

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS

EFFECTO DE CUATRO DENSIDADES DE SIEMBRA Y TRES PROGRAMAS DE
FERTILIZACIÓN EN CHILE COBANERO (*Capsicum annum*); SAN LUIS, PETÉN
TESIS DE GRADO

DIMAS GILDARDO PÉREZ RIVERA
CARNET 21202-07

ZACAPA, SEPTIEMBRE DE 2014
CAMPUS "SAN LUIS GONZAGA, S. J" DE ZACAPA

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS

EFFECTO DE CUATRO DENSIDADES DE SIEMBRA Y TRES PROGRAMAS DE
FERTILIZACIÓN EN CHILE COBANERO (*Capsicum annuum*); SAN LUIS, PETÉN
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
DIMAS GILDARDO PÉREZ RIVERA

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO EN CIENCIAS
HORTÍCOLAS

ZACAPA, SEPTIEMBRE DE 2014
CAMPUS "SAN LUIS GONZAGA, S. J" DE ZACAPA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

| | |
|--|--|
| RECTOR: | P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J. |
| VICERRECTORA ACADÉMICA: | DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO |
| VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: | DR. CARLOS RAFAEL CABARRÚS PELLECCER, S. J. |
| VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: | P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J. |
| VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: | LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS |
| SECRETARIA GENERAL: | LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA |

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

| | |
|----------------------|--------------------------------------|
| DECANO: | DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS |
| VICEDECANA: | LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ |
| SECRETARIA: | ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES |
| DIRECTOR DE CARRERA: | MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA |

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

ING. EMERSON OMAR ODAIR PAZ DURÁN

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. DAVID ORLANDO AVILA VASQUEZ

ING. SELVYN NEFTALI SANCE NERIO

LIC. JORGE ARMANDO ROSALES QUAN

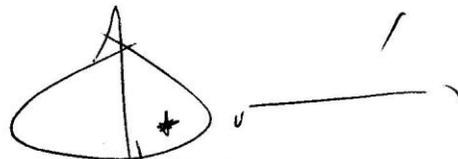
Guatemala, Agosto de 2014

Honorable Consejo de Tesis
Facultad de Ciencias Ambientales
Universidad Rafael Landívar
Campus Central

Respetables Miembros del consejo de Tesis:

Por este medio me dirijo a ustedes para comunicarles que he revisado el informe final de tesis al estudiante Dimas Gildardo Pérez Rivera identificado con carne 21202-07, titulado: **“EFECTO DE CUATRO DENSIDADES DE SIEMBRA Y TRES PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN EN CHILE COBANERO (*Capsicum annuum*); SAN LUIS, PETÉN”**, el informe reúne los requisitos académicos establecidos por la facultad de ciencias ambientales y agrícolas, por lo que me permito recomendar su aprobación, y por tanto solicito que sea revisado por terna que designe el honorable consejo de la facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Emerson Omar Odair Paz Durán
Colegiado No. 3,380
Asesor de tesis



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06194-2014

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante DIMAS GILDARDO PÉREZ RIVERA, Carnet 21202-07 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS, del Campus de Zacapa, que consta en el Acta No. 0676-2014 de fecha 19 de septiembre de 2014, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EFECTO DE CUATRO DENSIDADES DE SIEMBRA Y TRES PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN EN CHILE COBANERO (*Capsicum annuum*); SAN LUIS, PETÉN

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO en el grado académico de LICENCIADO EN CIENCIAS HORTÍCOLAS.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 29 días del mes de septiembre del año 2014.



ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



AGRADECIMIENTOS

A:

Dios Por darme la vida, la sabiduría y la bendición de seguir superándome.

Mis Padres por el apoyo brindado todo este tiempo y dejarme la mejor herencia de la vida.

Mis hermanos por el apoyo brindado incondicionalmente durante mis estudios.

La Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por ser parte de mi formación académica.

Proyecto de becas KFW por haberme brindado una beca educativa y apoyo durante mis estudios universitarios.

Mis catedráticos por compartir sus conocimientos experiencias.

Mis compañeros, por la amistad, compañerismo y el apoyo brindado, especialmente Yoselin, Nancy y Milton.

Licenciada Elby Maria Casasola por su apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera.

DEDICATORIA

A:

Dios: Quién siempre me da su infinito amor, sabiduría para alcanzar las metas trazadas en mi vida, fortaleza para superar los diferentes obstáculos, constancia necesaria para seguir adelante y las fuerzas para alcanzar este triunfo

Mis padres: Rubén María Pérez y María Roselia Rivera Martínez pilar importantes en mi formación, a ellos atribuyo todo lo que he podido lograr en mi vida, por su inmenso amor, por su tiempo, sus consejos oportunos y por su ejemplo a seguir.

Mi hermanos: Mariana Orbelina, Alidio Antonio, Ermelinda de María, Lilia Roselia, Ruben Antonio, Lesvia Adaly y Denis Josue Isai Pérez Rivera por quererme todos de esa forma tan especial por su amistad, cariño, por los buenos y malos momentos que hemos pasado los quiero mucho Dios los bendiga y guarde siempre.

Mis sobrinos: Que siempre tengan en mente que todos los sueños y las metas que se tracen se pueden cumplir, no importando la distancia ni los obstáculos que se presenten todo es posible siempre y cuando te lo propongas.

Mi familia: Abuelos, tíos, primos y cuñados (as) que de una u otra forma han contribuido en mi formación.

Mis amigos: Por su amistad, los buenos y malos momentos que compartimos, por formar parte de mi desarrollo integral con persona especialmente a la promoción 2007 de la Universidad Rafael Landívar Campus San Luis Gonzaga S.J Zacapa siempre los recordare.

INDICE GENERAL

| Contenido | Página |
|---|--------|
| RESUMEN | i |
| SUMMARY | ii |
| I. INTRODUCCION | 1 |
| II. MARCO TEORICO | 3 |
| 2.1 Origen del chile | 3 |
| 2.1.1 Características botánicas de <i>Capsicum annuum</i> | 4 |
| 2.1.2 Diversidad genética del Capsicum en Guatemala | 6 |
| 2.1.3 Clasificación taxonómica y descripción del chile cobanero | 7 |
| 2.1.4 Importancia alimenticia | 9 |
| 2.1.5 Usos e industrialización del chile | 10 |
| 2.1.6 Condiciones edafoclimaticas del cultivo de chile | 11 |
| 2.2 Densidad de siembra | 12 |
| 2.3 Nutrición vegetal | 14 |
| 2.4 Programas de fertilización | 19 |
| 2.5 Generalidades en la fertilización de Capsicum | 22 |
| 2.6 Cultivo de chile en la región Q'eqchí | 24 |
| 2.7 Antecedentes | 26 |
| III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 28 |
| 3.1 Definición del problema | 28 |
| IV. OBJETIVOS | 29 |
| 4.1 Objetivo general | 29 |
| 4.2 Objetivos específicos | 29 |
| IV. HIPOTESIS | 30 |
| VI. MATERIALES Y METODOS | 31 |
| 6.1 Localización | 31 |
| 6.2 Materia experimental | 32 |
| 6.3 Factor estudiado | 33 |
| 6.4 Descripción de los tratamientos | 33 |
| 6.5 Diseño experimental | 34 |
| 6.6 Modelo estadístico | 34 |
| 6.7 Unidad experimental | 35 |
| 6.8 Croquis de campo | 35 |
| 6.9 Manejo del experimento | 36 |
| 6.10 Variables respuesta | 38 |
| 6.11 Análisis de la información | 39 |
| 6.11.1 Análisis estadístico | 39 |
| 6.11.2 Análisis económico | 39 |
| VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 40 |
| 7.1 Altura de plantas de chile cobanero | 40 |
| 7.2 Número de frutos por planta | 42 |

| Contenido | Página |
|--|---------------|
| 7.3 Rendimiento de chile cobanero fresco | 44 |
| 7.4 Rendimiento de chile cobanero seco | 47 |
| 7.5 Relación entre peso fresco y seco de chile cobanero | 49 |
| 7.6 Análisis económico en la producción de chile seco cobanero | 52 |
| VIII. CONCLUSIONES | 55 |
| IX. RECOMENDACIONES | 56 |
| X. BIBLIOGRAFIA | 57 |
| XI. ANEXOS | 61 |

INDICE DE CUADROS

| Cuadro | Contenido | Página |
|--------|---|--------|
| 1 | Materiales genéticos de chile presentes en Guatemala. | 7 |
| 2 | Clasificación taxonómica de la planta de chile cobanero. | 7 |
| 3 | Algunos componentes bromatológicos de los chiles secos (<i>Capsicum</i> spp). | 10 |
| 4 | Cantidad de macronutrientes acumulados en plantas de chile (<i>Capsicum annuum</i>), considerando toda la planta. | 20 |
| 5 | Requerimiento nutrimental específico en plantas de chile influenciadas por la variedad y el rendimiento. | 21 |
| 6 | Contenido nutrimental en órganos individuales de plantas de chile pimienta durante el desarrollo del fruto. | 21 |
| 7 | Rangos obtenidos en el análisis bromatológico de 39 cultivares de chile (<i>Capsicum</i> spp) caracterizados en el departamento de Chimaltenango. | 26 |
| 8 | Tratamientos evaluados para la producción de chile cobanero combinando densidad de siembra con programa de fertilización, San Luis, Petén, 2014. | 34 |
| 9 | Control preventivo de plagas y enfermedades en el chile cobanero, en la evaluación de densidades de siembra y programas de fertilización en chile cobanero, San Luis, Petén, 2014. | 37 |
| 10 | Análisis de varianza de la altura de planta de chile cobanero en cuatro densidades de siembra y tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014. | 41 |
| 11 | Análisis de medias de Tukey para la altura de planta (cm) de la planta de chile cobanero con relación a cuatro densidades de siembra y tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014. | 41 |
| 12 | Análisis de varianza del número de frutos por planta de chile cobanero en cuatro densidades de siembra y tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014. | 43 |

| Cuadro | Contenido | Página |
|---------------|--|---------------|
| 13 | Análisis de medias de Tukey para el número de frutos por planta de chile cobanero con relación a cuatro densidades de siembra y tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014. | 44 |
| 14 | Análisis de varianza de rendimiento de frutos frescos por hectárea de chile cobanero, en cuatro densidades de siembra y tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014. | 45 |
| 15 | Análisis de medias de Tukey para el rendimiento de chile cobanero, con relación a cuatro densidades de siembra y tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014. | 46 |
| 16 | Análisis de varianza de rendimiento de frutos secos (kg/ha) de chile cobanero, en cuatro densidades de siembra y tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014. | 48 |
| 17 | Análisis de medias de Tukey para el rendimiento de chile seco cobanero, con relación a cuatro densidades de siembra y tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014. | 49 |
| 18 | Costos de producción de chile cobanero de los tratamientos evaluados con relación a cuatro densidades de siembra y tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014. | 53 |
| 19 | Rentabilidad en la producción de chile cobanero con relación a cuatro densidades de siembra y tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014. | 54 |

INDICE DE FIGURAS

| Figura | Contenido | Página |
|---------------|---|---------------|
| 1 | Ilustración de la unidad experimental. | 35 |
| 2 | Distribución de las parcelas en campo, en la evaluación de densidades de siembra y programas de fertilización en chile cobanero, San Luis, Petén, 2014. | 36 |
| 3 | Líneas de tendencia de la altura de planta de chile cobanero en cuatro densidades de siembra y tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014. | 40 |
| 4 | Líneas de tendencia del número de frutos por planta de chile cobanero en cuatro densidades de siembra y tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014. | 42 |
| 5 | Líneas de tendencia del rendimiento de frutos frescos (kg/ha) de chile cobanero, en cuatro densidades de siembra y tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014. | 45 |
| 6 | Líneas de tendencia del rendimiento de frutos secos (kg/ha) de chile cobanero, en cuatro densidades de siembra y tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014. | 47 |
| 7 | Relación del rendimiento de chile fresco/seco de chile cobanero cuando se sembraron 12,500 plantas/ha y se aplicaron tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014. | 50 |
| 8 | Relación del rendimiento de chile fresco/seco de chile cobanero cuando se sembraron 14,285 plantas/ha y se aplicaron tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014. | 51 |
| 9 | Relación del rendimiento de chile fresco/seco de chile cobanero cuando se sembraron 16,667 plantas/ha y se aplicaron tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014. | 51 |
| 10 | Relación del rendimiento de chile fresco/seco de chile cobanero cuando se sembraron 20,000 plantas/ha y se aplicaron tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014. | 52 |

EFFECTO DE CUATRO DENSIDADES DE SIEMBRA Y TRES PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN EN CHILE COBANERO (*Capsicum annuum*); SAN LUIS, PETÉN.

RESUMEN

El estudio tuvo como finalidad generar información sobre el efecto de cuatro densidades de siembra en combinación con tres programas de fertilización, en el desarrollo y rendimiento del chile cobanero, en el municipio de San Luis, Petén. El diseño experimental utilizado fue un diseño en bloques completos al azar, con arreglo de parcelas divididas con doce tratamientos y tres repeticiones. Se determinó la altura de plantas, número de frutos por planta, rendimiento total en fresco y seco, y rentabilidad de la producción de los tratamientos evaluados. Los resultados mostraron: que el tratamiento donde se trasplantaron 20,000 plantas por hectárea y se aplicó 200-75-130 kg/ha de N-P-K mostró la mejor altura de planta, mayor número de frutos por planta, el mejor rendimiento de chile fresco y en seco, después de un proceso de secado. Además fue el tratamiento más rentable con 44.81%. Considerando los resultados obtenidos se recomienda técnica y económicamente a los productores de chile cobanero del municipio de San Luis, Petén, utilizar una densidad de siembra de 20,000 plantas por hectárea aplicando 200-75-130 kg/ha de N-P-K, así como; revalidar los resultados del presente estudio en otras zonas productoras del cultivo de chile cobanero.

EFFECT OF FOUR PLANTING DENSITIES AND THREE FERTILIZATION PROGRAMS IN COBANERO PEPPER PRODUCTION (*Capsicum annuum*); SAN LUIS, PETÉN

SUMMARY

The objective of this study was to generate information on the effect of four planting densities combined with three fertilization programs in the development and yield of cobanero pepper in the municipality of San Luis, Petén. A complete randomized block design with twelve treatments and three replicates in a split plot arrangement was used. The plant's height, number of fruits per plant, total fresh and dry yield, and production yield of the evaluated treatments were determined. The results demonstrated that: the treatment where 20,000 plants per hectare were transplanted and 200-75-130 kg/ha of N-P-K was applied, showed the best plant's height, a higher number of fruits per plant, and best fresh and dry pepper yield, after a drying process. Additionally, it was the most profitable treatment with 44.81%. Taking into account the results, it is technically and economically recommended to use a planting density of 20,000 plants per hectare applying 200-75-135 kg/ha of N-P-K for the cobanero pepper in the municipality of San Luis, Petén, as well as to revalidate the results of this study in other cobanero pepper production areas.

III. INTRODUCCION

El chile cobanero constituye una de las especies hortícolas con mayor importancia en la cultura de Guatemala y aunque éste sea considerado por muchos como un condimento, ha llegado a constituir el único elemento agregado a la tortilla en la ingesta de grupos campesinos (Ayala, 2003). Es un producto de alto valor nutritivo importante en el país, especialmente en el departamento de Alta Verapaz, debido a su elevada competitividad y aceptación internacional en países consumidores como Estados Unidos, México, las regiones asiática y árabe.

El chile cobanero se cultiva en el departamento de Alta Verapaz, específicamente en los municipios de Lanquín, Santa María Cahabón y Senahú; sin embargo, actualmente se ha expandido a la Franja Transversal del Norte y la zona sur de Petén, debido a la demanda y al precio que ha ido en aumento. La producción es destinada para el consumo local, mercados regionales o bien para la industria y en algunos casos para exportación, en forma fresca y seca molida especialmente. Para la producción de chile cobanero se utilizan materiales criollos (Ayala, 2003).

No obstante, la alta demanda, aún existen problemas que restringen la producción de chile cobanero. Además de las plagas y enfermedades, el mal manejo del agua y los nutrientes, así como los distanciamientos de siembra, son factores que limitan la producción del cultivo. Los rendimientos del chile cobanero pueden alcanzar hasta 35 toneladas por hectárea si se hace uso de tecnología agrícola adecuada y mejorar la productividad de los pequeños y medianos productores (MADR, 2006 citado por Rodríguez, Bolaños y Menjivar, 2010).

El suelo para la producción del chile cobanero en el municipio de San Luis Petén se caracteriza por ser: suelos francos a franco arcilloso, ondulados, bien drenados, que se han desarrollado sobre caliza dura y masiva en un clima cálido y húmedo (SEGEPLAN, 1992).

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la fertilización química y densidades de siembra sobre la nutrición, producción y rendimiento del chile cobanero (*Capsicum annum*, var. *annum*), en el municipio de San Luis, del departamento de Petén.

IV. MARCO TEORICO

2.1 Origen del chile

Según Simmonds (1979), las semillas de chile fueron reportadas arqueológicamente 5,000 años A.C. en Tehuacan, México, y probablemente proceden de las plantas silvestres de *Capsicum annuum* L. fue la primera especie que encontraron los españoles en América, y en las regiones agrícolas más avanzadas de México y Perú, su uso era más intenso y variado (Fundación de Desarrollo Agropecuario, Inc. (FDA), 1994).

Diversos estudios han definido como centro de origen de las especies del género, a una área ubicada entre el sur de Brasil y el este de Bolivia, oeste de Paraguay y norte de Argentina. En ésta área han sido observados la mayor distribución de especies silvestres en el mundo (De Witt y Bosland, 1993 citado por Figueroa, 2010).

Posteriormente fueron distribuidos por toda la región americana desde el sur de los Estados Unidos hasta Argentina. Sin embargo, las formas silvestres relacionadas a *C. annuum* se encuentran entre México y Centro América. Los *C. frutescens* y *C. chinense* se encuentran en la Amazonia y el Perú y el centro de origen del *C. baccatum* y del *C. pubescens* en Bolivia (Figueroa, 2010).

De acuerdo a Azurdia (2004), existen cinco especies de chile cultivadas, *C. annuum*, *C. frutescens*, *C. chinense*, *C. pubescens* y *C. baccatum*. En Guatemala se encuentran cultivadas las primeras cuatro especies anotadas; sin embargo, se considera que solamente *C. annuum* y *C. frutescens* son nativas del país, mientras que *C. chinense* y *C. pubescens* fueron introducidas en tiempos prehispánicos desde su centro de origen que está ubicado en la América del sur. En este sentido, la gran diversidad presente en Guatemala corresponde principalmente a materiales genéticos nativos pertenecientes a *C. annuum*.

La gran diversidad del chile en Guatemala corresponde principalmente a variedades nativas pertenecientes a *C. annuum*. Además, en el país existen cinco especies silvestres: *Capsicum annuum* var. *glabriusculum*, *C. ciliatum*, *C. frutescens*, *C. lanceolatum* y *C. rhomboideum* (Azurdia, 2008).

Aparentemente para Azurdia (2004), no existen barreras bien definidas entre las especies de chile, debido a que se han obtenido híbridos en todas las combinaciones de las diferentes especies (excepto en *C. pubescens*), los cuales han mostrado diferentes grados de fertilidad.

Para Heiser (1995) citado por Azurdia (2004), de igual manera se han obtenido híbridos entre las especies cultivadas y sus parientes silvestres más cercanos. Se considera que las especies cultivadas son auto compatibles, mientras que las silvestres son auto incompatibles. Por esta razón, es de esperarse la existencia de flujo genético entre materiales silvestres y cultivados en las dos vías, aspecto de crucial importancia ante la introducción de plantas transgénicas.

Según Long (1998), en varios idiomas occidentales el *Capsicum* lleva un nombre relacionado con la pimienta, por ejemplo: en inglés se llama chili pepper; en francés, piment eragé o poivre rouge; es conocido como peperone en italiano y pimientao picante en portugués. En muchos escritos en español del siglo XVI lo llaman pimienta de las indias. Sin embargo, no tiene ninguna relación con las pimientas negra o blanca de la familia de las piperáceas *Piper nigrum*.

2.1.1 Características botánicas de *Capsicum annuum*

De acuerdo a Montes (2010), *Capsicum annuum*, se reconoce toda la diversidad domesticada de esta especie. Se distingue de las otras especies cultivadas por la presencia de un cáliz dentado y una flor blanca grande en cada nudo. Su descripción taxonómica es la siguiente:

Plantas herbáceas o arbustivas de 1.5 m de alto, perennes o anuales, principalmente glabras: flores solitarias, raramente en pares, ocasionalmente fasciculadas, sin constricción en la base del cáliz y pedicelo, aunque a veces un poco rugoso; cáliz dentado, ausente o rudimentario; corola de color blanco a azul, raramente violeta, sin manchas difusas en la base de los pétalos; pétalos usualmente rectos; anteras normalmente de color azul a violeta, filamentos cortos: frutos inmaduros de color verde y rojos, cuando maduros de color naranja y púrpura-amarillo, persistentes, pendientes, raramente erectos, variables en su tamaño y forma; semillas de color crema a amarillo (D'Arcy y Eshbaugh, 1974 citado por Montes, 2010).

Es una planta de comportamiento anual y perenne, tiene tallos erectos, herbáceos y ramificados de color verde oscuro, el sistema de raíces llega a profundidades de 0.70 a 1.20 m, y lateralmente hasta 1.20 m, la altura promedio de la planta es de 60 cm, las hojas son planas, simples y de forma ovoide alargada (Montes, 2010).

Las flores son perfectas (hermafroditas), formándose en las axilas de las ramas; son de color blanco y a veces púrpura, el fruto en algunas variedades se hace curvo cuando se acerca a la madurez; para el caso de los pimientos verdes usualmente se cosechan cuando están grandes y firmes en la fase verde inmadura, también se puede permitir que maduren al color rojo, amarillo, naranja, morado u otros colores (Montes, 2010).

En el caso de la forma, tamaño y color de los frutos, estos varían en forma alargada, cónica o redonda; de 1 a 30 cm de longitud; fruto de cuerpo grueso, macizo o aplanado. Presentan coloración verde y amarillo cuando están inmaduros; rojos, amarillos, anaranjados y café en estado maduro (Pozo, 1981 citado por Montes, 2010).

Los frutos de chile contienen capsaicina, la cual es el principio que le da el carácter picante. El contenido varía mucho según la variedad y en su formación los factores ambientales tienen un papel principal. La capsaicina en los frutos maduros sólo se encuentra en las capas externas de las placentas o sean los tejidos que sostienen las semillas. También se halla debajo de la epidermis, que es gruesa e irregular. Esta

sustancia puede a menudo reconocerse en soluciones hasta de una parte en 50,000. No es soluble en agua y en los chiles secos forma pequeñas masas cristalinas y amarillentas. Parece haber una relación inversa entre el tamaño del fruto y su contenido de capsicina (León, 1968 citado por Otzoy, Chan y García, 2003).

2.1.2 Diversidad genética del Capsicum en Guatemala

De acuerdo a los reportes de González y Azurdia (1985), establecen que a nivel mundial existen cinco especies de chile cultivadas: *Capsicum annuum*, *C. baccatum*, *C. frutescens*, *C. chinense* y *C. pubescens*.

Según González y Azurdia (1985), Guatemala es parte del centro de origen y diversidad de *Capsicum annuum*, de tal manera que la mayor parte de chiles cultivados que se presentan en el país pertenecen a dicha especie. Además la especie mencionada tiene en Guatemala su especie silvestre ligada (*Capsicum annuum* var. *aviculare*), conocida con el nombre común de chiltepe. Por otra parte a pesar de que *C. pubescens* es originario de los Andes, *C. frutescens* de Sur América y *C. chinense* del área Amazónica, desde la época precolombina ya se encontraban cultivados por los Mayas, suponiéndose que fueron traídos de su centro de origen. De esta manera actualmente se tiene en Guatemala el chile de caballo (*C. pubescens*) distribuido en las zonas templadas del país; chile habanero (*C. chinense*) localizado únicamente en los alrededores del lago Petén Itzá y un tipo especial de chiltepe distribuido en la región del Petén (*C. frutescens*) acompañado a la gran diversidad restante de chiles cultivados, todos pertenecientes a *Capsicum annuum*. Finalmente hay que agregar que existen tres especies de chiles silvestres, *C. ciliatum*, *C. frutescens* y *C. lanceolatum*.

Azurdia y Martínez (1983), afirman que de las 104 especies consideradas como autóctonas de la región de Mesoamérica, el 48% se encuentran en Guatemala. En el cuadro 1, se presenta, la presencia de chiles en Guatemala y su distribución.

Cuadro 1. Materiales genéticos de Chile presentes en Guatemala.

| Nombre común | Nombre científico | Distribución |
|-----------------------|---------------------------------------|---|
| Chile habanero | <i>Capsicum chinense</i> | Alrededor del Lago Petén Itzá, montañas superiores a los 1800 msnm, Altiplano central y occidental. |
| Chile de caballo | <i>C. pubescens</i> | |
| Chile gUAque | <i>C. annuum</i> | |
| Chile chamborote | <i>C. annuum</i> | Chuarrancho, San José del Golfo y partes bajas de Sacatepéquez. |
| Chile blanco | <i>C. annuum</i> | Costa Sur y Atlántica, Altiplano Central, de 1500-2000 msnm. |
| Chile huerta | <i>C. annuum</i> | |
| Chile cobanero | <i>C. annuum</i> | Alta Verapaz, Norte de Izabal y centro y sur de Petén, partes cálidas del país, principalmente Izabal y la Costa Sur. |
| Chile chocolate | <i>C. annuum</i> | |
| Chile sambo | <i>C. annuum</i> | Alta Verapaz, Petén, partes cálidas del país de 0 a 1500 msnm. |
| Chile pico de gallina | <i>C. annuum</i> | |
| Chiltepe | <i>C. frutescens</i> | |
| Chiltepe | <i>C. annuum</i> var <i>aviculare</i> | |
| Muco | <i>C. annuum</i> | |
| Huixtla | <i>C. annuum</i> | |
| | | |

Fuente: Azurdía y Gonzáles (1985).

2.1.3 Clasificación taxonómica y descripción del Chile cobanero

Según la Unión Mundial para la Naturaleza (1999) citado por Castillo (2001), la clasificación taxonómica del Chile cobanero se presenta en el cuadro 2.

Cuadro 2. Clasificación taxonómica de la planta de Chile cobanero.

| Categoría | Nombre |
|-----------|---------------------------|
| Reino | Plantae |
| Subreino | Embryobionta |
| División | Magnoliophyta |
| Clase | Magnoliopsida |
| Subclase | Asteridae |
| Orden | Polemoniales |
| Familia | Solanaceae |
| Género | <i>Capsicum</i> |
| Especie | <i>Capsicum annuum</i> L. |

Fuente: Castillo (2001).

La planta de Chile cobanero es erecta y en algunos casos postrada, con alturas que pueden presentarse entre 45 cm a 80 cm, el ancho presenta variaciones que van de 60 a 85 cm. El fruto puede presentarse en pendiente y erecta en los nudos, pequeño y

de forma cónica a ovalada, mide regularmente entre 1 a 3 cm de largo, y 1 a 1.5 de ancho, de color verde obscuro en estado inmaduro y en ocasiones presenta color negruzco por la presencia de antocianinas, al madurar es de color rojo intenso (Ayala, 2003).

Este es un grupo de chiles que es cultivado originalmente en la región de Alta Verapaz, entre los 200 y 500 msnm, específicamente en los municipios de Lanquín, Cahabón, y Senahú, algunas comunidades quechies de Izabal y en el Sur del Peten, sin embargo en la actualidad existe una gran expansión del cultivo habiéndose incorporado en áreas de la Franja Transversal del Norte debido a que la demanda y el precio en el mercado nacional van en aumento. (Ayala, 2003).

Con relación a su producción pueden diferenciarse dos sistemas de cultivo dependiendo la zona de que se trate. En el área de Lanquín y Cahabón su producción se realiza de forma tradicional intercalando la siembra de chile a la cosecha del maíz, en los meses de noviembre a diciembre, durando en el campo alrededor de 5 a 6 meses aunque su producción se puede prolongar hasta el octavo mes, los rendimientos son bastante variables ya que estos se producen en la época en que las lluvias van descendiendo y los materiales sembrados son altamente variables, pues en ellos es posible encontrar materiales de diferentes formas como redondos, cónicos, y alargados. Sin embargo, los comerciantes dedicados a la compra de éste chile sugieren que el que obtiene el mejor precio en el mercado es el de bolita o bolonillo (Ayala, 2003).

La siembra se efectúa al voleo, en forma directa, es decir que la semilla se esparce por el campo donde han quedado los restos de las plantas del maíz. Se utiliza para el efecto 1 kg aproximadamente de semilla por cuerda (20 x 20 m). El rendimiento obtenido bajo tales condiciones es muy bajo, pero se conoce que puede alcanzar mejores rendimientos bajo cultivo, incorporando técnicas de manejo. Se pueden obtener rendimientos 35 y 40 t/ha de frutos frescos y entre 8 y 10 t/ha, en fruto seco (Ayala, 2003; Escobar, 1987).

En la zona de la Franja Transversal del Norte existe una variante muy importante en la producción, debido a que allí se incorporan técnicas modernas de producción, que van desde la siembra en hileras distanciadas a 1 m con separación entre plantas de 0.60 a 0.80 m, aplicación de fertilizantes y en monocultivo. Sin embargo, los cultivares presentan la misma variabilidad encontrada en los materiales sembrados en el área de Lanquin y Cahabón (Ayala, 2003).

Bajo esas condiciones la planta inicia floración a los 65 días después de la siembra y teniendo fruto disponible para corte a los 130 días después de la siembra, hay un período aproximado entre la primera floración y el primer corte de 65 días, el número de cortes puede ser variable dependiendo de las condiciones de humedad del suelo y desarrollo del cultivo (Ayala, 2003; Escobar, 1987).

2.1.4 Importancia alimenticia

Los usos de los chiles son múltiples, aparte del consumo en fresco, cocido, o como un condimento o especia en comidas típicas, existe una gran gama de productos industriales que se usan en la alimentación humana: congelados, deshidratados, encurtidos, enlatados, pastas y salsas, se utiliza como materia prima para la obtención de colorantes y de oleoresinas para fines industriales e incluso para fines medicinales. La variación en el contenido de capsaicina y dihidrocapsaicina de diversos morfotipos de chiles analizados, tuvo fuerte asociación con los usos específicos para cocinar (Cázares, Ramírez, Castillo, Soto, Rodríguez y Chávez, 2005).

Por otro lado, como producto medicinal se utiliza en la medicina tradicional para remediar el efecto del asma, de la tos, irritación de garganta y otros desordenes respiratorios (Andrews, 1995; Long-Solís, 1986).

El contenido nutricional de los chiles en general tiene ciertas variaciones según el tipo de chile o su forma de cultivarlo. Según estudios realizados por Azurdia (1995), establece que los chiles cultivados poseen diferencias notables en comparación con los

chiles que crecen naturalmente como maleza. Por ejemplo: los chiles que crecen naturalmente contienen mayor cantidad de kilocalorías/gramo, así como más fibra cruda; pero presentan menor contenido de carotenos, ácido ascórbico y humedad, (cuadro 3). Aparentemente la tendencia que se ha dado al mejorar las poblaciones de chile es de disminuir el contenido de fibra en el fruto.

Cuadro 3. Algunos componentes bromatológicos de los chiles secos (*Capsicum spp*).

| Tipo de chile | Proteína % | Cenizas % | Kcal /gr. | Fibra % | Carotenos Mg. | Ácido ascórbico | Humedad % |
|----------------------|-------------------|------------------|------------------|----------------|----------------------|------------------------|------------------|
| Chocolate | ND | 7.58 | 5.83 | 13.73 | 18.73 | 1403 | 77.83 |
| Cobanero | ND | 9.42 | 5.84 | 13.74 | 12.81 | 1093 | 73.10 |
| Sambo | 10.90 | 8.00 | ND | 11.30 | 23.27 | ND | 82.97 |
| Guaque | 11.41 | 4.51 | ND | 17.95 | 36.40 | ND | 71.71 |

ND: no hay datos.

Fuente: Azurdía, 1995

2.1.5 Usos e industrialización del chile

El chile es un cultivo que no obstante sus materiales son diversificados, en la actualidad son muy pocos los que se han industrializado, de los cuales en Guatemala se menciona los siguientes: chile pimienta dulce, chile serrano y chile jalapeño. De acuerdo con las investigaciones efectuadas se cuenta con otros materiales que podrían industrializarse, con lo cual se estaría incrementando los materiales a industrializar en el medio (Blanco y Cannesa, 1978).

Costa Rica tiene la experiencia de que se sometió a prueba el chile dulce, que se ha convertido en una actividad agro-industrial de suma importancia, como consecuencia de la relacionada introducción de materiales mejorados y que se ve con muy buenas perspectivas, incluso se está aprovechando también en la industria de colorantes vegetales (Blanco y Cannesa, 1978).

Así mismo Blanco y Cannesa (1978), reportan que puede mencionarse el caso de México que es un país en donde esta industria, ha alcanzado un desarrollo notable,

juntamente con la industrialización de salsas, encurtidos, paprika, pimientos frescos enlatados, envasados, especias en salsas de tomate, latas de sardina, otros.

2.1.6 Condiciones edafoclimaticas del cultivo de chile

Su distribución y cultivo, va desde cerca del nivel del mar, hasta más de 2,500 msnm, abarcando diferentes regiones del país, razón por la cual se encuentra chile en el mercado todo el año. Es una planta sensible a las temperaturas bajas de preferencia libre de heladas. En términos generales, para esta especie el periodo del cultivo de chile requiere una temperatura media diaria de 24 °C, por debajo de 15 °C el desarrollo de la planta es muy reducido y cuando la temperatura es menor a los 8 a 10 °C, las plantas detienen su desarrollo. Por otro lado, con temperaturas superiores a los 35 °C, la fructificación es muy débil o nula, por problemas de polinización, sobre todo si el aire es seco. La germinación se da en un período de 9 a 12 días, entre los 20 y 30 °C. Se considera que una condición de 16 a 32 °C de temperatura, el crecimiento vegetativo y reproductivo se ve favorecido, en términos generales se considera el rango de temperaturas adecuadas para esta etapa de 21 a 30 °C, siempre evitando temperaturas inferiores a los 18 °C condición con la que se inicia la detención del crecimiento (Montes, 2010).

Los suelos más adecuados para su cultivo son de textura ligera: areno-arcillosos; con alta retención de humedad, en general los chiles son poco tolerantes a la salinidad; en cuanto a los valores del pH los rangos de adaptación son de 6.3 a 7.0, por abajo o arriba de estos valores es poco recomendable su siembra porque afecta la disponibilidad de los nutrientes a reserva de realizar tratamientos al suelo que regulen el pH. La humedad relativa óptima se encuentra entre el 50 y 70 %, en condiciones de baja humedad relativa y temperatura muy elevada se produce la caída de flores como consecuencia de una transpiración excesiva, debido a altas temperaturas de día (Montes, 2010).

2.2 Densidad de siembra

La distribución inadecuada de plantas en el terreno ocasiona una ineficiente intercepción de la luz solar sobre el dosel del cultivo, y por tanto una disminución en la fotosíntesis, lo que repercute en una baja producción de semilla (Andrade, Calviño, Cirilo y Barbieri, 2002). Una de las estrategias que se tienen para optimizar el uso de los recursos ambientales (luz, humedad, suelo y nutrimentos), contribuir a contrarrestar el problema de la sensibilidad de las plantas al fotoperiodo e incrementar el rendimiento del cultivo, es el empleo de un adecuado distanciamiento entre surcos y densidad de población de plantas (Seiter, Altemose y Davis, 2004).

Para Arcila (2007), la densidad de siembra se define como el número de plantas por unidad de área de terreno. Tiene un marcado efecto sobre la producción del cultivo y se considera como un insumo, de la misma forma que se considera por ejemplo, un fertilizante.

La densidad de siembra está relacionada con los efectos que produce en la planta la competencia de otras plantas de la misma o de otra especie y además, con una mayor o menor eficiencia de captación de la radiación solar (Fageria, 1992, citado por Arcila, 2007).

Las plantas responden a las altas densidades de siembra de varias formas: aumento de la altura y la longitud de los entrenudos, y reducción del número de ramas, nudos, hojas, flores y frutos (Willey, 1994).

Entre los factores más importantes que determinan la densidad de siembra óptima para un cultivo se encuentran: la longitud del período de crecimiento, las características de la planta, el nivel de recursos disponible para el crecimiento y el arreglo espacial (Willey, 1994).

Las plantas que tienen un período de crecimiento muy corto, tienen menos tiempo para alcanzar un tamaño suficiente para utilizar completamente los recursos, por consiguiente se necesitan muchas plantas para alcanzar la máxima producción por unidad de área (Arcila, 2007).

En cultivos cuyo producto comercial es la parte vegetativa (repollo, lechuga) son necesarias mayores densidades para las siembras tardías o situaciones de cosecha temprana. En cultivos cuyo producto comercial es la parte reproductiva (maíz, algodón), debido a que una determinada variedad tiene un período crítico para maduración, requieren densidades más altas para los cultivares de maduración temprana (Arcila, 2007).

Dentro de un cultivo específico, mientras más se despliegue la planta individualmente para interceptar la radiación, menor será la densidad de población. En las legumbres de grano por ejemplo, los tipos extendidos, ramificados o trepadores tienen menores densidades óptimas de población, aunque esto también se asocia al hecho de que estas variedades también tienen períodos de crecimiento más largos. En los cereales, muchos de los cultivares modernos que además tienen vástagos y hojas erectas, requieren mayores densidades de población que las variedades convencionales que no poseen estas características. Estas variedades de cereales, también ilustran la probable necesidad de mayores poblaciones para las variedades enanas ya que las plantas de porte más bajo frecuentemente tienen menor capacidad de alcanzar en forma temprana una buena cobertura del terreno. A su vez, el porte bajo puede estar asociado con la longitud del período de crecimiento, al presentar en algunos casos maduración temprana (Willey, 1994).

En cultivos de producción reproductiva que tienen un óptimo de población más o menos crítico (por ejemplo, aquellos en los que la curva de respuesta tiene un punto de inflexión relativamente agudo), el óptimo de población se ha observado que frecuentemente es más alto a mayor disponibilidad de recursos. La misma tendencia se ha observado para el suministro de agua, aunque con frecuencia se ha sugerido que en

condiciones de estrés hídrico moderado pueden ser necesarias densidades de población un poco más altas para estimular el crecimiento radical a mayores profundidades (Willey, 1994; Da Matta, 2004).

Un aspecto integral de la densidad de población es el arreglo espacial, es decir, el patrón de distribución de las plantas sobre el terreno. Dentro de unos límites razonables, el arreglo espacial tiene menos efecto en la producción que el número de plantas. En muchos cultivos, particularmente aquellos en los cuales las plantas individuales son grandes, por ejemplo: el cafeto, el número de plantas y el arreglo espacial pueden controlarse en forma muy precisa. En otros cultivos, el control se hace mediante el peso inicial o número de semillas sembradas (tasa de semilla) lo cual es menos preciso (Arcila, 2007).

Cuando el arreglo espacial difiere del ideal lo suficiente como para que se reduzca la producción, el óptimo de población generalmente es más bajo. A medida que aumenta la población disminuye la producción media por planta, debido a un incremento de la competencia por los recursos necesarios para el crecimiento (Willey y Heath, 1969).

Sobre la base de área, sin embargo, incrementar el número de plantas permite una mayor utilización de los recursos y como consecuencia, la producción biológica total aumenta en la forma de una curva de rendimientos decrecientes que se nivela cuando la población de plantas es lo suficientemente alta para la máxima utilización de los recursos y a partir de este punto con un aumento adicional de la densidad de población, la producción total por unidad de área permanece generalmente constante (Willey y Heat, 1969).

2.3 Nutrición vegetal

La nutrición vegetal es el conjunto de procesos mediante los cuales los vegetales toman sustancias del exterior y las transforman en materia propia y energía. Las plantas son organismos autótrofos, capaces de utilizar la energía de la luz solar para

sintetizar todos sus componentes de dióxido de carbono, agua y elementos minerales. Estudios en nutrición vegetal han demostrado que los elementos minerales específicos son esenciales para la vida. Estos elementos se clasifican como macronutrientes o micronutrientes, dependiendo las cantidades relativas se encuentran en el tejido de la planta. Existen ciertos síntomas visuales que son diagnósticos de deficiencias en nutrientes específicos en las plantas superiores. Algunos trastornos nutricionales pueden ocurrir porque los nutrientes tienen un papel clave en el metabolismo de la planta. Estos sirven como componentes de compuestos orgánicos, en almacenamiento de energía en las estructuras de la planta, como cofactores enzimáticos y en las reacciones de transferencia de electrones (Landis, 1989).

Para evitar el desarrollo de deficiencias de nutrientes puede añadirse de nuevo a la tierra en forma de los fertilizantes. Los fertilizantes que aportan nutrientes inorgánicos en formularios se denominan fertilizantes químicos, los que se derivan de residuos de la planta o animal se consideran abonos orgánicos. La mayoría de los fertilizantes se aplican al suelo, pero algunos se pulverizan sobre las hojas (Landis, 1989).

El suelo es un complejo físico, químico, y biológico. El tamaño de las partículas del suelo y la capacidad de intercambio catiónico del suelo determinan el grado en que un suelo proporciona el agua y los nutrientes. El pH del suelo también tiene una gran influencia sobre la disponibilidad de elementos minerales a las plantas (Landis, 1989).

Para obtener los nutrientes del suelo, las plantas desarrollan unos amplios sistemas de raíces. Las raíces tienen una estructura relativamente simple con simetría radial y unos pocos tipos de células diferenciadas, continuamente agotan los nutrientes del suelo inmediato alrededor de ellos y una estructura tan sencilla puede permitir crecimiento rápido en tierra fresca (Landis, 1989).

De acuerdo a Landis (1989), los macroelementos que inciden en la nutrición de las plantas son:

Nitrógeno (N)

Las plantas obtienen el nitrógeno principalmente del suelo, donde se encuentra bajo la forma orgánica, la que no es disponible inmediatamente para la planta, sino después de un proceso de mineralización catalizada por los microorganismos del suelo, el cual procede en la dirección siguiente: nitrógeno orgánico → amonio → nitrito → nitrato, la cantidad de nitrato producida finalmente depende de la disponibilidad de material carbonáceo descompuesto. Si la relación carbono: nitrógeno (C/N) es alta aparece muy poco o casi nada de nitrógeno como nitrato (Landis, 1989; Fassbender y Bornemisza, 1987; Buckman y Brady, 1977).

Las cantidades de nitrógeno en los suelos minerales son bastante pequeñas, variando desde trazas hasta 0.5% en los suelos superficiales, disminuyendo con la profundidad. La cantidad de nitrógeno depende también del tipo de suelo, de la temperatura y pluviosidad. El clima juega un papel dominante en la determinación del estado de nitrógeno de los suelos. En regiones de condiciones de humedad uniforme y vegetación comparable, el contenido promedio de nitrógeno y de materia orgánica del suelo decrece exponencialmente a medida que aumenta la temperatura anual (Landis, 1989; Fassbender y Bornemisza, 1987; Buckman y Brady, 1977).

El nitrógeno absorbido del suelo o fijado del aire, se incorpora a la planta en forma de aminoácidos, primeramente en hojas verdes. A medida que aumenta el suministro de nitrógeno, las proteínas sintetizadas a partir de los aminoácidos, se transforman en crecimiento de las hojas, aumentando la superficie fotosintética. Se ha encontrado una correlación entre la cantidad de nitrógeno suministrado y el área foliar disponible para la fotosíntesis, este efecto se puede evidenciar por el aumento de la síntesis proteica y del protoplasma (Landis, 1989; Fassbender y Bornemisza, 1987; Buckman y Brady, 1977).

Síntomas de deficiencia de N: Las plantas que crecen a bajos niveles de nitrógeno son de color verde claro y muestran una clorosis general, principalmente en hojas

viejas. Las hojas jóvenes permanecen verdes por períodos más largos, debido a que reciben nitrógeno soluble de las hojas más viejas. Algunas plantas como el tomate y el maíz, exhiben una coloración purpúrea en los tallos, pecíolos y cara axial de las hojas, debido a la acumulación de antocianinas. La relación vástago/raíz es baja, ya que predomina el crecimiento radicular sobre el foliar. El crecimiento de muchas plantas deficientes en nitrógeno es raquítico (Landis, 1989; Fassbender y Bornemisza, 1987; Buckman y Brady, 1977).

Fósforo (P)

El fósforo secundario al nitrógeno, es el elemento más limitante en los suelos. Se encuentra en la planta como un componente de carbohidratos activados (por ejemplo la glucosa -6- fosfato, fructosa -6- fosfato, fosfoglicerato, fosfoenolpiruvato, glucosa -1- fosfato, etc). Ácidos nucleicos, fosfolípidos, fosfoaminoácidos que forman parte de fosfoproteínas. El papel central del fósforo es en la transferencia de energía. Los carbohidratos antes de ser metabolizados son fosforilados. La presencia de fósforo en la estructura molecular de los azúcares, los hace más reactivos. En la transferencia de energía por fosforilación, juegan un papel importante los nucleótidos altamente reactivos: ATP (adenosina trifosfato), ADP (adenosina difosfato), GTP (guanosina trifosfato), GDP (guanosina difosfato), UTP (uridina trifosfato), UDP (uridina difosfato), CTP (citosina trifosfato) y CDP (citosina difosfato) (Landis, 1989; Fassbender y Bornemisza, 1987; Buckman y Brady, 1977).

Síntomas de deficiencia de P: Las deficiencias de fósforo se parecen mucho a las de nitrógeno. En cereales se caracteriza por un retardo en el crecimiento, las raíces se desarrollan poco y se produce enanismo en hojas y tallos. Es frecuente la acumulación de antocianina en la base de las hojas y en las hojas próximas a morir, que le dan una coloración púrpura y se reduce el número de tallos. El proceso de maduración de las plantas se retarda, mientras que las que tienen abundante fósforo maduran con más rapidez. El fosfato se redistribuye fácilmente en muchas plantas y se mueve de las hojas viejas hacia las jóvenes en las que se almacena; se acumula también en flores

en proceso de desarrollo y en semillas. Como resultado de esto, las deficiencias de fósforo se observan primero en hojas maduras (Landis, 1989; Fassbender y Bornemisza, 1987; Buckman y Brady, 1977).

Potasio (K)

El potasio es uno de los elementos esenciales en la nutrición de la planta y uno de los tres que se encuentra en pequeñas cantidades en los suelos, limitando el rendimiento de los cultivos. Es el catión celular más abundante con concentraciones de 100 mM o mayores. Altas concentraciones de potasio se requieren para la conformación activa de muchas enzimas que participan en el metabolismo. Concentraciones abundantes de K^+ son necesarias para neutralizar los aniones solubles y macromoleculares del citoplasma, que tiene pocos cationes orgánicos. De esta manera el K^+ contribuye bastante con el potencial osmótico. El transporte de potasio puede efectuarse por medio de una ATPasa de la membrana celular, activada por Mg^{2+} . El ión K^+ parece estar implicado en varias funciones fisiológicas como: transporte en el floema, turgencia de las células de los estomas, movimientos foliares (nastias) de los pulvínulos y crecimiento celular. De tal manera que, las necesidades nutricionales de K^+ se centran en cuatro roles bioquímicos y fisiológicos a saber: activación enzimática, procesos de transporte a través de membranas, neutralización aniónica y potencial osmótico. (Landis, 1989; Fassbender y Bornemisza, 1987; Buckman y Brady, 1977).

Síntomas de deficiencia de K: En el campo el suministro de potasio por el suelo, puede ser adecuado para el crecimiento de los cultivos, siempre y cuando el suministro de nitrógeno y fósforo sean bajos; pero es insuficiente si aumentan estos elementos. Por lo que se puede observar signos de carencia de K^+ , si se utilizan fertilizantes con nitrógeno y fósforo, produciéndose la muerte prematura de las hojas. Así como el nitrógeno y el fósforo, el potasio se traslada de los órganos maduros hacia los jóvenes; de forma que la deficiencia de este elemento se observa primero como un amarillamiento ligero en hojas viejas. En las dicotiledóneas las hojas se tornan cloróticas, pero a medida que progresa la deficiencia aparecen manchas necróticas de

color oscuro. La deficiencia de K^+ se conoce comúnmente como quemadura. En muchas monocotiledóneas, como es el caso de los cereales, las células de los ápices y bordes foliares mueren primero, propagándose la necrosis hacia la parte más joven de la base foliar. Ejemplo, el maíz deficiente de K^+ presenta tallos débiles y las raíces se hacen susceptibles a infecciones por patógenos que causan su pudrición (Landis, 1989; Fassbender y Bornemisza, 1987; Buckman y Brady, 1977).

2.4 Programas de fertilización

El rendimiento y la calidad de los cultivos dependen de varios factores, los internos de la planta que están determinados por el genotipo y otros que son de tipo externo como las condiciones climáticas, las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, calidad del agua, factores nutrimentales, la técnica de producción y los factores bióticos. De estos factores algunos no se tiene control (factores climáticos en los cultivos abiertos), otros en alguna medida pueden ser controlados (plagas y enfermedades), mientras que otros, como los factores nutrimentales, pueden ser controlados de manera precisa (Pineda, Avitia, Castillo, Corona, Valdez y Gómez, 2008).

Los cultivos hortícolas, entre ellos el chile, requieren de una aplicación adecuada de fertilizantes para expresar un óptimo rendimiento y calidad, y dentro de éstos, la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio son de los factores de crecimiento más importantes en la expresión del rendimiento y la calidad en la producción hortícola (Medina, Borges y Soria, 2010).

El modelo para calcular la dosis de fertilización fue propuesto por Galvis (1998) y se expresa de la siguiente fórmula:

$$\text{Dosis} = (\text{Dem} - \text{Sum})/\text{ERF}$$

Donde la dosis de un nutrimento puede estimarse a partir del conocimiento de la demanda del cultivo (**Dem**), la cual está en función del rendimiento esperado en un agroambiente específico; de la cantidad de nutrimento que el suelo puede suministrar durante el ciclo de cultivo (**Sum**) y de la eficiencia con la que el cultivo puede aprovechar el nutrimento que se aplica al suelo como fertilizante (**ERF**). Esta última es afectada por las características del sistema radical de la planta, por la técnica de manejo del cultivo y la de aplicación del fertilizante (Galvis, 1998).

La extracción nutrimental determina la cantidad de nutrimentos extraída por una planta, puede determinarse en una etapa fenológica determinada o a través del ciclo de cultivo, con las que se obtienen las curvas de extracción. Con esta información es posible conocer las épocas de mayor absorción de cada nutrimento y definir un programa de fertilización adecuado para el cultivo, en el cual se considere tanto la cantidad de fertilizante como la época idónea para hacer las aplicaciones (Pineda *et al.*, 2008). La extracción nutrimental por la planta es variable dentro de una misma especie, y esta depende del cultivar, el órgano muestreado, la tecnología de producción y el nutrimento (Cuadros 4, 5, 6 y 7), (Bugarín, Virgen, Galvis, García, Hernández y Bojórquez, 2011).

Cuadro 4. Cantidad de macronutrientos acumulados en plantas de Chile (*Capsicum annuum*), considerando toda la planta.

| Genotipo | Rend/ha | Extracción de nutrimento (kg·ha) | | | | | Cantidad de nutrimento en una tonelada de fruto cosechado (kg) | | | | |
|----------------|---------|----------------------------------|-------------------------------|------------------|--------|-------|--|-------------------------------|------------------|------|------|
| | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | MgO | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | MgO |
| Chile dulce | 97.3 | 205.50 | 28.50 | 195.00 | 81.30 | 33.50 | 2.11 | 0.29 | 2.00 | 0.84 | 0.34 |
| Chile pimiento | | | | | | | 3.00 | 0.40 | 4.70 | | |
| Chile dulce | 46.30 | 139.00 | 26.00 | 180.00 | 38.00 | 13.00 | 3.00 | 0.56 | 3.89 | 0.82 | 0.28 |
| Chile pimiento | 51.90 | 193.00 | 23.00 | 247.00 | 114.00 | 42.00 | 3.72 | 0.44 | 4.76 | 2.20 | 0.81 |
| Chile dulce | 80.12 | 211.50 | 22.40 | 205.00 | 83.30 | 41.60 | 2.64 | 0.28 | 2.56 | 1.04 | 0.52 |
| Chile Jalapeño | 15.00 | 60.00 | 7.60 | 79.30 | 8.20 | 7.30 | 4.00 | 0.51 | 5.29 | 0.55 | 0.49 |

Fuente: Fuente: Terbe et al., 2006.

Una forma para establecer cuánto fertilizante debe aplicarse a los cultivos es mediante el cálculo de la cantidad de nutrimento requerido por la planta para expresar un rendimiento esperado, por lo tanto, la cantidad necesaria de nutrimento para producir una tonelada de producto debe ser un dato conocido (Bugarín *et al.*, 2011). Esta información se encuentra para muchas variedades de Chile (Cuadro 4). Sin embargo, la cantidad de nutrimento extraído por el cultivo muestra diferencias (Terbe *et al.*, 2006), que se deben a las condiciones de desarrollo, rendimiento, órgano de la planta y genotipo empleado (Cuadros 5 y 6).

Cuadro 5. Requerimiento nutrimental específico en plantas de Chile influenciadas por la variedad y el rendimiento.

| Rendimiento t/ha | N kg/t | P ₂ O ₅ kg/t | K ₂ O kg/t |
|---------------------|------------|---------------------------------------|--------------------------|
| Debajo de 10 | 6.0 - 12.6 | 4.0 - 6.8 | 4.8 - 17.7 |
| Entre 10 y 50 | 2.8 - 9.0 | 0.4 - 1.2 | 3.3 - 11.7 |
| Por arriba de 50 | 2.4 - 4.6 | 0.4 - 0.9 | 3.3 - 6.1 |

Fuente: Terbe *et al.*, 2006.

Cuadro 6. Contenido nutrimental en órganos individuales de plantas de Chile pimiento durante el desarrollo del fruto.

| Órgano de la Planta | Valores mínimos y máximos de concentración de nutrimentos en la materia seca (mg/g) | | |
|------------------------|---|-------------------------------|------------------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Raíz | 18.3 - 34.2 | 2.2 - 4.2 | 9.9 - 26.9 |
| Tallo | 7.7 - 29.3 | 1.4 - 3.7 | 10.8 - 45.2 |
| Hoja | 16.9 - 46.0 | 2.0 - 7.3 | 26.2 - 59.2 |
| Fruto | 23.3 - 29.9 | 4.2 - 5.6 | 19.0 - 31.8 |

Fuente: Terbe *et al.*, 2006.

Como puede apreciarse en los cuadros 5 y 6, hubo diferencias en los niveles nutrimentales para raíz, tallo, hojas y frutos de Chile. Para nitrógeno, los valores más altos y la mayor fluctuación se encontraron en las hojas, mientras que el contenido de nitrógeno en los frutos puede considerarse uniforme. Para el fósforo las concentraciones más altas se midieron en los frutos y en los órganos muestreados la fluctuación fue mayor que en el nitrógeno. El contenido de fósforo en los frutos resultó ser el más uniforme. Para el potasio, los valores más altos se alcanzaron en la hoja, seguido de los frutos y en los cuatro órganos el intervalo de fluctuación fue mayor que en los otros dos elementos (N y P), en algunos casos más de tres o cuatro veces.

La composición nutrimental de los órganos de la planta de chile depende de varios factores ambientales, pero en primer lugar debido al suministro de nutrimentos, ya que en este sentido se muestra una amplia variación. La variación más pequeña fue medida en los frutos. En investigaciones donde determinaron la extracción nutrimental en la parte aérea (hojas y tallos) y en frutos, los valores nutrimentales variaron de acuerdo a la edad de la planta. Al final del ciclo, el K, Ca y Mg se acumularon principalmente en la parte aérea, el P y S en los frutos, y el N en los frutos y en la parte aérea. Al final del ciclo, las plantas acumularon mayor cantidad de N, P, Mg, K y S en los frutos, y el Ca en la parte aérea (Azofeira y Moreina, 2005).

2.5 Generalidades en la fertilización de Capsicum

De Ramírez (2000), la fertilización de chile debe realizarse según los resultados del análisis de suelos, los cuales deben hacerse cada dos años y en un laboratorio confiable, para confiar en la recomendación del tipo y dosis de fertilizantes a aplicar y la corrección de acidez si es necesario. Sin embargo es importante tener en cuenta los parámetros siguientes:

- En suelos demasiados livianos es importante la aplicación de materia orgánica.
- El cultivo de chile es exigente en fósforo y nitrógeno, sin embargo un exceso de nitrógeno trae como consecuencia un desarrollo vegetativo acelerado y excesivo, resultando en la ruptura de ramas.
- Es importante analizar el contenido de calcio en el suelo, pues la deficiencia de este elemento resulta en la pudrición apical del fruto.
- Deficiencias de boro pueden llevar al mismo resultado por intervenir éste en el mecanismo de absorción del calcio.
- En suelos con pH mayor que 7.0, pueden presentarse deficiencias de elementos menores, tales como boro, ocasionando una reducción del crecimiento, deformación de frutos y hojas, brotes en rosetas.

- La aplicación de fósforo y potasio puede hacerse completa en el momento del trasplante. Es importante dividir el nitrógeno en dos aplicaciones: en el momento del trasplante y en el momento de formación del fruto.
- El fertilizante debe aplicarse en banda a 0.3 m de las hileras y 0.05 m de profundidad. La materia orgánica y la cal deben incorporarse antes del trasplante.
- Es importante la aplicación de cal en suelos muy ácidos, de preferencia cal dolomítica si el nivel de magnesio es bajo.

Para Nuez, Gil y Costa (1996), una correcta fertilización de los cultivos se basa, generalmente, en el conocimiento de las fases que vive la planta durante su ciclo; y con esta información planificar la fertilización al suelo y a la parte foliar del cultivo (hojas). El ciclo de la planta se puede dividir en dos fases principales: la fase vegetativa, que comprende nacimiento, infancia y juventud del cultivo y la fase reproductiva que comprende la madurez y senescencia (muerte).

a) En la fase vegetativa de acuerdo a Nuez *et al.* (1996) comprende:

- a.1 Latencia: es el estado de dormancia o reposo de la semilla botánica, donde no existe consumo ni transporte interno de agua y de nutrientes, solo un grado de deshidratación de los tejidos. Los nutrientes se encuentran en forma de reservas.
- a.2 Activación: es la etapa siguiente, es el inicio del consumo de los nutrientes internos. Se autoabastece, el fosfato interno es clave.
- a.3 Brotación/Germinación: inicio de la absorción de agua y nutrientes por las raíces. Consumo bajo de nutrientes del suelo y fertilizante, el fosfato es el más importante por el aporte de energía. En este momento la fertilización es clave para ayudar a establecer rápidamente las hojas (fotosíntesis) y raíces (para la absorción de agua y nutrientes). El aporte balanceado de macro y micronutrientes es clave.
- a.4 Desarrollo y división celular: se forma los órganos interiormente (no se ven). Poco consumo de nutrientes y agua. Cambios visuales mínimos de la planta,

pero internos importantes no debe faltar agua, nutrientes, ni debe haber estrés alguno.

a.5 Crecimiento: crecimiento de todas las células formadas anteriormente. Crecimiento de la planta. Aumento notable en el consumo de agua y nutrientes, nitrógeno y calcio principalmente. Extracción general alta. La planta utiliza muy pocas reservas propias de nutrientes. Las raíces se encuentran en máxima producción (la vía física, donde la clave para un buen desarrollo radicular estará en las labores culturales: preparación del suelo, drenaje apropiado, evitar compactación, etc. y la vía química, donde depende de la fertilidad del suelo, lavado de sales, aportes de materia orgánica, riegos adecuados), la presencia de abundantes pelos radiculares (color blanco) es una señal de buenas condiciones para la absorción de agua y nutrientes; estas debemos cuidarlas y mantener su proliferación porque sólo funcionan durante 20 a 25 días.

b) Fase reproductiva de acuerdo a Nuez *et al.* (1996) comprende:

b.1 Botones: Alto consumo de N y K.

b-2 Floración: movimiento interno hormonal, nutrientes, azúcares y agua se mueven hacia las flores. Se reorganiza el envío de nutrientes (nada a las hojas). Potencial radicular al máximo de absorción de agua y nutrientes. Demanda alta de Potasio (rol de transporte de carbohidratos = 90% de la cosecha).

b.3 Cuajado/llenado de fruto: demanda máxima de nutrientes, especialmente potasio y calcio (inicio de llenado solo) y movilización interna de nutrientes y azúcares, absorción externa de agua y nutrientes. Fase crítica por lo que no debe haber exceso o déficit de agua. Aplicación de P por la vía foliar.

b.4 Pinta/Envero/Coloración: reducción al máximo del nitrógeno, el potasio es clave para el transporte de carbohidratos al fruto.

2.6 Cultivo de chile en la región Q'eqchí

Azurdia y Gonzáles (1986), expresan que Alta Verapaz y Baja Verapaz, son dos departamentos famosos por el consumo de chile, principalmente aquellas comunidades

indígenas de origen q'eqchí. De esta manera en los mercados de las diferentes localidades es frecuente encontrar de venta chile fresco, seco sin moler o en polvo del llamado cobanero, el cual es obtenido a partir de los cultivares denominados cobaneros o cahaboneros (procedentes de Cahabón, Alta Verapaz). Es así como el chile cultivado en pequeñas extensiones en el área, es el cobanero, principalmente a lo largo de la cuenca del río Polochic y la Franja Transversal del Norte, siguiéndole en orden de importancia de los chiles: cahabonero, chocolate y cuerudo.

El chile cahabonero es una variación del cobanero, diferenciándose de éste principalmente por su tamaño, debido a que es más pequeño. Además, presenta más uniformidad en cuanto a forma y tamaño del fruto, debido a que el cobanero presenta alta variabilidad en cuanto a estos caracteres, tal como lo observado en San Antonio Las Flores y Raxruhá, Alta Verapaz, en donde en una misma plantación se colectaron tres fenotipos diferentes (Azurdia y González, 1986).

El chile cobanero actualmente se cultiva en algunas áreas del departamento de Huehuetenango, localizadas por debajo de los 100 msnm, la razón de esto es debido a que las comunidades indígenas que habitan dicha áreas, prefieren tener su propia siembra de chile cobanero, antes de ir a Alta Verapaz a comprarlo o bien comprarlo en la comunidad a precios más altos (Azurdia y González, 1986).

La cultura de los pueblos guarda una relación íntima con la distribución y variabilidad de los cultivares. Los móviles de selección son aspectos culturales propiamente, siendo estos los puntos fijos hacia donde se encamina la evolución bajo domesticación, en ese orden de ideas logramos asociar al chile cobanero con aspectos culinarios de las poblaciones de Alta Verapaz, debido a que es la base para la elaboración del kak-ik, las migraciones humanas conllevan el traslado de cultivares de una región a otra, ejemplo de lo cual se da con el chile cobanero, actualmente difundido en el sur y centro de Petén y el noroeste de Izabal, como consecuencia de los programas de colonización de tierras que han beneficiado, entre otros a grupos de campesinos de origen q'eqchí, quienes han llevado sus cultivares a estas tierras (Azurdia, 1984).

2.7 Antecedentes

Payes (2000), en el estudio de colección y caracterización de los chiles picantes del área baja del río Polochic en Alta Verapaz, recolectó 25 ejemplares, los cuales en su mayoría corresponden a los chiles cobaneros. De las 41 características estudiadas, únicamente 2 cualitativas (2 hojas por axila y 1 fruto por axila) fueron constantes en todos los cultivares. Para el resto de características los cultivares presentaron muchas variabilidades, lo cual se debe a que en esta especie ocurre cierto porcentaje de polinización cruzada inter o intracultivar.

Castillo (2001), realizó la caracterización agromorfológica de 13 cultivares de chile cobanero (*Capsicum annuum*. var. *annuum*) bajo condiciones del área de influencia del parque Lachua, Alta Verapaz. Los cultivares evaluados mostraron variabilidad entre los trece materiales de *Capsicum annuum* variedad *annuum*, identificándose dos fenotipos perfectamente diferenciables, el cobanero y el zambo, con base al análisis de clúster y en función de las características cualitativas y cuantitativas.

Sapón (1988), caracterizó agro morfológicamente y bromatológicamente 39 cultivares de chile *Capsicum spp*, en el departamento de Chimaltenango y colectados en el altiplano de Guatemala. Estos cultivares presentaron variabilidad agromorfológica y bromatológica para la mayoría de las variables estudiadas. Los rangos obtenidos en el análisis bromatológico se presentan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Rangos obtenidos en el análisis bromatológico de 39 cultivares de chile (*Capsicum spp*) caracterizados en el departamento de Chimaltenango.

| VARIABLES ANALIZADAS | RANGOS |
|-----------------------------|---------------|
| Humedad en fresco (%) | 61.35 - 85.60 |
| Humedad residual (%) | 6.35 - 15.91 |
| Fibra cruda (%) | 9.27 - 28.87 |
| Proteína (%) | 8.97 - 14.79 |
| Ceniza (%) | 4.38 - 5.64 |
| Caroteno (mg/100gr) | 6.83 - 67.47 |

FUENTE: Sapón, 1988.

Figuroa (2010), en el estudio de mercado de chiles secos en Guatemala, determinó que la producción de los chiles secos se desarrolla en sistemas de producción tradicional, minifundistas, cuyas técnicas de cultivo más importantes es el uso germoplasma de extracción propia, el uso de técnicas artesanales en el tratamiento post cosecha. Además, determinó que tres de los chiles secos producidos en Guatemala tienen definidas sus regiones de producción, siendo estas las regiones de Alta Verapaz, Petén e Izabal, las zonas productivas más importantes del chile cobanero, la región del altiplano central específicamente Chimaltenango y Sololá las regiones productoras de chile guaque y el chile zambo una región muy restringida en Alta Verapaz. El chile chocolate posee una distribución más amplia que abarca tanto el Sur Oriente como la Costa Sur del país.

Ortiz (2008), en su evaluación de cuatro distanciamientos de siembra y cuatro programas de fertilización en chile habanero *Capsicum chinense* en el Petén, definió que el distanciamiento de siembra fue más determinante que la fertilización en el rendimiento del cultivo de chile, por lo que el rendimiento de chile habanero fue superior cuando el mismo se manejó a distancias de 0.50 m ó 0.25 m entre plantas, lo que corrobora la respuesta positiva de esta especie al incremento de la densidad de plantas.

V. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 Definición del problema

El cultivo de chile cobanero, es una variedad criolla perteneciente a la familia de las solanáceas, forma parte de la dieta alimenticia de las familias guatemaltecas, y a su vez es sustento económico por la venta del excedente debido a que éste producto tiene alta aceptación a nivel nacional e internacional, caracterizándose por su sabor picante que es el deleite en lo culinario. El área tradicional de producción es la región cálida de Alta Verapaz, en los municipios de Lanquín, Santa María Cahabón y Senahú, algunas comunidades Q'eqchi's de Izabal y del sur del Petén.

En la actualidad existe una expansión del cultivo, habiéndose incorporado en áreas de la Franja Transversal del Norte, debido a que la demanda y el precio en el mercado nacional va en aumento (Ayala, 2003). Los agricultores tradicionalmente realizan la siembra del chile cobanero utilizando una tecnología rudimentaria, en asocio con maíz o en monocultivo, con siembra al voleo y sin programas de fertilización química específicos. Los rendimientos son bajos, que oscilan entre los 635 a 907 kg/ha de producto seco (Figueroa, 2010).

Por tal razón es de suma importancia técnica y económica para el productor de chile cobanero, generar información técnica que determine la mejor distancia de siembra y programa de fertilización química, que le permita incrementar los rendimientos de chile cobanero y el aumento de los ingresos de las familias productoras del municipio de San Luis, Petén.

VI. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Generar información sobre el efecto de cuatro densidades de siembra en combinación con tres programas de fertilización, en el desarrollo y rendimiento del chile cobanero (*Capsicum annum*, var. *annuum*), en el municipio de San Luis, Petén.

4.2 Objetivos específicos

Evaluar el efecto de las densidades de siembra sobre el rendimiento de frutos de chile cobanero, en San Luis, Petén.

Evaluar el efecto de los programas de fertilización química sobre el rendimiento de frutos de chile cobanero, en San Luis, Petén.

Evaluar el efecto de la combinación de las densidades de siembra y programas de fertilización sobre el rendimiento de frutos de chile cobanero, en San Luis, Petén.

Determinar el efecto de los tratamientos sobre los costos de producción y rentabilidad obtenida.

VII. HIPOTESIS

Al menos una densidad de siembra incide en el rendimiento de chile cobanero, en San Luis, Petén.

Al menos uno de los programas de fertilidad incide en el rendimiento de chile cobanero, en San Luis, Petén.

Existe al menos una interrelación densidad de siembra – programas de fertilidad, mejora el rendimiento de chile cobanero, San Luis, Petén.

Existe al menos un tratamiento que incide positivamente sobre los costos de producción y rentabilidad obtenida.

VIII. MATERIALES Y METODOS

6.1 Localización

El estudio se llevó a cabo en la finca “Las Marías”, en el caserío Chinchilá Arriba, del municipio de San Luis, del departamento de Petén. El área experimental se encuentra a 8 km de la cabecera municipal a una altura de 275 msnm y se ubica en las coordenadas geográficas 16° 09' 19" latitud norte y 89° 26' 09" longitud oeste del Meridiano de Greenwich.

De acuerdo al método de Thornthwaite (Torres, 2011), la zona de vida del área de estudio es un clima Subhúmedo húmedo, con moderadamente deficiente en verano, megatérmica o cálida, con 60.66% de verano al año (C2sA´b´1).

De acuerdo al Mapa de Clasificación Taxonómica de los Suelos de la República de Guatemala (MAGA, 2001), los suelos del área de estudio son del orden Mollisol (oIl) y suborden Udolls (Md). Estos suelos se caracterizan por poseer un horizonte superficial grueso, oscuro, generalmente con alto contenido de materia orgánica y una alta saturación de bases (mayor del 50%). Son suelos bastante fértiles, y por sus características físicas y químicas, generalmente son muy buenos suelos para la producción agrícola. Es común encontrarlos en relieves planos o casi planos, lo que favorece su mecanización.

Los suelos del suborden Udolls, son suelos que no están secos por más de 90 días en su interior. Tienen un adecuado contenido de humedad la mayor parte del año. Por sus características físicas, químicas y por la disponibilidad de humedad en el año, son los suelos más adecuados para el manejo agropecuario (MAGA, 2001).

6.2 Material experimental

El material vegetal utilizado fueron plantas de chile cobanero, cultivar 807, procedente de Sepoc, Cahabón, Alta Verapaz debido a que tiene las características de ser resistentes a la sequía, a las altas temperaturas, plagas y enfermedades. Este material se obtuvo por medio de recolección de agricultores de dicha comunidad.

Las fuentes de los programas de fertilización utilizados fueron:

- **Urea (46-00-00)**

La urea es un fertilizante químico de origen orgánico. Entre los fertilizantes sólidos, es la fuente nitrogenada de mayor concentración (46%). La urea al hidrolizarse produce amonio y bicarbonato. Los iones bicarbonato reaccionan con la acidez del suelo e incrementan el pH en la zona próxima al sitio de reacción de este fertilizante (banda de aplicación). Una vez que la urea se ha convertido en amonio (NH_4^+), éste es absorbido por las arcillas y la materia orgánica del suelo y el amonio es eventualmente nitrificado o absorbido directamente por las plantas. La urea se puede aplicar al suelo directamente como monoproducto, se puede incorporar a mezclas físicas balanceadas y por su alta solubilidad en agua, puede funcionar como aporte de nitrógeno en formulas NPK's foliares, para uso en fertirriego altamente solubles y en fertilizantes líquidos (Fertisquisa, 2007).

- **Fosfato Monoamonico (MAP)**

El fosfato monoamonico es un fertilizante complejo granulado para aplicación al suelo con una alta concentración integral de nitrógeno y fósforo (11-52-00). Este fertilizante es considerado un fertilizante como fuente de fósforo, sin embargo, la presencia de nitrógeno en esta fórmula compleja, tiene un efecto sinergizante, debido a que favorece al aprovechamiento de este macro elemento (P). Este efecto es debido a que el Amonio (NH_4^+) influye significativamente sobre la disponibilidad

y absorción del fósforo (P_2O_5). El Amonio en altas concentraciones reduce las reacciones de fijación del fosforo haciéndolo disponible para la planta. (Delcorp S.A., 2013).

- **Muriato de potasio**

El muriato de potasio es un fertilizante soluble a base de Potasio (0-0-60), recomendado para corregir deficiencias o desbalances de este elemento en el suelo y/o reponer extracciones del mismo por parte de los cultivos, fundamental para obtener un buen peso y llenado en frutos u órganos cosechables de los vegetales (Delcorp S.A., 2013).

6.3 Factores estudiados

Los factores estudiados fueron: densidades de siembra y programas de fertilización química.

6.4 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron la combinación de distanciamiento de siembra con programas de fertilización química (Cuadro 8)

Distanciamientos de siembra fueron los siguientes:

- 12,500 plantas/ha (0.80 m entre plantas * 1 m entre surco).
- 14,285 plantas/ha (0.70 m entre plantas * 1 m entre surco).
- 16,667 plantas/ha (0.60 m entre plantas * 1 m entre surco).
- 20,000 plantas/ha (0.50 m entre plantas * 1 m entre surco).

Programas de fertilización química fueron los siguientes:

- 250-125-260 kg/ha de N-P-K.
- 200-75-130 kg/ha de N-P-K.
- 125-50-130 kg/ha de N-P-K.

Cuadro 8. Tratamientos evaluados para la producción de chile cobanero combinando densidad de siembra con programa de fertilización, San Luis, Petén, 2014.

| Código | Tratamientos | |
|--------|--|--|
| | Parcela Grande Densidad de siembra (m) | Parcela Pequeña Programas de fertilización (N, P ₂ O ₅ , K ₂ O kg/ha) |
| 1 | 12,500 plantas/ha (0.80 m entre plantas * 1 m entre surco) | 250+125+260 |
| 2 | | 200+75+130 |
| 3 | | 125+50+130 |
| 4 | 14,285 plantas/ha (0.70 m entre plantas * 1 m entre surco) | 250+125+260 |
| 5 | | 200+75+130 |
| 6 | | 125+50+130 |
| 7 | 16,667 plantas/ha (0.60 m entre plantas * 1 m entre surco) | 250+125+260 |
| 8 | | 200+75+130 |
| 9 | | 125+50+130 |
| 10 | 20,000 plantas/ha (0.50 m entre plantas * 1 m entre surco) | 250+125+260 |
| 11 | | 200+75+130 |
| 12 | | 125+50+130 |

Fuente: Autor, 2014.

6.5 Diseño experimental

El diseño experimental empleado fue un diseño en bloques completos al azar, con arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones. La parcela grande (Factor A) la constituyó las densidad de siembra y la sub-parcela o parcela chica (Factor B) los programas de fertilización.

6.6 Modelo estadístico

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = U + R_i + A_j + E_{ij} + B_k + AB_{jk} + E_{ijk}$$

Donde:

- Y_{ijk} = Variable respuesta de rendimiento en kg/ha.
- u = Efecto de la media general.
- R_i = Efecto j-ésima repetición.
- A_j = Efecto de las densidades de siembra.
- $E(a)_{ij}$ = Error experimental asociado a las parcelas grandes (error a).
- B_k = Efecto de los programa de fertilización.
- AB_{jk} = Efecto de interacción densidad de siembra programa de fertilización.
- $E(b)_{ijk}$ = Error experimental asociado a las parcelas pequeñas (error b).

6.7 Unidad experimental

El experimento lo constituyeron tres bloques (repeticiones), cada uno de estos con doce parcelas grandes (densidad de siembra). Cada parcela grande se subdividió en cuatro parcelas pequeñas (programa de fertilización) que representa cada uno de los tratamientos (Figura 1).

| | | |
|---|---|---|
| FACTOR A Parcela grande Densidad de siembra (12,500, 14,285, 16,667 y 20,000 plantas/ha) | | |
| FACTOR B Programa de fertilización Parcela pequeña | FACTOR B Programa de fertilización Parcela pequeña | FACTOR B Programa de fertilización Parcela pequeña |

Figura 1. Ilustración de la unidad experimental.

6.8 Croquis de campo

La distribución de los tratamientos en el campo se muestra en la figura 2.

| | | | | | | | | | | | |
|--------------|-----|-----|------------|-----|-----|------------|----|----|------------|-----|-----|
| Repetición 1 | | | | | | | | | | | |
| Densidad 4 | | | Densidad 1 | | | Densidad 2 | | | Densidad 3 | | |
| T10 | T11 | T12 | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 |
| Repetición 2 | | | | | | | | | | | |
| Densidad 3 | | | Densidad 2 | | | Densidad1 | | | Densidad 4 | | |
| T8 | T9 | T7 | T5 | T6 | T4 | T2 | T3 | T1 | T11 | T12 | T10 |
| Repetición 3 | | | | | | | | | | | |
| Densidad 1 | | | Densidad 4 | | | Densidad 3 | | | Densidad 2 | | |
| T3 | T1 | T2 | T12 | T10 | T11 | T9 | T7 | T8 | T4 | T5 | T6 |

Figura 2. Distribución de las parcelas en campo, en la evaluación de densidades de siembra y programas de fertilización en chile cobanero, San Luis, Petén, 2014.

6.9 Manejo del experimento

Preparación del terreno

Para la preparación de tierras se hizo un paso de arado, uno de rastra y el paso del surqueador, en este caso el surcado se realizó a 1.00 m entre surcos. Esta actividad se realizó 15 días antes del trasplante.

Trasplante

El trasplante de las plantas de chile cobanero se hizo a través de pilones de 45 días de edad, cuando estas tenían de cuatro a cinco folíolos. Se realizó una selección por tamaño antes de comenzar el trasplante para uniformizar y evitar la competencia entre las diferentes plantas. Se colocó una planta por postura. Esta labor se hizo en horas de la tarde para evitar estrés en las plantas por la alta radiación.

Fertilización

La aplicación de nitrógeno y potasio fue de 20%, 40% y 40%, al momento del trasplante, 45 y 75 días después del trasplante. Para el fósforo fue de 30%, 40% y 30% en las mismas época. Se utilizó como fuente de nitrógeno (N), la urea (46%); para el potasio, el muriato de potasio (60% de K₂O) y para el fósforo, el fosfato de amonio (11-

52-00). Las aplicaciones se realizaron de forma manual a cada planta a una profundidad de 5 cm.

Control de malezas

Se realizó de forma manual a los 20, 45, 80 y 91 días después del trasplante, para mantener el cultivo limpio de malezas e insectos hospedados en ellas.

Riego

La investigación se realizó en época de lluvia entre los meses de junio y diciembre, por lo que no era necesario ejecutar un programa de riego. Se realizaron tres aplicaciones de riego de auxilio por el método de gravedad durante el ciclo de cultivo, siendo estos: al momento del trasplante 7 y 15 días después del trasplante, con la finalidad de asegurar el establecimiento del cultivo.

Control de plagas y enfermedades

El control de plagas y enfermedades de forma preventiva realizada se presenta en el cuadro 9.

Cuadro 9. Control preventivo de plagas y enfermedades en el chile cobanero, en la evaluación de densidades de siembra y programas de fertilización en chile cobanero, San Luis, Petén, 2014.

| ETAPA FENOLOGICA DEL CULTIVO | PLAGAS / ENFERMEDADES | CONTROL / PRODUCTO |
|--|---|--|
| Del trasplante a 15 después del trasplante | Mal de talluelo, Antracnosis, tizón temprano y mancha de la hoja. | Plocoraz 2 medidas de 25 cc por bomba de 5 galones, al pie de la planta. Etridiaz + metil tiofanato 1.5 kg /ha. Aplicado al tallo. Ditiocarbonato propineb, 6 medidas de 25 cc con Mancozeb. Benlate intercalando con Folpet, 2 medidas de 25 cc por bomba de 5 galones. Aplicado cada 8 días. Organofosforado paratión metil a razón de 1.5 l/ha combinado con Diafenthiuron utilizando 25 cc por bomba de 5 galones. |
| 15 a 30 después de la siembra | Mosca Blanca, picudo y tortuguilla | Diafenthiuron mezclado cyfluthrin una copa copa de 25 cc de cada una por bomba de 5 galones. |
| 30 a 45 después de la siembra | | Imidacloprid 25 cc por bomba de 5 galones. |
| 15 hasta inicio de la cosecha | | Piretroide ciflutrina, una copa de 25 cc por bomba de 5 galones. |

Fuente: Autor, 2014

Cosecha

Se inició la cosecha a los 90 días después del trasplante, según el estado de madurez que presentaron los frutos de chile cobanero en varios cortes acumulados semanalmente hasta el decrecimiento de la producción. Se llevó un control en cuanto al número de frutos por parcela y el rendimiento.

6.10 Variables respuesta

- **Altura de plantas de chile cobanero (cm)**

Consistió en medir la altura de las plantas de chile cobanero en la parcela neta de cada uno de los tratamientos evaluados. Una vez obtenidas todas las alturas de las plantas se promediaron para obtener la altura promedio/planta. Para esta variable se hizo uso de un metro.

- **Número de frutos/plantas de chile cobanero**

Consistió en el conteo de todos los frutos comerciales que se cosecharon por cada uno de tratamientos evaluados y luego se hicieron las proyecciones a una hectárea.

- **Rendimiento total de chile cobanero en fresco (kg/ha).**

Consistió en determinar el peso total de frutos de chile cobanero en fresco de la parcela neta en cada uno de los cortes, los cuales se transformaron en kg/ha y se realizó a partir de los 90 días después del trasplante hasta que finalizó la cosecha. Para ello se hizo uso de una balanza.

- **Rendimiento total de chile cobanero en seco (kg/ha).**

Posteriormente de haber cosechado el fruto de chile cobanero, se procedió a su secado a través de un horno de secamiento previo a ser sometido a la molienda para reducirlo en polvo. Una vez reducido en polvo se pesó y para ello se hizo uso de una balanza.

- **Rentabilidad**

Para la estimación de la rentabilidad se llevaron registros económicos (costos de producción) para cada uno de los tratamientos a evaluados. Determinado el ingreso bruto (venta de la producción) se restó el costo de producción total de cada tratamiento y se obtuvo el ingreso neto. Luego se dividió el ingreso neto entre costo de producción total y se multiplicó por 100 y se obtuvo la rentabilidad.

6.11 Análisis de la información

6.11.1 Análisis estadístico

Para el análisis de cada una de las variables respuesta se utilizó el análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de confianza de 0.95, y para aquellos resultados que manifestaron diferencias estadísticamente significativas, se empleó la prueba de medias de Tukey (0.95 de confianza).

6.11.2 Análisis económico

Para el desarrollo del análisis económico de la producción de chile cobanero, se utilizó la metodología de rentabilidad de la inversión.

La fórmula para determinar la rentabilidad de la producción de chile cobanero fue la siguiente:

$$\text{Rentabilidad} = (\text{Ingreso neto} / \text{Costo de producción}) \times 100$$

IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Altura de plantas de chile cobanero

Las líneas de tendencia de la altura de chile cobanero indican efectos interactivos, es decir, los programas de fertilización se comportan de manera distinta en densidades diferentes. Los programas de fertilización de 200-75-130 y 250-125-260 kg/ha de NPK aumentaron la altura de la planta de chile cobanero al aumentar la densidad de siembra, pero el programa de fertilización de 125-50-130 kg/ha de NPK disminuyó la altura de la planta al aumentar la densidad de siembra. Por tanto, la densidad de siembra depende del programa de fertilización (Figura 3).

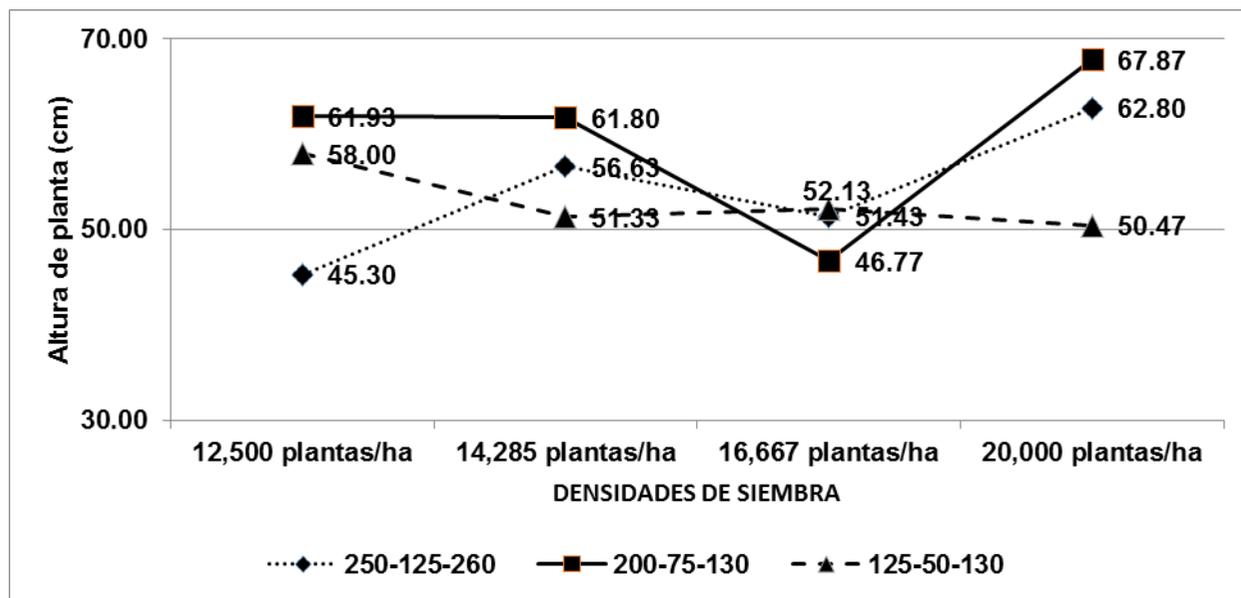


Figura 3. Líneas de tendencia de la altura de planta de chile cobanero en cuatro densidades de siembra y tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014.

En el Cuadro 10, se presentan el análisis de varianza para la variable altura de planta de chile cobanero, en el mismo se observa que existen diferencias significativas al 5% de probabilidad para la densidad de siembra, programas de fertilización y tratamientos evaluados. Es decir; que al menos un tratamiento es diferente a los demás. Los datos son confiables, pues el valor del coeficiente de variabilidad fue de 10.49%.

Cuadro 10. Análisis de varianza de la altura de planta de chile cobanero en cuatro densidades de siembra y tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014.

| Factor de valoración | Grados de Libertad | Suma de Cuadrado | Cuadrado Medio | Fcalc | Ftab0.05 | SIGNIFICANCIA |
|------------------------|--------------------|------------------|----------------|--------|----------|-------------------------|
| Bloque | 2 | 192.4422 | | | | |
| Densidad de siembra | 3 | 487.7167 | 9.2569 | 128.76 | 4.76 | Altamente significativo |
| Error A | 6 | 52.6867 | 0.0719 | | | |
| Parcelas grandes | 11 | 732.8456 | | | | |
| Prog. de fertilización | 2 | 302.3706 | 151.1853 | 4.45 | 3.63 | Significativo |
| Tratamientos | 6 | 847.0050 | 141.1675 | 4.16 | 2.74 | Significativo |
| Error B | 16 | 543.1644 | 33.9478 | | | |
| Total | 35 | 2,425.39 | | | | |
| C.V. (%) | 10.49 | | | | | |

Fuente: Autor, 2014.

En el Cuadro 11, se presenta la prueba de significancia de la altura de plantas de chile cobanero de los tratamientos evaluados a través de la prueba de medias de Tukey ($p < 0.05$), donde define que el mejor tratamiento fue cuando se utilizaron 20,000 plantas/ha y se aplicaron 200-75-130 kg/ha de NPK. Por lo tanto, La densidad de siembra conjuntamente con los programas de fertilización modificó significativamente la tasa de crecimiento y la altura de la planta.

Cuadro 11. Análisis de medias de Tukey para la altura de planta (cm) de la planta de chile cobanero con relación a cuatro densidades de siembra y tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014.

| Tratamientos | Promedio Cm/planta | Significancia Tukey al 0.05 = 7.8657 |
|--|--------------------|--------------------------------------|
| 20,000 plantas/ha donde se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK | 67.87 | A |
| 20,000 plantas/ha donde se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK | 62.80 | AB |
| 12,500 plantas/ha donde se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK | 61.93 | AB |
| 14,285 plantas/ha donde se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK | 61.80 | AB |
| 12,500 plantas/ha donde se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK | 58.00 | AB |
| 14,285 plantas/ha donde se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK | 56.63 | AB |
| 16,667 plantas/ha donde se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK | 52.13 | AB |
| 16,667 plantas/ha donde se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK | 51.43 | AB |
| 14,285 plantas/ha donde se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK | 51.33 | AB |
| 20,000 plantas/ha donde se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK | 50.47 | AB |
| 16,667 plantas/ha donde se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK | 46.77 | B |
| 12,500 plantas/ha donde se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK | 45.30 | B |

Fuente: Autor, 2014.

El crecimiento vegetativo expresado en el tamaño de la planta de chile cobanero se vio influenciado, tanto por las densidades de siembra como por los programas de fertilización evaluados. Como era de esperarse, hubo una vinculación casi perfecta entre los requerimientos climáticos del chile y las condiciones ecológicas predominantes en el municipio de San Luis, Peten.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de medias de Tukey se acepta la hipótesis alternativa, donde se señala que al menos uno de los tratamientos evaluados en el tamaño de la planta fue mejor que los demás.

7.2 Número de frutos por planta

De acuerdo con los resultados del número de frutos de chile cobanero por planta, las líneas de tendencia que se muestran en la figura 4, indican efectos interactivos para esta variable, es decir, que los programas de fertilización se comportaron de manera distinta en densidades diferentes. El programa de fertilización de 200-75-130 kg/ha de NPK aumentó la cantidad de frutos al incrementarse la densidad de siembra, pero los programas de fertilización de 250-125-260 y 125-50-130 kg/ha de NPK mostraron cantidades variables al incrementarse la densidad de siembra. Por lo tanto, la densidad de siembra depende de los programas de fertilización.

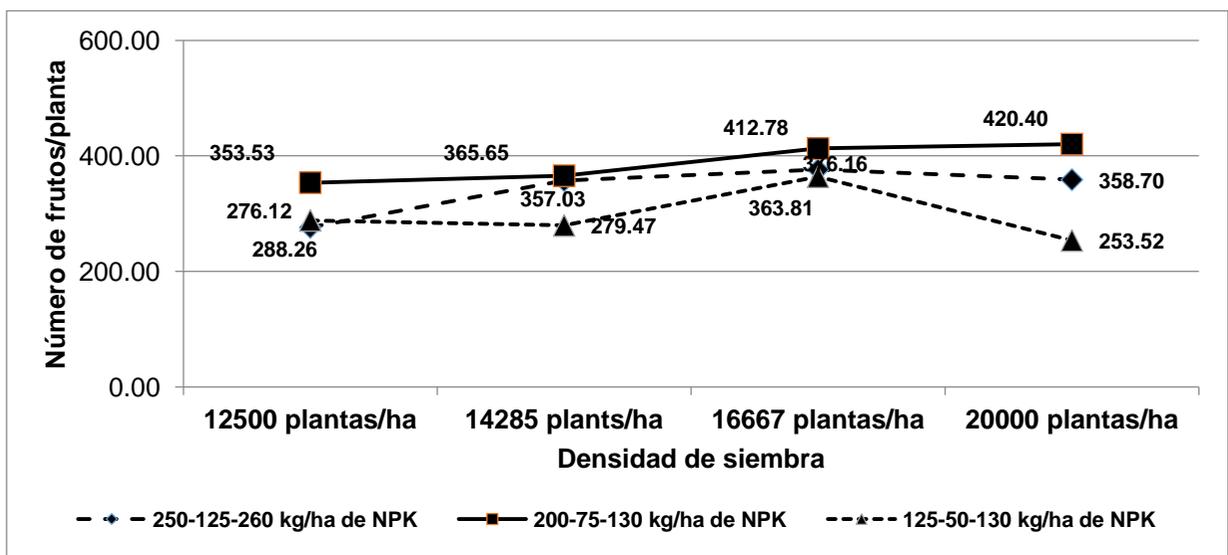


Figura 4. Líneas de tendencia del número de frutos por planta de chile cobanero en cuatro densidades de siembra y tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014.

En el cuadro 12, se presenta el análisis de varianza del número de frutos por planta de chile cobanero. En el mismo se observa que existe diferencia significativa para los factores programas de fertilización y tratamientos, por lo que se interpreta que bajo las condiciones prevaletientes durante la investigación y el manejo dado al cultivo, no hubo respuesta a las distintas densidades de siembra. Por lo tanto, uno de los tratamientos es mejor que los demás. Los datos son confiables, pues el valor del coeficiente de variación fue de 8.76%.

Cuadro 12. Análisis de varianza del número de frutos por planta de chile cobanero en cuatro densidades de siembra y tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014.

| Factor de valoración | Grados de Libertad | Suma de Cuadrado | Cuadrado Medio | Fcalc | Ftab0.05 | Significancia |
|------------------------|--------------------|------------------|----------------|-------|----------|-------------------------|
| Bloque | 2 | 91,055 | | | | |
| Dens. de siembra | 3 | 28,360 | 9,453 | 2.79 | 4.76 | No significativo |
| Error A | 6 | 20,360 | 3,393 | | | |
| Parcelas grandes | 11 | 139,774 | | | | |
| Prog. de fertilización | 2 | 50,590 | 25,295 | 28.14 | 3.63 | Altamente significativo |
| Tratamientos | 6 | 19,936 | 3,323 | 3.70 | 2.74 | Significativo |
| Error B | 16 | 14,381 | 899 | | | |
| Total | 35 | 224,681 | | | | |
| C.V. (%) | 8.76 | | | | | |

Fuente: Autor, 2014.

Con relación al análisis de medias de Tukey ($p < 0.05$) para el número de frutos/planta de chile cobanero (Cuadro 13), se observó que los mejores tratamientos fueron: cuando se trasplantaron 20,000 plantas/ha y se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK y 16,667 plantas/ha y se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK, con 420 y 412 frutos/planta respectivamente. El menor número de frutos por planta se presentó en el tratamiento donde se trasplantaron 12,500 plantas/ha y se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK, con 253 frutos por planta. Sin embargo, es de hacer notar que si bien el número de frutos por planta fue menor en la densidad de siembra de 12,500 plantas/ha, la mayor cantidad de plantas por unidad de área dio como resultado que el número de frutos cosechados fuera mayor.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de medias de Tukey se acepta la hipótesis alternativa, donde se señala que al menos uno de los tratamientos evaluados en el número de frutos/planta de chile cobanero fue mejor que los demás.

Cuadro 13. Análisis de medias de Tukey para el número de frutos por planta de chile cobanero con relación a cuatro densidades de siembra y tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014.

| Tratamientos | Promedio frutos/planta | Significancia Tukey al 0.05 = 92.6132 |
|--|---------------------------|--|
| 20,000 plantas/ha donde se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK | 420.40 | A |
| 16,667 plantas/ha donde se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK | 412.78 | A |
| 16,667 plantas/ha donde se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK | 376.16 | AB |
| 14,285 plantas/ha donde se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK | 365.65 | ABC |
| 16,667 plantas/ha donde se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK | 363.81 | ABC |
| 20,000 plantas/ha donde se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK | 358.70 | ABC |
| 14,285 plantas/ha donde se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK | 357.03 | ABC |
| 12,500 plantas/ha donde se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK | 353.53 | ABC |
| 12,500 plantas/ha donde se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK | 288.26 | BCD |
| 14,285 plantas/ha donde se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK | 279.47 | CD |
| 12,500 plantas/ha donde se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK | 276.12 | CD |
| 12,500 plantas/ha donde se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK | 253.52 | E |

Fuente: Autor, 2014.

7.3 Rendimiento de chile cobanero fresco

Los resultados de rendimiento de frutos frescos de chile cobanero en kg/ha, se muestran en las líneas de tendencia que se presentan en la figura 5, indican efectos interactivos para esta variable, es decir, que los programas de fertilización se comportaron de manera distinta en densidades diferentes. Los programas de fertilización de 200-75-130 y de 125-50-130 kg/ha de NPK aumentó el rendimiento al incrementarse la densidad de siembra, pero el programa de fertilización de 250-150-260 kg/ha de NPK mostró rendimientos variables al incrementarse la densidad de siembra. Por lo tanto, la densidad de siembra depende de los programas de fertilización.

El rendimiento de frutos frescos de chile cobanero tuvo más relación con la densidad de población que con los programas de fertilización, en este sentido, hubo una reducción del peso del fruto con el incremento en la densidad de población. Al comparar los programas de fertilización evaluados, se encontró que con bajos niveles

de fertilización disminuyó el rendimiento; mientras que al reducir la distancia de siembra los rendimientos se incrementaron significativamente.

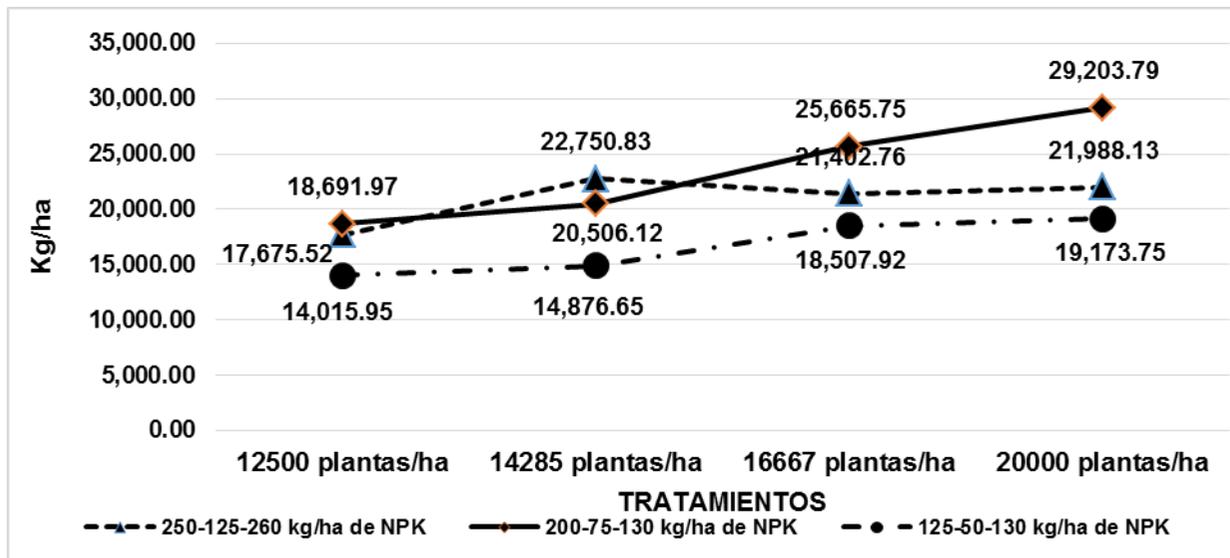


Figura 5. Líneas de tendencia del rendimiento de frutos frescos (kg/ha) de chile cobanero, en cuatro densidades de siembra y tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014.

El análisis de varianza para el rendimiento de chile cobanero (Cuadro 14), se observa que existe diferencia significativa para los factores densidad de siembra, programas de fertilización y tratamientos. Por lo tanto, uno de los tratamientos es mejor que los demás. Los datos son confiables, pues el valor del coeficiente de variación fue de 10.39%.

Cuadro 14. Análisis de varianza de rendimiento de frutos frescos por hectárea de chile cobanero, en cuatro densidades de siembra y tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014.

| Factor de valoración | Grados de Libertad | Suma de Cuadrado | Cuadrado Medio | Fcalc | Ftab0.05 | Significancia |
|----------------------|--------------------|------------------|----------------|-------|----------|---------------|
| Bloque | 2 | 2,730,359.41 | | | | |
| Dens. de siembra | 3 | 229,534,409.05 | 76,511,469.68 | 9.68 | 4.76 | Significativo |
| Error A | 6 | 47,432,482.14 | 7,905,413.69 | | | |
| Parcelas grandes | 11 | 279,697,250.59 | | | | |
| Prog de fertilizante | 2 | 289,568,843.48 | 144,784,421.74 | 32.29 | 3.63 | Significativo |
| Tratamientos | 6 | 83,830,284.94 | 13,971,714.16 | 3.12 | 2.74 | Significativo |
| Error B | 16 | 71,741,704.17 | 4,483,856.51 | | | |
| Total | 35 | 724,838,083.19 | | | | |
| C.V. (%) | 10.39 | | | | | |

Fuente: Autor, 2014.

En el Cuadro 15, se muestra el análisis de medias de Tukey ($p < 0.05$) de los tratamientos evaluados con relación al rendimiento de chile fresco cobanero, donde los resultados indican que el mejor tratamiento fue cuando se trasplantaron 20,000 plantas/ha y se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK, con 29,203.79 kg/ha, superando a los otros tratamientos evaluados. Se determinó que el rendimiento de chile estuvo más relacionado con la densidad de siembra que con los programas de fertilización.

Cuadro 15. Análisis de medias de Tukey para el rendimiento de chile cobanero, con relación a cuatro densidades de siembra y tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014.

| Tratamientos | Promedio kg/ha | Significancia Tukey al 0.05 = 6540.6211 |
|---|----------------|---|
| 20000 plantas/ha donde se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK | 29,203.79 | A |
| 16667 plantas/ha donde se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK | 25,665.75 | AB |
| 14285 plantas/ha donde se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK | 22,750.83 | ABC |
| 20000 plantas/ha donde se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK | 21,988.13 | BC |
| 16667 plantas/ha donde se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK | 21,402.76 | BCD |
| 14285 plantas/ha donde se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK | 20,506.12 | BCDE |
| 20000 plantas/ha donde se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK | 19,173.75 | BCDE |
| 12500 plantas/ha donde se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK | 18,691.97 | CDE |
| 16667 plantas/ha donde se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK | 18,507.92 | CDE |
| 12500 plantas/ha donde se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK | 17,675.52 | CDE |
| 14285 plantas/ha donde se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK | 14,876.65 | DE |
| 12500 plantas/ha donde se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK | 14,015.95 | E |

Fuente: Autor, 2014.

De acuerdo al análisis de Tukey (Cuadro 15), la extracción total de nutrientes en el cultivo de chile cobanero puede ser similar para la misma densidad de siembra y se considera que la fertilidad de suelo se encuentra entre media a baja, debido a que la respuesta de la planta a la fertilización es limitada, razón por la cual se requiere de dosis media a bajas para lograr la máxima producción.

El uso de la densidad de siembra de 20,000 plantas, mejoró el aprovechamiento de nutrientes, uso más eficiente del espacio e incremento de los rendimientos.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de medias de Tukey se acepta la hipótesis alternativa, donde se señala que al menos uno de los tratamientos evaluados en rendimiento de chile cobanero fresco fue mejor que los demás.

7.4 Rendimiento de chile cobanero seco

Los resultados de rendimiento de chile seco cobanero en kg/ha, muestran que el mejor tratamiento fue donde se trasplantaron 20,000 plantas/ha y se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK, con un rendimiento de 4,402.38 kg/ha. Lo anterior indica que la densidad de siembra tuvo una adecuada fertilización. El tratamiento con el menor rendimiento fue cuando se trasplantaron 12,500 plantas/ha y se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK, con 1,751.99 kg/ha, lo que significa que a mayor distancia de siembra menor rendimiento. Además el bajo contenido de N limitó el crecimiento de la planta (Figura 6).

Las líneas de tendencia que se presentan en la figura 6, indican efectos interactivos para esta variable, es decir, que los programas de fertilización se comportaron de manera distinta en densidades diferentes. Por lo tanto, la densidad de siembra depende de los programas de fertilización.

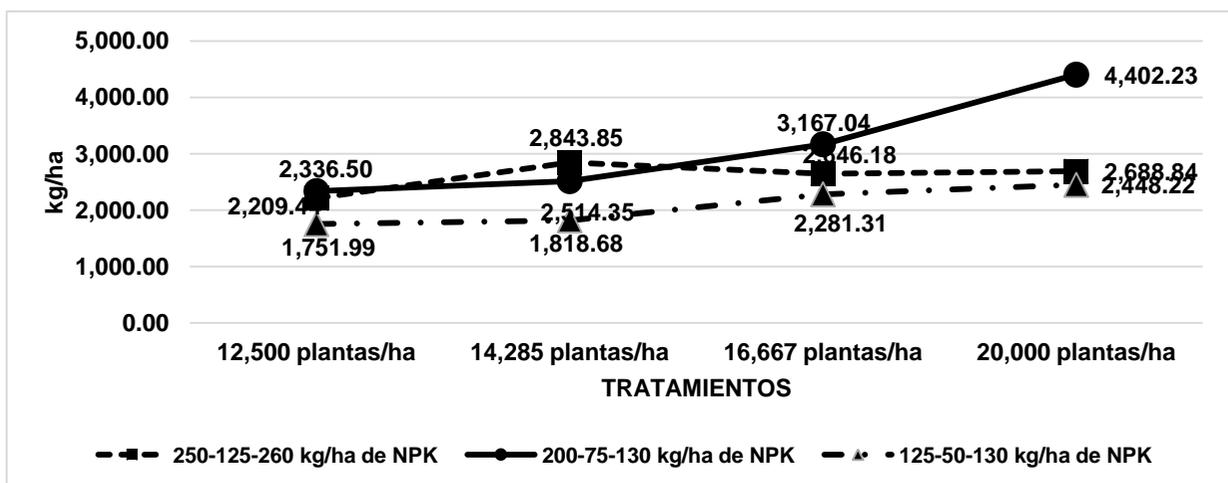


Figura 6. Líneas de tendencia del rendimiento de frutos secos (kg/ha) de chile cobanero, en cuatro densidades de siembra y tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014.

En el análisis de varianza para el rendimiento de chile seco cobanero (Cuadro 16), se puede observar que existe diferencia significativa para los factores densidad de siembra, programas de fertilización y tratamientos. Por lo tanto, uno de los tratamientos es mejor que los demás. Los datos son confiables, pues el valor del coeficiente de variación fue de 9.34%.

Cuadro 16. Análisis de varianza de rendimiento de frutos secos (kg/ha) de chile cobanero, en cuatro densidades de siembra y tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014.

| Factor de valoración | Grados de Libertad | Suma de Cuadrado | Cuadrado Medio | Fcalc | Ftab0.05 | Significancia |
|------------------------|--------------------|------------------|----------------|-------|----------|---------------|
| Bloque | 2 | 215,188.45 | | | | |
| Dens. de siembra | 3 | 5,754,231.81 | 1,918,077.27 | 12.25 | 4.76 | Significativo |
| Error A | 6 | 939,288.90 | 156,548.15 | | | |
| Parcelas grandes | 11 | 6,908,709.16 | | | | |
| Prog. De fertilización | 2 | 6,365,514.43 | 3,182,757.21 | 54.22 | 3.63 | Significativo |
| Tratamientos | 6 | 3,845,727.39 | 640,954.57 | 10.92 | 2.74 | Significativo |
| Error B | 16 | 939,277.29 | 58,704.83 | | | |
| Total | 35 | 18,059,228.26 | | | | |
| C.V. (%) | 9.34 | | | | | |

Fuente: Autor, 2014.

De acuerdo al análisis de medias de Tukey ($P < 0.05$) para el rendimiento de chile seco cobanero, se encontró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (Cuadro 17). El mayor rendimiento de chile seco se alcanzó cuando se trasplantaron 20,000 plantas/ha y se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK, con 4,402.38 kg/ha. El tratamiento donde se trasplantaron 12,500 plantas/ha y se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK, con 1,751.99 kg/ha, presentó el menor rendimiento. Las densidades altas con programas adecuados de fertilización pueden proporcionar altos rendimientos de chile cobanero para la industrialización, donde el tamaño del fruto no tiene importancia.

Cuadro 17. Análisis de medias de Tukey para el rendimiento de chile seco cobanero, con relación a cuatro densidades de siembra y tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014.

| Tratamientos | Promedio kg/ha | Significancia Tukey al 0.05 = 748.3936 |
|---|-------------------|---|
| 20,000 plantas/ha donde se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK | 4,402.38 | A |
| 16,667 plantas/ha donde se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK | 3,167.04 | B |
| 14285 plantas/ha donde se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK | 2,843.85 | BC |
| 20000 plantas/ha donde se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK | 2,688.84 | BC |
| 16667 plantas/ha donde se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK | 2,646.18 | BC |
| 14285 plantas/ha donde se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK | 2,514.35 | BCD |
| 20000 plantas/ha donde se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK | 2,448.22 | BCDE |
| 12500 plantas/ha donde se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK | 2,336.50 | CDE |
| 16667 plantas/ha donde se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK | 2,281.31 | CDE |
| 12500 plantas/ha donde se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK | 2,209.44 | CDE |
| 14285 plantas/ha donde se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK | 1,818.68 | DE |
| 12500 plantas/ha donde se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK | 1,751.99 | E |

Fuente: Autor, 2014.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de medias de Tukey se acepta la hipótesis alternativa, donde se señala que al menos uno de los tratamientos evaluados en rendimiento de chile cobanero seco fue mejor que los demás.

7.5 Relación entre peso fresco y seco de chile cobanero

Una vez cosechado el chile cobanero en fresco se procedió al secado de este a través de tenderlo al sol sobre láminas de zinc, por un periodo de entre cinco a ocho días. Lo anterior debido a que el chile se consume en seco o polvo por la población.

En la figura 7, se puede observar los rendimientos en fresco y seco, así como la relación fresco/seco de los tratamientos donde se sembraron 12,500 plantas/ha de chile y se aplicaron los programas de fertilización de 250-125-260, 200-75-130 y 125-50-130 kg/ha de NPK (identificados en la figura con los números 1, 2 y 3 respectivamente). Como se puede observar los rendimientos de chile fresco y seco mantuvieron una relación de 8:1, es decir; que por cada 100 kg de chile fresco se obtuvo 8 kg de chile seco.

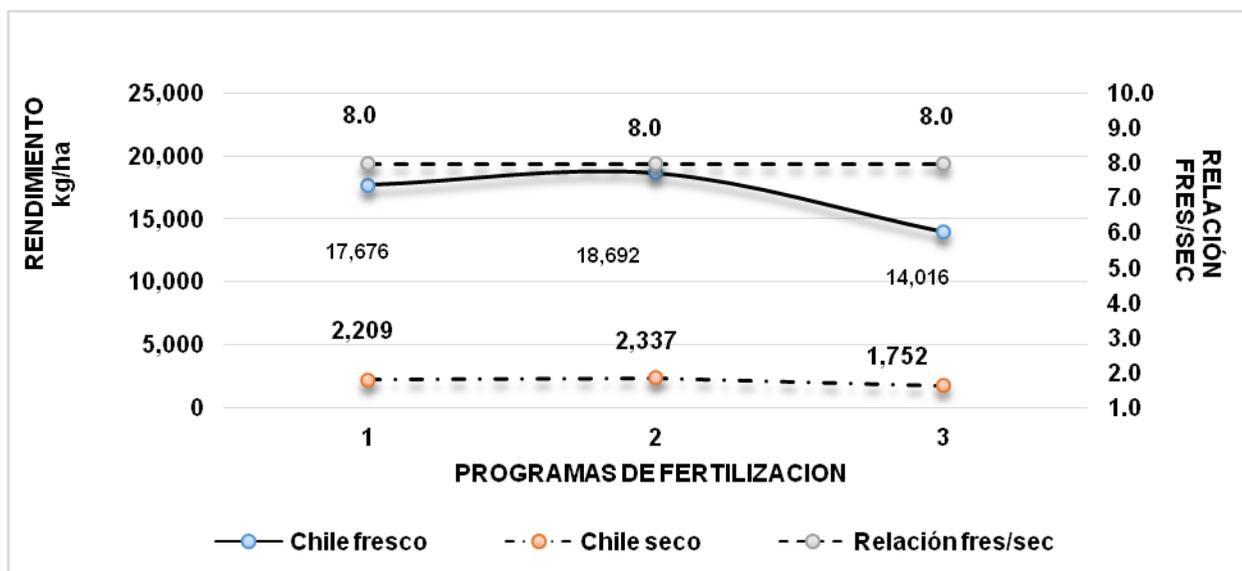


Figura 7. Relación del rendimiento de chile fresco/seco de chile cobanero cuando se sembraron 12,500 plantas/ha y se aplicaron tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014.

Los resultados de la relación del rendimiento del chile fresco y seco cuando se sembraron 14,285 plantas/ha y se aplicaron los tres programas de fertilización se pueden observar en la figura 8. La relación estuvo en el rango de 8.0:1 a 8.2:1, es decir que por cada 100 kg de chile fresco se obtuvo 8.0 a 8.2 kg de chile seco.

En la figura 9, se puede observar los rendimientos en fresco y seco, así como la relación fresco/seco de los tratamientos donde se sembraron 16,667 plantas/ha de chile y se aplicaron los tres programas de fertilización. Como se puede observar los rendimientos de chile fresco y seco mantuvieron una relación de 8.1:1, es decir; que por cada 100 kg de chile fresco se obtuvo 8.1 kg de chile seco.

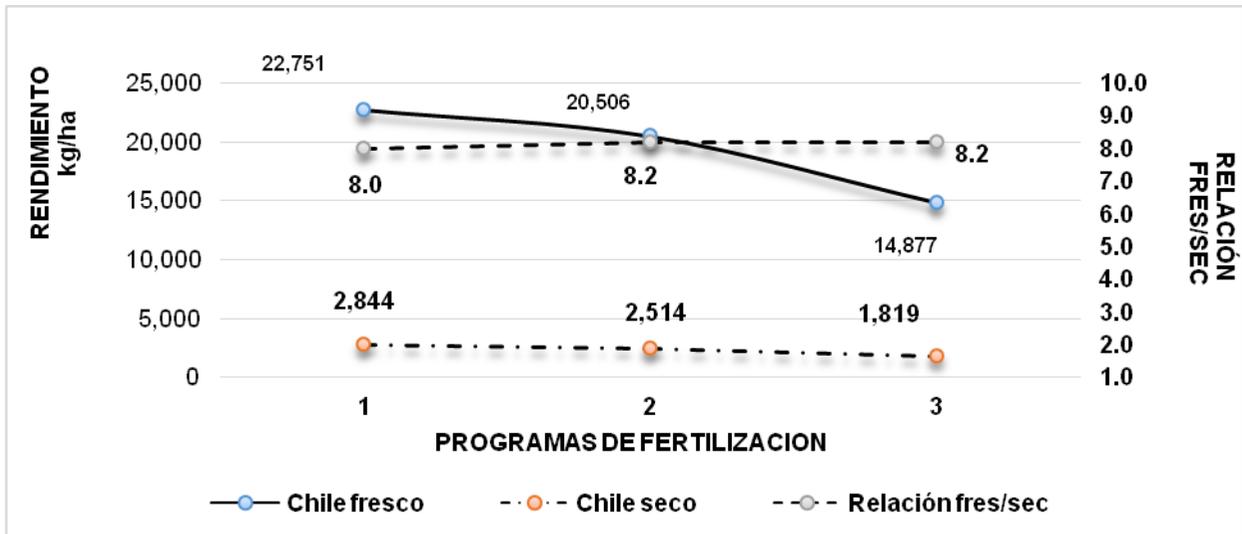


Figura 8. Relación del rendimiento de chile fresco/seco de chile cobanero cuando se sembraron 14,285 plantas/ha y se aplicaron tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014.

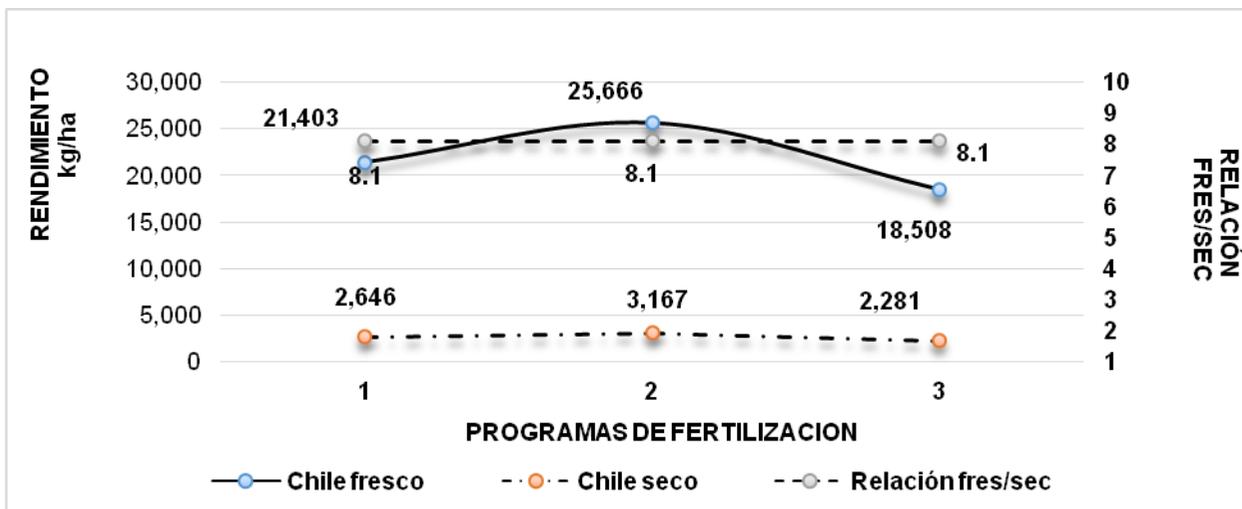


Figura 9. Relación del rendimiento de chile fresco/seco de chile cobanero cuando se sembraron 16,667 plantas/ha y se aplicaron tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014.

Los resultados de la relación del rendimiento del chile fresco y seco cuando se sembraron 20,000 plantas/ha y se aplicaron los tres programas de fertilización se pueden observar en la figura 10. La relación estuvo en el rango de 7.8:1 a 8.6:1, es decir que por cada 100 kg de chile fresco se obtuvo 7.6 a 8.6 kg de chile seco.

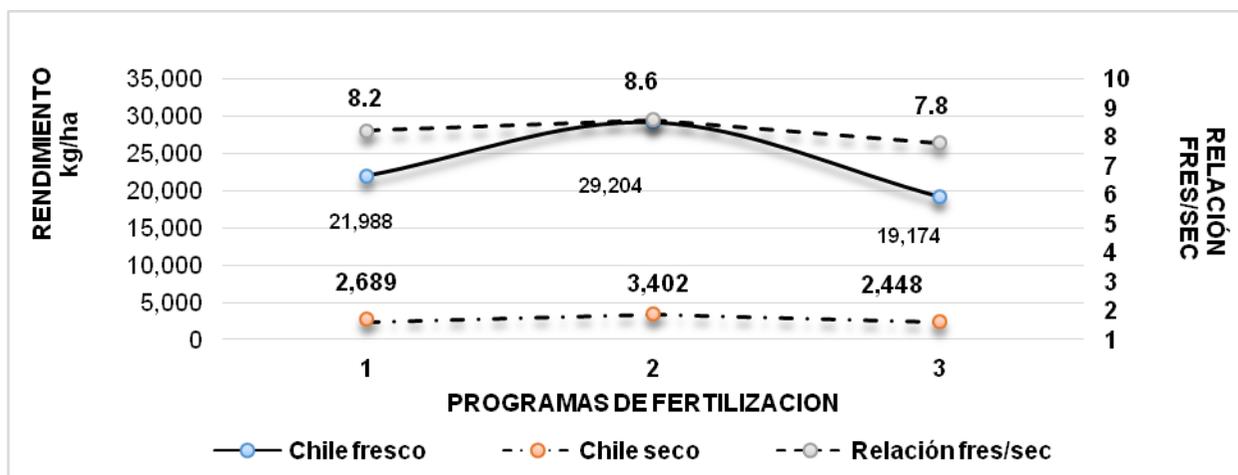


Figura 10. Relación del rendimiento de chile fresco/seco de chile cobanero cuando se sembraron 20,000 plantas/ha y se aplicaron tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014.

De los doce tratamientos evaluados el mejor tratamiento con mayor relación fresco/seco fue cuando se sembraron 20,000 plantas/ha de chile y se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK, con una relación de 8.6:1, es decir; que por cada 100 kg de chile fresco se obtiene 8.6 kg de chile seco. Las diferencias encontradas en la relación fresco/seco se deben a los tiempos empleados en el proceso de deshidratado al sol y las condiciones ambientales.

7.6 Análisis económico en la producción de chile seco cobanero

Los costos relevantes identificados fueron: los fertilizantes (urea, fosfato de amonio y muriato de potasio) utilizados en los programas de fertilización y las densidades de siembra (12,500, 14,285, 16,667 y 20,000 plantas/ha). Los fertilizantes tuvieron precios entre Q 3.54 a Q 4.79 por kilogramo y de Q. 0.25 por plántula de chile cobanero.

El tratamiento con el menor costo total fue el tratamiento donde se trasplantaron 12,500 plantas/ha y se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK, con un costo de Q. 31,533.43 y el tratamiento con mayor costo total se presentó cuando se trasplantaron 20,000.00 y se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK, con un costo de Q. 36,025.63. Como se puede observar, al aumentar la densidad de siembra y la aplicación de fertilizantes aumenta los costos (Cuadro 18 y 19).

Cuadro 18. Costos de producción de chile cobanero de los tratamientos evaluados con relación a cuatro densidades de siembra y tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014.

| Tratamientos | Renta de la tierra (Q/ha) | Mano de obra (Jornal/ha) | Insumos | | | Maquinaria y equipo (Q/ha) | SUBTOTAL (Q/ha) | Imprevistos 10% (Q/ha) | TOTAL (Q/ha) |
|--|---------------------------|--------------------------|-----------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------|------------------------|--------------|
| | | | *Semilla (Q/ha) | *Programa de fertilización (Q/ha) | Agro Químicos (Q/ha) | | | | |
| 12,500 plantas/ha donde se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK | 1,700.00 | 13,080.00 | 3,125.00 | 4,410.57 | 7,210.00 | 1,350.00 | 30,875.57 | 3,087.56 | 33,963.13 |
| 12,500 plantas/ha donde se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK | 1,700.00 | 13,080.00 | 3,125.00 | 2,975.23 | 7,210.00 | 1,350.00 | 29,440.23 | 2,944.02 | 32,384.25 |
| 12,500 plantas/ha donde se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK | 1,700.00 | 13,080.00 | 3,125.00 | 2,201.75 | 7,210.00 | 1,350.00 | 28,666.75 | 2,866.68 | 31,533.43 |
| 14,285 plantas/ha donde se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK | 1,700.00 | 13,080.00 | 3,571.25 | 4,410.57 | 7,210.00 | 1,350.00 | 31,321.82 | 3,132.18 | 34,454.00 |
| 14,285 plantas/ha donde se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK | 1,700.00 | 13,080.00 | 3,571.25 | 2,975.23 | 7,210.00 | 1,350.00 | 29,886.48 | 2,988.65 | 32,875.13 |
| 14,285 plantas/ha donde se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK | 1,700.00 | 13,080.00 | 3,571.25 | 2,201.75 | 7,210.00 | 1,350.00 | 29,113.00 | 2,911.30 | 32,024.30 |
| 16,667 plantas/ha donde se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK | 1,700.00 | 13,080.00 | 4,166.75 | 4,410.57 | 7,210.00 | 1,350.00 | 31,917.32 | 3,191.73 | 35,109.05 |
| 16,667 plantas/ha donde se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK | 1,700.00 | 13,080.00 | 4,166.75 | 2,975.23 | 7,210.00 | 1,350.00 | 30,481.98 | 3,048.20 | 33,530.18 |
| 16,667 plantas/ha donde se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK | 1,700.00 | 13,080.00 | 4,166.75 | 2,201.75 | 7,210.00 | 1,350.00 | 29,708.50 | 2,970.85 | 32,679.35 |
| 20,000 plantas/ha donde se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK | 1,700.00 | 13,080.00 | 5,000.00 | 4,410.57 | 7,210.00 | 1,350.00 | 32,750.57 | 3,275.06 | 36,025.63 |
| 20,000 plantas/ha donde se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK | 1,700.00 | 13,080.00 | 5,000.00 | 2,975.23 | 7,210.00 | 1,350.00 | 31,315.23 | 3,131.52 | 34,446.75 |
| 20,000 plantas/ha donde se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK | 1,700.00 | 13,080.00 | 5,000.00 | 2,201.75 | 7,210.00 | 1,350.00 | 30,541.75 | 3,054.18 | 33,595.93 |

*Los costos que variaron en cada tratamientos fueron las columnas semillas (pilones de chile) de acuerdo a la densidad de siembra y programas de fertilización.

Los fertilizantes tuvieron precios entre Q 3.54 a Q 4.79 por kilogramo y de Q. 0.25 por pilón de chile cobanero.

Fuente: Autor, 2014.

El tratamiento con mayor ingreso neto fue cuando se trasplantaron 20,000 plantas/ha y donde se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK, con Q. 27,970.03 y la de menor ingreso neto fue cuando se trasplantaron 12,500 plantas/ha donde y se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK, con Q. 606.78 (Cuadro 19).

En el cuadro 19, se observa la rentabilidad de cada uno de los tratamientos evaluados en la producción de chile cobanero, siendo el más rentable el tratamiento donde se trasplantaron 20,000 plantas de chile cobanero y se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK, con una rentabilidad de 81.20%.

Cuadro 19. Rentabilidad en la producción de chile cobanero con relación a cuatro densidades de siembra y tres programas de fertilización, en el municipio de San Luis, Petén, 2014.

| Tratamientos | Rendimiento experimental ajustado al 25% (kg/ha) | Ingreso bruto (Q/ha) | Costo de producción (Q/ha) | Ingreso neto (Q/ha) | Rentabilidad % |
|--|--|----------------------|----------------------------|---------------------|----------------|
| 12,500 plantas/ha donde se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK | 1,706.81 | 41,748.57 | 33,963.13 | 7,785.44 | 22.92 |
| 12,500 plantas/ha donde se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK | 1,706.81 | 41,748.57 | 32,384.25 | 9,364.32 | 28.92 |
| 12,500 plantas/ha donde se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK | 1,313.99 | 32,140.20 | 31,533.43 | 606.78 | 1.92 |
| 14,285 plantas/ha donde se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK | 2,044.72 | 50,748.63 | 34,454.00 | 16,294.63 | 47.29 |
| 14,285 plantas/ha donde se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK | 1,885.76 | 46,125.69 | 32,875.13 | 13,250.56 | 40.31 |
| 14,285 plantas/ha donde se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK | 1,364.01 | 33,363.68 | 32,024.30 | 1,339.38 | 4.18 |
| 16,667 plantas/ha donde se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK | 2,044.72 | 48,544.29 | 35,109.05 | 13,435.24 | 38.27 |
| 16,667 plantas/ha donde se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK | 2,375.28 | 58,099.35 | 33,530.18 | 24,569.17 | 73.27 |
| 16,667 plantas/ha donde se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK | 1,706.81 | 41,748.57 | 32,679.35 | 9,069.22 | 27.75 |
| 20,000 plantas/ha donde se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK | 2,044.72 | 50,748.63 | 36,025.63 | 14,723.00 | 40.87 |
| 20,000 plantas/ha donde se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK | 3,301.79 | 62,416.78 | 34,446.75 | 27,970.03 | 81.20 |
| 20,000 plantas/ha donde se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK | 1,836.17 | 44,912.72 | 33,595.93 | 11,316.80 | 33.69 |

Precio de campo de chile seco cobanero fue Q 24.46/kg.

Fuente: Autor, 2014

X. CONCLUSIONES

El mejor tratamiento que presentó la mayor altura de la planta de chile cobanero, fue cuando se sembraron 20,000 plantas/ha y se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK, con 67.87 cm/planta. Lo anterior fue producto que las plantas de chile respondieron no así, a las densidades de siembra.

Con relación al número de frutos de chile cobanero, los mejores tratamientos se presentaron cuando se sembraron 20,000 y 16,667 plantas/ha y se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK, con un promedio de frutos de 420 y 413 frutos/planta respectivamente. Los resultados expuestos mostraron que los tratamientos a medida que aumenta la población aumenta el número de frutos promedio por planta, debido a un uso adecuado de los nutrientes.

Los resultados del rendimiento de frutos frescos y seco, el mejor tratamiento fue cuando se sembraron 20,000 plantas/ha y se aplicó 200-75-135 kg/ha de NPK, con un rendimiento promedio de 29,203.79 kg/ha de chile fresco y de 4,402.38 kg/ha de chile seco. Producción de chile cobanero responde a las altas densidades de siembra, al aumentar el tamaño de la planta, número de flores y frutos. Así como, la aplicación de fertilizantes aumenta la capacidad de producción del suelo.

De los tratamientos evaluados la mejor relación fresco/seco se obtuvo cuando se sembraron 20,000 plantas/ha y se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK, con una relación de 8.6:1, es decir; que por cada 100 kg de chile fresco se obtiene 8.6 kg de chile seco.

El tratamiento con mejor rentabilidad fue cuando se sembraron 20,000 plantas/ha y se aplicó 200-75-135 kg/ha de NPK, con un valor de 81.20%. Es decir; que por cada Q. 100.00 invertidos se obtuvo un beneficio neto o ganancia de Q. 81.20.

XI. RECOMENDACIONES

Debido al incremento de los rendimientos y los resultados económicos en fresco y seco de chile cobanero, se recomienda para la producción del cultivo en el municipio de San Luis, del departamento de Petén, el uso de 20,000 plantas/ha y la aplicación de 200-75-135 kg/ha de NPK.

Se recomienda revalidar los resultados del presente estudio en otras zonas productoras del cultivo de chile cobanero; así como, implementar estudios donde se evalué la interrelación de abonos orgánicos y químicos con frecuencias de riego, debido a la limitante que puede ser el agua, en la potenciación de los fertilizantes.

Se recomienda aumentar en el programa de fertilización 200-75-135 kg/ha de NPK utilizado en el presente estudio, los niveles de fósforo y potasio, para mejorar los rendimientos de chile cobanero.

IX. BIBLIOGRAFIA

- Andrade, F.; Calviño P.; Cirilo, A. y Barbieri, P. (2002). Yield responses to narrow rows depend on increased radiation interception. *Agronomy Journal* 94:975-980.
- Andrews, J. (1995). *Peppers: The Domesticated Capsicum*, new ed. University of Texas Press, Austin. 186 p.
- Arcila, J. (2007). Densidad de siembra y productividad de los cafetales. Capítulo 6. *Sistemas de producción en Colombia*. Centro de Investigaciones del Café. Manizales, Colombia. 309 p.
- Ayala, H. (2003). LE IK, Los chiles en Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 117 p.
- Azofeifa, A. y Moreira, M. (2005). Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile dulce (*Capsicum annum* CV. UCR 589) en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*; 29: 77-84.
- Azurdia, C. (2004). Priorización de la diversidad biológica de Guatemala en riesgo potencial por la introducción y manipulación de organismos vivos modificados. Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Guatemala. 108 p.
- Azurdia, C. (1995). Caracterización de algunos cultivos tradicionales de Guatemala. Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, Comité Internacional de Recursos Fitogenéticos. Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 171 p.
- Azurdia, C. (1984). Consideraciones preliminares sobre la distribución y variabilidad del género *Capsicum* en el norte, oriente y centro de Guatemala. Guatemala. *TIKALIA* 3(1): 57-75.
- Azurdia, C. y González, M. (1986). Informe final del proyecto de recolección de algunos cultivos nativos de Guatemala. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 256 p.
- Azurdia, C. y Martínez, A. (1983). Propuesta para la conservación y evaluación de los recursos fitogenéticos de Guatemala. *Tikalía (Gua)* (2(2) : 5-16.
- Blanco, E. y Cannesa, W. (1978). Respuesta del chile dulce (*Capsicum annum* var. *annuum*) a la aplicación foliar de elementos nutricionales. *Boletín Técnico* V. 11, No. 4. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. San José, Costa Rica. 16 p.

- Buckman, H. y Brady, N. (1977). *Naturaleza y Propiedades de los Suelos*. Montaner y Simón, S.A., Barcelona, España. 590 p.
- Bugarín, M.; Virgen, P.; Galvis S.; García, P.; Hernández, M. y Bojórquez, S. (2011). Extracción de nitrógeno en seis especies olerícolas durante su ciclo de crecimiento. *Bioagro*; 23(2): 93-98.
- Castillo, E. (2001). Caracterización agromorfológica de 13 cultivares de chile cobanero (*Capsicum annuum* var. *annuum*) bajo condiciones del área de influencia del parque nacional Lachua, Alta Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 78 p.
- Cázares, E.; Ramírez, P.; Castillo, F.; Soto, R.; Rodríguez, M. y Chávez, J. (2005). Capsaicinoides y preferencia de uso en diferentes morfotipos de chile (*Capsicum annuum* L.) del Centro-Oriente de Yucatán. *Agrociencia* 39: 627-638.
- Da Matta, F. (2004). Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. *Field Crops Research* 86(2-3): 99-114.
- Escobar, W. (1987). Evaluación de características agronómicas de nueve cultivares de chile picante (*Capsicum annuum* var. *annuum*) en Cuilco, Huehuetenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 60 p.
- Fassbender, H. y Bornemisza, E. (1987). *Química de Suelos*. I.I.C.A. San José de Costa Rica. 420 p.
- Figuroa, A. (2010). Estudio de mercado de chile secos (*Capsicum annuum*, Solanaceae) en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala. URL. 75 p.
- Fundación de Desarrollo Agropecuario, Inc. (FDA) (1994). Cultivo de aji. Series de Cultivos. Boletín Técnico No. 20. Santo Domingo, República Dominicana. 22 p.
- Galvis, S. (1998). Diagnóstico y simulación del suministro de nitrógeno edáfico para cultivos anuales. Tesis de Doctor en Ciencias. Especialidad en Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México, México. 105 p.
- González, M. y Azurdia, C. (1985). Los recursos genéticos de algunos cultivos tradicionales de Guatemala. Guatemala, Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, Unidad de Comunicación Social. 35 p.
- Long, J. (1998). *Capsicum* y cultura: la historia del chili. 2 ed. México, Fondo de Cultura Económica. 203 p.

- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) (2001). Mapa de Clasificación Taxonómica de los Suelos de la República de Guatemala. Plan de Acción Forestal (PAFs) e Instituto Nacional de Bosque (INAB). Guatemala. 48 p.
- Medina, N.; Borges G. y Soria, F. (2010). Composición nutrimental de biomasa y tejidos conductores en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) Tropical and Subtropical Agroecosystems. 219-228.
- Montes, S. (2010). Recopilación y análisis de la información existente de las especies del género *Capsicum* que crecen y se cultivan en México. Avances de investigación de la red de hortalizas del SINAREFI. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío. Celaya, México. 86 p.
- Nuez, F.; Gil, R. y Costa, J. (1996). El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Ediciones Mundi-Prensa Madrid-España. 586 p.
- Ortiz, R. (2008). Evaluación de cuatro distanciamientos de siembra y cuatro programas de fertilización en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq., Solanaceae) en el Petén, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala. URL. 54 p.
- Otzoy, M.; Chan, M. y García, C. (2003). Búsqueda, colecta, manejo agronómico, caracterización y obtención de cultivares y materiales promisorios de chile tradicional (*Capsicum annum.*), en la zona suroccidental de Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Suroccidente, Dirección General De Investigación. Guatemala. 192 p.
- Payes, O. (2000). Recolección y caracterización de cultivares de chile picante (*Capsicum* spp.) en el valle del Polochic, Alta Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 56 p.
- Pineda, J.; Avitia, E.; Castillo, A.; Corona, T.; Valdez, L. y Gómez, J. (2008). Extracción de macronutrientes en frambueso rojo. Terra Latinoamericana. 26: 333-340.
- Ramírez, F. (2000). Manejo nutricional y fertilización balanceada en el cultivo de páprika. Manejo del cultivo de páprika. Arequipa. 86 p.
- Rodríguez, E.; Bolaños, M. y Menjivar, J. (2010). Efecto de la fertilización en la nutrición y rendimiento de ají (*Capsicum* spp.) en el Valle del Cauca, Universidad Nacional de Colombia. Colombia. 11 p.

Sapon, M. (1988). Caracterización agromorfológica y bromatológica de 39 cultivares de chile (*Capsicum* spp) provenientes del altiplano, bajo condiciones de Chimaltenango. Tesis. Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 60 p.

SEGEPLAN (1992), Diagnóstico General de Peten, Volumen Y. Plan de Desarrollo Integrado de Peten. Guatemala. 437 pp.

Seiter, S; Altemose, C. y Davis, M. (2004). Forage soybean yield and quality responses to plant density and row distance. *Agronomy Journal* 96:966-970.

Simmonds, N. (1979). *Evolution of crop plants*. London, Longman. 339 p.

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

Willey, R. (1994). Plant population and crop yield. In: Rechcigl Jr. M. *CRC handbook of agricultural productivity*. Boca Raton, CRC Press, p. 201-207-

Willey, R. y Heath, S. (1969). The quantitative relationship between plant population and crop yield. *Advances in Agronomy* 21:281-321.

ANEXOS

ANEXO 1.

Tamaño de plantas (Cm/planta)

Cuadro 1.1 Altura de plantas de chile cobanero por tratamiento y repetición.

| Densidad de plantas | N-P-K Kg/ha | BLOQUES | | | SUMA | PROMEDIO Cm/planta |
|-------------------------|-------------|---------|--------|--------|--------|--------------------|
| | | I | II | III | | |
| 12,500 plantas/ha | 250-125-260 | 44.10 | 51.10 | 40.70 | 135.90 | 45.30 |
| | 200-75-130 | 58.80 | 62.40 | 64.60 | 185.80 | 61.93 |
| | 125-50-130 | 47.80 | 60.80 | 65.40 | 174.00 | 58.00 |
| Suma de parcela grande | | 150.70 | 174.30 | 170.70 | | |
| 14,285 plantas/ha | 250-125-260 | 61.20 | 50.90 | 57.80 | 169.90 | 56.63 |
| | 200-75-130 | 51.80 | 65.30 | 68.30 | 185.40 | 61.80 |
| | 125-50-130 | 48.20 | 60.90 | 44.90 | 154.00 | 51.33 |
| Suma de parcela grande | | 161.20 | 177.10 | 171.00 | | |
| 16,667 plantas/ha | 250-125-260 | 50.50 | 55.50 | 48.30 | 154.30 | 51.43 |
| | 200-75-130 | 44.90 | 52.20 | 43.20 | 140.30 | 46.77 |
| | 125-50-130 | 50.40 | 50.10 | 55.90 | 156.40 | 52.13 |
| Suma de parcela grande | | 145.80 | 157.80 | 147.40 | | |
| 20,000 plantas/ha | 250-125-260 | 60.40 | 63.10 | 64.90 | 188.40 | 62.80 |
| | 200-75-130 | 64.30 | 71.20 | 68.10 | 203.60 | 67.87 |
| | 125-50-130 | 45.60 | 48.90 | 56.90 | 151.40 | 50.47 |
| Suma de parcela grande | | 170.30 | 183.20 | 189.90 | | |
| TOTAL DE BLOQUES | | 628.00 | 692.40 | 679.00 | | |

Cuadro 1.2 Tabla auxiliar de la altura de plantas.

| Densidad de plantas | N-P-K Kg/ha | | | PROMEDIO Cm/planta |
|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|
| | 250-125-260 | 200-75-130 | 125-50-130 | |
| 12,500 plantas/ha | 45.30 | 61.93 | 58.00 | 55.08 |
| 14,285 plantas/ha | 56.63 | 61.80 | 51.33 | 56.59 |
| 16,667 plantas/ha | 51.43 | 46.77 | 52.13 | 50.11 |
| 20,000 plantas/ha | 62.80 | 67.87 | 50.47 | 60.38 |
| PROMEDIO Cm/planta | 54.04 | 59.59 | 52.98 | |

Cuadro 1.3 Análisis de medias de Tukey para altura de plantas según el programa de fertilización evaluado.

| N-P-K Kg/ha | PROMEDIO Cm/planta | SIGNIFICANCIA Tukey al 0.05 = 6.1391 |
|------------------------|-------------------------------|---|
| 200-75-130 | 59.59 | A |
| 250-125-260 | 54.04 | AB |
| 125-50-130 | 52.98 | B |

Cuadro 1.4 Análisis de medias de Tukey para altura de plantas según la densidad de siembra evaluado.

| N-P-K Kg/ha | PROMEDIO Cm/planta | SIGNIFICANCIA Tukey al 0.05 = 7.8657 |
|------------------------|-------------------------------|---|
| 20,000 plantas/ha | 60.38 | A |
| 14,285 plantas/ha | 56.59 | AB |
| 12,500 plantas/ha | 55.08 | AB |
| 16,667 plantas/ha | 50.11 | B |

ANEXO 2

Número de frutos

Cuadro 2.1 Número de frutos/ha de chile cobanero por tratamiento y repetición.

| Densidad de plantas | N-P-K Kg/ha | BLOQUES | | | SUMA | PROMEDIO Cm/planta |
|-------------------------|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------|--------------------|
| | | I | II | III | | |
| 12,500 plantas/ha | 250-125-260 | 4,281,750 | 2,642,725 | 3,430,000 | 10,354,475 | 3,451,492 |
| | 200-75-130 | 5,639,978 | 3,185,000 | 4,432,500 | 13,257,478 | 4,419,159 |
| | 125-50-130 | 4,242,500 | 2,658,438 | 3,908,895 | 10,809,833 | 3,603,278 |
| Suma de parcela grande | | 14,164,228 | 8,486,163 | 11,771,395 | | |
| 14,285 plantas/ha | 250-125-260 | 6,249,750 | 4,020,578 | 5,030,000 | 15,300,328 | 5,100,109 |
| | 200-75-130 | 6,537,500 | 3,484,604 | 5,647,770 | 15,669,874 | 5,223,291 |
| | 125-50-130 | 5,209,934 | 2,436,000 | 4,330,596 | 11,976,530 | 3,992,177 |
| Suma de parcela grande | | 17,997,184 | 9,941,182 | 15,008,366 | | |
| 16,667 plantas/ha | 250-125-260 | 6,875,366 | 6,034,310 | 5,898,482 | 18,808,158 | 6,269,386 |
| | 200-75-130 | 7,234,703 | 6,210,875 | 7,193,750 | 20,639,328 | 6,879,776 |
| | 125-50-130 | 6,520,000 | 6,303,500 | 5,367,500 | 18,191,000 | 6,063,667 |
| Suma de parcela grande | | 20,630,069 | 18,548,685 | 18,459,732 | | |
| 20,000 plantas/ha | 250-125-260 | 7,607,388 | 6,707,500 | 7,207,404 | 21,522,292 | 7,174,097 |
| | 200-75-130 | 9,032,500 | 6,920,236 | 9,271,250 | 25,223,986 | 8,407,995 |
| | 125-50-130 | 6,957,500 | 3,348,000 | 4,905,923 | 15,211,423 | 5,070,474 |
| Suma de parcela grande | | 23,597,388 | 16,975,736 | 21,384,577 | | |
| TOTAL DE BLOQUES | | 76,388,869 | 53,951,766 | 66,624,070 | | |

Cuadro 2.2 Tabla auxiliar número de frutos/ha.

| Densidad de plantas | N-P-K Kg/ha | | | PROMEDIO No. frutos/ha |
|-------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------|
| | 250-125-260 | 200-75-130 | 125-50-130 | |
| 12,500 plantas/ha | 3,451,491.67 | 4,419,159.33 | 3,603,277.73 | 3,824,642.91 |
| 14,285 plantas/ha | 5,100,109.33 | 5,223,291.40 | 3,992,176.65 | 4,771,859.13 |
| 16,667 plantas/ha | 6,269,385.97 | 6,879,776.00 | 6,063,666.67 | 6,404,276.21 |
| 20,000 plantas/ha | 7,174,097.33 | 8,407,995.33 | 5,070,474.49 | 6,884,189.05 |
| PROMEDIO No. frutos/ha | 5,498,771.08 | 6,232,555.52 | 4,682,398.88 | |

Cuadro 2.3 Análisis de medias de Tukey para el número de frutos según el programa de fertilización evaluado.

| N-P-K Kg/ha | PROMEDIO No. frutos/ha | SIGNIFICANCIA Tukey al 0.05 = 554,585.6250 |
|------------------------|-----------------------------------|---|
| 200-75-130 | 6,232,555.52 | A |
| 250-125-260 | 5,498,771.08 | B |
| 125-50-130 | 4,682,398.88 | C |

Cuadro 2.4 Análisis de medias de Tukey para el número de frutos según la densidad de siembra evaluado.

| N-P-K Kg/ha | PROMEDIO No. frutos/ha | SIGNIFICANCIA Tukey al 0.05 = 710,430.8750 |
|------------------------|-----------------------------------|---|
| 20,000 plantas/ha | 6,884,189.05 | A |
| 16,667 plantas/ha | 6,404,276.21 | A |
| 14,285 plantas/ha | 4,771,859.13 | B |
| 12,500 plantas/ha | 3,824,642.91 | C |

ANEXO 3

Rendimiento de frutos en fresco

Cuadro 3.1 Rendimiento de frutos frescos (kg/ha) de chile cobanero por tratamiento y repetición.

| Densidad de plantas | N-P-K Kg/ha | BLOQUES | | | SUMA | PROMEDIO Cm/planta |
|-------------------------|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------|--------------------|
| | | I | II | III | | |
| 12,500 plantas/ha | 250-125-260 | 20,364.77 | 16,608.75 | 16,053.04 | 53,026.56 | 17,675.52 |
| | 200-75-130 | 18,095.90 | 17,991.25 | 19,988.75 | 56,075.90 | 18,691.97 |
| | 125-50-130 | 14,337.50 | 14,831.03 | 12,879.33 | 42,047.86 | 14,015.95 |
| Suma de parcela grande | | 52,798.17 | 49,431.03 | 48,921.13 | | |
| 14,285 plantas/ha | 250-125-260 | 23,467.50 | 21,137.50 | 23,647.50 | 68,252.50 | 22,750.83 |
| | 200-75-130 | 20,823.14 | 16,826.69 | 23,868.54 | 61,518.36 | 20,506.12 |
| | 125-50-130 | 16,686.25 | 13,990.71 | 13,953.00 | 44,629.96 | 14,876.65 |
| Suma de parcela grande | | 60,976.89 | 51,954.90 | 61,469.04 | | |
| 16,667 plantas/ha | 250-125-260 | 19,366.45 | 22,972.84 | 21,869.00 | 64,208.29 | 21,402.76 |
| | 200-75-130 | 24,985.00 | 27,320.22 | 24,692.04 | 76,997.26 | 25,665.75 |
| | 125-50-130 | 16,312.50 | 21,048.75 | 18,162.50 | 55,523.75 | 18,507.92 |
| Suma de parcela grande | | 60,663.95 | 71,341.81 | 64,723.54 | | |
| 20,000 plantas/ha | 250-125-260 | 18,734.35 | 20,477.55 | 26,752.50 | 65,964.39 | 21,988.13 |
| | 200-75-130 | 27,316.37 | 31,921.25 | 28,373.75 | 87,611.37 | 29,203.79 |
| | 125-50-130 | 20,557.50 | 18,272.50 | 18,691.25 | 57,521.25 | 19,173.75 |
| Suma de parcela grande | | 66,608.22 | 70,671.30 | 73,817.50 | | |
| TOTAL DE BLOQUES | | 241,047.22 | 243,399.03 | 248,931.20 | | |

Cuadro 3.2 Tabla auxiliar de rendimientos de frutos frescos de chile cobanero (kg/ha).

| Densidad de plantas | N-P-K Kg/ha | | | PROMEDIO kg/ha |
|-----------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|
| | 250-125-260 | 200-75-130 | 125-50-130 | |
| 12,500 plantas/ha | 17,675.52 | 18,691.97 | 14,015.95 | 16,794.48 |
| 14,285 plantas/ha | 22,750.83 | 20,506.12 | 14,876.65 | 19,377.87 |
| 16,667 plantas/ha | 21,402.76 | 25,665.75 | 18,507.92 | 21,858.81 |
| 20,000 plantas/ha | 21,988.13 | 29,203.79 | 19,173.75 | 23,455.22 |
| PROMEDIO kg/ha | 20,954.31 | 23,516.91 | 16,643.57 | |

Cuadro 3.3 Análisis de medias de Tukey para el rendimiento de frutos frescos de chile cobanero (kg/ha), según el programa de fertilización evaluado.

| N-P-K Kg/ha | PROMEDIO Kg/ha | SIGNIFICANCIA Tukey al 0.05 = 2231.1465 |
|------------------------|---------------------------|--|
| 200-75-130 | 23,516.91 | A |
| 250-125-260 | 20,954.31 | B |
| 125-50-130 | 16,643.57 | C |

Cuadro 3.4 Análisis de medias de Tukey para el rendimiento de frutos frescos de chile cobanero (kg/ha), según la densidad de siembra evaluado.

| N-P-K Kg/ha | PROMEDIO Kg/ha | SIGNIFICANCIA Tukey al 0.05 = 4592.3726 |
|------------------------|---------------------------|--|
| 20,000 plantas/ha | 23,455.22 | A |
| 16,667 plantas/ha | 21,858.81 | A |
| 14,285 plantas/ha | 19,377.87 | AB |
| 12,500 plantas/ha | 16,794.48 | B |

ANEXO 4

Rendimiento de chile cobanero seco (kg/ha)

Cuadro 4.1 Rendimiento de chile cobanero seco (kg/ha), por tratamiento y repetición.

| Densidad de plantas | N-P-K Kg/ha | BLOQUES | | | SUMA | PROMEDIO Cm/planta |
|-------------------------|-------------|------------------|------------------|------------------|-----------|--------------------|
| | | I | II | III | | |
| 12,500 plantas/ha | 250-125-260 | 2,545.60 | 2,076.09 | 2,006.63 | 6,628.32 | 2,209.44 |
| | 200-75-130 | 2,261.99 | 2,248.91 | 2,498.59 | 7,009.49 | 2,336.50 |
| | 125-50-130 | 1,792.19 | 1,853.88 | 1,609.92 | 5,255.98 | 1,751.99 |
| Suma de parcela grande | | 6,599.77 | 6,178.88 | 6,115.14 | | |
| 14,285 plantas/ha | 250-125-260 | 2,933.44 | 2,642.19 | 2,955.94 | 8,531.56 | 2,843.85 |
| | 200-75-130 | 2,602.89 | 1,956.59 | 2,983.57 | 7,543.05 | 2,514.35 |
| | 125-50-130 | 1,963.09 | 1,748.84 | 1,744.12 | 5,456.05 | 1,818.68 |
| Suma de parcela grande | | 7,499.42 | 6,347.62 | 7,683.63 | | |
| 16,667 plantas/ha | 250-125-260 | 2,333.31 | 2,871.60 | 2,733.62 | 7,938.54 | 2,646.18 |
| | 200-75-130 | 3,123.13 | 3,252.41 | 3,125.57 | 9,501.11 | 3,167.04 |
| | 125-50-130 | 2,039.06 | 2,505.80 | 2,299.05 | 6,843.92 | 2,281.31 |
| Suma de parcela grande | | 7,495.49 | 8,629.82 | 8,158.25 | | |
| 20,000 plantas/ha | 250-125-260 | 2,204.04 | 2,559.69 | 3,302.78 | 8,066.51 | 2,688.84 |
| | 200-75-130 | 3,035.15 | 3,711.77 | 3,460.21 | 10,207.14 | 3,402.38 |
| | 125-50-130 | 2,390.41 | 2,284.06 | 2,670.18 | 7,344.65 | 2,448.22 |
| Suma de parcela grande | | 7,629.60 | 8,555.53 | 9,433.17 | | |
| TOTAL DE BLOQUES | | 29,224.28 | 29,711.84 | 31,390.19 | | |

Cuadro 4.2 Tabla auxiliar de rendimientos de chile cobanero seco (kg/ha).

| Densidad de plantas | N-P-K Kg/ha | | | PROMEDIO kg/ha |
|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| | 250-125-260 | 200-75-130 | 125-50-130 | |
| 12,500 plantas/ha | 2,209.44 | 2,336.50 | 1,751.99 | 2,099.31 |
| 14,285 plantas/ha | 2,843.85 | 2,514.35 | 1,818.68 | 2,392.30 |
| 16,667 plantas/ha | 2,646.18 | 3,167.04 | 2,281.31 | 2,698.17 |
| 20,000 plantas/ha | 2,688.84 | 3,402.38 | 2,448.22 | 2,846.48 |
| PROMEDIO kg/ha | 2,597.08 | 2,855.07 | 2,075.05 | |

Cuadro 4.3 Análisis de medias de Tukey para el rendimiento de chile cobanero seco (kg/ha), según el programa de fertilización evaluado.

| N-P-K Kg/ha | PROMEDIO Kg/ha | SIGNIFICANCIA Tukey al 0.05 = 255.3303 |
|------------------------|---------------------------|---|
| 200-75-130 | 2,855.07 | A |
| 250-125-260 | 2,597.08 | B |
| 125-50-130 | 2,075.05 | C |

Cuadro 4.4 Análisis de medias de Tukey para el rendimiento de chile cobanero seco (kg/ha), según la densidad de siembra evaluado.

| N-P-K Kg/ha | PROMEDIO Kg/ha | SIGNIFICANCIA Tukey al 0.05 = 646.2594 |
|------------------------|---------------------------|---|
| 20000 plantas/ha | 2,846.48 | A |
| 16667 plantas/ha | 2,698.17 | AB |
| 14285 plants/ha | 2,392.30 | AB |

ANEXO 5

Análisis económico del uso de cuatro densidades de siembra combinados con tres programas de fertilización, en la producción de chile cobanero.

Cuadro 5.1 Costos de los programas de fertilización.

| Fertilizante | Cantidad de Fertilizante kg/ha | Macroelementos (i.a.) kg/ha | | | Precio del fertilizante Q/kg | Total Q. |
|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------|---------------|------------------------------|-----------------|
| | | N | P | K | | |
| Urea | 490.02 | 225.41 | 0.00 | 0.00 | 3.54 | 1,734.68 |
| Fosfato de amonio | 204.92 | 24.59 | 125.00 | 0.00 | 4.79 | 981.56 |
| Muriato de potasio | 433.33 | 0.00 | 0.00 | 260.00 | 3.91 | 1,694.33 |
| Programa de fertilización 1. | | 250.00 | 125.00 | 260.00 | Total | 4,410.57 |
| Urea | 434.78 | 200.00 | 0.00 | 0.00 | 3.54 | 1,539.13 |
| Fosfato de amonio | 122.95 | 0.00 | 56.56 | 0.00 | 4.79 | 588.93 |
| Muriato de potasio | 216.67 | 0.00 | 0.00 | 130.00 | 3.91 | 847.17 |
| Programa de fertilización 2. | | 200.00 | 56.56 | 130.00 | Total | 2,975.23 |
| Urea | 271.74 | 125.00 | 0.00 | 0.00 | 3.54 | 961.96 |
| Fosfato de amonio | 81.97 | 0.00 | 37.70 | 0.00 | 4.79 | 392.62 |
| Muriato de potasio | 216.67 | 0.00 | 0.00 | 130.00 | 3.91 | 847.17 |
| Programa de fertilización 3. | | 125.00 | 37.70 | 130.00 | Total | 2,201.75 |

Cuadro 5.2 Costos de las densidades de siembra.

| Densidad de siembra | Costos de plántulas de chile* Q/ha |
|---------------------|------------------------------------|
| 12,500 plantas/ha | 3,125.00 |
| 14,285 plantas/ha | 3,571.25 |
| 16,667 plantas/ha | 4,166.75 |
| 20,000 plantas/ha | 5,000.00 |

* Q. 0.25 por plántula.

Cuadro 5.3 Costos que varían de los tratamientos evaluados.

| Tratamientos | Costo de fertilizantes Q/ha | Costos de plántulas de chile Q/ha | Costo total Q/ha |
|--|-----------------------------|-----------------------------------|------------------|
| 12,500 plantas/ha donde se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK | 4,410.57 | 3,125.00 | 7,535.57 |
| 12,500 plantas/ha donde se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK | 2,975.23 | 3,125.00 | 6,100.23 |
| 12,500 plantas/ha donde se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK | 2,201.75 | 3,125.00 | 5,326.75 |
| 14,285 plantas/ha donde se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK | 4,410.57 | 3,571.25 | 7,981.82 |
| 14,285 plantas/ha donde se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK | 2,975.23 | 3,571.25 | 6,546.48 |
| 14,285 plantas/ha donde se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK | 2,201.75 | 3,571.25 | 5,773.00 |
| 16,667 plantas/ha donde se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK | 4,410.57 | 4,166.75 | 8,577.32 |
| 16,667 plantas/ha donde se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK | 2,975.23 | 4,166.75 | 7,141.98 |
| 16,667 plantas/ha donde se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK | 2,201.75 | 4,166.75 | 6,368.50 |
| 20,000 plantas/ha donde se aplicó 250-125-260 kg/ha de NPK | 4,410.57 | 5,000.00 | 9,410.57 |
| 20,000 plantas/ha donde se aplicó 200-75-130 kg/ha de NPK | 2,975.23 | 5,000.00 | 7,975.23 |
| 20,000 plantas/ha donde se aplicó 125-50-130 kg/ha de NPK | 2,201.75 | 5,000.00 | 7,201.75 |