab	272.60 abc
R3	12	10:0.75:9.25	12:7	20.20	135.80 a	54.40 a	100.20 ab	310.60 ab
R4	12	10:0.75:9.25	14:9	17.20	96.20 b	35.40 ab	110.00 ab	258.80 ab
R5	14	12:1:7	12:7	16.20	97.40 b	45.00 ab	86.00 ab	244.60 bc
R6	14	12:1:7	14:9	18.20	94.00 b	29.60 b	54.60 b	196.40 c
R7	14	10:0.75:9.25	12:7	15.20	135.20 a	54.60 a	145.20 a	350.20 a
R8	14	10:0.75:9.25	14:9	18.60	106.80 ab	52.00 a	84.20 ab	261.40 abc
DMS	-	-	-	8.58	37.56	19.78	76.02	93.48
CV (%)	-	-	-	39.65	26.83	33.23	58.51	26.62

Medias con la misma literal en columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba LSD ($P \leq 0.05$). MSR: materia seca de raíz. MST: materia seca de tallo. MSH: materia seca de hoja. MSF: materia seca de los frutos por planta. MSTOT: materia seca de la planta completa. DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación. *Testigo.

Con relación a la calidad física de los frutos, éstos se analizaron en dos categorías: grandes (> 4.0 g) y medianos (2.0 a 3.9 g). En este estudio se evaluaron 884 frutos de chilhuacle, de los cuales el 64.03 % correspondió a la primera categoría y el 35.97 % a la segunda. Estudios realizados por Vázquez-Vázquez *et al.* (2011) en Chile jalapeño determinaron que el porcentaje de frutos de primera calidad es del 46.1 al 50.5 %, mientras que la de segunda de 43.4 a 46.9 %, tercera de 7 % y solo de 0.2 a 0.9 % de cuarta calidad.

En cuanto a frutos grandes de chilhuacle, tuvieron una longitud promedio de 50.35 mm al no presentarse diferencias significativas entre los regímenes nutrimentales, lo mismo sucedió para el diámetro de la base del fruto (42.85 mm), peso promedio de la materia fresca (27.95 g) y seca (5.45 g) del fruto (Cuadro 4). Los resultados presentan similitud en peso de materia fresca y seca de frutos, indicando la capacidad de la planta para mantenerse en diferentes regímenes nutrimentales; sin embargo, por la afectación en otros componentes del rendimiento (número de frutos/planta, entre otros), es posible proponer modificaciones en el manejo agronómico que repercutan en un mayor rendimiento, con menores recursos.

Con relación al número de frutos por planta, el testigo (12, 12:1:7, 12:7 mEq L⁻¹) y los regímenes R4: 12, 10:0.75:9.25, 14:9 y R7: 14, 10:0.75:9.25, 12:7 mEq L⁻¹ presentaron 171.71 % más que las plantas nutridas con R6: 14, 12:1:7, 14:9 mEq L⁻¹ correspondiente a la etapa vegetativa, reproductiva y fructificación. La relación entre la solución nutritiva (15, 1.25, 8.75 mol de NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻, 11.25, 5.00 y 8.75 mol de Ca²⁺:Mg²⁺:K⁺) y el potencial osmótico (0.090 MPa) en Chile de agua, incrementó los frutos/planta (100.3) y el rendimiento (2601.5 g-planta), recomendando 0.036 MPa hasta los 75 ddt, posteriormente 0.054 MPa para cosechar 2 kg/planta (Valentín-Miguel *et al.*, 2013).

Respecto al rendimiento de materia fresca y seca de frutos de chilhuacle, se incrementó en 207.5 y 212.06 %, respectivamente, con el régimen R7: 14 (NO₃⁻), 10:0.75:9.25 (NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻) y 12:7 (NO₃⁻:K⁺) mEq L⁻¹ en comparación con las

plantas que recibieron 14, 12:1:7, 14:9 (R6) mEq L⁻¹ (Cuadro 4). De los datos anteriores se deduce que el componente de rendimiento número de frutos/planta es el que más efecto tuvo en el rendimiento de materia fresca y seca de los frutos grandes. Considerando esto conveniente para implementar y evaluar prácticas agronómicas encaminadas a incrementar esta variable como puede ser el manipular número de tallos por planta, fertilización foliar con el propósito de aumentar el amarre y el tamaño de flores y frutos, entre otras.

Cuadro 4. Efecto de la nutrición en las tres etapas fenológicas del chilhuacle (*Capsicum annuum* L.) en la producción de frutos grandes.

Régimen nutrimental (mEq L ⁻¹)				LF	DF	PMFF	PMSF	NFP	RMFF	RMSF
Régimen	Etapa Vegetativa	Etapa Reproductiva	Etapa Fructificación	(mm)	(mm)	(g)	(g)	-	(g)	(g)
-	NO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻ :H ₂ PO ₄ ⁻ :SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻ :K ⁺							
R1	12*	12:1:7*	12:7*	52.46	42.49	28.09	5.49	16.20 a	449.2 ab	89.40 ab
R2	12	12:1:7	14:9	47.16	43.56	29.86	5.64	14.40 ab	477.8 ab	95.20 ab
R3	12	10:0.75:9.25	12:7	46.89	44.49	29.19	5.45	11.40 ab	342.8 ab	65.20 ab
R4	12	10:0.75:9.25	14:9	55.95	42.09	29.46	5.76	16.20 a	520.0 ab	98.60 ab
R5	14	12:1:7	12:7	53.76	43.88	30.51	5.67	12.20 ab	351.4 ab	66.60 ab
R6	14	12:1:7	14:9	46.43	42.43	29.75	4.84	6.60 b	197.3 b	37.30 b
R7	14	10:0.75:9.25	12:7	53.53	41.84	27.81	5.43	21.00 a	606.8 a	116.40 a
R8	14	10:0.75:9.25	14:9	46.61	41.84	24.97	5.33	15.20 ab	418.2 ab	84.60 ab
DMS				11.74	5.90	8.51	1.27	0.45	397.41	74.29
CV (%)				18.18	10.70	23.62	18.11	33.80	73.37	70.61

Medias con la misma literal en columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba LSD ($P \leq 0.05$). LF: longitud del fruto. DF: diámetro de la base del fruto. PMFF: peso de la materia fresca del fruto. PMSF: peso de la materia seca del fruto. NFP: número de frutos por planta. RMFF: rendimiento de materia fresca de frutos por planta. RMSF: rendimiento de materia seca de frutos por planta. DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación. *Testigo.

En la categoría de frutos medianos, el diámetro de la base del fruto, peso de materia fresca y seca fueron estadísticamente similares ($P \leq 0.05$) independiente del régimen nutricional; los valores promedio fueron 34.46 mm, 15.35 g y 2.36 g. Caso contrario sucedió con la longitud del fruto, número de frutos por planta y el rendimiento de materia fresca y seca de frutos (Cuadro 5). La primera variable se favoreció 50.9 % con el régimen R4: 12, 10:0.75:9.25, 14:9 mEq L⁻¹ en comparación con la longitud de fruto de las plantas nutridas con R3: 12, 10:0.75:9.25, 12:7 mEq L⁻¹. En chilhuacle, los requerimientos de P (0.75 mEq L⁻¹) fueron menores durante el transcurso de las etapas fenológicas. En chile habanero var. Big Brother, los requerimientos óptimos de P fueron con 1.5 mEq L⁻¹, sin embargo, la acumulación de P se concentra en mayor proporción en raíces afectando principalmente la producción de frutos (Nieves-González *et al.*, 2015).

El número de frutos se incrementó 156.52 %, el rendimiento de materia fresca de frutos 176.87 % y el rendimiento de materia seca de frutos 200 % con el régimen R7: 14 (NO₃⁻), 10:0.75:9.25 (NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻) y 12:7 (NO₃⁻:K⁺) mEq L⁻¹ en relación con las plantas que recibieron R4: 12, 10:0.75:9.25, 14:9 mEq L⁻¹. Vázquez-Vázquez *et al.* (2011) reportó similar porcentaje de frutos de primera como de segunda calidad, independientemente de la fertilización. En chilhuacle, la adición de amonio en 3.0 mEq L⁻¹ en las SN, el rendimiento incrementó en un 54.1 % en el cultivar negro (434.34 g/planta) que en rojo (274.14 g/planta) (Urbina-Sánchez *et al.*, 2020). El chile de agua requiere altas cantidades de K (hasta los 90 días), posteriormente de N (próximos 150 días) y en menor cantidad el P (Valentín-Miguel *et al.*, 2013). En este sentido, los *Capsicum* requieren mayor cantidad de N y K en las primeras etapas del cultivo, mientras que el P, K y Mg incrementa conforme inicia la floración y fructificación.

La respuesta variable de la planta a la nutrición puede estar relacionada con el régimen, la especie y los factores ambientales de la región de producción, como la temperatura ya que puede aumentar o disminuir la calidad y rendimiento de un cultivo. En pimiento, una temperatura diurna > 18 °C produce frutos partenocárpicos, mientras que < 10 °C reduce su crecimiento, provocando un exceso de frutos pequeños, mal

cuajados, mala calidad, puntiagudos, sin semilla y deformes como tipo “galletas o bolas” (Mármol, 2010). En el presente experimento, la temperatura promedio durante la etapa de fructificación (116 d) fue de 18.27 °C; es posible que esta condición ambiental sea parte de la explicación de la presencia de frutos pequeños (< 2 g de materia seca) deformes en forma de “alas”.

Cuadro 5. Efecto de la nutrición en las tres etapas fenológicas del chilhuacle (*Capsicum annum* L.) en la producción de frutos medianos.

Régimen	Régimen nutrimental (mEq L ⁻¹)			LF (mm)	DF (mm)	PMFF (g)	PMSF (g)	NFP -	RMFF (g)	RMSF (g)
	Etapa Vegetativa NO ₃ ⁻	Etapa Reproductiva NO ₃ ⁻ :H ₂ PO ₄ ⁻ :SO ₄ ²⁻	Etapa Fructificación NO ₃ ⁻ :K ⁺							
R1	12*	12:1:7*	12:7*	42.58 ab	33.83	16.14	2.36	11.20 ab	172.00 ab	26.00 ab
R2	12	12:1:7	14:9	32.37 bc	33.33	13.94	2.34	6.80 ab	89.60 ab	15.80 ab
R3	12	10:0.75:9.25	12:7	30.03 c	37.14	14.24	2.32	9.40 ab	119.20 ab	20.60 ab
R4	12	10:0.75:9.25	14:9	45.32 a	31.49	16.86	2.20	4.20 b	66.60 b	9.60 b
R5	14	12:1:7	12:7	40.92 abc	35.16	15.78	2.40	6.00 ab	88.40 ab	13.40 ab
R6	14	12:1:7	14:9	38.35 abc	35.46	15.86	2.36	9.20 ab	123.20 ab	19.00 ab
R7	14	10:0.75:9.25	12:7	42.94 ab	33.63	15.48	2.44	11.80 a	184.40 a	28.80 a
R8	14	10:0.75:9.25	14:9	41.59 abc	35.67	14.48	2.43	5.00 b	72.40 ab	11.50 ab
DMS	-	-	-	11.69	6.91	4.32	0.39	1.23	116.74	17.65
CV (%)	-	-	-	23.12	15.57	21.84	12.88	36.40	79.16	75.93

Medias con la misma literal en columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba LSD ($P \leq 0.05$). LF: longitud del fruto. DF: diámetro de la base del fruto. PMFF: peso de la materia fresca del fruto. PMSF: peso de la materia seca del fruto. NFP: número de frutos por planta. RMFF: rendimiento de materia fresca de frutos por planta. RMSF: rendimiento de materia seca de frutos por planta. DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación. *Testigo.

En relación con la producción porcentual de frutos grandes (> 4.0 g) y mediados (2.0 a 3.9 g), los regímenes con 12, 10:0.75:9.25, 14:9 (R4); 14, 12:1:7, 12:7 (R5); 14, 10:0.75:9.25, 12:7 (R7) y 14, 10:0.75:9.25, 14:9 (R8) (mEq L⁻¹) indujeron que las plantas presentaran en promedio 71.6 % de frutos grandes y 28.4 % de frutos medianos. Caso contrario sucedió en las plantas nutridas con 14, 12:1:7, 14:9 mEq L⁻¹ (R6) las cuales tuvieron 35.8 % de frutos grandes y 64.11 % de frutos medianos (Cuadro 6). Los datos anteriores indican que es importante la concentración de fósforo en la etapa reproductiva y la de potasio en la de fructificación; sin embargo, la relación con otros aniones afecta la respuesta final, en este caso, el peso de la materia seca de los frutos.

Cuadro 6. Efectos del régimen nutrimental en el porcentaje de frutos grandes y medianos de chilhuacle.

Régimen	Régimen nutrimental (mEq L ⁻¹)			Frutos grandes (%)	Frutos medianos (%)
	NO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻ :H ₂ PO ₄ ⁻ :SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻ :K ⁺		
R1	12*	12:1:7*	12:7*	59.88 ab	40.12 ab
R2	12	12:1:7	14:9	53.23 ab	43.77 ab
R3	12	10:0.75:9.25	12:7	53.69 ab	46.31 ab
R4	12	10:0.75:9.25	14:9	77.70 a	22.30 b
R5	14	12:1:7	12:7	68.66 a	31.34 ab
R6	14	12:1:7	14:9	35.89 b	64.11 a
R7	14	10:0.75:9.25	12:7	63.64 a	36.36 ab
R8	14	10:0.75:9.25	14:9	76.40 a	23.60 b
DMS	-	-	-	1.81	0.39
CV (%)	-	-	-	10.57	20.63

Medias con la misma literal en columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba LSD (P ≤ 0.05). DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación. Frutos grandes: peso de materia seca mayor a 4 g; Frutos medianos: peso de materia seca 3.9 g. *Testigo.

En los mercados regionales de Oaxaca, el chilhuacle se comercializa como frutos grandes y medianos. Los frutos grandes son considerados de primera calidad, mientras que los medianos, de segunda. El chilhuacle no está considerado en la Norma Oficial Mexicana NMX-FF-107/1-SCFI-2014 (SEGOB, 2014) para producción de chiles secos como el cascabel, ancho, mulato y pasilla, en donde los estándares de calidad predominan el tamaño (longitud), color, apariencia, picor, peso y sanidad, por lo que representa una oportunidad para generar los parámetros de calidad para el chilhuacle.

2.6 CONCLUSIONES

La nutrición del chilhuacle mediante un régimen basado en solución específica para la etapa vegetativa, reproductiva y fructificación beneficiaron las variables de crecimiento y componentes de rendimiento como materia fresca y seca de fruto.

En el ciclo otoño-invierno, la nutrición del chilhuacle con el régimen 14 mEq L^{-1} de NO_3^- en la etapa vegetativa, $10:0.75:9.25 \text{ mEq L}^{-1}$ de $\text{NO}_3^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-:\text{SO}_4^{2-}$ en la reproductiva y $12:7 \text{ mEq L}^{-1}$ de $\text{NO}_3^-:\text{K}^+$ en la de fructificación, incrementó significativamente el área foliar, materia seca de tallo, de hoja, de fruto, de la planta completa, el número de frutos por planta y el rendimiento de materia fresca y seca de frutos por planta, en tanto que el porcentaje de frutos grandes ($> 4.0 \text{ g}$) fue de 63.64 % y de medianos (2.0 a 3.9 g) de 36.36 %. Por lo que estos regímenes de nutrición son los recomendables para a producción de chilhuacle en las condiciones donde se llevó a cabo el experimento.

2.7 RECOMENDACIONES

Se propone seguir realizando estudios para determinar los factores que influyen en la calidad de los frutos de chilhuacle con relación al tamaño, apariencia, características físicas y organolépticas como lo determina la Norma Oficial Mexicana NMX-FF-107/1-SCFI-2014 para la producción de chiles secos comerciales en nuestro país.

2.8 LITERATURA CITADA

- Díaz-Durán, M. Á.; Ochoa, C. A.; Álvarez, J. W. y Rincón-Numpaqué, Á. H. 2022. Toxicidad por aluminio (Al^{3+}) como limitante del crecimiento y la productividad: experiencias en diagnóstico y manejo en Palmeras de Yarima S. A. (Santander). *Revista Palmas*. 43(1):102-116.
- Eguez, E.; León, L.; Loor, J. y Pacheco, L. 2022. Deficiencia nutricional de macronutrientes en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* Linneo) cultivadas en solución nutritiva. *Revista Investigación Talentos*. 9(1):69-82.
- García-Gaytán, V.; Gómez-Merino, F. C.; Trejo-Téllez, L. I.; Baca-Castillo, G. A. and García-Morales, S. 2017. The chilhuacle chili (*Capsicum annuum* L.) in Mexico: description of the variety, its cultivation, and uses. *International Journal of Agronomy*. 13 p.
- López, P. y Pérez, B. D. 2015. El chile huacle (*Capsicum annuum* sp.) en el estado de Oaxaca, México. *Revista Agroproductividad*. 8(1):35-39.
- López, L. P.; Rodríguez, H. R. y Bravo, M. E. 2016. Impacto económico del chile huacle (*Capsicum annuum* L.) en el estado de Oaxaca. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 20(38):317-328.
- Mármol, J. R. 2010. Cultivo del pimiento dulce en invernadero. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Secretaría General Técnica. 95-99 p.
- Martínez-Gutiérrez, G. A.; Langlé-Argüello, L. A.; Urrestarazu, M.; Escamirosa-Tinoco, C.; Hernández-Tolentino, M. y Morales, I. 2021. Efecto de la densidad de plantación y la poda en el Chile huacle en invernadero. *IDESIA*. 39(3):69-74.
- Misle, E.; Kahlaoui, B.; Hachicha, M. y Alvarado, P. 2013. Estimación del área foliar en melón por alometría. *Photosynthetica*. 51(4):613-620.
- Nazar, R.; Iqbal, N.; Masood, A.; Syeed, S. and Khan, N. A. 2011. Understanding the significance of sulfur in improving salinity tolerance in plants. *Environmental and experimental botany*. 70(2-3):80-87.
- Nieves-González, F.; Alejo-Santiago, G.; Luna-Esquivel, G.; Lemus-Flores, C.; Juárez-López, P. y Salcedo-Pérez, E. 2015. Extracción y requerimiento de fósforo en

- chile Habanero (*Capsicum Chinense* Jacq.) Big brother'. *Interciencia*. 40(4):282-286.
- Pinilla, Q. H.; Herrera, F. L.; Benavente, R. I. y Sanhueza R. H. 2011. Efecto del magnesio en el rendimiento y contenido de gluten en trigo (*Triticum aestivum* L.) en un suelo andisol. *IDESIA*. 29(2):53-57.
- SEGOB, Secretaria de Gobernación. 2014. NMX-FF-107/1-SCFI-2014. Productos alimenticios. Chiles secos. Parte 1: especificaciones y métodos de prueba. (Cancela a la NMX-FF-107/1- SCFI006). Secretaria de Economía. México, D.F. 1-23 p.
- Sieiro, M. G. L.; González, M. A. N.; Rodríguez, L. E. L. y Rodríguez, R. M. 2020. Efecto de los macroelementos primarios en la susceptibilidad a enfermedades. *Centro Agrícola*. 47(3):66-74.
- Siles, P. 2019. Fertilidad de los suelos en sistemas de pastos, café y cacao en el Tesac Nicaragua. Managua, Nicaragua: CGIAR research program on climate change, agriculture and food security (CCAFS). 12(1):1-13.
- Silva, A. Z.; Anderson, F. W.; Nowaki, R. H.; Cecílio, F. A. B. y Mendoza, C. J. W. 2017. Síntomas de deficiencia de macronutrientes en pimiento (*Capsicum annum* L.). *Agrociencia*. 21(2):31-43.
- Steiner, A. A. 1984. The universal solution. ISOSC. *In: Proceedings of 6th International congress on soil culture*. Lunteren, the netherlands. 633-649 pp.
- Sun, J.; Wang, M. J.; Ding, M. Q.; Deng, S. R.; Liu, M. Q.; Lu, C. F. and Song, J. 2010. H₂O₂ and cytosolic Ca²⁺ signals triggered by the PM H⁺-coupled transport system mediate K⁺/Na⁺ homeostasis in NaCl stressed *Populus euphratica* cells. *Plant, cell and environment*. 33(6):943-958.
- Urbina-Sánchez, E.; Cuevas-Jiménez, A.; Reyes-Alemán, J. C.; Alejo-Santiago, G.; Valdez-Aguilar, L. A. y Vázquez-García, L. M. 2020. Solución nutritiva adicionada con NH₄⁺ para producción hidropónica de chile huacle (*Capsicum annum* L.). *Rev. Fitotecnia Mexicana*. 43(3):291-298.
- Valentín-Miguel, M. C.; Castro-Brindis, R.; Rodríguez-Pérez, J. E. y Pérez-Grajales, M. 2013. Extracción de macronutrientes en chile de agua (*Capsicum annum* L.). *Rev. Chapingo. Serie horticultura*. 19(4):71-78.

Vázquez-Vázquez, C.; García-Hernández, J. L.; Salazar-Sosa, E.; López-Martínez, J. D.; Valdez-Cepeda, R. D.; Orona-Castillo, I.; Gallegos-Robles, M. A. y Preciado-Rangel, P. 2011. Aplicación de estiércol solarizado al suelo y la producción de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Rev. Chapingo. Serie Horticultura. 17(1):69-74.

CAPÍTULO 3

RÉGIMEN NUTRIMENTAL EN CHILHUACLE II: CICLO PRIMAVERA-VERANO

3.1 RESUMEN

El chilhuacle es el ingrediente esencial para elaborar la pasta de mole negro, fruto que durante los últimos años ha creado relevancia entre los chiles secos. Se cultivaron plantas de chilhuacle en el ciclo primavera-verano con la finalidad de favorecer el crecimiento, rendimiento y la calidad de los frutos. Se establecieron ocho regímenes nutrimentales 12 y 14 mEq L⁻¹ de NO₃⁻ (etapa vegetativa), 12:1:7 y 10:0.75:9.25 mEq L⁻¹ de NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻ (reproductiva), 12:7 y 14:9 mEq L⁻¹ de NO₃⁻:K⁺ (etapa de fructificación). El diseño fue completamente al azar, cinco repeticiones y una planta por unidad experimental. Las soluciones nutritivas fueron suministradas mediante un sistema de riego por goteo y contenedores de bolsa de polietileno negro (15.14 L⁻¹), distribuidas en tres bolillo a una distancia de 50 cm entre plantas y tezontle rojo como sustrato. Después de 128 días de trasplante, los resultados fueron que con el régimen nutrimental de 14 mEq L⁻¹ de NO₃⁻, 12:1:7 mEq L⁻¹ de NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻ y 14:9 mEq L⁻¹ de NO₃⁻:K⁺, se favoreció la altura de planta, biomasa de fruto y total. En frutos grandes favoreció el peso fresco, número de frutos, rendimiento de la materia fresca y seca de fruto.

Palabras clave: etapas fenológicas, nutrición, temperatura.

3.2 SUMMARY

The chilhuacle is the essential ingredient to make the black mole paste, a fruit that in recent years has created relevance among dried chilies. Chilhuacle plants were cultivated in the spring-summer cycle to promote growth, yield, and fruit quality. Eight nutritional regimens were established: 12 and 14 mEq L⁻¹ of NO₃⁻ (vegetative stage), 12:1:7 and 10:0.75:9.25 mEq L⁻¹ of NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻ (reproductive stage), 12:7 and 14:9 mEq L⁻¹ of NO₃⁻:K⁺ (fruiting stage). The design was completely randomized, five repetition and one plant per experimental unit. Nutrient solutions were supplied through a drip irrigation system and black polyethylene bag containers (15 L), distributed in three bolillo at 50 cm between plants and red tezontle as substrate. After 128 days of transplantation, the results were that with a nutritional regime of 14 mEq L⁻¹ of NO₃⁻, 12:1:7 mEq L⁻¹ of NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻ and 14:9 mEq L⁻¹ of NO₃⁻:K⁺, plant height, fruit biomass and total were favored. In large fruits, it favored fruit weight, number of fruits fresh, yield of fresh and dry matter of fruit.

Keywords: phenological stages, nutrition, temperature.

3.3 INTRODUCCIÓN

La temperatura juega un papel importante en el desarrollo de las plantas. El chilhuacle, es un fruto popular y endémico de Oaxaca que tolera climas cálidos a templados con una temperatura promedio de 22 °C (López y Pérez, 2015), máxima de 44.2 °C, mínima de 7.7 °C y en verano 36 °C (Sanjuan, 2020). El ciclo de cultivo sucede entre 185 a 195 días después de siembra (López *et al.*, 2016), durante los meses de primavera-verano favorece el desarrollo de las plantas y se reducen enfermedades.

La temperatura, humedad relativa, fotoperiodo e intensidad luminosa influye en el desarrollo del chilhuacle (López *et al.*, 2016). Las bajas temperaturas producen frutos pequeños, de baja calidad y deformes tipo “bolas o galletas” (Mármol, 2010). Las temperaturas mayores a 30 °C produce estrés hídrico y nutrimental (López-Puc *et al.*, 2020), reduce la cantidad, calidad y el tamaño de los frutos, mientras que un exceso de radiación induce mayor abscisión floral, desordenes fisiológicos, pudrición apical, quemaduras y bajo rendimiento (Olle y Bender, 2009).

Para incrementar el rendimiento y la calidad de los frutos, la nutrición (Martínez *et al.*, 2016) forma parte esencial para expresar el potencial productivo de las plantas (Luna-Fletes *et al.*, 2021). Un régimen nutrimental adecuado puede reducir deficiencias y enfermedades, así como incrementar el estado nutrimental de las plantas y la calidad de los frutos (Tapia-Vargas *et al.*, 2010) de acuerdo con las etapas fenológicas del cultivo que comprende la vegetativa, reproductiva y fructificación (Fajardo-Rebollar *et al.*, 2022).

En la etapa vegetativa, el nitrógeno es fuente importante para el crecimiento, desarrollo normal, vigor de tallos, área foliar y coloración uniforme en hojas (Eguez *et al.*, 2022). En la etapa reproductiva, la relación nitrato-fosfato-sulfato forma raíces, tallos, hojas, flores y frutos, el fósforo se concentra en tejidos meristemáticos formador de ATP, NAD, NADP y síntesis de proteína (Fariña *et al.*, 2022). La relación nitrato-potasio en

la etapa de fructificación, proporciona turgencia en las hojas mejorando la absorción de nutrientes (Fernández *et al.*, 2016) y la formación de flor/fruto.

El potasio es el elemento que proporciona la calidad al fruto, mejora la capacidad antioxidante, nutraceútica (Preciado-Rangel *et al.*, 2019), mejora los niveles hídricos, tolerancia a sequía, heladas, salinidad, enfermedades (Aguirre *et al.*, 2020) y rendimiento (Pavón *et al.*, 2021). La deficiencia de nitrato y potasio a temprana edad puede afectar el desarrollo normal de las plantas durante la formación de flor y fruto (Eguez *et al.*, 2022).

En chile habanero, las relaciones N, N-P-S y N-K aplicadas conforme el desarrollo de las etapas fenológicas del cultivo incrementaron el número de flores, frutos, materia seca y rendimiento, (López-Gómez *et al.*, 2017). Por tal motivo, el objetivo de la investigación fue evaluar ocho regímenes nutrimentales en plantas de chilhuacle en un ciclo primavera-verano que en función a la fenología con la finalidad de favorecer en el crecimiento, rendimiento y calidad física de los frutos en condiciones de invernadero.

3.4 MATERIALES Y MÉTODOS

3.4.1 Ubicación del experimento

La investigación se realizó en un invernadero del campo experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (18° 58' 51" latitud norte, 99° 13' 57" longitud oeste, 1,868 msnm) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, durante los meses de mayo a septiembre de 2020.

3.4.2 Material vegetal

Se utilizaron semillas de chilhuacle negro sembradas en charolas de polietileno negro de 128 cavidades con un volumen de 25 cc. La planta producida en invernadero alcanza una altura promedio de 168 cm, con tallos firmes y resistentes, con formación de dos a tres bifurcaciones. La floración sucede a los 102 días, fructificación a los 113 días y maduración a los 170 dds. El rendimiento promedio en peso fresco oscila en 1.4 Kg y en seco de 250 g y máximo de 434 g/planta. El fruto es una baya de forma trapezoidal de 6.6 por 5.2 cm, color verde intenso en estado inmaduro, café brillante en estado maduro y negro en completa deshidratación (Urbina-Sánchez *et al.*, 2020).

3.4.3 Manejo del experimento

Se diseñaron siete regímenes nutrimentales y un tratamiento testigo (Cuadro 1) donde se utilizó la Solución Nutritiva Universal de Steiner (SNU) (1984) como base para realizar las modificaciones de aniones y cationes. El experimento consistió en suministrar dos regímenes de NO_3^- (12 y 14 mEq L^{-1}) en la etapa vegetativa, manteniendo constante la relación $\text{SO}_4^{2-}:\text{H}_2\text{PO}_4^-$ (7:1) y las relaciones entre $\text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ (7:9:4), la concentración total de aniones y de cationes en 20 mEq L^{-1} , respectivamente (Cuadro 1). La etapa vegetativa tuvo una duración de 34 días hasta la aparición de los primeros botones florales.

Durante la etapa reproductiva, se suministraron dos regímenes 12:1:7 (testigo) y 10:0.75:9.25 mEq L^{-1} de $\text{NO}_3^-:\text{SO}_4^{2-}:\text{H}_2\text{PO}_4^-$ esta se consideró cuando el 50 % de las plantas presentaron el primer botón floral hasta la aparición del primer fruto a una

longitud de 10 ± 1 mm. Esta etapa tuvo una duración de 9 días. Durante la etapa de fructificación (85 días), se aplicaron dos regímenes 12:7 y 14:9 mEq L⁻¹ de NO₃⁻:K⁺, manteniendo las relaciones mutuas entre aniones y cationes como lo señala Steiner (1984) con la relación 12:1:7:7:9:4 de NO₃⁻:SO₄²⁻:H₂PO₄⁻:K⁺:Ca²⁺:Mg²⁺, respectivamente. Inició cuando los primeros frutos (10 ± 1 mm de longitud) fueron visibles hasta suceder la maduración.

Se consideró el aporte de los iones en el agua para preparar soluciones, y antes de agregar los fertilizantes en las dosis calculadas, el pH se ajustó a 5.5 con ácido sulfúrico.

Cuadro 1. Regímenes nutrimentales en la etapa vegetativa, reproductiva y fructificación del chilhuacle (*Capsicum annuum* L.).

Régimen	Etapa Vegetativa	Etapa Reproductiva	Etapa Fructificación
	NO ₃ ⁻ (mEq L ⁻¹)	NO ₃ ⁻ :H ₂ PO ₄ ⁻ :SO ₄ ²⁻ (mEq L ⁻¹)	NO ₃ ⁻ :K ⁺ (mEq L ⁻¹)
R1*	12	12:1:7	12:7
R2	12	12:1:7	14:9
R3	12	10:0.75:9.25	12:7
R4	12	10:0.75:9.25	14:9
R5	14	12:1:7	12:7
R6	14	12:1:7	14:9
R7	14	10:0.75:9.25	12:7
R8	14	10:0.75:9.25	14:9

*Testigo: Solución Nutritiva Universal (1984).

El régimen nutrimental fue suministrado a las plantas en distintas concentraciones con base a la etapa fenológica que fueron desarrollando: 80 % de Concentración Iónica Total (CIT) en la etapa vegetativa, 90 % etapa reproductiva, 90 % etapa de formación de flor-fruto, 70 % poda-despunte y 50 % maduración. Se programaron 10 riegos automatizados al día, 1 min en la etapa vegetativa, 2 min en etapa reproductiva y 3 a

4 min en la etapa de fructificación. El número de riegos al día dependió de la temperatura y la humedad relativa durante los meses en que se desarrolló el cultivo. Se eliminaron los brotes axilares a partir de la primera bifurcación, así como también la primera y segunda flor para inducir tallos vigorosos e incrementar el desarrollo vegetativo. La poda fue tipo holandesa con cuatro tallos principales. Para polinizar las flores se hizo vibrar a las plantas por medio de movimiento en los tutores. Se realizó despunte apical cuando el 50 % de las plantas tuvieron 10 entrenudos.

Para la prevención de plagas y enfermedades, se realizaron aplicaciones de insecticidas como DISPARO[®], MURALLA[®], MUSTANG MAX[®], KEEPER[®], BE LEAF[®], AVALANCH[®]; fungicidas como TOKAT CE 240[®], SULTRICOB-53[®], MANZATE 200[®], PROMYL[®], INTERGUZAN[®] 30-30; bactericidas como AGRI-GENT PLUS 800[®]; productos orgánicos como FUNGIFREE[®], KARANJIN[®] y NEEM[®] en dosis recomendadas por el producto para el control de mosca blanca, trips, gusano barrenador, pulgón, ácaros y enfermedades como *Alternaria alternata*.

3.4.4 Diseño experimental y variables respuesta

El diseño experimental fue completamente al azar, con cinco repeticiones por tratamiento. La unidad experimental se conformó de una planta por contenedor, con una distancia de 50 cm. Se midieron las variables de temperatura, humedad relativa e intensidad luminosa durante 172 días de experimentación (HOBO[®] data logger).

Las variables de respuesta evaluadas fueron: el contenido relativo de clorofila este se determinó con un SPAD (Minolta[®] IL, 2900 PDL), el área foliar se midió con un integrador de área foliar (Licor[®] INC, LI-3100 Area Meter), la altura de planta y longitud de raíz se midió con una cinta métrica, el diámetro de tallo se midió con un vernier digital (Stainless Hardened[®] IP54), el volumen de raíz se determinó por desplazamiento de agua con una probeta de 2000 mL. La biomasa de raíz, tallo, hoja, fruto y total se determinó con una balanza digital (OHAUS Corporation USA[®], CS 2000), el peso de materia seca de raíz, tallo, hoja y fruto se obtuvo por deshidratación en estufa de circulación forzada (Luzeren, DGH9070A[®]) a 70°C hasta peso constante.

Las variables de fruto fueron evaluadas en dos categorías: primera y segunda calidad. Los frutos con un peso > 4.0 g se consideraron de primera calidad, los frutos con un peso entre 2.0 y 3.9 g se consideraron de segunda calidad. Las variables medidas fueron longitud, diámetro ecuatorial, peso fresco, peso seco, número de frutos/planta (datos originales transformados por la raíz cuadrada y el logaritmo, previo a su análisis estadístico), rendimiento fresco y rendimiento seco. Se estimó el porcentaje de calidad en ambas categorías (datos transformados). Para la biomasa de los órganos de la planta (tallos, hojas, raíz y frutos) se utilizó una secadora digital de circulación forzada de aire (LUZEREN, DGH9070A) a una temperatura de 70 °C durante 72 h, para proseguir a cuantificar el peso seco mediante una balanza analítica (OHAUS Corporation USA®, CS 2000).

3.4.5 Análisis estadístico

Los datos obtenidos se estudiaron mediante un análisis de varianza con el programa SAS (Versión 9.0) y a las variables con efecto estadístico de tratamientos se les realizó una prueba de comparación múltiple de medias LSD ($P \leq 0.05$).

3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de 128 ddt, las plantas fueron evaluadas para la interpretación de resultados. La Solución Nutritiva Universal de Steiner (1984) (R1: 12, 12:1:7, 12:7 mEq L⁻¹) presentó precocidad en la maduración de los frutos a los 147 días después de siembra (dds). Se evaluaron las condiciones ambientales como temperatura, humedad relativa e intensidad luminosa. La temperatura fue de 10.6 °C hasta 43.8 °C (etapa vegetativa), 13.1 °C a 42.3 °C (floración) y 11.6 a 40.8 °C (fructificación). En promedio, la temperatura fue de 23.8 °C, humedad relativa 60.9 % e intensidad luminosa de 2803.6 lux. La temperatura estuvo dentro del rango establecido (López y Pérez, 2015; Sanjuan, 2020) al favorecer el rendimiento y la calidad del fruto.

La aplicación de un régimen nutrimental en chilhuacle afectó positivamente la morfología de la planta y la calidad del fruto. La concentración de clorofila no tuvo significancia ($P \leq 0.05$) por efecto del régimen nutrimental (82.29 unidades SPAD) (Cuadro 2); sin embargo, el régimen R8: 14, 10:0.75:9.25 y 14:9 mEq L⁻¹ aumentó el contenido de clorofila. La acumulación de N se encuentra en mayor cantidad en los órganos de la planta (López-Puc *et al.*, 2020). El chilhuacle es altamente requerido de N (14 mEq L⁻¹) durante todas las etapas de desarrollo debido a la producción continua de hojas, tallos, raíces, flores y frutos, resultados similares fueron obtenidos en chile habanero var. Jaguar (López-Gómez *et al.* (2017).

La evaluación de chilhuacle en sus tres etapas fenológicas, la relación 10:9 mEq L⁻¹ de NO₃:K⁺ en la etapa de fructificación produjo 89.36 unidades SPAD (Fajardo-Rebollar *et al.*, 2022). En el presente estudio, el contenido de clorofila fue 92.18 unidades SPAD cuando las plantas fueron nutridas con 14:9 mEq L⁻¹. En ambos regímenes el N aumentó de 10 a 14 mEq L⁻¹ mientras que el K⁺ se mantuvo constante, lo cual determina lo antes expuesto, la demanda de N es mayor para incrementar el crecimiento vegetativo y fructificación. Por lo tanto, el N disponible mediante la aplicación de soluciones nutritivas esta relacionado con la concentración de clorofila presente en las hojas de chilhuacle.

El régimen R5: 14, 12:1:7 y 12:7 mEq L⁻¹ incrementó 70.7 % el área foliar en comparación con el régimen R7 (14, 10:0.75:9.25, 12:7). La relación 12:1:7 (reproductiva) incrementó en número de hojas por efecto del N y P disponible en las soluciones nutritivas. La constante formación de raíces, tallos y hojas, flores y frutos, se debe a la relación N:P que además aportó turgencia a las hojas, aumentó la absorción y distribución de nutrientes (Fernández *et al.*, 2016). Por ello, la necesidad de N durante el ciclo de cultivo favoreció el crecimiento de las plantas. En pimiento, la ausencia de P y N en la solución nutritiva de Steiner redujo la producción de hoja, mientras que el K incrementó el área foliar (Eguez *et al.*, 2022). En *Capsicum*, el P y N son elementos necesarios para la producción de hojas.

El régimen R6: 14, 12:1:7 y 14:9 mEq L⁻¹ produjo plantas más altas (155.8 cm) con 11.08 % a diferencia de los regímenes aplicados (Cuadro 2). En chilhuacle, los primeros 30 días son de crecimiento lento; sin embargo, los próximos 60 días (58 cm) el crecimiento se acelera hasta los 90 días las plantas presentan una altura de 114 cm (Sanjuan, 2020). En un sistema hidropónico con soluciones nutritivas al 100 % de CIT, la altura del chilhuacle es de 95 ± 120 cm (Sanjuan, 2020). En variedades de chilhuacle negro y rojo, no incrementó la altura de planta (102.3 cm) en 178 días (Urbina-Sánchez *et al.*, 2020). Es conocido que el chilhuacle no presenta alteraciones en sus estructuras por efecto de la nutrición o manejo, sino por las condiciones climáticas donde las plantas son cultivadas.

El diámetro de tallo incrementó 38.06 % con el régimen R2 (12, 12:1:7 y 14:9) al producir tallos más gruesos que el régimen R8 (14, 10:0.75:9.25 y 14:9 mEq L⁻¹; Cuadro 2). El chilhuacle producido en hidroponía con solución nutritiva de Steiner al 100 % produjo tallos de 1.45 ± 0.2 cm de diámetro (Sanjuan, 2020). En la práctica, en pimiento las podas de conducción y la eliminación de las primeras flores es parte del manejo agronómico para inducir mayor altura y vigor en tallos (Pinto y Álvarez, 2018). En este sentido, el crecimiento vegetativo se busca priorizar la nutrición para el desarrollo de raíz, tallo y hojas. En chile habanero, el régimen 14, 12:1:7 y 14:5 mEq L⁻¹ aumentó el diámetro de tallo principal (López-Gómez *et al.*, 2017) como efecto de

las soluciones nutritivas de acuerdo con la etapa fenológica. Los *Capsicum*, requieren de una alta concentración de N y P para la formación de flores y frutos; sin embargo, el -K puede afectar el desarrollo normal de las plantas al producir tallos delgados por falta de N, P y S. El régimen R8, redujo el diámetro de tallo al disminuir los niveles de N, P e incrementar el S durante la formación de flores y frutos.

La longitud de raíz no produjo significancia entre tratamientos ($P \leq 0.05$) (Cuadro 2). Los regímenes R3 (12, 10:0.75:9.25, 12:7), R5 (14, 12:1:7, 12:7) y R9 (14, 10:0.75:9.25, 14:9 mEq L⁻¹) fueron estadísticamente similares (29.36 cm) en longitud de raíz (37.96 %). En volumen de raíz, los resultados fueron significativos con el régimen R2: 12, 12:1:7 y 14:9 mEq L⁻¹ (70.27 %) que las plantas nutridas con R8: 14, 10:0.75:9.25, 12:7 mEq L⁻¹. Al incrementar el N, P y K en las etapas reproductiva y desarrollo de frutos fue significativo en chilhuacle al favorecer la producción de raíces. En pimiento, el volumen radicular incrementó con la SNU completa en 3 263.35 mm³, área radical 14 572.64 mm², diámetro radical 0.48 mm y longitud radical 7 012.65 mm (Eguez *et al.*, 2022). En hidroponía, las raíces de chilhuacle crecieron 47.61 cm de largo durante 178 días de cultivo (Urbina-Sánchez *et al.*, 2020). La diferencia de ambos estudios fue 50 días donde las plantas fueron favorecidas al presentar mayor volumen radical y anclaje de raíz.

Cuadro 2. Efecto del régimen nutrimental en las variables morfológicas de plantas de chilhuacle negro.

Régimen	Régimen nutrimental (mEq L ⁻¹)			CRC (SPAD)	AF (cm ³)	AP (cm)	DT (mm)	LR (cm)	VR (cm ³)
	NO ₃ ⁻	NO ₃ :H ₂ PO ₄ :SO ₄ ²⁻	NO ₃ :K ⁺						
R1*	12*	12:1:7*	12:7*	77.30	4697.2 abc	145.14 bc	16.22 bc	27.48 ab	70.00 ab
R2	12	12:1:7	14:9	84.46	5087.2 ab	147.52 abc	19.44 a	27.16 ab	78.00 a
R3	12	10:0.75:9.25	12:7	76.46	4772.7 abc	140.32 c	15.68 bc	29.78 a	62.00 abc
R4	12	10:0.75:9.25	14:9	74.66	4052.8 abc	150.02 ab	16.32 bc	21.28 b	52.00 bc
R5	14	12:1:7	12:7	82.60	5539.5 a	148.02 abc	17.86 ab	30.04 a	62.00 abc
R6	14	12:1:7	14:9	85.90	3805.9 bc	155.88 a	18.16 ab	26.04 ab	64.00 abc
R7	14	10:0.75:9.25	12:7	84.76	3243.6 c	140.34 c	15.66 bc	24.18 ab	44.00 c
R8	14	10:0.75:9.25	14:9	92.18	4218.9 abc	143.58 bc	14.08 c	30.28 a	56.00 bc
DMS		-	-	26.04	1536.0	8.85	2.78	6.86	21.93
CV (%)		-	-	24.56	26.93	4.69	12.98	19.71	27.91

Medias con la misma literal en columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba LSD ($P \leq 0.05$). CRC: contenido relativo de clorofila; AF: área foliar; AP: altura de planta; DT: diámetro de tallo; LR: longitud de raíz; VR: volumen de raíz. DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación. *testigo.

La producción de materia seca en plantas de chilhuacle afecto positivamente en raíz, tallo y hoja por efecto del régimen R5: 14 mEq L⁻¹ de NO₃⁻, 12:1:7 mEq L⁻¹ de NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻ y 12:7 mEq L⁻¹ de NO₃⁻:K⁺ en la etapa vegetativa, reproductiva y fructificación. Aunque en raíz, el régimen R2: 12, 12:1:7, 14:9 y R5 (testigo) fue similar estadísticamente; sin embargo, en las plantas testigo incrementó en 72.2 % en raíz, 32.9 % tallo y 63.7 % hoja (Cuadro 3). La materia seca de fruto (128.52 g) y planta completa (246.35 g) no hubo significancia por efecto del régimen nutrimental; sin embargo, el régimen R6: 14, 12:1:7 y 14:9 mEq L⁻¹ aumentó la materia seca en ambas variables en 37.6 % y 23.0 %, respectivamente. Como resultado del régimen R6, los niveles de N se mantuvieron en 14 mEq L⁻¹ en las etapas de mayor demanda (vegetativa y desarrollo de fruto), el K⁺ se mantuvo en 9 mEq L⁻¹ requerido en mayor cantidad que las plantas testigo.

El chilhuacle cultivado en hidroponía produjo 102.8 g en peso fresco y 17.4 g en peso seco en raíces evaluadas, el peso fresco de planta fue 403.7 g y peso seco de planta fue 81.1 g (Urbina-Sánchez *et al.*, 2020) como resultado al incrementar los días de cultivo (178 días). En cultivares rojo y negro, el peso seco de planta fue de 70.0 y 71.15 g, valores promedio en comparación con el ciclo primavera-verano destacando que la producción de materia seca fue mayor en el cultivar negro que en rojo. La partición de materia seca de raíz, hoja y fruto tuvo significancia ($P \leq 0.05$) por efecto del régimen nutrimental. La distribución de materia correspondió a 3.88 % a raíz, 31.24 % tallo, 13.0 hoja y 51.86 a fruto.

Cuadro 3. Efecto del régimen nutrimental en la producción de materia seca y partición de materia seca en chilhuacle negro.

Régimen	Régimen nutrimental (mEq L ⁻¹)			BSR	BST	BSH	BSF	BSTOT
	NO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻ :H ₂ PO ₄ ⁻ :SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻ :K ⁺	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)
R1*	12*	12:1:7*	12:7*	8.80 bc	76.40 ab	31.40 ab	109.40	226.0
R2	12	12:1:7	14:9	11.80 a	84.80 ab	35.20 ab	127.60	259.4
R3	12	10:0.75:9.25	12:7	8.20 bc	74.00 ab	33.60 ab	124.60	240.4
R4	12	10:0.75:9.25	14:9	7.20 c	69.20 ab	27.60 b	124.40	228.4
R5	14	12:1:7	12:7	12.40 a	88.40 a	43.40 a	129.80	274.0
R6	14	12:1:7	14:9	10.20 ab	85.20 ab	32.20 ab	150.60	278.2
R7	14	10:0.75:9.25	12:7	8.00 bc	65.60 b	26.00 b	137.60	237.2
R8	14	10:0.75:9.25	14:9	8.60 bc	67.40 b	27.00 b	124.20	227.2
DMS		-	-	2.64	20.29	13.86	43.79	52.48
CV (%)		-	-	21.80	20.62	33.57	26.45	16.53

Medias con la misma literal en columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba LSD ($P \leq 0.05$). BSH: Biomasa de hoja; BST: Biomasa de tallo; BSR: Biomasa de raíz; BSTOT: Biomasa total; PMSH: Partición de materia seca de hoja; PMST: Partición de materia seca de tallo; PMSR: Partición de materia seca de raíz. DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación. *Testigo.

Los frutos fueron evaluados conforme al peso obtenido en dos categorías: grandes (> 4.0 g) y medianos (2.0 a 3.9 g). El presente estudio se evaluaron 837 frutos, el 87.46 % fueron frutos grandes y el 12.54 % fueron frutos medianos. La longitud de fruto y peso fresco de fruto mostraron significancia estadística ($P \leq 0.05$) por efecto del régimen nutrimental (Cuadro 4). En las variables diámetro ecuatorial (49.84 mm), peso seco (6.73 g), número de frutos (18.30), rendimiento fresco (842.5 g) y seco (120.8 g) no presentaron significancia en la categoría de frutos grandes o primera calidad. En longitud de fruto, las plantas testigo (12, 12:1:7, 12:7 mEq L⁻¹), régimen R2 (12, 12:1:7, 14:9), R3 (12, 10:0.75:9.25, 12:7), R4 (12, 10:0.75:9.25, 14:9) y R6 (14, 12:1:7, 14:9 mEq L⁻¹) favorecieron un 15.0 % en frutos más largos (73.78 mm).

En hidroponía, el diámetro longitudinal en chilhuacle fue de 6.3 cm y ecuatorial de 3.7 cm (Sanjuan, 2020), mientras que la solución nutritiva de Steiner (100 %) incrementó el diámetro polar y ecuatorial en el cultivar negro en 72.35 y 31.72 mm (Urbina-Sánchez *et al.*, 2020). De acuerdo con la forma de los frutos de chilhuacle, la calidad está determinada por los parámetros físicos (más ancho que largo); sin embargo, al incrementar el número de frutos por planta, la calidad se reduce. Los datos anteriores demuestran, que la ausencia de un manejo agronómico conducido por podas de conducción incrementa el número de frutos por planta (29.76) y el diámetro polar, mientras se reduce el diámetro ecuatorial, una característica considerable para la comercialización de frutos.

El peso fresco de fruto incrementó con los regímenes R4: 12, 10:0.75:9.25, 14:9 y R6: 14, 12:1:7, 14:9 mEq L⁻¹ en 24.6 % a diferencia de las plantas nutridas con R7: 14, 10:0.75:9.25, 12:7 mEq L⁻¹. La respuesta de las plantas nutridas con 14:9 mEq L⁻¹ durante la última etapa favoreció el peso de los frutos debido a una mayor acumulación de N y K, donde el K⁺ es esencial para el crecimiento, calidad (Preciado-Rangel *et al.*, 2019) y rendimiento (Pavón *et al.*, 2021). En chilhuacle, se estima que la temperatura y la nutrición tiene relevancia en el peso y rendimiento del cultivo, el peso fresco fue de 20.7 g y frutos maduros de 22.3 g (Sanjuan, 2020). Otro estudio realizado en chilhuacle, el peso fresco y seco fue de 18.86 g y 2.13 g (Urbina-Sánchez *et al.*, 2020),

resultado de un exceso de frutos pequeños que son destinados para la elaboración de pasta de mole o venta de frutos en tercera calidad debido a su bajo peso.

En chile serrano, la solución nutritiva de Steiner al 75% incrementó el rendimiento en 41% con respecto a las plantas nutridas con 25%, al no cumplir con los rangos de suficiencia de fósforo, mientras que en calcio se sobre dosificó (Cruz-Crespo *et al.*, 2014). El suministro adecuado de N refleja la relación con el rendimiento (Tucuch-Haas *et al.*, 2012). En chile habanero, la relación $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$ 20 /80 mejoró el rendimiento y calidad de fruto; la altura y diámetro de tallo de planta favoreció la relación 0/100. En *Capsicum*, los requerimientos de amonio son mínimos para participar en el crecimiento y rendimiento. La concentración de NH_4^+ en chilhuacle, no tuvo significancia entre variables, pero si en el cultivar negro en dosis de 3.0 meq L⁻¹ aumentó la producción (394.16 g/planta) y el número de frutos/planta (25.13) (Urbina-Sánchez *et al.*, 2020).

El número de frutos/planta, rendimiento de la materia fresca y seca no tuvo significancia la aplicación del régimen nutrimental. El régimen R6: 14, 12:1:7, 14:9 mEq L⁻¹ incrementó en 44.73 %, 228.0 % y 29.06 %, respectivamente en comparación del testigo. Estos resultados demuestran la alta demanda de N en los *Capsicum*, para incrementar la calidad, número de frutos y rendimiento. El chilhuacle cultivado a cielo abierto se obtiene un rendimiento de 1.0 t/ha en peso seco (López *et al.*, 2016), en invernadero en peso fresco es de 1.7 t/ha y peso de frutos por planta es de 0.434 g kg m⁻² (Urbina-Sánchez *et al.*, 2020). La investigación produjo un rendimiento en materia seca de 133.2 g/planta, lo cual es de esperarse como parte del manejo realizado sin considerar el aborto de flor como causa natural durante la etapa de desarrollo de flor-fruto. El peso de fruto fue mayor por efecto de los regímenes nutrimentales y la temperatura en plantas de chilhuacle.

Cuadro 4. Efecto del régimen nutrimental en plantas de chilhuacle negro en la producción de frutos de primera calidad.

Régimen	Régimen nutrimental (mEq L ⁻¹)			Longitud de fruto (mm)	Diámetro ecuatorial (mm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	**Frutos por planta	Rendimiento fresco (g)	Rendimiento seco (g)
	NO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻ :H ₂ PO ₄ ⁻ :SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻ :K ⁺							
R1*	12*	12:1:7*	12:7*	74.10 a	49.82	48.16 ab	6.86	15.20	728.60	103.2
R2	12	12:1:7	14:9	71.56 a	50.66	47.82 ab	6.48	18.60	805.60	119.0
R3	12	10:0.75:9.25	12:7	73.98 a	48.33	45.30 ab	6.68	18.60	805.60	118.0
R4	12	10:0.75:9.25	14:9	75.42 a	49.54	49.66 a	7.28	17.00	824.00	118.0
R5	14	12:1:7	12:7	71.18 ab	50.66	47.18 ab	7.30	17.40	825.60	127.8
R6	14	12:1:7	14:9	73.84 a	49.96	51.56 a	6.46	22.40	1044.40	133.2
R7	14	10:0.75:9.25	12:7	64.14 b	50.16	40.60 b	6.12	21.20	861.20	130.0
R8	14	10:0.75:9.25	14:9	69.38 ab	49.62	43.72 ab	6.72	16.00	767.60	117.2
DMS		-	-	7.09	2.83	8.66	1.27	7.05	318.41	44.68
CV (%)		-	-	7.68	4.42	14.39	14.66	11.27	29.33	28.71

Medias con la misma literal en columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba LSD ($P \leq 0.05$). DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación. ** Los datos se transformaron con logaritmo para realizar el análisis estadístico.

*Testigo

En frutos medianos se presentó significancia por efecto del régimen nutrimental ($P \leq 0.05$) en longitud, diámetro ecuatorial, peso de la materia fresca y seco de fruto, número de frutos por planta y rendimiento de la materia fresca y seca de fruto (Cuadro 5). En frutos medianos, el número de frutos por planta, rendimiento de materia fresca y seca aumentó con el régimen R6: 14, 12:1:7, 14:9 mEq L⁻¹ en 283.23 %, 221.80 % y 251.17 %, respectivamente, a comparación de las plantas tratadas con los regímenes R4 y R5. El desarrollo de fruto se debe al suministro adecuado de nutrientes requeridos en mayor cantidad para inducir el crecimiento, la deficiencia de N y K en las primeras etapas de desarrollo puede afectar la formación de flores, frutos y rendimiento (Eguez *et al.*, 2022).

La categoría de frutos medianos o segunda calidad se realizó de acuerdo con el peso seco de fruto. En la práctica, la selección de frutos es una labor importante para los productores puesto que al incrementar el número de frutos pequeños (o tercera calidad) son destinados para elaborar pasta de mole por lo que precio del fruto disminuye, mientras que los frutos de primera y segunda calidad en cuanto al peso y la calidad física de los frutos son preferenciales para comercializar en mercados regionales y supermercados donde el precio es superior. En este estudio, la temperatura favoreció el peso de frutos y el rendimiento. Por lo tanto, las condiciones ambientales principalmente de temperatura mayor a 20 °C incrementaron el crecimiento, calidad y rendimiento.

Cuadro 5. Efecto del régimen nutrimental en plantas de chilhuacle negro en la producción de frutos de segunda calidad.

Régimen	Régimen nutrimental (mEq L ⁻¹)			Longitud fruto (mm)	Diámetro ecuatorial (mm)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	**Frutos planta -	Rendimiento fresco (g)	Rendimiento seco (g)
	NO ₃ ⁻	NO ₃ :H ₂ PO ₄ ⁻ :SO ₄ ²⁻	NO ₃ :K ⁺							
R1	12	12:1:7*	12:7*	70.30 a	46.20 abc	33.40 a	2.80 a	4.00 ab	125.33 ab	10.67 ab
R2	12	12:1:7	14:9	54.93 ab	43.75 abc	24.73 b	2.90 a	2.75 ab	68.00 ab	7.50 ab
R3	12	10:0.75:9.25	12:7	61.80 ab	41.04 bc	25.60 b	2.86 a	3.00 ab	79.40 ab	8.40 ab
R4	12	10:0.75:9.25	14:9	50.23 bc	37.38 c	15.33 c	2.28 b	2.75 ab	53.00 b	7.00 ab
R5	14	12:1:7	12:7	71.63 a	44.67 abc	29.00 ab	2.90 a	1.67 b	46.33 b	4.67 b
R6	14	12:1:7	14:9	57.82 ab	40.68 bc	22.64 b	2.54 ab	6.40 a	141.40 a	16.40 a
R7	14	10:0.75:9.25	12:7	43.36 c	49.32 a	22.68 b	2.86 a	2.80 ab	64.20 ab	7.80 ab
R8	14	10:0.75:9.25	14:9	49.20 bc	35.15 c	12.25 c	2.25 b	2.50 ab	32.50 b	6.00 ab
DMS		-	-	16.47	7.19	6.75	0.40	4.34	97.24	11.13
CV (%)		-	-	18.64	10.79	18.51	9.68	42.10	77.78	79.43

Medias con la misma literal en columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba LSD ($P \leq 0.05$). DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación. ** los datos se transformaron con la raíz para realizar el análisis estadístico. *Testigo

Por efecto del régimen nutrimental en chilhuacle, los frutos grandes y medianos presentaron significancia ($P \leq 0.05$) al incrementar el porcentaje de frutos grandes, calidad y el estado nutrimental de las plantas (Tapia-Vargas *et al.*, 2010). El régimen R8: 14 mEq L⁻¹ de NO₃⁻, 10:0.75:9.25 mEq L⁻¹ de NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻ y 14:9 mEq L⁻¹ de NO₃⁻:K⁺ produjo 95.86 % frutos grandes y 4.13 % frutos medianos (Cuadro 6). Lo contrario al régimen R6: 14, 12:1:7, 14:9 mEq L⁻¹, el 77.41 % correspondió a frutos grandes y 22.58 % en frutos medianos. El régimen R6 aumentó la producción de frutos medianos; sin embargo, las variables morfológicas y frutos grandes fueron afectados por el régimen. Los regímenes NO₃⁻, NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻ y NO₃⁻:K⁺ con base a la fenología de chilhuacle (Fajardo-Rebollar *et al.*, 2022) y cultivado durante la primavera-verano, incrementaron el crecimiento, materia seca y calidad de fruto. Resultados similares fueron obtenidos en chile habanero (López-Gómez *et al.*, 2017).

Cuadro 6. Efecto del régimen nutrimental en plantas de chilhuacle en la producción de frutos de calidad.

Régimen	Régimen nutrimental (mEq L ⁻¹)			**Frutos grandes	**Frutos medianos
	NO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻ :H ₂ PO ₄ ⁻ :SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻ :K ⁺	(%)	(%)
R1	12*	12:1:7*	12:7*	88.56 ab	11.43 ab
R2	12	12:1:7	14:9	90.17 ab	9.82 ab
R3	12	10:0.75:9.25	12:7	86.18 ab	13.82 ab
R4	12	10:0.75:9.25	14:9	86.18 ab	13.19 abc
R5	14	12:1:7	12:7	94.34 a	5.65 bc
R6	14	12:1:7	14:9	77.41 b	22.58 a
R7	14	10:0.75:9.25	12:7	88.80 ab	11.19 abc
R8	14	10:0.75:9.25	14:9	95.86 a	4.13 c
DMS	-	-	-	2.83	13.45
CV (%)	-	-	-	11.79	61.72

Medias con la misma literal en columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba LSD ($P \leq 0.05$). DMS: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación. **Los datos se transformaron con el logaritmo para realizar el análisis estadístico. Frutos grandes fueron estimados con peso seco mayor a 4 g; Frutos medianos fueron estimados con peso seco de 2.0 g a 3.9. *Testigo.

3.6 CONCLUSIONES

El régimen nutrimental aplicado en plantas de chilhuacle negro durante el ciclo primavera-verano basado en la fenología de las plantas, favoreció el rendimiento y calidad de los frutos. En 128 días, el suministro de 14 mEq L⁻¹ de NO₃⁻ (etapa vegetativa), 12:1:7 mEq L⁻¹ de NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻ (reproductiva) y 14:9 mEq L⁻¹ de NO₃⁻:K⁺ (fructificación), incrementó el contenido relativo de clorofila, altura de planta, materia seca de fruto y total. En frutos grandes aumentó el peso fresco, número de frutos por planta, rendimiento fresco y seco, en frutos medianos el número de frutos/planta, rendimiento fresco y seco. El porcentaje de frutos grandes (> 4.0 g) correspondió a 95.86 % y 4.13 % en frutos medianos por el régimen 14, 10:0.75:9.25, 14:9 mEq L⁻¹, en la etapa vegetativa, reproductiva y fructificación.

3.7 LITERATURA CITADA

- Aguirre, J. J. M.; Nieto, D. D. C.; Cárdenas, J. A. L.; Espinoza, R. F. R.; Chang, Y. J. V. y Rueda, L. A. T. 2020. Efecto de dosis de potasio en el cultivo de ají paprika (*Capsicum annuum* L.) variedad papri king. Big Bang Faustiniiano. 9(4):47-51.
- Cruz-Crespo, E.; Álvaro, Can-Chulim, A.; Bugarín-Montoya, R.; Pineda-Pineda, J.; Flores-Canales, R.; Juárez-López, P. y Alejo-Santiago, G. 2014. Concentración nutrimental foliar y crecimiento de chile serrano en función de la solución nutritiva y el sustrato. Rev. Fitotec. Mex. 37(3):289-295.
- Eguez, E.; León, L.; Loor, J. y Pacheco, L. 2022. Deficiencia nutricional de macronutrientes en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* Linneo) cultivadas en solución nutritiva. Revista de Investigación Talentos. 9(1):69-82.
- Fajardo-Rebollar, E.; Villegas-Torres, O. G.; Andrade-Rodríguez, M.; Sotelo-Nava, H.; Perdomo-Roldán, F. y Viveros-Ceballos, J. L. 2022. Nutrición mineral del chilhuacle en tres etapas fenológicas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 13(1):155-165.
- Fariña, P. R. V.; Franco, M. F. S.; Aquino, L. A.; Macedo, W. R.; Pauletti, V.; da Silva, C. D. 2022. Influência do vigor de sementes na resposta do feijoeiro à adubação com fósforo. Research, Society and Development. 11(2):e58011225914.
- Fernández, L. J. C.; Bohórquez, S. W. y Rodríguez, A. 2016. Dinámica nutricional de cacao bajo diferentes tratamientos de fertilización con N, P y K en vivero. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. 10(2):367-380.
- López-Gómez, J. D.; Villegas-Torres, O. G.; Sotelo Nava, H.; Andrade Rodríguez, M.; Juárez López, P.; Martínez Fernández, E. 2017. Rendimiento y calidad del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) por efecto del régimen nutrimental. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 8(8):1747-1758.
- López, L. P. y Pérez, B. D. 2015. El chile huacle (*Capsicum annuum* sp.) en el estado de Oaxaca, México. Revista Agroproductividad. 8(1):35-39.

- López, L. P.; Rodríguez, H, R. y Bravo, M, E. 2016. Impacto económico del chile huacle (*Capsicum annuum* L.) en el estado de Oaxaca. Revista Mexicana de Agronegocios. 20(38):317-328.
- López-Puc, G.; Ramírez -Sucre, M. O. y Rodríguez-Buenfil, I. M. 2020. Capsaicinoides en chile habanero (*Capsicum chinense* J.) y factores que afectan su producción. pp. 95-116. In: Rodríguez-Buenfil, I. M. y Ramírez -Sucre, M. O. (Eds.). Metabolómica y cultivo del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) de la Península de Yucatán. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. A. C. CIATEJ. Guadalajara, Jalisco.
- Luna-Fletes, J. A.; Cruz-Crespo, E. y Can-Chulim, Á. 2021. Piedra pómez, tezontle y soluciones nutritivas en el cultivo de tomate cherry. Terra Latinoamericana. 9(1):1-12.
- Mármol, J. R. 2010. Cultivo del pimiento dulce en invernadero. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Secretaría General Técnica. 294 p.
- Martínez, M. A. C.; Mejía De T. M. S.; Ibarra, E. D. M.; García, D. M. A. y Cayón, S. D. G. 2016. Respuesta del ají (*Capsicum annuum* L. Var. Cayena) a concentraciones de N, P, K, Ca y Mg en Palmira, Valle del Cauca, Colombia. Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales. 3(1):40-48.
- Olle, M. and Bender, I. 2009. Causes and control of calcium deficiency disorders in vegetables: A review. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 84(6):577-584.
- Pavón, L. D. T.; Fernández, J. A. B. y Graupera, X. J. G. 2021. Efectos de fertilización potásica en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.) var: híbrido Nathalie. Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria. 5(13):78-90.
- Pinto, M. T. y Álvarez, F. 2018. Aspectos generales del manejo agronómico del pimiento en Chile. Boletín INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias. No. 360.
- Preciado-Rangel, P.; Andrade-Sifuentes, A.; Sánchez-Chávez, E.; Salas-Pérez, L.; Fortis-Hernández, M.; Rueda-Puente, E. O. and García-Hernández, J. L. 2019.

- Potassium influence the nutraceutical and antioxidant content of Serrano hot pepper (*Capsicum annuum* L.). *Agrociencia*. 53(4):581-591.
- Sanjuan, M. J. 2020. Características vegetativas y de frutos de tres tipos de chiles de Oaxaca producidos en invernadero. pp. 50-59. *In*: Sandoth, S. T. (Ed.). *Contribución al Conocimiento Científico y Tecnológico en Oaxaca*. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR). Oaxaca, México.
- Steiner, A. A. 1984. The universal solution. ISOSC. *In*: Proceedings of 6th International Congress on Soilles Culture. Lunteren, The Netherlands. 633-649 pp.
- Tapia-Vargas, L. M.; Rico-Ponce, H. R.; Larios-Guzmán, A.; Vidales-Fernández, I. y Pedraza-Santos, M. E. 2010. Manejo nutrimental en relación con la calidad de fruto y estado nutricional del melón cantaloupe. *Rev. Chapingo. Ser. Hortic.* 16(1):49-55.
- Tucuch-Haas C. J.; Alcántar-González G.; Ordaz-Chaparro V. M.; Santizo-Rincón J. A. y Larqué-Saavedra A. 2012. Producción y calidad de chile habanero (*Capsicum chinense* jacq.) con diferentes relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ y tamaño de partícula de sustratos. *Terra latinoamericana*. 30(1):9-15.
- Urbina-Sánchez, E.; Cuevas-Jiménez, A.; Reyes-Alemán, J. C.; Alejo-Santiago, G.; Valdez-Aguilar, L. A. y Vázquez-García, L. M. 2020. Solución nutritiva adicionada con NH_4^+ para producción hidropónica de chile huacle (*Capsicum annuum* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana*. 43(3):291-29.

CAPÍTULO 4

RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTOS DE CHILHUACLE (*Capsicum annuum* L.) EN RESPUESTA AL NÚMERO DE TALLOS POR PLANTA Y FERTILIZACIÓN FOLIAR

4.1 RESUMEN

En chilhuacle hay poca información sobre el manejo de las plantas en condiciones protegidas, por lo que el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la poda de conducción y la fertilización foliar para incrementar el rendimiento y calidad de frutos en hidroponía y en cubierta plástica. Se generaron 18 tratamientos a partir de dos factores: poda y fertilización foliar, en un diseño completamente al azar, con cinco repeticiones y una planta como unidad experimental en un contenedor de polietileno negro (15.14 L), tezontle rojo como sustrato. La distancia entre plantas fue de 50 cm en arreglo topológico tresbolillo. La nutrición fue el régimen nutrimental 14 mEq L⁻¹ de NO₃⁻ etapa vegetativa, 10:0.75:9.25 mEq L⁻¹ de NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻ reproductiva y 14:9 mEq L⁻¹ de NO₃⁻:K⁺ en fructificación. El manejo consistió en conducir las plantas a 2, 4 tallos y libre crecimiento, la fertilización foliar se aplicó con la aspersion de FF-UAEM, Gro-Green®, Agromil V®, FF-UAEM+Agromil V®, Gro-Green®+Agromil V® y agua destilada. Los resultados demostraron que la aspersion con agua destilada y libre crecimiento aumentó el número de frutos/planta y el rendimiento en materia fresca y seca, reduciendo la calidad del fruto. La poda a 4 tallos es una alternativa de producción para favorecer en el peso, calidad y rendimiento del cultivo. La fertilización foliar no tuvo efecto significativo en el desarrollo, pero si en la calidad de fruto.

Palabras clave: manejo, bioestimulantes, podas.

4.2 SUMMARY

In Chilhuacle there is little information about the management of plants in protected conditions, so the objective of this research was to evaluate the effect of conduction pruning and foliar fertilization to increase the yield and quality of fruits in hydroponics and plastic cover. Eighteen treatments were generated from two factors: pruning and foliar fertilization, in a completely random design, with five repetitions and a plant as an experimental unit in a black polyethylene container (15.14 L), red tezontle as a substrate. The distance between plants was 50 cm in topological arrangement tres bolillo. Nutrition was the nutritional regime 14 mEq L⁻¹ of NO₃⁻ vegetative stage, 10:0.75:9.25 mEq L⁻¹ of NO₃⁻:H₂PO₄⁻:SO₄²⁻ reproductive stage and 12:7 mEq L⁻¹ of NO₃⁻:K⁺ in fruiting. The management consisted of driving the plant to 2, 4 stems and free growth, foliar fertilization was applied with the spraying of FF-UAEM, Gro-Green®, Agromil V®, FF-UAEM + Agromil V®, Gro-Green®+Agromil V® and distilled water. The results showed that spraying with distilled water and free growth increased the number of fruits/plant and the yield in fresh and dry matter, reducing the quality of the fruit. Pruning to 4 stems is a production alternative to favor the weight, quality and yield of the crop. Foliar fertilization hadn't a significant effect on development, but on fruit quality.

Key words: management, biostimulants, pruning.

4.3 INTRODUCCIÓN

El chilhuacle negro es un chile seco nativo de Oaxaca, de alto valor económico. El fruto es el ingrediente esencial para elaborar el mole negro oaxaqueño (López *et al.*, 2016). Se comercializa principalmente en seco en primera y segunda calidad lo que determina el precio del fruto. Actualmente, el precio del fruto se ha elevado debido a la problemática del cultivo como la carencia de variedades mejoradas, altos costos de producción (Martínez-Gutiérrez *et al.*, 2021), enfermedades virales y desconocimiento al manejo agronómico al emplear técnicas y formulaciones nutrimentales no adecuadas al cultivo (López *et al.*, 2016) afectando el rendimiento y la calidad del fruto. El rendimiento a cielo abierto en chilhuacle es de 1.0 t ha⁻¹ (López *et al.*, 2016), en invernadero es de 434.0 g/planta (Urbina-Sánchez *et al.*, 2020).

El crecimiento de la planta y la morfología de los frutos es similar al manejo agronómico en pimiento. En invernadero, el chilhuacle presenta mayor crecimiento por lo que establecer un manejo con podas de conducción (Martínez-Gutiérrez *et al.*, 2021) y fertilización foliar puede favorecer el rendimiento y la calidad del fruto. El tamaño de la molécula, solubilidad y la rápida asimilación son características que determinar la eficacia de la fertilización foliar (Fernández *et al.*, 2015) sobre todo cuando la nutrición edáfica es insuficiente (Landriscini *et al.*, 2015) debido a que aumenta el rendimiento (Pérez-Barraza *et al.*, 2018), la calidad de fruto, corrige deficiencias, (Ávalos *et al.*, 2022), reduce la caída de flores, frutos (Chaudhary *et al.*, 2006), mejora la eficiencia nutrimental e incrementa la tolerancia al estrés abiótico (du Jardin, 2015).

En invernadero, las podas de conducción se practican en dos tipos: poda holandesa y poda española (Monge y Loría, 2018), la primera reduce el exceso de frutos pequeños, hoja y aborto de flor (Sánchez del Castillo *et al.*, 2017), la segunda produce un ahorro de hasta un 75 % en mano de obra (Jovicich *et al.*, 2004). En pimiento, la poda es indispensable (Moreno-Pérez *et al.*, 2019) para reducir el sombreado por exceso de follaje, golpes de sol, calidad comercial en coloración, uniformidad, crecimiento vigoroso y equilibrado (Pinto y Álvarez, 2018). En chile poblano, las podas aumentan

la radicación fotosintética, número de frutos, índice de área foliar y rendimiento (Mendoza-Pérez *et al.*, 2017).

El chilhuacle se cultiva durante los meses de primavera y verano en condiciones de cielo abierto y en temporal, el manejo agronómico no incluye podas, priorizando los frutos grandes de apariencia sana para obtener semilla empleada para el siguiente ciclo (López *et al.*, 2016). En resumen, las podas incrementan la altura de la planta, tallos, raíces, peso de fruto, reducir el aborto de flor y frutos como la incidencia a las enfermedades. Por todo anterior, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la poda conducción y la fertilización foliar en chilhuacle con la finalidad de incrementar el rendimiento y calidad de frutos, en hidroponía bajo cubierta plástica.

4.4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.4.1 Ubicación del experimento

La investigación se realizó en un invernadero con cubierta plástica de polietileno en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (18° 58' 51" latitud norte, 99° 13' 57" longitud oeste, 1,868 msnm) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, cultivado durante los meses de marzo a agosto de 2021.

4.4.2 Material vegetal

Se utilizaron semillas de chilhuacle negro obtenidas de productores de Oaxaca. En invernadero, las plantas presentan una altura promedio de 168 cm, bifurcación con desarrollo de dos a tres tallos secundarios. Los frutos son de forma trapezoidal con tamaño de 6.0 cm de largo y 5.0 cm de ancho.

4.4.3 Diseño experimental

Se evaluaron diecisiete tratamientos y un control (Cuadro 1), el diseño experimental fue completamente al azar, con un diseño de tratamientos a partir de dos factores: poda de conducción y fertilización foliar. La poda fue tipo holandesa con dos y cuatro tallos (2T, 4T) y libre crecimiento (LC). La fertilización foliar fue la aspersion de fertilizantes comerciales (Gro-Green® y Agromil V®), la formulación no comercial (FF-UAEM) cuya composición y cantidades se encuentran en proceso de patente, la combinación de ambos productos (FF-UAEM + Agromil V® y Gro-Green® + Agromil V®) y agua destilada como testigo. La unidad experimental se conformó de una planta por contenedor (15.14 L) a una distancia de 50 cm.

Cuadro 1. Tratamientos generados por la combinación de la fertilización foliar y el número de tallos por planta en la producción de chilhuacle negro (*Capsicum annuum* L.).

Tratamiento	Fertilizante foliar	Tallos por planta
FP1*	Agua destilada	Libre crecimiento
FP2	FF-UAEM	Libre crecimiento
FP3	Gro-Green®	Libre crecimiento
FP4	Agromil V®	Libre crecimiento
FP5	FF-UAEM + Agromil V®	Libre crecimiento
FP6	Gro-Green® + Agromil V®	Libre crecimiento
FP7	Agua destilada	2 tallos
FP8	FF-UAEM	2 tallos
FP9	Gro-Green®	2 tallos
FP10	Agromil V®	2 tallos
FP11	FF-UAEM + Agromil V®	2 tallos
FP12	Gro-Green® + Agromil V®	2 tallos
FP13	Agua destilada	4 tallos
FP14	FF-UAEM	4 tallos
FP15	Gro-Green®	4 tallos
FP16	Agromil V®	4 tallos
FP17	FF-UAEM + Agromil V®	4 tallos
FP18	Gro-Green® + Agromil V®	4 tallos

*Tratamiento testigo. FF-UAEM: fertilizante con macros y micros nutrientes (en proceso de patente).

Gro-Green® es un fertilizante foliar concentrado (fórmula 20-30-10) compuesto por nitrógeno total (20 %), fósforo (30 %), potasio (10 %), calcio (1 %), magnesio (1%), hierro (0.1 %), zinc (0.1 %), manganeso (0.1 %), cobre (0.1 %), boro (0.1 %), molibdeno (0.01 %), azufre (2.0 %) y cobalto (0.1 %). Agromil V® es un bioestimulante de crecimiento compuesto por citoquininas (81.90 ppm), giberelinas (31.00 ppm), auxinas (30.50 ppm), ácido fólico (0.92 ppb), ácido pantoténico (12.53 ppb), riboflavina (0.86 ppb), nicotinamida (0.16 ppb), colina (748.81 ppb), niacina (84.56 ppb) y tiamina (100.11ppb). La dosis utilizada fue por recomendación del producto, 5 mL L⁻¹ para Agromil V®, 5 mL L⁻¹ Gro-Green® y 20 mL L⁻¹ para FF-UAEM.

4.4.4 Manejo del experimento

La siembra se realizó en charolas de polietileno negro de 128 cavidades con un volumen de 25 cc por cavidad de sustrato comercial para almacigo (Sunshine3®). El trasplante se realizó 44 días después de la siembra (dds), las plantas fueron nutridas por un régimen nutricional según su etapa fenológica, en diferentes concentraciones y número de riegos (Cuadro 2). Se programaron 11 riegos al día, dependiendo de la temperatura y la humedad relativa, el tiempo de riego fue manipulado aumentando en las horas más calurosas, durante los meses de lluvia los riegos se redujeron para disminuir la incidencia de enfermedades.

Las soluciones nutritivas se prepararon con agua corriente previo análisis físico-químico, se consideró el aporte de los iones en el agua, se utilizaron fertilizantes altamente solubles y los micronutrientes Fe (Fe-EDTA), B (H₃BO₃), Mn (MnCl₂), Zn (ZnSO₄), Cu (CuSO₄) y Mo (H₂MoO₄) en concentraciones de 7, 0.5, 0.5, 0.05, 0.045, 0.01 mg L⁻¹ respectivamente. El pH se ajustó de 5.5-5.8 con H₂SO₄.

Cuadro 2. Régimen nutrimental y concentraciones iónicas totales del chilhuacle aplicado según su etapa fenológica.

Etapa fenológica	Régimen nutrimental						CIT	Riegos/día (min)
	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺		
	----- mEq L ⁻¹ -----							
Vegetativa	14	0.75	5.25	7	9	4	80 %	1
Reproductiva –Flor / fruto	14	0.75	9.25	7	9	4	90 %	2
Fructificación	14	0.75	5.25	9	7.61	3.39	90 %	3
–Despunte							70 %	3
–Maduración							50 %	4

CIT: Concentración iónica total.

El manejo consistió en eliminar los brotes axilares antes de la primera bifurcación, se eliminó el primer y segundo botón floral (Jaramillo-Noreña *et al.*, 2014) para favorecer la altura y vigor de los tallos. La polinización se realizó manualmente haciendo vibrar los tutores de las plantas. El despunte apical se realizó cuando el 50 % de las plantas alcanzaron los 10 entrenudos, periodo donde se eliminaron las hojas maduras desarrolladas antes de la primera bifurcación. Las aplicaciones foliares se realizaron hasta punto de goteo, cuando la tercera, sexta y novena flor se encontraba en antesis (51, 64 y 85 después del trasplante).

Para la prevención de plagas y enfermedades, se realizaron aplicaciones de los insecticidas DISPARO[®] (Clorpirifos etil y Permetrina), MURALLA[®] (Imidacloprid y Betacyflutrin), MUSTANG MAX[®] (Zeta-cipermetrina), KEEPER[®] (Imidacloprid) BE LEAF[®] (Flonicamid), AVALANCH[®] (Abamectina), los fungicidas TOKAT CE 240[®] (Metalaxil), SULTRICOB-53[®] (Sulfato tribásico de cobre monohidratado), MANZATE 200[®] (Mancozeb), PROMYL[®] (Benomilo), INTERGUZAN 30-30[®] (Quintozeno y Thiram), ALIETTE (Fosetil-AI 80 %) y AMISTAR (Azoxystrobin). Los bactericidas AGRI-GENT PLUS 800[®] (gentamicina y oxitetraciclina) y productos orgánicos como

FUNGIFREE® (*Bacillus subtilis*), empleados en las dosis recomendadas en la guía técnica del producto, las plagas y enfermedades controladas fueron mosca blanca, trips, gusano barrenador, pulgón, ácaros y hongos como *Alternaria alternata*.

Las variables ambientales temperatura, humedad relativa e intensidad luminosa se consideraron desde el trasplante hasta la evaluación y fueron medidas con un HOBO® data logger.

4.4.5 Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron estudiados mediante un análisis de varianza con el programa SAS (Versión 9.0) y a las variables con efecto estadístico de tratamientos se les realizó la prueba de comparación múltiple de medias LSD ($P \leq 0.05$).

4.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ciclo de producción en plantas de chilhuacle fue de 137 días desde el trasplante hasta la cosecha del último fruto evaluado. Las plantas estuvieron expuestas a una temperatura promedio de 23.2 °C, humedad relativa de 49.5 % e intensidad luminosa de 3557.3 lux. El chilhuacle se desarrollaron a temperatura de 28 °C donde el ciclo de cultivo sucede entre 185 a 195 días (López y López, 2015). En chilhuacle, la temperatura, humedad relativa, fotoperiodo e intensidad luminosa repercute en el crecimiento, peso, rendimiento y la calidad del fruto (López *et al.*, 2016).

La poda de conducción y fertilización foliar fue significativo ($P \leq 0.05$) en el contenido de clorofila, área foliar, altura de planta y volumen de raíz (Cuadro 3). El contenido de clorofila fue estadísticamente similar en el tratamiento testigo (agua destilada y libre crecimiento), FP2 (FF UAEM, libre crecimiento), FP7 (agua destilada y poda 2T), FP15 (Gro-Green® y poda 4T), FP16 (Agromil V® y poda 4T), FP17 (FF-UAEM + Agromil V® y poda 4T); sin embargo, el tratamiento agua destilada y poda 2T (FP7) produjo mayor contenido de clorofila. El uso de un régimen nutrimental y la aplicación de fertilizantes foliares (3, 6 y 9na flor) fue significativo en las variables mencionadas. La nutrición edáfica fue suficiente y complementaria para nutrir a las plantas de chilhuacle (Landriscini *et al.*, 2015).

El área foliar fue similar en los tratamientos FP4 (Agromil V® y libre crecimiento), FP5 (FF-UAEM + Agromil V® y libre crecimiento), FP14 (FF-UAEM, poda 4T) con un valor promedio de 15 291 cm³. El libre crecimiento incrementó el número de tallos secundarios y la producción de hoja. La poda se realiza con la finalidad de reducir la incidencia de plagas, enfermedades e incrementar la absorción de nutrientes, intercepción de radiación solar, aprovechamiento de agua, luz y nutrientes (Mendoza-Pérez *et al.*, 2017). Por otro lado, podar constante reduce hojas, tallos, raíces (Casierra-Posada y Fischer, 2012), flores y frutos por la competencia de espacio y nutrientes; sin embargo, la calidad del fruto aumenta.

Las plantas de chilhuacle incrementaron la altura de planta (49.25 %) con la aspersión de FF-UAEM + Agromil V® y libre crecimiento (FP5) a comparación de las plantas asperjadas con Agromil V® y poda a 2T (FP10). En invernadero, el chilhuacle presentó una altura promedio de 71.8 cm y 68.6^{-1} en número de hojas con un manejo sin poda y 2T (Martínez-Gutiérrez *et al.*, 2021). En condiciones protegidas se espera mayor crecimiento y rendimiento debido al manejo nutrimental y agronómico que las plantas reciben. En este estudio, las plantas alcanzaron valores de 1.8 hasta 2.0 m² de altura con un manejo de libre crecimiento, además de incrementar el área foliar.

El diámetro de tallo principal y volumen de raíz favoreció en los tratamientos FP13: sin fertilización foliar y poda 4T y FP12: Gro-Green® + Agromil V® y poda 2T. El diámetro de tallo tiene la capacidad para soportar el peso de los frutos (Pinto y Álvarez, 2018) debido al vigor que los tallos desarrollan al eliminar las primeras flores, presentando resistencia y firmeza, además de reducir el aborto de flor, tallos débiles y delgados, aumentando la distribución de nutrientes en los primeros frutos (Jaramillo-Noreña *et al.*, 2014). Por otro lado, la producción de hojas se encuentra indirectamente relacionada con la formación de raíces por la eficiencia de suministrar agua y nutrientes para el desarrollo. En invernadero, el chilhuacle presentó un diámetro de tallo (9.6 mm) similar a una poda de 2 tallos al igual que 4 tallos (Martínez-Gutiérrez *et al.*, 2021). En la presente investigación, el agua destilada y la poda de 4T produjo mayor diámetro sin afectar la calidad de fruto.

Las plantas de chilhuacle negro presentaron significancia ($P \leq 0.05$) en el peso de la materia seca de tallo, hoja, fruto y planta completa con un manejo a libre crecimiento y aspersión foliar con FF-UAEM y Agromil V® (Cuadro 4). En chile poblano, la materia seca de hoja, tallo, fruto y raíz en plantas sin poda fue mayor que en plantas con 2 y 3T (Mendoza-Pérez *et al.*, 2017) debido a la acumulación de materia fresca al no realizar podas. La distribución de materia seca en plantas de chilhuacle fue 5.55 % raíz, 42.81 % tallo, 19.62 % hoja y 312.02 % fruto.

Cuadro 3. Variables morfológicas en plantas de chilhuacle por efecto de la fertilización foliar y poda de conducción.

Tratamiento	Fertilizante foliar	Tipo poda	CRC (SPAD)	Área foliar (cm ³)	Altura planta (m ²)	Diámetro tallo (mm)	Volumen raíz (cm ³)
FP1*	Agua destilada	LC	63.32 a	12764.0 ab	1.81 b	20.38 ab	56.0 ab
FP2	FF-UAEM	LC	63.02 a	8593.0 abc	1.76 b	18.92 abc	62.0 ab
FP3	Gro-Green®	LC	62.02 ab	11534.0 abc	1.80 b	20.50 ab	60.0 ab
FP4	Agromil V®	LC	60.04 ab	16319.0 a	1.89 ab	18.34 abc	70.0 ab
FP5	FF-UAEM+Agromil V®	LC	59.16 ab	14551.0 a	2.00 a	17.18 c	72.0 a
FP6	Gro-Green®+Agromil V®	LC	56.76 ab	11042.0 abc	1.82 b	20.28 ab	60.0 ab
FP7	Agua destilada	2T	63.74 a	3860.0 c	1.43 cd	20.08 ab	68.0 ab
FP8	FF-UAEM	2T	60.60 ab	3698.0 c	1.41 cd	19.56 abc	56.0 ab
FP9	Gro-Green®	2T	62.64 ab	3955.0 c	1.44 cd	20.14 ab	60.0 ab
FP10	Agromil V®	2T	62.68 ab	3254.0 c	1.34 d	20.28 ab	60.0 ab
FP11	FF-UAEM+Agromil V®	2T	59.40 ab	3531.0 c	1.35 d	18.62 abc	66.0 ab
FP12	Gro-Green®+Agromil V®	2T	59.96 ab	5387.0 bc	1.39 cd	17.96 abc	76.0 a
FP13	Agua destilada	4T	55.14 b	4232.0 c	1.43 cd	20.52 a	68.0 ab
FP14	FF-UAEM	4T	57.34 ab	15003.0 a	1.42 cd	18.66 abc	60.0 ab
FP15	Gro-Green®	4T	63.26 a	5263.0 bc	1.52 c	19.40 abc	72.0 a
FP16	Agromil V®	4T	63.58 a	4654.0 bc	1.38 cd	18.02 abc	46.0 b
FP17	FF-UAEM+Agromil V®	4T	63.34 a	4900.0 bc	1.35 d	19.60 abc	60.0 ab
FP18	Gro-Green®+Agromil V®	4T	61.52 ab	3997.0 c	1.44 cd	17.92 bc	58.0 ab
DMS		-	2.63	8525.2	0.17	2.59	24.63
CV (%)		-	9.95	89.14	8.68	10.69	31.11

Medias con la misma literal en columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba LSD ($P \leq 0.05$). LC: libre crecimiento; 2T: dos tallos; 4T: cuatro tallos; CRC: concentración de clorofila; CV: coeficiente de variación. *Testigo.

Cuadro 4. Peso de la materia seca en plantas de chilhuacle por efecto de la fertilización foliar y la poda de conducción.

Tratamiento	Fertilizante foliar	Tipo poda	MSR	MST	----- (g) -----		
					MSH	MSF	MSTOT
FP1*	Agua destilada	LC	9.0bc	96.8bc	73.8 ab	99.4a	279.0a
FP2	FF-UAEM	LC	9.8abc	105.2ab	64.6 bc	86.8ab	266.8a
FP3	Gro-Green®	LC	11.2abc	107.4ab	70.0abc	80.2abcd	268.8a
FP4	Agromil V®	LC	13.2a	130.4a	79.0a	83.6abc	306.2a
FP5	FF-UAEM+Agromil V®	LC	12.0abc	127.8a	77.4a	66.6abcde	283.8a
FP6	Gro-Green®+Agromil V®	LC	12.2abc	95.6bc	61.2c	102.4a	271.4a
FP7	Agua destilada	2T	9.6abc	66.6def	26.6d	48.2cde	150.0bc
FP8	FF-UAEM	2T	8.2c	58.2ef	23.0d	54.8bcde	144.8c
FP9	Gro-Green®	2T	12.4ab	59.4def	26.2d	33.8e	131.8c
FP10	Agromil V®	2T	8.4bc	55.80f	23.0d	51.4bcde	138.6c
FP11	FF-UAEM+AgromilV®	2T	8.2c	57.2f	22.4d	57.0bcde	144.8c
FP12	Gro-Green®+AgromilV®	2T	10.8abc	62.0def	26.0d	47.8cde	146.6c
FP13	Agua destilada	4T	10.4abc	81.8bcdef	25.2d	66.8abcde	184.2bc
FP14	FF-UAEM	4T	10.0abc	76.8cdef	26.6d	57.8bcde	171.2bc
FP15	Gro-Green®	4T	10.6abc	84.0bcde	29.4d	51.2bcde	175.2bc
FP16	Agromil V®	4T	12.4ab	75.0cdef	30.6d	58.2bcde	172.8bc
FP17	FF-UAEM+Agromil V®	4T	10.8abc	81.4bcdef	29.2d	78.6abcd	200.0b
FP18	Gro-Green®+Agromil V®	4T	9.4bc	84.4bcd	23.8d	43.6de	161.2bc
DMS	-	-	4.05	26.02	10.56	37.26	53.05
CV (%)	-	-	31.27	24.67	20.46	45.53	21.06

Medias con la misma literal en columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba LSD ($P \leq 0.05$). LC: libre crecimiento; 2T: dos tallos; 4T: cuatro tallos; CRC: concentración de clorofila; CV: coeficiente de variación. *Testigo.

Se evaluaron 1466 frutos de chilhuacle negro, presentando significancia ($P \leq 0.05$) en longitud, diámetro ecuatorial, peso de materia fresca, número de frutos/planta, rendimiento de materia fresca y seca de fruto por efecto de las podas de conducción y fertilización foliar (Cuadro 5). En longitud de fruto fue significativo con una poda de 2T en combinación con la aspersion foliar de FF-UAEM (FP8) en 23.03 % frutos más largos a diferencia de un LC y misma fertilización foliar (FP2). En chilhuacle, la poda de 2T produjo frutos de 66.65 mm de largo y 51.17 mm de ancho con poda 4T (2.95 %) (Martínez-Gutiérrez *et al.*, 2021). En diámetro ecuatorial, el tratamiento FP6 (Gro-Green® + Agromil V® + LC) obtuvo frutos de mayor diámetro (18.32 %) a diferencia de las plantas tratados con Gro-Green® + Agromil V® + 4T (FP18) y testigo. Este efecto produjo frutos de primera calidad en peso y rendimiento.

El peso de la materia fresca de fruto se favoreció con el tratamiento FP8: FF-UAEM y poda 2T (36.51 %), y en peso seco de fruto con FP6: Gro-Green® + Agromil V® + LC (36.15 %). Al disminuir el número de tallos se espera un incremento en el peso del fruto. El peso y tamaño del fruto forman parte de los parámetros de calidad, es decir, que comercialmente representa mayor ingreso para el productor (Huerta *et al.*, 2009). En chilhuacle, la calidad comercial del mercado considera frutos grandes y medianos. Por ello, es importante establecer un manejo agronómico adecuado para alcanzar los estándares de calidad que el mercado exige.

El manejo en plantas de chilhuacle consistió en eliminar la 1 y 2 flor favoreciendo positivamente en reducir el aborto de flor e incrementar la resistencia y firmeza del tallo principal (Jaramillo *et al.*, 2014), debido a la poda de 2T y 4T redujo el número de frutos a partir del 6to entrenudo por efecto del acumulo de flores y frutos en formación y crecimiento. En esta etapa, la floración sucede de manera rápida y no controlada por lo que la aparición de flores y frutos sucede, pero finalmente provoca su caída. En promedio, el libre crecimiento produjo 21.7 (77.6 %) más frutos en comparación de la poda con 2T. En chile poblano, cosecharon 264 frutos/m² sin poda, 129 frutos/m² con 3T y 102 frutos/m² con 2T (Mendoza-Pérez *et al.*, 2017). En pimiento dulce, la poda holandesa produjo en promedio 19.21 frutos con mayor peso, pero en menor cantidad;

la poda española aumentó el número de frutos (29.71 frutos), rendimiento y redujo costos en semilla y mano de obra (Monge y Loría, 2018). En Chile huacale, un manejo SP produjo 57 frutos, 44.2 con 4T y 30.8 frutos con poda de 2T (Martínez-Gutiérrez *et al.*, 2021). En este sentido, un manejo de poda es determinante para el tipo de mercado que este destinada la producción de frutos de chilhuacle.

La combinación de fertilización foliar y podas de conducción no fue significativo ($P \leq 0.05$) en número de frutos por planta. Las plantas testigo (FP1: agua destilada y LC) al producir 21.2 frutos por planta. La fertilización foliar y poda en 2 y 4T resultó contraproducente, al reducir significativamente la producción de frutos. La fertilización foliar es empleada, útil y complementaria cuando el estado nutricional (Landriscini *et al.*, 2015) es deficiente o limitado. En solanáceas, los bioestimulantes son aplicados para reducir la caída de flores, frutos, aumentar el rendimiento (Chaudhary *et al.*, 2006), la eficiencia nutricional, tolerancia al estrés abiótico, calidad de fruto (du Jardín, 2015). En chilhuacle, el incrementar el número de aspersiones durante todo el ciclo de cultivo para incrementar las características morfológicas de la planta y los frutos.

En rendimiento de materia fresca y seca, el tratamiento testigo y Gro-Green®+ Agromil V®+ LC (FP6) aumentó el rendimiento en materia seca de fruto. El testigo favoreció el rendimiento en materia fresca en 180.66 y 135.45 %, respectivamente. En Chile poblano, se obtuvo más del 95 % de rendimiento con 10.75 kg·m² sin poda, 8.29 kg·m² con 3T y 5.49 kg·m² con 2T. En este sentido, aumentar el número de tallos repercutió en el índice de área foliar, rendimiento y número de frutos, pero el peso de los frutos disminuyó al aumentar el número de frutos producidos por planta (Mendoza-Pérez *et al.*, 2017). Por su parte, en chilhuacle se obtuvo 1295.8 g m⁻² en rendimiento de peso seco sin poda (Martínez-Gutiérrez *et al.*, 2021). En esta investigación, el manejo sin podas y fertilización foliar mantuvo los niveles nutrimentales suficientes para el crecimiento de las plantas sin afectar la calidad de los frutos, pero si el rendimiento.

Cuadro 5. Calidad física, peso y rendimiento por efecto de la poda y fertilización foliar en frutos de chilhuacle.

Tratamiento	Fertilizante foliar	Tipo poda	LF (mm)	DF (mm)	PMFF (g)	PMSF (g)	NFP -	RMFF (g)	RMSF (g)
FP1	Agua destilada	LC	60.9 cd	41.7 d	32.8 bcd	3.78	28.2 a	880.6 a	100.8 a
FP2	FF-UAEM	LC	59.9 d	42.1 cd	30.4 d	3.82	21.2 abc	698.0 abcd	87.8 ab
FP3	Gro-Green®	LC	61.4 cd	47.3 abcd	36.1 abcd	4.48	18.8 abcd	663.2 abcde	81.4 abcd
FP4	Agromil V®	LC	61.1 cd	43.5 abcd	33.7 abcd	3.72	25.4 ab	788.4 abc	85.6 abc
FP5	FF-UAEM+Agromil V®	LC	63.9 bcd	44.5 abcd	36.4 abcd	4.24	15.8 bcde	580.8 bcdef	67.2 abcdef
FP6	Gro-Green®+Agromil V®	LC	66.3 abcd	49.4 a	40.5 ab	4.82	21.0 abc	861.0 ab	102.4 a
FP7	Agua destilada	2T	69.6 abc	44.0 abcd	35.5 abcd	3.66	13.6 cde	546.8 cdef	50.0 def
FP8	FF-UAEM	2T	73.7 a	47.6 abc	41.5 a	4.82	11.2 de	539.0 cdef	55.0 bcdef
FP9	Gro-Green®	2T	71.1 ab	46.5 abcd	34.4 abcd	3.64	10.0 de	473.0 def	36.2 f
FP10	Agromil V®	2T	66.9 abcd	42.1 cd	32.0 bcd	3.54	14.4 cde	474.6 def	52.6 bcdef
FP11	FF-UAEM+Agromil V®	2T	68.9 abcd	44.4 abcd	36.3 abcd	4.30	12.6 cde	463.6 def	57.2 bcdef
FP12	Gro-Green®+Agromil V®	2T	69.4 abc	47.6 abc	37.9 abcd	4.14	11.6 de	440.8 def	48.4 def
FP13	Agua destilada	4T	71.0 ab	48.6 ab	39.0 abc	4.60	15.2 cde	546.8 cdef	67.2 abcdef
FP14	FF-UAEM	4T	71.0 ab	47.7 abc	39.4 abc	4.70	13.6 cde	539.0 cdef	58.2 bcdef
FP15	Gro-Green®	4T	66.2 abcd	45.6 abcd	37.0 abcd	4.06	13.6 de	473.0 def	51.0 cdef
FP16	Agromil V®	4T	67.4 abcd	44.2 abcd	36.3 abcd	4.66	14.0 cde	474.6 def	59.4 bcdef
FP17	FF-UAEM+Agromil V®	4T	69.5 abc	44.7 abcd	35.6 abcd	4.26	19.0 abcd	671.0 abcd	73.6 abcde
FP18	Gro-Green®+Agromil V®	4T	68.0 abcd	41.8 d	31.6 cd	3.56	14.0 cde	375.6 ef	46.0 ef
DMS		-	9.09	5.69	8.53	1.35	8.27	389.12	35.2
CV (%)		-	10.75	9.98	18.82	25.92	15.95	40.44	42.64

Medias con la misma literal en columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba LSD ($P \leq 0.05$). LC: libre crecimiento; 2T: dos tallos; 4T: cuatro tallos; LF: longitud del fruto; DF: diámetro de la base del fruto; PMFF: peso de la materia fresca del fruto; PMSF: peso de la materia seca del fruto; NF: número de frutos por planta; RMFF: rendimiento de materia fresca de frutos por planta. RMSF: rendimiento de materia seca de frutos por planta. F foliar: fertilizante foliar; CV: coeficiente de variación.

4.7 CONCLUSIONES

Un manejo agronómico en plantas de chilhuacle favoreció en el número de frutos por planta, peso y rendimiento de la materia fresca y seca de fruto. La aspersión foliar con agua destilada y libre crecimiento aumento significativamente en el número de frutos por planta, rendimiento fresco y seco de los frutos; sin embargo, la calidad de los frutos disminuyó al aumentar la cantidad de frutos producidos por planta.

La aspersión con fertilizantes foliares no afecto favorablemente en la calidad como en el rendimiento del chilhuacle por lo que el régimen nutrimental aplicado fue suficiente para el desarrollo de las plantas.

4.8 RECOMENDACIONES

Evaluar el uso de fertilizantes foliares en diferentes dosis y número de aplicaciones podría incrementar el rendimiento, calidad y como otros parámetros de importancia.

4.8 LITERATURA CITADA

- Ávalos, D. F. L.; Pereira, W. D. L.; Duarte, H. J.; López, E. M.; Sánchez, A. F.; Barrios, C. A. M. y Casuriaga, O. C. 2022. Producción de habilla negra sobre cobertura muerta de kumanda yvyrai con fertilización foliar. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. 6(1):4312-4325.
- Casierra-Posada, F. y Fischer, G. 2012. Poda de árboles frutales. *In*: Fischer, G. (ed.). Manual para el cultivo de frutales en el trópico. Produmedios, Bogotá. 169-185 p.
- Chaudhary, B. R.; Sharma, M. D.; Shakya, S. M. and Gautam, D. M. 2006. Effect of plant growth regulators on growth, yield and quality of chilli (*Capsicum annum* L.) at Rampur, Chitwan. *Journal of the Institute of Agriculture and Animal Science*. 27(1):65-68.
- du Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*. 196(1):3-14.
- Fernández, V.; Sotiropoulos, T. y Brown, P. 2015. Fertilización foliar: principios científicos y práctica de campo. Asociación internacional de la industria de los fertilizantes. París (Francia): Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes (IFA).
- Jaramillo-Noreña, J. E.; Aguilar-Aguilar, P. A.; Espitia-Malagón, E. M.; Tamaño-Molano, P. J.; Guzmán-Arroyave, M. 2014. Modelo productivo del cultivo de pimentón (*Capsicum annum* L.) bajo condiciones protegidas en el oriente antioqueño. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Jovicich, E.; Cantliffe, D. J. and Stoffella, P. J. 2004. Fruit yield and quality of greenhouse-grown bell pepper as influenced by density, container, and trellis system. *Hort Technology*. 14(4):507-513.
- Landriscini, M. R.; Martinez, J. M.; Galantini, J. A. 2015. Fertilización foliar con nitrógeno en trigo en el sudoeste bonaerense. *Ciencia del suelo*. 33(2):183-196.

- López, L. P. y D. Pérez-Bennetts. 2015. El chile huacle (*Capsicum annuum* sp.) en el estado de Oaxaca, México. *Revista Agroproductividad*. 8(1):35-39.
- López, L. P.; Rodríguez, H, R. y Bravo. M. E. 2016. Impacto económico del chile huacle (*Capsicum annuum* L.) en el estado de Oaxaca. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 38.
- Martínez-Gutiérrez, G. A.; Langlé-Argüello, L. A.; Urrestarazu, M.; Escamirosa-Tinoco, C.; Hernández-Tolentino, M. y Morales, I. 2021. Efecto de la densidad de plantación y la poda en el Chile huacle en invernadero. *IDESIA (Arica)*. 39(3):69-74.
- Mendoza-Pérez, C.; Ramírez-Ayala, C.; Ojeda-Bustamante, W.; Flores-Magdaleno, H. 2017. Estimation of leaf area index and yield of greenhouse-grown poblano pepper. *Ingeniería agrícola y biosistemas*. 9(1):37-50.
- Monge, P. J. E. y Loría Coto, M. 2018. Producción de chile dulce (*Capsicum annuum*) en invernadero: efecto de densidad de siembra y poda. *Posgrado y Sociedad Revista Electrónica del Sistema de Estudios de Posgrado*. 16(2):19-38.
- Monge-Pérez, J. E. y Loría-Coto. 2021. Producción de chile dulce (*Capsicum annuum*) en invernadero: efecto de densidad de siembra y poda. *Tecnología en marcha*. 34(2):161-177.
- Moreno-Pérez, E. C.; Sánchez-Del Castillo, F.; Gaspar, F. J. M.; Ramírez-Árias, A. y Beryl-Colinas-León, M. T. 2019. Rendimiento de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) por poda floral selectiva y despunte de yemas laterales en la cuarta bifurcación. *Agrociencia*. 53(5):697-707.
- Pérez-Barraza, M.; Avitia-García, E.; Cano-Medrano, R.; Gutiérrez-Espinosa, M. A.; Osuna-Enciso, T.; Pérez-Luna, A. I. 2018. Temperatura e inhibidores de giberelinas en el proceso de floración del mango 'ataulfo'. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 41(4):543-549.
- Pinto, M. T. y Álvarez, F. 2018. Aspectos generales del manejo agronómico del pimiento en Chile. *Boletín INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias*. No. 360.

- Sánchez del Castillo, F.; Moreno-Pérez, E. C.; Reséndiz-Melgar, R. C.; Colinas-León, M. T.; Rodríguez-Pérez, J. E. 2017. Producción de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) en ciclos cortos. *Agrociencia*. 51(4):437-446.
- Urbina-Sánchez, E.; Cuevas-Jiménez, A.; Reyes-Alemán, J. C.; Alejo-Santiago, G.; Valdez-Aguilar, L. A. y Vázquez-García, L. M. 2020. Solución nutritiva adicionada con NH_4^+ para producción hidropónica de chile huacle (*Capsicum annuum* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana*. 43(3):291-29.

CONCLUSIONES GENERALES

El uso de soluciones nutritivas en plántulas de chilhuacle incrementó las características morfológicas y la calidad de plántula durante 52 días en almacigo.

El régimen nutrimental con base en la fenología de chilhuacle mejoro la calidad de fruto y rendimiento, afectando positivamente el peso de fruto en materia fresca, seca y número de frutos/planta.

La temperatura y humedad relativa repercuten en el crecimiento de las plantas y el desarrollo de los frutos de chilhuacle. Una temperatura mayor a 20 °C incrementó el peso de fruto, rendimiento y número de frutos en primera calidad.

La combinación de un manejo de podas de conducción y fertilización foliar aumentó el peso y la calidad de fruto. La poda en plantas de chilhuacle redujo la aparición de enfermedades y la producción excesiva de frutos pequeños de tercera calidad. La nutrición vía radical fue suficiente y complementaria en plantas de chilhuacle, la fertilización foliar fue contraproducente en peso de frutos y rendimiento.

LITERATURA GENERAL

- Chavarro-Carrero, E. A.; Valdovinos-Ponce, G.; Gómez-Rodríguez, O.; Nava-Díaz, C.; Aguilar-Rincón, V. H. and Valadez-Moctezuma, E. 2017. Response of the Huacle chili pepper line 35-3 (*Capsicum annuum*) to two populations of *Nacobbus aberrans*. *Nematropica*. 47(1):74-85.
- Eguez, E.; León, L.; Loo, J. y Pacheco, L. 2022. Deficiencia nutricional de macronutrientes en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* Linneo) cultivadas en solución nutritiva. *Revista de Investigación Talentos*. 9(1):69-82.
- Galeote-Cid, G.; Cano-Ríos, P.; Ramírez-Ibarra, J. A.; Nava-Camberos, U.; Reyes-Carrillo, J. L. y Cervantes-Vázquez, M. G. 2022. Comportamiento del chile Huacle (*Capsicum annuum* L.) con aplicación de compost y *Azospirillum* sp. en invernadero. *Terra Latinoamericana*. 40:1-12.e828.
- García-Gaytán, V.; Gómez-Merino, F. C.; Trejo-Téllez, L. I.; Baca-Castillo, G. A. and García-Morales, S. 2017. The chilhuacle chili (*Capsicum annuum* L.) in Mexico: description of the variety, its cultivation, and uses. *International Journal of Agronomy*. 13 p.
- López, L. P.; Rodríguez, H, R. y Bravo, M. E. 2016. Impacto económico del chile huacle (*Capsicum annuum* L.) en el estado de Oaxaca. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 38.
- Martínez-Gutiérrez, G. A.; Langlé-Argüello, L. A.; Urrestarazu, M.; Escamirosa-Tinoco, C.; Hernández-Tolentino, M. y Morales, I. 2021. Efecto de la densidad de plantación y la poda en el Chile huacle en invernadero. *IDESIA (Arica)*. 39(3):69-74.
- Sanjuan-Martínez, J.; Ortiz-Hernández, Y. D.; Aquino-Bolaños, T.; Cruz-Izquierdo, S. y Pérez-Pacheco, R. 2022. Respuesta del chile Huacle (*Capsicum annuum* L.) al estrés hídrico bajo invernadero. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. 19(4):1-15.
- San Juan, M. J.; Aquino-Bolaños, T.; Ortiz-Hernández, Y. D.; Cruz-Izquierdo, S. 2019. Características de fruto y semilla de chile huacle (*Capsicum annuum* L.) producido en hidroponía. *Idesia (Arica)*. 37(2):87-94.

Urbina-Sánchez, E.; Cuevas-Jiménez, A.; Reyes-Alemán, J. C.; Alejo-Santiago, G.; Valdez-Aguilar, L. A. y Vázquez-García, L. M. 2020. Solución nutritiva adicionada con NH_4^+ para producción hidropónica de chile huacle (*Capsicum annuum* L.). Revista Fitotecnia Mexicana. 43(3):291-29.

ANEXOS



Figura 1. Plántulas de chilhuacle en la etapa vegetativa (52 días después de siembra).



Figura 2. Plantas de chilhuacle I: ciclo Otoño-Invierno.



Figura 3. Planta de chilhuacle II: ciclo Primavera-Verano.

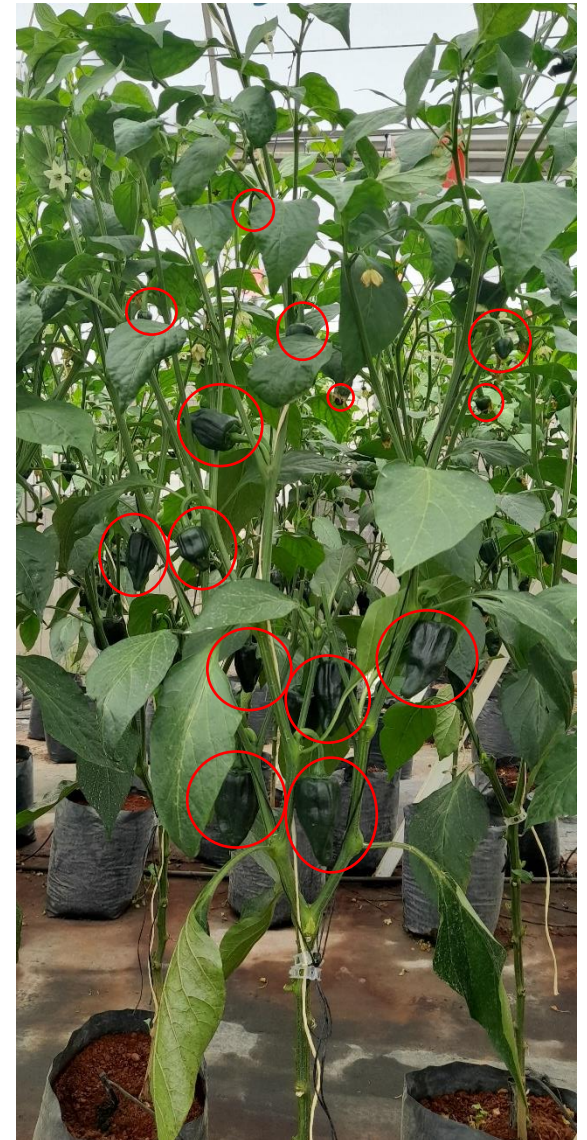


Figura 4. Plantas de chilhuacle a libre crecimiento, poda de 2 y 4 tallos.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
JEFATURA DE PROGRAMAS EDUCATIVOS DE POSGRADO

Cuernavaca, Morelos, 2 de septiembre de 2022.

Asunto: Revisor de Tesis.

DR. OSCAR GABRIEL VILLEGAS TORRES
DR. PORFIRIO JUÁREZ LÓPEZ
DRA. MARÍA ANDRADE RODRÍGUEZ
DR. MANUEL DE JESÚS SAINZ AISPURO
DR. EDGAR MARTÍNEZ FERNÁNDEZ
DR. JOSÉ LUIS VIVEROS CEBALLOS
DR. FRANCISCO PERDOMO ROLDÁN
COMITÉ REVISOR DE TESIS
P R E S E N T E.

Por medio del presente me complace notificarles que han sido designados como parte del Comité de tesis que presenta: la **M. en C. EVELIA FAJARDO REBOLLAR**, con el título: **“CALIDAD Y RENDIMIENTO DE FRUTOS DE CHILHUACLE (*Capsicum annum* L.) EN RESPUESTA A LA NUTRICIÓN Y PODAS DE CONDUCCIÓN”**. Mismo que fué desarrollado bajo la dirección del **DR. OSCAR GABRIEL VILLEGAS TORRES** y la codirección del **DR. HÉCTOR SOTELO NAVA**, y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**.

Asimismo, solicito a usted me envíe por escrito el resultado de dicha revisión a más tardar en quince días naturales.

Sin más por el momento, agradezco de antemano su valiosa colaboración, y aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente
Por una humanidad culta

M. en C. VLADIMIR LEZAMA LÓPEZ
Jefe de Programas Educativos de
Posgrado De la Facultad de Ciencias
Agropecuarias.

c.i.p. Archivo

Av, universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México 62209
Tel (777)3297046, 3297000 Ext. 3304. fagropecuarias@uaem.mx



Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril de 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

OSCAR GABRIEL VILLEGAS TORRES | Fecha:2022-09-29 17:51:48 | Firmante

bGkesgnO/YqiCPJqyN9sSh2O7LQardsuL2Rf9OEMC4I6UbiJKK8Wm7hChyUj8rwW8EADotM6+yd5KcDQU93/BE7g1h0KGTqX4vhOrkppj1b0Hm7kBRCAyyBDGJxAfCGhDoNn8PrbWck4R5RYwSZIAbHzBH0OPp0O6I0uuO9V2bVHw4EqfICfytP11CGlv5adODew7jx4GQ5IK8CadRcdQIIC9WltCyOcwWTR/5yMp5rjNnZbbEWfRSmbrHKSKeWVq2dcrLscXsgM7ahbacjeBSI9xjaww6s/Lame5oAWH9jXGjJPTkZpIIP/6SCUwpuDZntaRgf7UNJIVNfWYt3Yg==

PORFIRIO JUAREZ LOPEZ | Fecha:2022-09-29 19:03:04 | Firmante

qiqBYp4QtysRGS9dJKUyTtXnT4qdgx3sVT1JF2JabHvaAhuwBAYkUODsy9O9pv4bj9+Gd26rTik6PT/RSep2PhTjwXUPjckokoBKEG7ZckP2kj9MJEzzhQoj4g5W6ZMQUdX1ISUj+WF1U4wQC3501CJILbpmPSSKkLIDiypjLkGFFdqHh2Lr025IrR0BPmV5sklh/CX3TL2AI1abQe818LSeAfq+QmVF74pXn4dYomreiUoEOa1zCkD3xAe21br8LdLW5uoLO6sqYOObaY+TlthoNbXdOCRW3ygn/AGE2Iw/rll/ZLX49KGU8dzkNF6BMewaCbLCL1kAhX6w==

EDGAR MARTINEZ FERNANDEZ | Fecha:2022-09-29 21:47:04 | Firmante

MMpiGCiJfuyaY2CGp0DadRkbiTP9Qvrvvuhdl6il+RYUoN3BSJd+766jbFEiELMEjB4Nf902yJGyxKlvi3ilsuRTEsXJUBk1gY1Q8+ThG3ySt0DITCpwcCJtqKenCq9bsNV/2v+0ViaT+2AcJamYr/cXq4Y7xWMHGwQWcoAjzQU+aqk/7NzsMzWwJTP81dX3cdLLtCbP1jzF0F1GP2uqrJccD+MAuhB2oNv7mxT4is63RfMlqvcqH05/nDEZdDthGhXt2QVsS0XQyBQ6BLV6VwFkWAFA9Y+aM/y4dVORn2MnG4I0yXk81K+8+Lsho2pIMguWZY06ce5WmXnRbJZPg==

MARIA ANDRADE RODRIGUEZ | Fecha:2022-09-29 22:10:19 | Firmante

almTslczJmoM23tgVQ7GJlCw/Fzuhvmoxlk2u+FAPBDJfqOrtPOKq5EmqBGsw/0g+43qkeR1f11KlsKTI2cTBx/9TOKw+qIOMTKERY+/lMpDokxyEWFvJmQU2KWlBrQPgFnpEebVrm+PLLPTrt2LeG+7gt/TBUCpmPEYCCk8Srh6PeBSRU6Wsj7DI98pCzhBKUKVH2S2jC4e7+66FSVpZgAHmcoOjQxFxgF3jH4M4mbuSn6ACuXdultBznkHletRdsVpfWzRan259SMJ1uUtGlvjOyGbVQFVbhg/q/vmipx9ysd7IyiSfe8ZFTXwNovo2a32FzBYdq8zPT+RX9TSA==

MANUEL DE JESUS SAINZ AISPURO | Fecha:2022-09-29 23:31:23 | Firmante

XL4F3HTVHrHkP3MZwEVoySTWQGLG08UvAuiO3aBNDuTg+I9eTLFQmFQil2SYfuvAA5mr2s5RTnF/zqqieEh3Q7uY0LG1jKUG7s884eVawta/dc2V5tGef4rphWM0JJwEYtysjpDal2Ok/6HDVBkAztirlJ1hkSxg20f5sJ37bt3ucFFkzZB2JTysz+rvaZ0o9R52qSh0s07bpGclq2yERhWF37Dj31jrsDCYRRRlp2zXB5CqUoBkpFreosSN66ceNFyPILQHKf4sHgEIFY C1V86jBIQqobeas4SuTzfkTdpHCb9OAoB0RIKpVjTvx6oHx7MLZP33xjgSsouYr1kg==

JOSE LUIS VIVEROS CEBALLOS | Fecha:2022-09-30 12:55:39 | Firmante

Piq99eoH5Y18Q/DkW66IrbmKkuZaZ96uWYN2eBQCBslqnMDBRRK13qr5MPLepL40itVg67o/gBHPk8ky0Y8kr0rcVF0Nu3PphgU6Hv8zAzTppKd7niNlpRiwwzWTYdPA7ZI7bQOesAX3pL4mZN/HVs9kqU7F3ITWGF7xWIEK9nn58SQBnJBHoLW+IjHsGI3HmRO+qLIQVw+vh8tyPIRKu9Ik6rotaztoNeg4CMfvsyWo/zteRcN4lv/9eptytWMHSGRJOkPIEWXJKCgc3quh1P8l1M0nH/3sLth07xFMRYBuZ6KZS7lGQJLVaLszFbf3IDLEXtIqC/NqUYAXg/1qEA==

FRANCISCO PERDOMO ROLDAN | Fecha:2022-10-05 09:24:10 | Firmante

qBBFY+2jQPvMtAoLca1U+lyORor8kZq5y4dLscaX0evtq44cnmnRwU1VMN62LXDAYCmoK0C186ch7474Isi2y2qHHCYsXkrE6KqLXO2wvndl682615BvcujvWHe/WazT95CtB1G5XLlkp0nhyHAIFBD3oHbeJLXLX89bnwKHQg9a11UHspLtaowGrvUqZ1Cdj4XhzWZPUZxh32TaWPPyFZdECubNCP3TWt2i+0GmpojkiZFWJN6+z9eOI+dyYCI6tb01OibO4T+tcgzyYjxdVHyTQR7wgeUDf4CzUKCjif8N2j2YDT58dmh/7G0Zyhm9R5McvBmN3y2ShqT/nBA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



thkzwM0hn

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/VRj9nXR08oRdfWIB73D9IkPERQiyvVJw>



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
JEFATURA DE PROGRAMAS EDUCATIVOS DE POSGRADO

Cuernavaca, Morelos, 19 de septiembre de 2022.

Asunto: Voto Aprobación de Tesis.

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESENDIZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS.
P R E S E N T E.

Por medio del presente informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **“CALIDAD Y RENDIMIENTO DE FRUTOS DE CHILHUACLE (*Capsicum annum* L.) EN RESPUESTA A LA NUTRICIÓN Y PODAS DE CONDUCCIÓN”** que presenta la: **M. en C. EVELIA FAJARDO REBOLLAR**, mismo que fue desarrollado bajo mi dirección y la codirección del **DR. HÉCTOR SOTELO NAVA**, y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta

DR. OSCAR GABRIEL VILLEGAS TORRES
Comité Evaluador

C.i.p. Archivo

Av, universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México 62209
Tel (777)3297046, 3297000 Ext. 3304. fagropecuarias@uaem.mx





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril de 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

OSCAR GABRIEL VILLEGAS TORRES | Fecha:2022-09-29 18:30:37 | Firmante

ejYcdTVWex4vn0RRReQ9gtYQ5QelBVHqKWE7ZNmHPORkGALxbeDHFxNXMw1CbdVodl2tmyelrIRN+G08kAHQ9n/CWsl8YLhKds6dx+6yhWO94lku+KUnXS+R4tDee+naW2uK+O17KvP2hrKoPrJ/Xhx2+CVAXGkWyHycStHVTfifOEJ9AnhZgM7X4TPd1VbNcd/XEAVEqzahh/gNGNIwXW3Gb7bFWUw16fLMwH5i6FQO+62RQJUUwMmITQyj4iiuBBaS5HTFOV+OFoZYIztcVz1HxYOUvzFcWYwD7GOGLXNOVStJ9XOpbJ1kkn7rMCNFwtsMPqEZtqfJBHzgaXdt62Q==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



VPLnh9xD

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/PFcGXdlaviiT8PiUEJ830bJ4NQiOIhtC>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
JEFATURA DE PROGRAMAS EDUCATIVOS DE POSGRADO

Cuernavaca, Morelos, 19 de septiembre de 2022.

Asunto: Voto Aprobación de Tesis.

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESENDIZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS.
P R E S E N T E.

Por medio del presente informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **“CALIDAD Y RENDIMIENTO DE FRUTOS DE CHILHUACLE (*Capsicum annum* L.) EN RESPUESTA A LA NUTRICIÓN Y PODAS DE CONDUCCIÓN”** que presenta la: **M. en C. EVELIA FAJARDO REBOLLAR**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. OSCAR GABRIEL VILLEGAS TORRES** y la codirección del **DR. HÉCTOR SOTELO NAVA**, y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta

DRA. MARÍA ANDRADE RODRÍGUEZ
Comité Evaluador

C.i.p. Archivo

Av, universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México 62209
Tel (777)3297046, 3297000 Ext. 3304. fagropecuarias@uaem.mx





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril de 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

MARIA ANDRADE RODRIGUEZ | Fecha:2023-03-02 20:22:13 | Firmante

OFFd5kM7RKGVYHuw9JSU8COsfWMOUID82IkVjoiHHWwZA6K0IJ0Cy1yI75Yf+sU05svkmwd2gZzAU9Uo/O5XLUwIRWRo+nBzOCQcqMbW+aoavIjbn4buj1S8gmbvcgC4Mm
nPfeLNUyG1LvyDY4vBawZKt3QoE4T0iTzfa/+W+ZjxmsSFa3rsz0lZdEgX6rsSzIBDg3uMo15oHIKqzAE8zpOHOQONIM1CP/VegoxWeNzQiSI6fbaUwYQJaJg4YwAahYmlUFO5Vs
MGPyPz60blrkGrGgmiebXfhUwKVfhjFbBBFa1316+Su3mTQeqnqZg5GA/leljgxH4ApDHqHGFw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[gzs8RqH3n](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/ipDXMGUHuCsUqbDvkdI5dwj4XFzxxOPT>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

Cuernavaca, Morelos, 19 de septiembre de 2022.

Asunto: Voto Aprobación de Tesis.

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESENDIZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS.
P R E S E N T E.

Por medio del presente informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **“CALIDAD Y RENDIMIENTO DE FRUTOS DE CHILHUACLE (*Capsicum annum* L.) EN RESPUESTA A LA NUTRICIÓN Y PODAS DE CONDUCCIÓN”** que presenta la: **M. en C. EVELIA FAJARDO REBOLLAR**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. OSCAR GABRIEL VILLEGAS TORRES** y la codirección del **DR. HÉCTOR SOTELO NAVA**, y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta

DR. PORFIRIO JUÁREZ LÓPEZ
Comité Evaluador



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril de 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

PORFIRIO JUAREZ LOPEZ | Fecha: 2022-09-30 11:59:51 | Firmante

ZaORWVua/edfxNOUDDePEyqb5Wm15hv9yWBIVJFPIR1kfE3fzYYHD6bKuAcfPgDKHJG+EUYJMTE8CleJL6NYlpOhpwu1h89UCuYVW830kX7bdbZSPpwfNCjQ8R0PckILzoJQquSQH/GuyOIAMyN3TiRWE1Y52ZSxqtgthsV6WSlaCKGwO/wZSFP3II36XrM9fBwsPbhs4dV9AobC2KKC2I5fXYUu7u7tTK6qZ5/EnLxsOMBvirzAixL+ReweBw6gTclVQmhQz67GUuyITIOBJgyvMT2vajgd6E7wJPnm/HZnmxifZuglD5FVupzEpA2hr4YzoRwCJ+jBLvH1c8hCQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



t65mVy1Hi

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/wxIB8QkRQHhuMqPlO8F88DIA0nxSPZa3W>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

Cuernavaca, Morelos, 19 de septiembre de 2022.

Asunto: Voto Aprobación de Tesis.

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESENDIZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS.
P R E S E N T E.

Por medio del presente informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **“CALIDAD Y RENDIMIENTO DE FRUTOS DE CHILHUACLE (*Capsicum annum* L.) EN RESPUESTA A LA NUTRICIÓN Y PODAS DE CONDUCCIÓN”** que presenta la: **M. en C. EVELIA FAJARDO REBOLLAR**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. OSCAR GABRIEL VILLEGAS TORRES** y la codirección del **DR. HÉCTOR SOTELO NAVA**, y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente

Por una humanidad culta

DR. EDGAR MARTÍNEZ FERNÁNDEZ
Comité Evaluador

C.i.p. Archivo

Av, universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México 62209
Tel (777)3297046, 3297000 Ext. 3304. fagropecuarias@uaem.mx





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril de 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

EDGAR MARTINEZ FERNANDEZ | Fecha:2022-10-03 17:02:02 | Firmante

IF26Fdah6bEall7EAJ+4DH/PaasuVqro/rsVOEBlx03DZTg/FHozL9lNf2ix8bzn8Dd6o5jcSfjUzikOmlyWYfWJ2fFn/BRaR7jeyb9Xwk7JyVnTofmWZ1Wr7H7k59MohJyYsv1llluOijloH4qJkzw26yeU9TBJJf0nAeOrW2zttlvqW2lAbN5CGbVE5knspUsEPtNFbCmeWvDuAjE4rPa+eWpv5xTe06nI6L/IFjipTcnBd1TA0E74LGKvxvno6ddTUGspPWxFzh4ABA9YZZFqQDFKW4oOLDzithNs0T3DSY+yv8mxqj9iSXIbAEw1SseyB3DI15cTCkfoTvqbtQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[RJqyDTwGQ](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/xJYfJsmO42XfyOOzGDpcVwGpSTNMjwKA>





Cuernavaca, Morelos, 19 de septiembre de 2022.

Asunto: Voto Aprobación de Tesis.

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESENDIZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS.
P R E S E N T E.

Por medio del presente informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **“CALIDAD Y RENDIMIENTO DE FRUTOS DE CHILHUACLE (*Capsicum annuum* L.) EN RESPUESTA A LA NUTRICIÓN Y PODAS DE CONDUCCIÓN”** que presenta la: **M. en C. EVELIA FAJARDO REBOLLAR**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. OSCAR GABRIEL VILLEGAS TORRES** y la codirección del **DR. HÉCTOR SOTELO NAVA**, y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta

DR. FRANCISCO PERDOMO ROLDÁN
Comité Evaluador

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril de 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

FRANCISCO PERDOMO ROLDAN | Fecha:2022-10-05 09:38:01 | Firmante

nwAonJ9ca7tmPN4SwQbAdlShP4prEzCOEoK2q1nLsLOQhdjesPwe0LLkVtwk8UZNSOjsNgNt+SHvc4WX8gy8+PG20coKamolRQ1v+7n2a/WaRgueQuvEDDB9ws3DOW2bYVN
JszcDV5kuGgQW+wCxRwywbBzxID7d+PwkLm8d8JJcruAAUKtmKZhRCHa0Cg5sYInjHdKogDRIFTLsdAOy610T6rwsNWXiaU8XW8DxwdYpC9hxsecH5QgrLMR3pcPMj7R4Uk
ZdaeTO6QBTPi5uVB/rxKb8jSlq5WpKAMiljqPwUyJs0eq6mB6M2mRHakifzHcFsdFuw303cP+LH1aRA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



I5g41VJY8

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/jVMLCjgepiTGZPKcGKm5YjUCf3q1uZB>



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
JEFATURA DE PROGRAMAS EDUCATIVOS DE POSGRADO

Cuernavaca, Morelos, 19 de septiembre de 2022.

Asunto: Voto Aprobación de Tesis.

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESENDIZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS.
P R E S E N T E.

Por medio del presente informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **“CALIDAD Y RENDIMIENTO DE FRUTOS DE CHILHUACLE (*Capsicum annum* L.) EN RESPUESTA A LA NUTRICIÓN Y PODAS DE CONDUCCIÓN”** que presenta la: **M. en C. EVELIA FAJARDO REBOLLAR**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. OSCAR GABRIEL VILLEGAS TORRES** y la codirección del **DR. HÉCTOR SOTELO NAVA**, y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta

DR. MANUEL DE JESÚS SAINZ AISPURO
Comité Evaluador

C.i.p. Archivo

Av, universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México 62209
Tel (777)3297046, 3297000 Ext. 3304. fagropecuarias@uaem.mx



Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril de 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

MANUEL DE JESUS SAINZ AISPURO | Fecha: 2022-09-30 22:46:57 | Firmante

EvTBec+KS/9FOJjDw15uVw6xPxDYgJk91mVcOy2C/Li15my31Nuz+s0qmmSQWTx/8d6WXLtseWTiaqeHqllVswPkKuccuarOfuf7xuvON4vk5QZA8Ru2H0zFORIBtd+oX7iutfPnKCVkjj4OmXQpWxQjUgH7LQp4o5KZ82D1BayXz5Cj3pD5ZM9WHT47cNIEV2e+ZseNgQ1oVn7aHb0TGVG4NMdODGzZMMyeUoo6ZHCWFzIWz/+pEfn6Et7XJmDE0NWQ4fGXebf4HE+7v22KvHoA0kB7FGrvJcfbl6nyxTEPW4wRentwoLJ+AtclPlzQ5Om0dV2ultekB8tg2HvFg==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[uPYE8cjoL](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/ScdsoQcV9blVflwQTcYdWhrmzFeYFUS>



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

Cuernavaca, Morelos, 19 de septiembre de 2022.

Asunto: Voto Aprobación de Tesis.

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESENDIZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS.
P R E S E N T E.

Por medio del presente informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **“CALIDAD Y RENDIMIENTO DE FRUTOS DE CHILHUACLE (*Capsicum annum* L.) EN RESPUESTA A LA NUTRICIÓN Y PODAS DE CONDUCCIÓN”** que presenta la: **M. en C. EVELIA FAJARDO REBOLLAR**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. OSCAR GABRIEL VILLEGAS TORRES** y la codirección del **DR. HÉCTOR SOTELO NAVA**, y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta

DR. JOSÉ LUIS VIVEROS CEBALLOS
Comité Evaluador



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril de 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

JOSE LUIS VIVEROS CEBALLOS | Fecha:2022-09-30 13:02:01 | Firmante

QnApnczaAtivjZx6ihgua97NuRCbifvLCuwP14Mo/rVOMh1jyZTfO2SZ/L8zFRMshZIVMfuzx5kOIQnXBSh2d2nPnywZPWaQTh26v/J3v9AKG4/JsDRJhB6s5i+O5fcWxzL4TO9bUkneFIAJxbrH/j7zfYJuBvymUP1Oj51kSGXOjdl1Fyu6KFhxiC6b7X0+frk6bZ+r+FDu2gV2Sd9ZRzpoGgKShhbB0gQryZCI8byFuGBTlwXqT4qLOpM5lkW/LG8wvQhCqho1wh3nhztjH2jMDzXRHRJNwitOVJ04mdX/IICvn9DHfVLACKyijJsX7x12FqUKV1MJq+mjwuCQ==



Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

NbFeEAIYV

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/yVKweRZBUwIAAPlylx0I0d7QapoaM6QA>

