

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO**



**CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE CHILE
HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.) BAJO TRES FECHAS DE
SIEMBRA EN LA COMARCA LAGUNERA**

Tesis

Que presenta LUCIA MARCIAL SALVADOR
como requisito parcial para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS

Torreón, Coahuila, México

Julio 2016

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO**



**CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE CHILE
HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.) BAJO TRES FECHAS DE
SIEMBRA EN LA COMARCA LAGUNERA**

Tesis

Que presenta LUCIA MARCIAL SALVADOR
como requisito parcial para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS



Ph. D. Vicente De Paul Alvarez Reyna
Director UAAAN



Dr. Guillermo Gonzalez Cervantes
Director externo

Torreón, Coahuila, México

Julio 2016

**CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE CHILE
HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.) BAJO TRES FECHAS DE
SIEMBRA EN LA COMARCA LAGUNERA**

Tesis

Elaborada por LUCIA MARCIAL SALVADOR como requisito parcial
para obtener el grado de Maestro en Ciencias Agrarias con la
supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



Ph. D. Vicente De Paul Alvarez Reyna
Asesor Principal



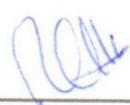
Ph. D. Vicente Hernández Hernández
Asesor



Dr. Guillermo González Cervantes
Asesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Subdirector de Postgrado



Dr. Raúl Villegas Vizcaíno
Jefe del Departamento de Postgrado

Torreón, Coahuila, México

Julio 2016

Agradecimientos

Le agradezco a Dios quien ha forjado mi camino y me ha dirigido por el sendero correcto, el que en todo momento está conmigo ayudándome a aprender de mis errores y a no cometerlos otra vez, quien guía el destino de mi vida, me da salud para lograr mis objetivos y darme una familia maravillosa, además de su infinita bondad y amor.

A mi alma terra mater por abrirme sus puertas una vez más, por su voto de confianza y por todos los conocimientos adquiridos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca que me otorgó para realizar mis estudios de Maestría.

Al Ph. D. Vicente De Paul Álvarez Reyna, por compartirme sus conocimientos, por su paciencia, motivación, por su orientación y apoyo constante a lo largo de este proyecto y por todas las enseñanzas brindadas.

A mis asesores por sus consejos, el tiempo, paciencia y disposición que tuvieron para la realización de la presente investigación:

Al Ph. D. Vicente De Paul Álvarez Reyna

Ph.D. Vicente Hernández Hernández

Dr. Guillermo González Torres

Al Dr. Pedro Cano Ríos por todas sus enseñanzas, por llevarnos a un mundo lleno de incógnitas, por su amistad, por su ayuda incondicional durante la maestría y asesoría para la determinación de Unidades Calor Acumuladas durante el ciclo de desarrollo del Chile habanero.

Al Dr. José Luis Reyes Carrillo por su amistad y apoyo incondicional para no perder los ánimos alentándome a seguir siempre adelante durante mi estancia en esta grandiosa Universidad.

Al Dr. Jesús Vásquez Arroyo por enseñarme a nunca desistir de mis sueños y objetivos.

A todos los maestros de mi alma terra mater que me impartieron clases, a los que siempre me brindaron su amistad y confianza durante los últimos siete años.

A la secretaria de Postgrado Esther Peña por brindarme su amistad, confianza y apoyo en todo momento.

A Lucia Rangel Campos por ser mi compañera de tesis y su amistad incondicional.

Dedicatoria

A Dios por ser el motor que me mueve día con día y por permitirme cumplir con uno de mis más grandes objetivos.

A mis padres Gabriel Marcial Jerónimo y Sara Salvadores Santiago, por su cariño, confianza en todo los sentidos, por los valores que me han inculcado, por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida y por ser ejemplo de perseverancia y constancia.

A mis hermanos Eliel y Carina, cuñado y sobrinos por acompañarme en este sueño y hacerme ver que no hay nada como la unión familiar.

A mis tíos y primos que a pesar de la distancia siempre han creído en mí y me han alentado para alcanzar mis metas.

A mis abuelitos que con su experiencia siempre me enseñaron a luchar por mis sueños y obtener un mejor futuro.

Índice

Agradecimientos	i
Dedicatoria	iii
Lista de cuadros	vi
Lista de Figuras	vii
I. Introducción	10
II. Revisión de literatura	12
2.1 Lugar de origen.....	12
2.4 Características botánicas y taxonómicas del chile habanero.....	13
2.5 Requerimientos edáficos.....	14
2.6 Variedades de chile habanero.....	14
2.7 Requerimiento hídrico.....	16
2.8 Fertilización	17
2.9 Plagas en el cultivo del chile habanero.....	18
2.10 Enfermedades en el cultivo del chile habanero.....	19
2.11 Cosecha.....	19
2.12 Efecto de la temperatura y Unidades Calor Acumuladas	20
2.12 Fecha de Siembra.....	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1 Localización del sitio experimental.....	24
3.2 Diseño Experimental.....	24
3.3 Prácticas culturales.....	24
3.3.1 Producción de planta.....	24
3.4 Determinación de Unidades Calor.....	28
3.5 Variables evaluadas.....	30
IV. Resultados y discusión	32
4.1 Altura de la planta	32
4.2 Número de flores.....	34
4.3 Número de frutos.....	36
4.4 Rendimiento por corte	37
4.5 Rendimiento total.....	40

4.6 Tamaño del fruto durante todo el periodo de cosecha	41
V. Conclusiones.....	43
VI. Referencias.....	44
VII. Anexos	49

Lista de cuadros

CUADRO 1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL CHILE HABANERO	13
CUADRO 2. CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA DE CHILE HABANERO NARANJA.....	15
CUADRO 3. CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO DE CHILE HABANERO NARANJA.	16
CUADRO 4. CALENDARIO DE FERTILIZACIÓN DURANTE EL CICLO DEL CULTIVO DE CHILE HABANERO BAJO TRES FECHAS DE SIEMBRA EN LA UAAAN-UL 2015.....	27
CUADRO 5. NÚMERO DE DÍAS POR PERÍODO FENOLÓGICO BAJO TRES FECHAS DE SIEMBRA EN LA UAAAN UL 2015.	32
CUADRO 6. ALTURA DE PLANTA (CM), DIÁMETRO DEL TALLO (CM), NÚMERO DE HOJAS Y RAMAS DE LA PLANTA BAJO TRES FECHAS DE SIEMBRA EN CHILE HABANERO EN LA UAAAN-UL. 2015.....	34
CUADRO 7. RENDIMIENTO T HA ⁻¹ BAJO TRES FECHAS DE SIEMBRA POR CORTE EN LA UAAAN-UL 2015.....	38
CUADRO 8. PESO DE FRUTO (G) EN CADA CORTE BAJO TRES FECHAS DE SIEMBRA DURANTE EL CICLO DE CULTIVO DEL CHILE HABANERO. UAAAN-UL 2015.....	39
CUADRO 9. DIÁMETRO POLAR DEL FRUTO (CM) EN CADA CORTE BAJO TRES FECHAS DE SIEMBRA DURANTE EL CICLO DE CULTIVO DEL CHILE HABANERO. UAAAN-UL 2015.	40
CUADRO 10. DIÁMETRO ECUATORIAL DEL FRUTO (CM) EN CADA CORTE BAJO TRES FECHAS DE SIEMBRA DURANTE EL CICLO DE CULTIVO DEL CHILE HABANERO EN LA UAAAN-UL.....	40
CUADRO 11. RENDIMIENTO TOTAL T HA ⁻¹ , NÚMERO DE FRUTOS, PESO PROMEDIO DE FRUTO, DIAMETRO POLAR, ECUATORIAL, EN EL CULTIVO DE CHILE HABANERO BAJO TRES FECHAS DE SIEMBRA UAAAN-UL 2015.....	41
CUADRO 12 CALIDAD DE LA PRODUCCIÓN EN EL CULTIVO DE CHILE HABANERO BAJO TRES FECHAS DE SIEMBRA UAAAN-UL 2015.....	42

Lista de Figuras

FIGURA 1. GERMINACIÓN DE LA SEMILLA Y PLÁNTULAS DE CHILE HABANERO.....	25
FIGURA 2. PREPARACIÓN DEL TERRENO Y TRAZO DE PARCELAS	25
FIGURA 3. PROGRAMA DRIEGO DEL SISTEMA IRRINET.....	26
FIGURA 4. INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO.....	26
FIGURA 5. VARIACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN (ET) DURANTE LOS CICLOS DEL CULTIVO	26
FIGURA 6. ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO Y APLICACIÓN DE RIEGO	27
FIGURA 7. APORQUE DEL CULTIVO, CONTROL DE MALEZA Y FERRTIRIEGO	28
FIGURA 8. VARIACIÓN DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS, ASÍ COMO LA HUMEDAD MÁXIMA Y MÍNIMA DURANTE EL DESARROLLO DEL CULTIVO DEL CHILE HABANERO.....	29
FIGURA 9. SOFTWARE DE LA UNIVERSIDAD DE CALIFORNIA PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES CALOR ACUMULAS EN EL CULTIVO DEL CHILE HABANERO.....	29
FIGURA 10. DESARROLLO DEL CULTIVO. Y COSECHA DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL.....	30
FIGURA 11. SELECCIÓN DEL FRUTO Y PESO DEL FRUTO.....	31
.FIGURA 12. ALTURA DE PLANTA DE CHILE HABANERO CULTIVADO BAJO TRES FECHAS DE SIEMBRA Y ACUMULACIÓN DE UNIDADES CALOR (UC).	33
FIGURA 13. NÚMERO DE FLORES POR PLANTA EN LAS TRES FECHAS DE SIEMBRA Y LAS UNIDADES CALOR ACUMULADAS DURANTE ESTA ETAPA.....	35
FIGURA 14. NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA EN LAS TRES FECHAS DE SIEMBRA Y LAS UNIDADES CALOR ACUMULADAS DURANTE ESTA ETAPA.....	36
FIGURA 15. RENDIMIENTO T HA-1 BAJO TRES FECHAS DE SIEMBRA EN CADA CORTE EN LA UAAAN-UL 2015.....	38

Resumen

La alta demanda en el consumo del chile habanero en el mercado nacional e internacional ha generado la necesidad de buscar alternativas de producción en otras áreas de México tomando en cuenta factores limitantes como temperatura y escasez de agua. La investigación se desarrolló a cielo abierto, en el ciclo primavera-verano 2015, donde el objetivo fue evaluar la influencia de la fecha de siembra sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) variedad Orange. Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones; con un total de 12 parcelas y 240 plantas por unidad experimental. Para optimizar el uso de agua se utilizó un sistema de riego por goteo. Las variables evaluadas fueron altura de planta, diámetro de tallo, número de frutos por planta, calidad de fruto, y rendimiento ($t\ ha^{-1}$). El tiempo térmico requerido expresado en Unidades Calor Acumuladas se calculó para cada fecha de siembra y fase fenológica a partir del trasplante, utilizando el método sinoidal doble con el software diseñado por la Universidad de California. El desarrollo vegetativo del cultivo no se vio afectado por la fecha de siembra, sin embargo el mejor rendimiento se encontró bajo la fecha de siembra del 31 de enero y trasplante cuatro de mayo.

Palabras clave: calidad del fruto; crecimiento vegetativo; rendimiento; Unidades calor.

Abstract

The Growth and Production of Habanero Pepper (*Capsicum Chinense* Jacq.), Under Three Harvesting Dates in La Comarca Lagunera

The high demand in the consumption of habanero chili in the domestic and international markets has created the need to seek production alternatives in other areas of Mexico taking into account limiting factors such as temperature and water shortages. The research was conducted in the field, in the spring-summer 2015. The objective was to evaluate the influence of planting date on growth and crop yield of habanero chili (*Capsicum chinense* Jacq.) Orange cultivar. An experimental design of completely randomized blocks with four replications was used, with a total of 12 plots and 240 plants per experimental unit. To optimize the use of water, a drip irrigation system was used. The evaluated variables were plant height, stem diameter, number of fruits per plant, fruit quality and yield ($t\ ha^{-1}$). The thermal time required expressed as Accumulated Heat Units was calculated for each planting date and phenological phase after transplantation, using the double sine method with software designed by the University of California. The vegetative development of the crop was not affected by planting date, however, the best yield was when the sowing date 31th January and transplanting 4th of May.

Keywords: fruit quality; vegetative growth; yield; Heat Units.

I. Introducción

En regiones agrícolas con restricción de recursos como la Comarca Lagunera es necesario la explotación de cultivos altamente redituables como el chile, donde la utilización del riego por goteo en la modalidad de cintilla, con prácticas de manejo como el trasplante, hacen posible lograr tal propósito con beneficios económicos significativos para el productor (Inzunza-Ibarra *et al.*, 2010). Se considera que la fecha de siembra, fertilización, y densidad de plantas en el cultivo, son los principales factores responsables de la baja producción y rentabilidad de un cultivo en el norte de México, después de la sequía (Jiménez y Acosta, 2013).

Debido a las condiciones ambientales que afectan el desarrollo del cultivo, la elección de la fecha de siembra adecuada u óptima, permitirá aprovechar al máximo las condiciones climáticas para que el cultivo exprese su máximo potencial productivo (Pérez *et al.*, 2015). La longitud del día, radiación solar y temperatura, son condiciones climáticas de cada zona que determinan la fecha de siembra más adecuada, y afectan el crecimiento y desarrollo del cultivo. Razón por la cual, la fecha de siembra óptima de un cultivo debe determinarse para cada localidad, dependiendo del clima, incidencia de plagas y enfermedades (Berti *et al.*, 2003).

El chile (*Capsicum annuum* L.) es un cultivo hortícola importante en México con una superficie sembrada de 144,391 hectáreas en el 2011, la Comarca Lagunera cuenta con 698 hectáreas cosechadas, siendo uno de los productos con mayor demanda en el mercado nacional e internacional, por lo tanto el chile habanero se considera uno de los cultivos de mayor valor en la agricultura (Coop *et al.*, 2011). De esta forma se busca la selección de plantas capaces de producir un mayor número de frutos frescos con calidad de exportación para satisfacer la demanda del mercado (Carballo-Bautista *et al.*, 2010).

Objetivos

- Evaluar el efecto de fecha de siembra sobre el crecimiento y producción de chile habanero variedad Orange.
- Determinar la mejor fecha de siembra para el chile habanero en la Comarca Lagunera.

Hipótesis

- El crecimiento y producción de chile habanero bajo diferente fecha de siembra es similar.

II. Revisión de literatura

2.1 Lugar de origen

Se indican como centros de origen de *Capsicum chinense* Jacq. a Bolivia, Perú, sureste de Brasil, Los Andes y Colombia, aunque algunas variedades también se pueden encontrar en África y el sureste de Asia, ya que fueron introducidos por los portugueses en la época Colonial (Tun, 2001). Se cree que probablemente fue introducido a la península de Yucatán desde Cuba, ya que se tenía mayor comercio con la isla lo que podría explicar su nombre popular de habanero (López *et al.*, 2009).

En el 2010 se obtuvo la certificación de origen del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) de la Península de Yucatán, siendo el estado de Yucatán el principal productor (Borges-Gómez *et al.*, 2014). Donde se cultiva principalmente por el sistema tradicional en campo a cielo abierto, sin embargo el cultivo obtenido a través de este sistema es afectado negativamente por un gran número de factores ambientales capaces de reducir dramáticamente la calidad del chile habanero, rendimiento y rentabilidad del cultivo (Lugo-Jiménez *et al.*, 2010).

2.2 Características y usos chile habanero

En México, el chile representa una tradición e identidad cultural, que ha dado una caracterización especial a la cocina y cultura mexicana (Ruiz-Lau *et al.*, 2011). Las características del chile habanero son sabor, aroma, pungencia, color y vida de anaquel debido a las condiciones de clima, suelo y ubicación de la región (Borges-Gómez *et al.*, 2014). Además de ser un símbolo de escozor posee características de interés comercial debido a su alto contenido de capsaicinoides acumulados en el fruto, contenido que se cree que pueden variar en condiciones de estrés hídrico o nutricional, estos compuestos determinan el grado de picor en la mayoría de los frutos del género *Capsicum*, que son empleados por sus propiedades médicas y farmacológicas, en este caso la capsaicina, el principal capsaicinoide que tiene un efecto antiinflamatorio y conirritante (Ruiz-Lau *et al.*, 2011).

El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) no sólo es comestible; en virtud de la capsicina que contiene, también puede emplearse en la elaboración de cosméticos, pomadas "calientes", gas lacrimógeno, recubrimiento de sistemas de riego o eléctricos para protección contra roedores, y por su alta capacidad anticorrosiva, como componente en pintura para barcos (Aceves *et al.*, 2008).

2.3 Producción del chile habanero

El chile habanero se cultiva en 13 estados de México. El rendimiento medio nacional es de 9,9 t ha⁻¹, aunque en algunos estados se han alcanzado rendimientos >17 t ha⁻¹ (Noh-Medina *et al.*, 2010; SIAP-SAGARPA, 2012). Los estados productores de chile habanero se localizan en la península de Yucatán: Campeche y Quintana Roo. Los rendimientos a campo abierto varían de 10 a 40 t ha⁻¹ (Macías-Rodríguez *et al.*, 2013).

2.4 Características botánicas y taxonómicas del chile habanero

El chile habanero pertenece al género *Capsicum* cuyo significado se deriva del griego: Kapso (picar) y Kapsakes (cápsula). (Nuez *et al.*, 2003). Según (Izco, 2004) se clasifica de la siguiente manera:

CUADRO 1. Clasificación taxonómica del chile habanero

Reino:	Vegetal
Subreino:	Embriophyta
División:	Angiospermae
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Ranunculidae
Orden:	Solanales
Familia:	<i>Solanácea</i>
Género:	<i>Capsicum</i>
Especie:	<i>Chinense</i>
Nombre común:	chile habanero
Nombre científico	<i>Capsicum Chinense</i> Jacq.

El chile habanero es una planta de ciclo anual que puede alcanzar una altura de 1.5 m en suelo mecanizable y hasta 16 meses de vida, la semilla se aloja en las placentas (Carballo-Bautista *et al.*, 2010). Tiene raíz pivotante y un sistema radicular bien desarrollado cuyo tamaño depende de la edad de la planta, su tallo es grueso, erecto y generalmente tiene tendencia a formar tres tallos en la primera ramificación para después continuar bifurcándose, las hojas son simples, lisas y alternas, las flores son de color blanco; se pueden presentar racimos de hasta seis flores (Tun, 2001). Presenta en promedio seis frutos por axila; estos son de un tamaño entre 2 y 6 cm, el color es verde cuando son tiernos, y anaranjados, amarillos o rojos cuando maduros; son además muy picantes y aromáticos (Soria *et al.*, 2002).

2.5 Requerimientos edáficos

El suelo donde generalmente se cultiva el chile habanero se caracteriza por tener textura franco limosa, densidad aparente baja, porosidad alta que facilita la aireación y drenaje, pH de neutro a medianamente alcalino, muy ligeramente salino, con contenido alto de MO, elevada CIC, concentraciones altas de N, P, K y Ca, contenidos de medio a alto de Mg, niveles adecuados de Cu y Mn, pero deficientes en Fe y Zn (Borges-Gómez *et al.*, 2014).

2.6 Variedades de chile habanero

El chile habanero es el único cultivar de la especie *Capsicum chinense* Jacq., sin embargo, existen diversos tipos de chile habanero, los cuales se diferencian por el color del fruto cuando madura. Los frutos varían en color: amarillo, naranja, rosado, rojo, marrón y café. Para el consumo en fresco nacional es más adquirido el de color naranja, es el preferido por los consumidores para la industria se utiliza este mismo color y el amarillo. En el mercado extranjero existe preferencia por el fruto rojo y el de color café, conocido como cubano, por su buen tamaño y mayor pungencia (Tun, 2001).

Las variedades más conocidas de chile habanero a nivel mundial son West Indian Red, Caribbean Red y Orange Habanero, las principales características de su fruto son:

Orange Habanero: Es el de mayor popularidad, es menor en tamaño que West Indiar red, con superficie lisa, más alargado que Caribbean Red, color con maduración anaranjada intenso.

West Indian Red: Superficie irregular (ondulaciones), algunos frutos asemejan la forma de un gorro escocés y cuando madura tiene un color rojo brillante.

Caribbean Red: Relativamente menor en tamaño, con superficie más lisa, con forma semi-alargada color verde con maduración carmesí-rojo.

Existen otras variedades que están siendo probadas por fundaciones e instituciones que harán su incorporación al mercado, como ejemplo están las variedades Kukulcán, Chichen Itzá y Jaguar. Estas tres variedades de chile habanero validadas presentan un buen desarrollo vegetativo y calidad de fruto; siendo el porcentaje de primera calidad de 88.81% para Jaguar, seguida de Kukulcán con 78.44% y Chichén Itzá con 75.23% (Ruiz-Lau *et al.*, 2011).

Las características de la planta y el fruto de la variedad obtenidas en campo (Trujillo-Aguirre. y Pérez-Llanes, 2004) se anotan en los Cuadros 2 y 3

CUADRO 2. Características de la planta de chile habanero naranja.

Ciclo de vida	Anual
Hábito de crecimiento	Erecta
Forma de la hoja	Lanceolada
Altura media	67.4 cm
Día de la floración	70
Rendimiento/planta	898.5 g
Número de frutos por planta	132.4
Días a la fructificación	103

CUADRO 3. Características del fruto de chile habanero naranja.

Color del fruto en estado intermedio	Verde
Color del fruto en estado maduro	Naranja
Forma del fruto	Acampanado
Ancho del fruto	2.83 cm
Largo del fruto	4.9 cm
Peso del fruto	8.4 g
Numero de lóbulos	3
Número de semillas por fruto	20-50
Diámetro de la semilla	3.5 mm

2.7 Requerimiento hídrico

El agua es fundamental para los organismos vivos y esencial para la producción agrícola (Zamudio-Moreno *et al.*, 2014). En las plantas el agua constituye típicamente de 80 a 95 % de la masa de los tejidos en crecimiento, donde desempeña funciones esenciales, la baja disponibilidad de agua en el suelo provoca el estrés abiótico de mayor incidencia en el crecimiento vegetal que en los sistemas agrícolas representa en pérdidas económicas, es importante entonces estimar los requerimientos hídricos de los cultivos para mejorar su potencial productivo y uso de agua (Quintal *et al.*, 2012).

Los métodos modernos de irrigación como el riego por goteo, son herramientas importantes para incrementar la eficiencia uso del agua, especialmente en regiones áridas donde es un recurso escaso y limitante para la producción agrícola. El uso de tales métodos de riego y acolchado plástico, reduce aún más la evaporación directa del suelo y mejora el microambiente alrededor de las raíces del cultivo, lo que promueve un mejor desarrollo de la fertilización (Izunza *et al.*, 2007). De esta forma surge la necesidad de la programación del riego eficiente para mejorar la productividad, especialmente en el cultivo de chile (Akinbile y Suffian, 2011).

El chile habanero demanda una cantidad de agua relativamente alta (550 a 700 mm por ciclo), sobre todo durante las etapas de floración, fructificación y llenado de fruto (Tun, 2001).

2.8 Fertilización

Uno de los problemas importantes en la producción del cultivo, es la pérdida de flor y fruto de la planta ocasionada por factores climáticos, nutricionales, fitosanitarios, la nutrición vegetal en el crecimiento de las plantas está determinada por absorciones de sustancias minerales, hidratos de carbono y hormonas (Graillet *et al.*, 2014). Los nutrientes utilizados normalmente en el cultivo de chile son nitrógeno y fósforo, un análisis de suelo puede determinar la cantidad de nitrógeno, fósforo y micronutrientes requeridos (Bosland y Walker, 2014).

La demanda nutrimental es uno de los tres factores que permite precisar la dosis de fertilización de cultivos. La falta de este valor puede conducir a un exceso o un déficit de la fertilización; la primera situación implica un efecto negativo sobre el medio ambiente mientras que el segundo no le permite al cultivo expresar su potencial productivo (Nieves *et al.*, 2015).

La absorción de nutrimentos permite establecer las bases de la fertilización de los cultivos, de esta manera la fertilización puede ser ajustada al ciclo del cultivo y por consecuencia, optimizar la cantidad de fertilizante a utilizar; evitar el deterioro del suelo y disminuir el impacto de la fertilización en el ambiente. Las curvas de acumulación de NPK sugieren que la fertilización de 130-120-160 de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente, debe aumentarse en 63% para N, reducirse a la mitad el P₂O₅ y mantener la dosis de K₂O (Noh-Medina *et al.*, 2010). El uso y manejo de fertilizantes es por lo tanto, de vital importancia para mantener el crecimiento y alto rendimiento en el cultivo de chile habanero (Chin, 2012).

La fertilización deberá ser aplicada preferentemente durante todo el ciclo de riego por goteo, y hacer los ajustes por predio, con base en el análisis de la fertilidad del suelo previo al establecimiento del cultivo, y con apoyo de análisis foliares durante el ciclo de desarrollo de la planta, debido a la naturaleza alcalina del suelo en que

se produce el chile, es recomendable utilizar fuentes de fertilización ácida o bien aplicar acidificantes del agua de riego como el ácido sulfúrico, ácido fosfórico y/o ácido nítrico, para favorecer la disponibilidad de nutrimentos en la solución del suelo (Ramírez *et al.*, 2012).

2.9 Plagas en el cultivo del chile habanero

Las principales limitantes del cultivo de chile son los problemas fitosanitarios encabezados por el complejo mosca blanca, plagas de defoliadoras y mancha bacteriana; lo anterior propicia riesgos de producción y eleva los costos de prevención y control (Ramírez *et al.*, 2012).

El Picudo del chile *Anthonomus eugenii* Cano es de las plagas más importantes en Chile, las pérdidas han llegado a presentarse hasta en un 40% de la producción. El fruto del chile comienza a amarillarse los pedúnculos del fruto, desprendiéndose el mismo de la planta cuando el adulto está listo para salir del fruto. **La Mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia tabaci*)** es la principal transmisora de virosis, el daño principal es la transmisión de virosis al alimentarse de la savia de una planta infectada y transmitirla a una sana (Martínez y Moreno, 2009).

Minador de la hoja (*Liriomyza spp*) es otra de las plagas importantes ya que puede llegar a causar cuantiosas pérdidas en los cultivos, el daño radica en las galerías que la larva realiza en las hojas y puede provocar defoliaciones completas si no se controla a tiempo, al quedar defoliada la planta de Chile se acentúa el golpe de sol, reduciendo los rendimientos (Villa *et al.*, 2014).

La araña roja (*Tetranychus urticae*, Koch) es un ácaro que normalmente se presenta en la época seca del año y que en poblaciones altas puede provocar la defoliación total de las plantas y la muerte de las mismas. **El pulgón verde (*Myzus persicae*)** puede invadir todo el cultivo si no se controla oportunamente, especialmente en la época de sequía. Al chupar la savia de las plantas puede causar la defoliación de las mismas; al mismo tiempo puede ser transmisor de enfermedades de tipo viral (Tun, 2001).

2.10 Enfermedades en el cultivo del chile habanero

La Virosis es la enfermedad más importante en Chile a nivel nacional, se transmite a través de insectos chupadores, principalmente de la mosquita blanca, los síntomas iniciales se presentan en las hojas inferiores con un leve mosaico, cuyos márgenes adquieren un color púrpura, se deforman y se enrolla hacia el haz, que avanza hacia el ápice de la planta, provocando una drástica reducción del desarrollo, floración y fructificación en muchos de los casos. Debido a infecciones tempranas se presentan frutos de baja calidad (Soria *et al.*, 2002).

Secadera de Chile (Phytophthora spp., Pythium spp., Fusarium spp., Rhizoctonia spp.) es un complejo de hongos, se presentan daños muy severos, cuando no se tiene un buen control de humedad o problemas de encharcamientos y aún más si la planta es muy susceptible al ataque, los síntomas en la planta es muy marcado, la planta comienza a marchitarse y posteriormente se seca por completo no importa la edad de la planta, estando el patógeno dentro de la planta, es muy difícil que se controle, sin embargo se pueden llevar a cabo medidas de prevención. En ocasiones inicia con un amarillamiento en los brotes terminales de la planta como si fuera alguna deficiencia, pero al sacar una planta observamos que ya presenta daños en la raíz (Martínez y Moreno, 2009).

Marchitez o pudrición (Rhizoctonia solani Kúhn) es parte del complejo de hongos que provocan el “damping off”, o caída de plántulas como consecuencia del estrangulamiento y necrosis del tallo a nivel de cuello en plantas recién emergidas. En plantas adultas los síntomas se caracterizan por presentar lesiones cóncavas de color pardo rojizo que aparecen en el tallo y en la raíz principal. El suelo muy húmedo, con un drenaje pobre favorece el desarrollo del hongo (Villa *et al.*, 2014).

2.11 Cosecha

El inicio de la cosecha depende del tipo de Chile habanero empleado y el destino de la producción. Para el consumo en fresco, generalmente se emplea el de color naranja; en este caso, el primer corte se realiza cuando los frutos tienen un color verde brillante y son duros al tacto; esto ocurre aproximadamente a los 75 días

después del trasplante, los siguientes cortes se deben hacer cada semana (Tun, 2001).

2.12 Efecto de la temperatura y Unidades Calor Acumuladas

El conocimiento de la fenología de un cultivo particular es importante para su manejo correcto (Soto-Ortiz *et al.*, 2006). Desde un punto de vista climatológico, estos fenómenos sientan las bases para la interpretación de cambios debidos a factores bioclimáticos; agronómicamente, la consecuencia de un microclima específico permite la respuesta que se prevé de la planta; y económicamente las etapas fenológicas permiten la ejecución óptima de varias prácticas agrícolas, como la polinización manual, predicción de una probable incidencia de plagas, necesidad de fertilización específica o de aplicación de sustancias hormonales particulares, control de maleza (Cautin y Augusti, 2005).

El cultivo de chile habanero es fuertemente afectado por factores climáticos y diversas causas que disminuyen su eficiencia productiva. Una de las más importantes es la caída de un elevado número flores ocasionado por trastornos fisiológicos originados por alta temperatura, registradas principalmente en los meses de abril a septiembre (Cruz *et al.*, 2012).

El rango térmico para el desarrollo del chile habanero según (Ramírez *et al.*, 2006), es de 17 a 29°C, con un óptimo alrededor de los 18°C, considerando a su vez que la temperaturas óptimas oscilan entre 24 y 28°C, y que la temperatura menor de 15°C y mayor a 35°C limitan el desarrollo de este cultivo .

La información de sumatoria térmica permite planificar controles de fitosanidad, la fecha de cosecha, o bien predecir el rendimiento esperado, además explica por qué fechas tan importantes como la floración no son las mismas entre diferentes ciclos de siembra de un determinado cultivo (Velázquez *et al.*, 2015).

Una importante aplicación de esta información será la determinación de cuantos grados días necesita una planta para alcanzar una etapa de desarrollo y permitirá llevar un monitoreo más certero para realizar las prácticas de manejo del cultivo en el momento que más lo requiera, porque se relacionaría su desarrollo

directamente con una variable de clima que hasta el momento no había sido utilizada (Velázquez *et al.*, 2015).

(GDC). Los grados-día es una unidad de medida que combina temperatura y tiempo de tal manera que la duración del desarrollo de un ciclo de vida del organismo, o en cualquier etapa o parte del ciclo de vida, disminuye a medida que la temperatura aumenta; el tiempo térmico se expresa como el número de unidades de calor requeridos para completar el desarrollo (Parra-Coronado *et al.*, 2015).

La acumulación de unidades calor durante las diferentes etapas de desarrollo de *Capsicum* spp. muestra diferencia entre tipos de chile, y esa diferencia es más evidente entre los diferentes grados de domesticación, lo que refleja un inicio más lento del desarrollo por parte de las variantes del tipo silvestre (piquín); para el caso de los tipos domesticados, las diferencias no son significativas entre ellos, tal y como había sido consignado (Montes *et al.*, 2004).

También constatan que, dependiendo del grado de precisión que se requiera en la definición de las etapas de desarrollo, se pueden usar las unidades calor, una vez definidas para cada variante y el ambiente en donde se evaluarán, aunque destacan que es poco práctico manejar muchas fases fenológicas asociadas a diversas etapas de desarrollo de la planta, por lo que se pueden tomar diferentes estados fenológicos en fases concretas, como inicio de floración, maduración y senescencia de los frutos (Torres, 1995).

Los usos de métodos de acumulación de unidades calor son técnicas eficientes para modelación y predicción de las etapas del desarrollo de los cultivos, como el chile, en comparación con el método de días después de la siembra debido a que la variación entre estaciones y localidades puede ser mejor normalizada por la estimación de unidades calor que con días después de la siembra (Soto-Ortiz *et al.*, 2006).

En resumen la aplicación del concepto de GDC a las observaciones fenológicas ha sido de gran utilidad en la agricultura. Entre las múltiples aplicaciones de este parámetro se encuentran las indicadas por (Neild y Seeley, 1977):

- a) Programación de fechas de siembra o ciclos de cultivo
- b) Pronóstico de fechas de cosecha
- c) Pronóstico de rendimiento
- d) Determinación del desarrollo vegetal esperado en diferentes localidades
- e) Estimación del desarrollo vegetal esperado en diferentes fechas de siembra o inicios del ciclo de cultivo
- f) Determinación del desarrollo esperado de diferentes genotipos
- g) Pronóstico de coeficientes de evapotranspiración de cultivos
- h) Pronóstico de aparición de plagas y enfermedades

2.12 Fecha de Siembra

Para determinar la mejor fecha de siembra se debe tener en cuenta cuáles son los requerimientos del cultivo y restricciones que el clima y suelo de la zona de producción van a ejercer sobre el mismo, de esta misma forma es importante señalar que los períodos de floración de los distintos cultivos en diferentes fechas de siembra coinciden con temperaturas que pueden o no ser adecuadas. Por ejemplo, la siembra temprana de cultivos cortos hace que la floración se produzca con temperaturas menores a la óptima. Por el contrario la floración de materiales de ciclo largo se produce en mejores condiciones (Schwab, 2010).

La fecha de siembra tiene un efecto sobre el número de días en alcanzar la primera cosecha y a medida que se retrasa se reduce el periodo de producción (Grijalva *et al.*, 2011). Mayor duración de ciclo permite mayor interceptación de radiación, y por ende, una mayor acumulación de biomasa que pueda dar lugar a mayor rendimiento, el retraso en la fecha de siembra ubica el periodo reproductivo en condiciones de menor radiación y temperatura. No obstante, siembras muy tempranas pueden repercutir en un lento crecimiento inicial y menor desarrollo (Murgio *et al.*, 2012).

En lo que respecta al cultivo de chile, para obtener buenos resultados es preferible sembrar en la estación seca cuando la incidencia del tizón temprano es baja. El chile habanero es un cultivo que requiere de un clima cálido durante toda la estación de cultivo, para su desarrollo. La planta es de ciclo anual, pero se obtienen dos cosechas durante el año, también explica que el rendimiento va depender del manejo que se le proporcione al suelo y a los cultivos. La planta puede seguir viva a partir de la segunda cosecha, pero su producción no es en cantidad ni calidad requerida, que amerite seguir manteniendo el cultivo. Además la técnica de trasplante en los sistemas hortícolas intensivos, como en el cultivo de chile, ha permitido una mejor planificación de la siembra, uniformidad en el crecimiento, uso eficiente de la semilla y precocidad en la producción (Vara, 2012).

En la zona de Coahuila Durango incluyendo la Comarca Lagunera la época de siembra de chile es de Enero 1 a mayo 31 (Valadez, 1989).

III. Materiales y Métodos

3.1 Localización del sitio experimental

El estudio se realizó en el campo experimental de la UAAAN-UL en Torreón Coahuila, que se localiza entre los 24° 22' 00" de latitud norte y los 103° 25' 55" de longitud oeste y una altitud 1,120 msnm, clima predominante seco semicálido (89%) y Seco templado (11%), con precipitación pluvial de 100 - 400 mm al año y rango de temperatura 14 - 22°C (SAGARPA y SIAP, 2011), entre los meses de enero a septiembre del 2015.

3.2 Diseño Experimental

Se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, los tratamientos evaluados fueron tres fechas de siembra, cada parcela experimental constó de tres surcos con un total de 12 parcelas, y un total de 20 plantas por surco, la longitud de cada parcela fue de cinco metros sumando una longitud total de 20 m. La parcela útil fueron surcos centrales de cada parcela experimental. Se tuvieron 60 plantas por parcela, 240 plantas por tratamiento y un total de 720 plantas por todo el experimento.

3.3 Prácticas culturales

3.3.1 Producción de planta

En la producción de plántula en invernadero se usó la semilla de chile habanero variedad Orange (Tun, 2001) en charolas de poliestireno de 200 cavidades previamente desinfectadas, se utilizó sustrato *peat moss* para llenar las charolas, donde las fechas de siembra fueron los días 17, 24 y 31 (FS₁, FS₂, FS₃ respectivamente) de enero de 2015. El procedimiento se muestra en la Figura 1. Previo a la siembra se remojó la semilla en agua destilada por un periodo de 12 horas esto con la finalidad de acelerar la germinación.



FIGURA 1. Germinación de la semilla y Plántulas de chile habanero

Se aplicó riegos ligeros diariamente desde la germinación hasta el momento del trasplante.

La preparación del terreno consistió en barbecho, paso de rastra, seminivelación y el surcado a 0.75 m, posteriormente se delimitaron las unidades experimentales.



FIGURA 2. Preparación del terreno y Trazo de parcelas

Para cubrir las necesidades del cultivo se utilizó un sistema de riego por goteo tipo cintilla con una distancia entre emisor de 0.20 m Se utilizó el programa DRIEGO del sistema IRRINET del INIFAP CENID RASPA (Catalán *et al.*, 2013) para estimar la demanda de agua y calendarizar el riego de los cultivos en línea y tiempo real (Catalán *et al.*, 2012).

INIFAP - CENID - RASPA						
Calendario de Riego						
inifap		Fecha: 06/06/2016			Fin de ciclo: 30/09/2015	
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias		Lugar o sitio: Campo Experimental La Laguna			Próximo riego: 06/06/2015	
		Entidad: Coahuila			Lámina de próximo riego (cm): 0.78	
		Estación: 26812 - Campo Experimental La Laguna			Consumo de agua proyectado en el ciclo (cm): 114.93	
		Cultivo: Chile			Consumo máximo o potencial (cm): 114.97	
		Fecha de siembra: 24/04/2015			Reducción del rendimiento potencial (%): 0.05	
Riego	Fecha	IR (días)	LR (cm)	LR Acumulada (cm)	Abatimiento de HA (%)	
1	24/04/2015	0	6.79	6.79	66.21	
2	25/04/2015	1	0.69	7.48	6.70	
3	26/04/2015	1	0.66	8.14	6.39	
4	27/04/2015	1	0.66	8.80	6.45	
5	28/04/2015	1	0.72	9.52	7.04	
6	29/04/2015	1	0.70	10.22	6.79	
7	30/04/2015	1	0.75	10.97	7.30	
8	01/05/2015	1	0.67	11.63	6.51	
9	02/05/2015	1	0.62	12.26	6.07	
10	03/05/2015	1	0.70	12.95	6.79	
11	04/05/2015	1	0.68	13.63	6.60	
12	05/05/2015	1	0.64	14.27	6.23	
13	06/05/2015	1	0.71	14.97	6.87	
14	07/05/2015	1	0.72	15.69	6.98	
15	08/05/2015	1	0.70	16.39	6.84	
16	09/05/2015	1	0.78	17.17	7.61	
17	10/05/2015	1	0.72	17.89	7.02	
18	11/05/2015	1	0.72	18.62	7.05	
19	12/05/2015	1	0.74	19.35	7.17	
20	13/05/2015	1	0.76	20.12	7.44	

FIGURA 3. Programa DRIEGO del sistema IRRINET



FIGURA 4. Instalación del sistema de riego



FIGURA 5. Variación de la evapotranspiración (ET) durante los ciclos del cultivo

El trasplante se efectuó el 24, 29 de abril y cuatro de mayo respectivamente con un distanciamiento de 0.25 m entre planta cubriendo una densidad de población de 53,333 plantas por hectárea. El riego se aplicó diariamente con una duración aproximada de 30 a 50 minutos con un gasto del gotero de 0.89 L h^{-1} a una presión de 6 psi, por lo tanto la lámina de riego varió de 4 a 9 mm.



FIGURA 6. Establecimiento del cultivo y Aplicación de riego

En cuanto a la fertilización fue a base de Nitrógeno y Fósforo que se aplicaron a través del equipo de fertirriego, las fuentes de fertilizantes fueron: 100 kg de Sulfato de Amonio (20-0-0) y 11.8 litros de ácido Fosfórico (2-54-0) que se dosificaron en 10 aplicaciones cada quince días distribuyéndose a lo largo del ciclo del cultivo.

CUADRO 4. Calendario de fertilización durante el ciclo del cultivo de chile habanero bajo tres fechas de siembra en la UAAAN-UL 2015.

No. Fertilización	Nitrógeno (kg)	Sulfato de Amonio (kg)	Fósforo (kg)	Ácido Fosfórico (kg)	Ácido Fosfórico (Lt)
1	2.1	10.00	2.6	4.8	2.8
2	2.1	10.00	2.3	4.2	2.5
3	2.1	10.00	2.2	4.0	2.4

4	2.1	10.00	0.5	1.0	0.6
5	2.1	10.00	0.5	1.0	0.6
6	2.1	10.00	0.5	1.0	0.6
7	2.1	10.00	0.5	1.0	0.6
8	2.1	10.00	0.5	1.0	0.6
9	2.1	10.00	0.5	1.0	0.6
10	2.1	10.00	0.5	1.0	0.6
TOTAL	20.5	100.0	10.8	20.0	11.8



FIGURA 7. Aporque del cultivo, control de maleza y Ferrtiriego

Durante el ciclo de cultivo se presentaron las siguientes plagas que se controlaron a base de extracto de ajo:

- a) Mosquita blanca (*Bemisia tabaci*)
- b) Pulgón (*Aphis gossypii*)
- c) Arañita roja (*Tetranychus urticae*, Koch.)

3.4 Determinación de Unidades Calor

Debido a que la fecha de siembra está completamente relacionada con la temperatura, se calculó para cada fecha de siembra y cada fase fenológica a partir del trasplante, el tiempo térmico requerido, expresado en Unidades Calor Acumuladas para lo cual se utilizó el método sinoidal doble con la ayuda del software “Degree Day utility” diseñado por la Universidad de California (California.,

1983). Los datos de temperatura fueron proporcionados por la estación meteorológica del departamento de riego y drenaje de la UAAAN-UL. La temperatura máxima se mantuvo la mayor parte del tiempo a un valor de 34°C y la temperatura mínima aumentó en abril y después se mantuvo alrededor de los 20°C.

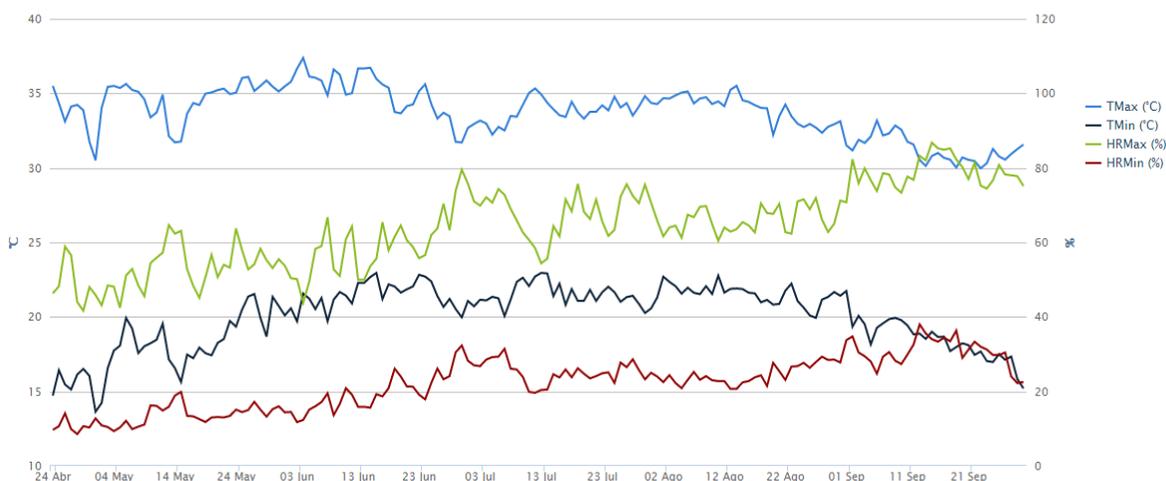


FIGURA 8. Variación de las temperaturas máximas y mínimas, así como la humedad máxima y mínima durante el desarrollo del cultivo del chile habanero

```

University of California
Statewide Integrated Pest Management Project

DEGREE-DAY UTILITY
Version 2.1

Copyright (c) 1990, The Regents of the University of California,
All Rights Reserved.

From the MAIN MENU set up a method of calculating degree-days
or display phenology models.

From the ACTION MENU calculate degree-days using temperatures
from a file or the keyboard, or make a reference table.

At most prompts, you may use the following special functions:
Display HELP information:      type H then press ENTER
BACK UP to the previous prompt: type B then press ENTER
Return to the previous MENU:   type M then press ENTER
QUIT DDU and exit to DOS:     type Q then press ENTER

Now, press ENTER to continue.
←[2J
H = HELP          B = BACK UP          M = PREVIOUS MENU          Q = QUIT

```

FIGURA 9. Software de la Universidad de California para la determinación de las Unidades Calor Acumulas en el cultivo del Chile habanero.

3.5 Variables evaluadas

En el crecimiento y desarrollo vegetativo del cultivo, se determinaron semanalmente de trasplante a cosecha: altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas verdes/planta, número de ramas, número de flores/ planta, número de frutos/planta, para poder realizar todas estas mediciones se etiquetaron ocho plantas por repetición, los datos que se recabaron se fueron capturando en Excel para posteriormente analizarlos.



FIGURA 10. Desarrollo del cultivo. y Cosecha de la unidad experimental

La producción total durante el periodo de la cosecha, se determinó registrándose el número y peso de frutos por planta en cada corte por cada fecha de siembra. La calidad de los frutos se definió por peso, primera calidad (mayor a 10 g), segunda calidad (de 7.5 a 9.9 g) y tercera calidad (de 5 a 7.4 g) (Tun, 2001).

Se cosecharon ocho plantas por parcela útil y se pesó la producción de cada fecha de siembra por repetición en cada corte, utilizándose una balanza digital obteniéndose el rendimiento en toneladas por hectárea. El diámetro ecuatorial y polar del fruto se midió con un vernier marca Truper desde la base del pedúnculo del fruto hasta la parte terminal de mismo, para correlacionar el crecimiento del cultivo con las Unidades Calor Acumuladas se utilizó Regresión Polinomial, para

realizar el análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey ($P < 0.05$) se utilizó el programa estadístico SAS System 9.



FIGURA 11. Selección del fruto y Peso del fruto

IV. Resultados y discusión

En el caso de la FS₁ el inicio de la germinación transcurrió a los 16 días, por lo tanto el trasplante se realizó a los 97 días después de la siembra. En la FS₂ y FS₃ la germinación se dio después de 14 días y el trasplante se realizó a los 95 y 93 días respectivamente (**CUADRO 5**).

CUADRO 5. Número de días por período fenológico bajo tres fechas de siembra en la UAAAN UL 2015.

	Fecha Siembra 1		Fecha Siembra 2		Fecha Siembra 3	
	N° días por periodo	N° días acumulados	N° días por periodo	N° días acumulados	N° días por periodo	N° días acumulados
Siembra-trasplante	97		95		93	
Trasplante- Ap. Flor	50	147	38	133	40	133
Ap. Flor – Ap. Fruto	8	155	7	140	8	141
Ap. Fruto – Inicio cosecha	37	192	29	169	37	178
Inicio cosecha- término de cosecha	63	255	69	238	63	241

4.1 Altura de la planta

La dinámica de crecimiento altura de planta de chile habanero y su relación con la acumulación de Unidades Calor, se presenta en la (**FIGURA 12**). En las tres fechas de siembra, considerando las fases fenológicas a partir del trasplante hasta la aparición de la primera flor, en la FS₁ la planta presentó una altura de 15.5 cm acumulando 409 UC con 51 número de hojas y 5 ramas, en la FS₂ la planta tenía

una altura de 16.3 cm acumulando 308 UC con 26 número de hojas, 4 ramas y para la FS₃ la planta medía 15.3 cm acumulando 346 UC. El modelo de ajuste que mejor representó el comportamiento registrado en campo fue un polinomial cuadrático, encontrando un elevado coeficiente de determinación ($R^2 > 90\%$) lo que indica una buena relación entre la acumulación de UC y altura de planta (Vázquez *et al.*, 2008).

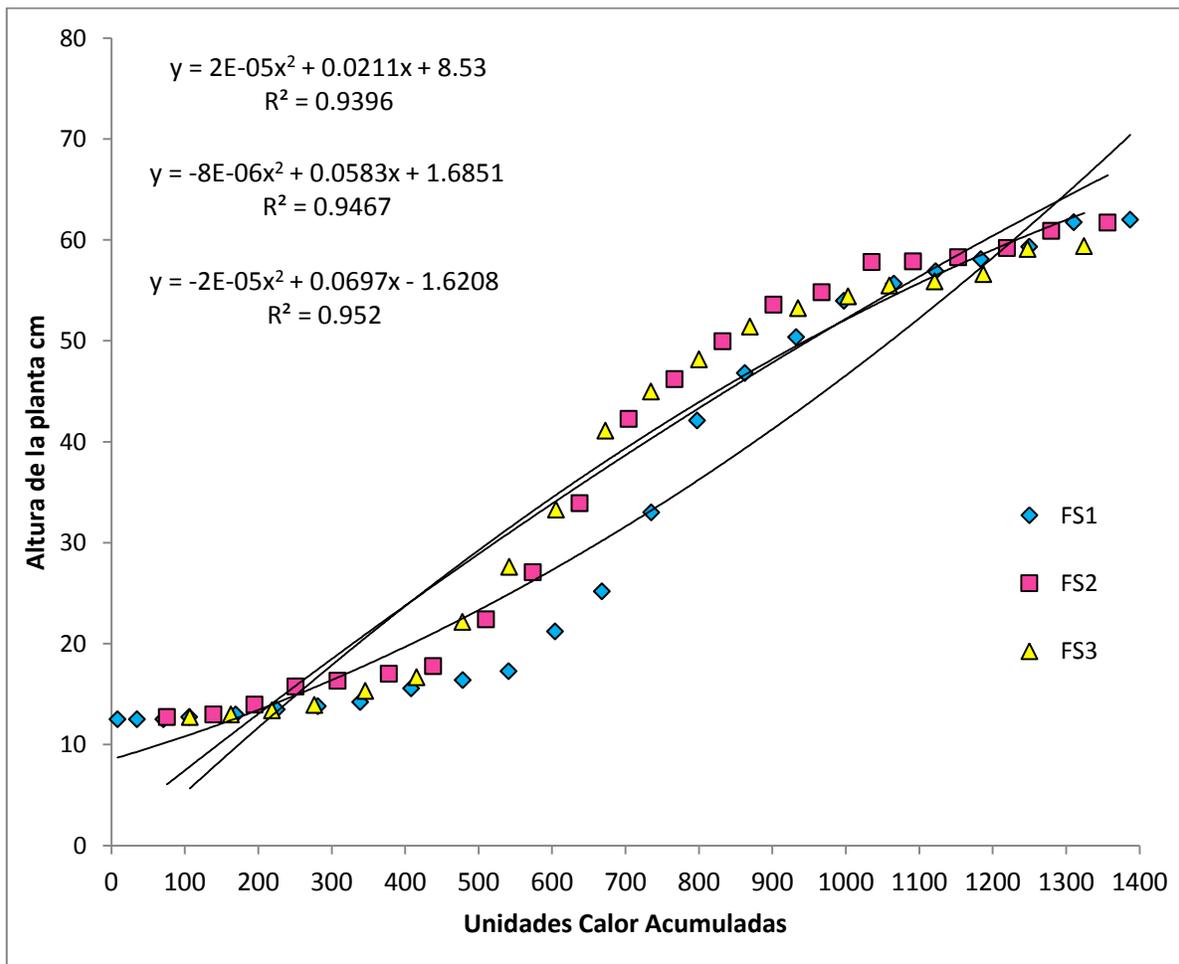


FIGURA 12. Altura de planta de Chile habanero cultivado bajo tres fechas de siembra y acumulación de unidades calor (UC).

El comportamiento de altura, diámetro, número de hojas, ramas de la planta del chile habanero en las tres fechas de siembra el cual se determinó al finalizar el

ciclo del cultivo no fue significativo estadísticamente (**CUADRO 6**), lo que indica que la fecha de siembra no afecta el crecimiento del cultivo, sin embargo la FS₁ mostró un mejor crecimiento pero es necesario mencionar que el desarrollo del cultivo estuvo dentro del estándar determinado para el chile habanero variedad Orange.

CUADRO 6. Altura de planta (cm), diámetro del tallo (cm), número de hojas y ramas de la planta bajo tres fechas de siembra en chile habanero en la UAAAN-UL. 2015.

Tratamiento	Altura (cm)	Díametro del tallo (cm)	No. Hojas	No. Ramas
FS1	62.025	2.63	589	67
FS2	61.725	2.60	594	62
FS3	59.400	2.53	575	64
DMS	11.565	0.3047	213	16.10
CV	8.732	5.436	16.80	11.57

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales Tukey ($p \leq 0.05$)

4.2 Número de flores

De trasplante a la aparición de la primera flor la cantidad de días requeridos fue de 38 a 50 días transcurriendo de 137 a 147 días desde la siembra. La aparición de flores se fue incrementado de forma secuencial obteniendo el punto máximo en la FS₃ con 87 flores por planta acumulando 791 UC, siguiendo la FS₁ con 84 flores por planta acumulando 863 UC y por último la FS₂ con un total de 44 flores por planta acumulando 592 UC; después fue descendiendo el número de flores por planta debido al inicio de formación de fruto y cosecha, En la etapa que corresponde a la aparición de flor a fruto, se necesitaron de siete a ocho días para las tres fechas de siembra.

La aparición del primer fruto, en el caso de las FS ₁, ₂ y ₃, transcurrieron respectivamente 155, 140 y 141 días posteriores a la siembra, lo que sucedió cuando se acumularon entre 479, 378 y 416 UC. (**FIGURA 13**).

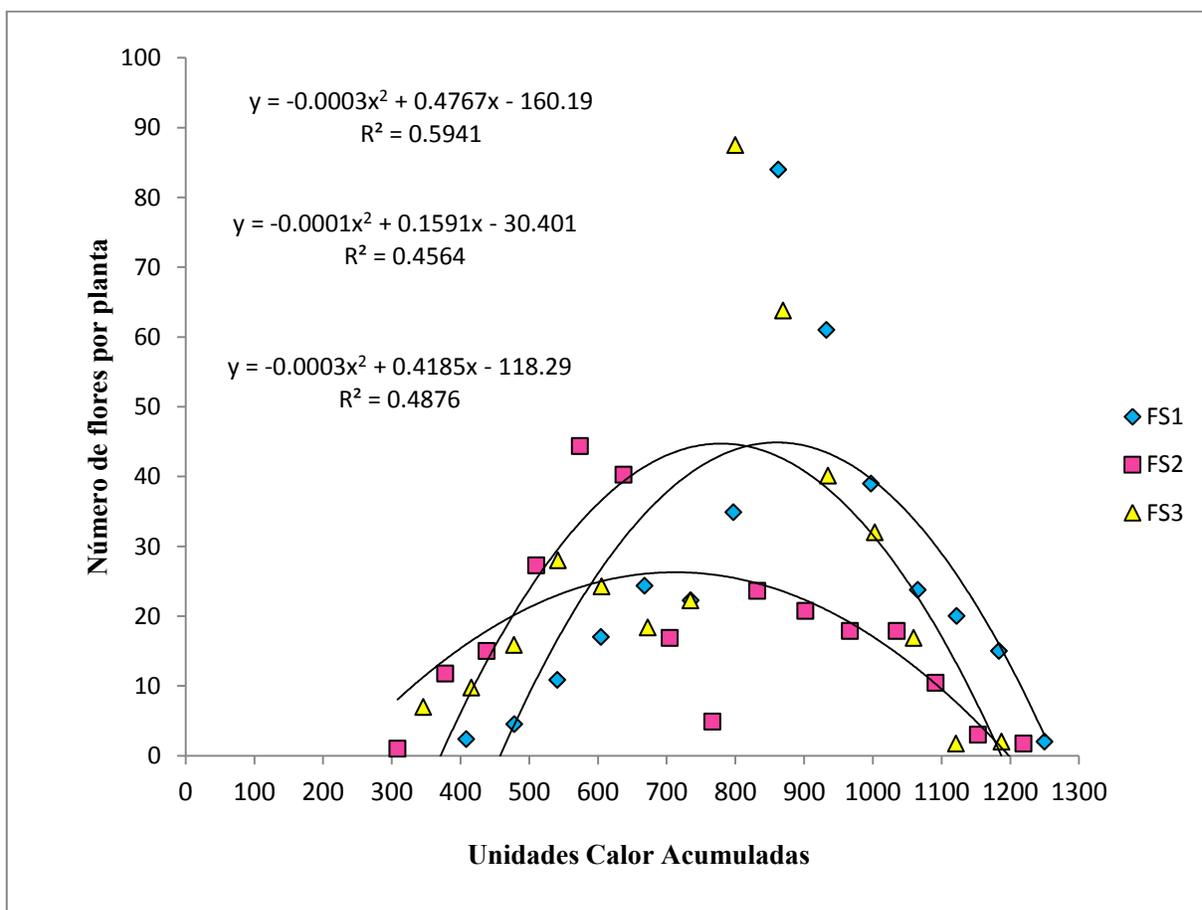


FIGURA 13. Número de flores por planta en las tres fechas de siembra y las Unidades Calor Acumuladas durante esta etapa.

La correlación entre el número de flores y UC, no es directamente proporcional posiblemente debido a que intervienen otros factores ambientales independientemente de la temperatura, como el fotoperiodo, la radiación solar, la precipitación. De igual manera porque el decremento inicial del número de flores coincide con el incremento gradual del número de frutos como resultado del desvío de fotoasimilados hacia la formación de frutos (Azofeita y Moreira, 2004). Esto indica que la acumulación de calor constituye la energía necesaria para

completar un determinado estado fenológico y producción de la planta (Velázquez et al., 2015).

4.3 Número de frutos

Conforme aumentaron las UC se incrementó el número de frutos, antes de acumular 800 UC alcanzó el punto máximo de fructificación y dio inicio la cosecha. En lo que respecta a la aparición de fruto a inicio de cosecha pasaron de 29 a 37 días acumulados 826 UC para la FS₁, 795 UC para la FS₂ y 763 UC para la FS₃ y 192, 169 y 178 días respectivamente (**FIGURA 14**).

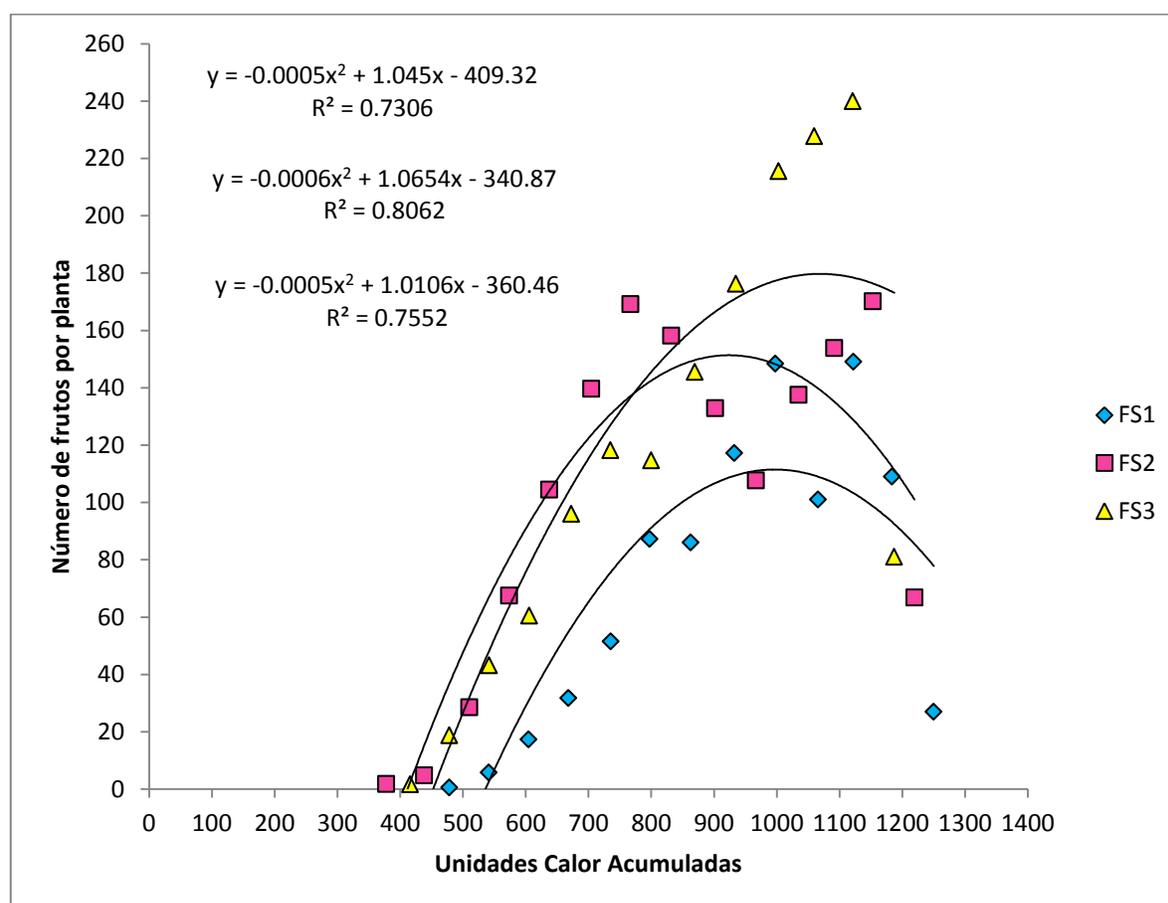


FIGURA 14. Número de frutos por planta en las tres fechas de siembra y las Unidades Calor Acumuladas durante esta etapa.

En relación con el crecimiento de las plantas, floración y fructificación en los diversos cultivos son fases interrelacionadas cuyo comportamiento alcanza a tener un impacto en el rendimiento (Amador *et al.*, 2014).

Aunque existe diferencia entre la cantidad de temperatura acumulada respecto a las fechas de siembra, las misma no fue muy marcada. El tiempo térmico requerido para cada etapa fenológica constituye información útil en la planeación de las actividades agrícolas del cultivo, representa ventajas prácticas y agronómicas, que permiten optimizar la utilización de insumos y planificar el cultivo bajo condiciones climáticas variables (Flores-Magdaleno *et al.*, 2014).

4.4 Rendimiento por corte

El análisis estadístico de los 12 cortes que tuvieron lugar durante el ciclo del cultivo del chile habanero, solo encontró diferencia estadística significativa para fecha de siembra en el primero, tercero, cuarto y décimo corte, es necesario mencionar que desde el primer corte hasta el noveno corte la FS₁ mantuvo un bajo rendimiento, en cambio la FS₃ mostró un mejor rendimiento por encima de las otras dos fechas de siembra pero en el décimo corte mostró una alta diferencia con nueve t ha⁻¹.

La dinámica de producción en cada corte bajo fecha de siembra evaluada durante el experimento se muestra en el (**CUADRO 7**). La mayor producción se presentó a partir del quinto corte a medida que se acumularon las UC el rendimiento fue mayor porque aumentó la producción de frutos. El desarrollo morfológico de un cultivo se relaciona linealmente con la temperatura, por lo tanto, para cumplir con las distintas fases fenológicas y completar el ciclo. El cultivo responde a un rango térmico, donde la suma calórica puede ser útil como criterio para predecir la madurez fisiológica (Rivetti, 2007).

CUADRO 7. Rendimiento t ha⁻¹ bajo tres fechas de siembra por corte en la UAAAN-UL 2015.

Fechas de siembra	Primer Corte	Segundo Corte	Tercer corte	Cuarto corte	Quinto Corte	Sexto Corte	Séptimo corte	Octavo corte	Noveno corte	Décimo corte	Onceavo corte	Doceavo corte
FS1	0.69b	1.52a	1.24b	2.26b	2.72a	3.37a	2.43a	3.28a	5.28a	6.86ab	6.27 ^a	5.98a
FS2	2.31a	2.83a	4.40a	5.61a	4.60a	4.25a	3.44a	2.32a	4.83a	4.33b	5.76 ^a	7.29a
FS3	1.55ab	1.47a	2.20b	5.99a	4.33a	3.33a	2.40a	2.80a	5.77a	9.03a	8.09 ^a	7.73a
DMS	1.21	2.21	1.44	2.32	2.41	3.55	2.27	1.43	4.34	4.16	5.36	6.17
CV	36.82	52.54	25.52	23.19	28.66	44.89	38.04	23.61	37.78	28.45	36.80	40.61

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales Tukey ($p \leq 0.05$)

La duración de la cosecha varió de 63 a 69 días, por lo tanto el total de días durante todo el ciclo de cultivo para las tres fechas de siembra fue de 241 para la FS₃, 245 para la FS₂ y 255 días para la FS₁, acumulando 1,325 UC, 1,357 UC y 1,387 UC respectivamente (**FIGURA 15**).

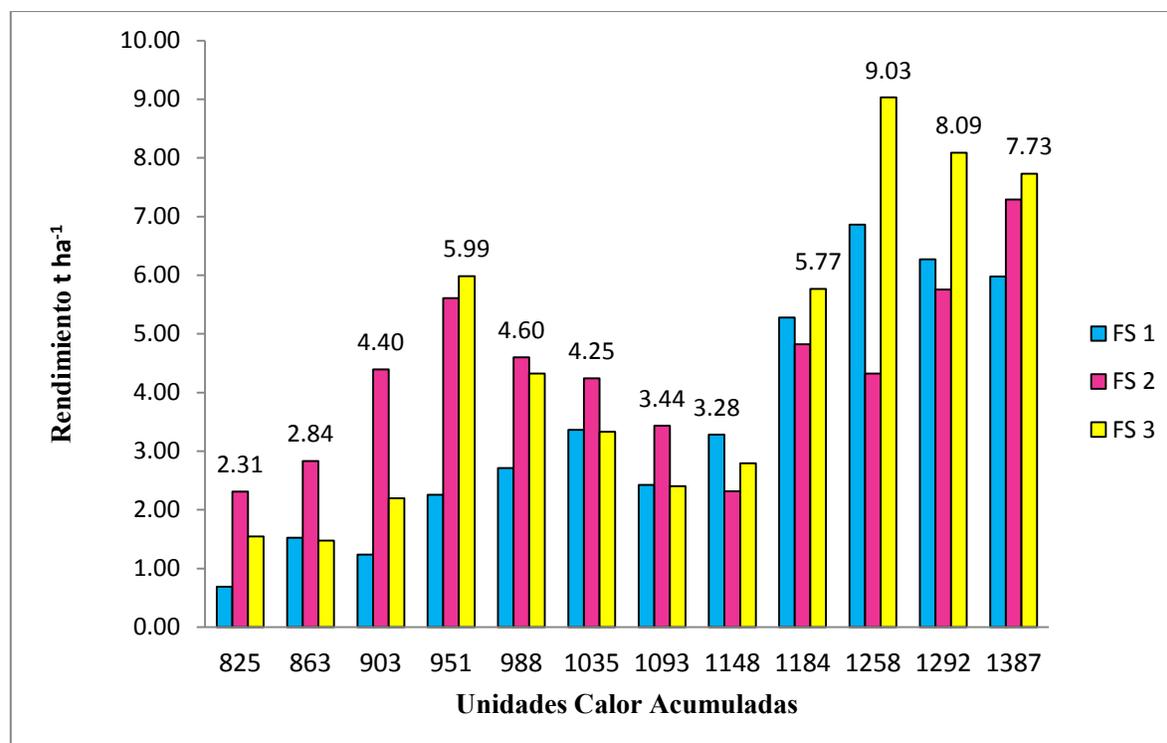


FIGURA 15. Rendimiento t ha⁻¹ bajo tres fechas de siembra en cada corte en la UAAAN-UL 2015.

A partir del trasplante, la planta tardó tres meses a cosecha; esto se da ordinariamente cuando el cultivo se maneja adecuadamente en términos de nutrición (Macías-Rodríguez *et al.*, 2013).

En peso de fruto, el análisis estadístico no mostró diferencia significativa para las tres fechas de siembra en los 12 cortes (**CUADRO 8**); con estos datos se procedió a clasificar la calidad de los frutos en base a su peso. Se obtuvieron frutos de primera calidad (mayor a 10 g) en el cuarto corte para la FS₁, los frutos de segunda calidad (de 7.5 a 9.9 g) en el segundo corte para la FS₂ y FS₃, en el tercer corte para la FS₁ Y FS₂, a partir del quinto al octavo corte fueron frutos de segunda calidad sin embargo del noveno al doceavo corte se cosecharon solo frutos de tercera calidad para las tres fechas de siembra (de 5 a 7.4 g).

CUADRO 8. Peso de fruto (g) en cada corte bajo tres fechas de siembra durante el ciclo de cultivo del chile habanero. UAAAN-UL 2015.

Fechas de siembra	Primer Corte	Segundo Corte	Tercer corte	Cuarto corte	Quinto Corte	Sexto Corte	Séptimo corte	Octavo corte	Noveno corte	Décimo corte	Onceavo corte	Doceavo corte
FS1	6.42 a	7.48a	8.50a	10.07a	9.06a	8.77a	9.53a	7.79a	6.60a	6.65a	6.23a	5.52a
FS2	7.17 a	7.69a	8.55a	9.56 a	9.23a	8.87a	8.89a	8.08a	6.46a	6.14a	6.73a	6.38a
FS3	7.33 a	7.26a	7.26a	8.78 a	8.77a	8.89a	9.55a	7.80 a	6.59a	6.35a	6.10 a	5.84a
DMS	2.29	0.64	1.40	1.60	1.73	1.44	1.91	0.99	1.05	1.30	0.85	1.54
CV	15.10	3.92	7.96	7.77	8.84	7.52	9.46	5.75	7.35	9.35	6.18	12.00

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales Tukey ($p \leq 0.05$)

En el diámetro polar durante los 12 cortes en el análisis estadístico no se encontró diferencia para las tres fechas de siembra ya que los datos variaron de 3.5 cm a 4.35 cm (**CUADRO 9**). En el diámetro ecuatorial solo se encontró diferencia estadísticamente significativa entre el tercer, cuarto y decimo corte, pero en general el promedio se mantuvo entre 2.3 a 3.03 cm (**CUADRO 10**).

CUADRO 9. Diámetro polar del fruto (cm) en cada corte bajo tres fechas de siembra durante el ciclo de cultivo del chile habanero. UAAAN-UL 2015.

Fechas de	Primer Corte	Segundo Corte	Tercer corte	Cuarto corte	Quinto Corte	Sexto Corte	Séptimo corte	Octavo corte	Noveno corte	Décimo corte	Onceavo o corte	Doceavo o corte
FS1	3.89a	4.37a	4.31a	4.42a	4.23a	4.28a	4.36a	4.03a	3.56a	3.87a	3.71a	3.39a
FS2	4.11a	4.25a	4.33a	4.38a	4.22a	4.18a	4.25a	4.19a	3.60a	3.66a	3.93a	3.56a
FS3	4.35a	4.27a	4.27a	4.23a	4.27a	4.33a	4.45a	4.15a	3.67a	3.75a	3.7 a	3.52a
DMS	0.85	0.53	0.33	0.33	0.41	0.45	0.54	0.67	0.15	0.24	0.35	0.28
CV	9.51	5.66	3.56	3.51	4.43	4.86	5.69	7.43	1.88	2.91	4.30	3.70

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales Tukey al ($p \leq 0.05$)

CUADRO 10. Diámetro Ecuatorial del fruto (cm) en cada corte bajo tres fechas de siembra durante el ciclo de cultivo del chile habanero en la UAAAN-UL.

Fechas de	Primer Corte	Segundo Corte	Tercer corte	Cuarto corte	Quinto Corte	Sexto Corte	Séptimo corte	Octavo corte	Noveno corte	Décimo corte	Onceavo corte	Doceavo corte
FS1	2.66a	2.74a	2.82ab	3.03a	2.81a	2.69a	2.71a	2.64a	2.49a	2.71a	2.58a	2.50a
FS2	2.72a	2.73a	2.86a	2.94ab	2.87a	2.66a	2.69a	2.61a	2.43a	2.43b	2.59a	2.45a
FS3	2.68a	2.66a	2.66b	2.79b	2.71a	2.66a	2.73a	2.66a	2.40a	2.40b	2.48a	2.33a
DMS	0.32	0.20	0.20	0.18	0.31	0.25	0.26	0.25	0.11	0.22	0.20	0.23
CV	5.49	3.44	3.30	2.84	5.18	4.25	4.39	4.37	2.11	4.02	3.68	4.41

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales Tukey ($p \leq 0.05$)

4.5 Rendimiento total

El análisis estadístico detectó diferencia entre fechas de siembra, la FS₃ presentó 62 t ha⁻¹, la FS₂ 55.92 t ha⁻¹ y la FS₁ 46.59 t ha⁻¹. Estos resultados difieren a lo reportado por (Tadeo-Robledo et al., 2015) quienes expresan que los mejores rendimientos coinciden con el mayor número de días de siembra a cosecha para llegar a la mejor expresión de rendimiento; de igual forma estos rendimientos son mayores al reportado en Tabasco que es de 29.5 t ha⁻¹ (Aceves et al., 2008) pero coinciden con el trabajo realizado por (Ramírez et al., 2012) el cual argumenta que el chile habanero expresa mejor su potencial de rendimiento bajo el sistema de riego por goteo y fertirrigación, donde puede superar las 30 t ha⁻¹ de producción

total a campo abierto. El número total de frutos también mostró diferencia que varió de 107 a 146 frutos por planta, donde el mayor número de frutos se consiguió en la FS₂ (**CUADRO 11**), lo cual difiere a estudios realizados por (Lozano et al., 2013) que no encontraron diferencia significativa en la cantidad de frutos al evaluar el efecto de la época de siembra en okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench).

4.6 Tamaño del fruto durante todo el periodo de cosecha

En peso del fruto el análisis estadístico no encontró diferencia significativa, entre fechas de siembra, la fecha de siembra no afectó el peso promedio del fruto, coincidiendo con el trabajo realizado por (Grijalva *et al.*, 2011) quienes evaluaron el efecto de fechas de siembra en híbridos de pepino europeo en el noroeste de Sonora. En cuanto al diámetro polar y ecuatorial no se mostró diferencia estadística ya que el tamaño varió de 4.12 a 4.16 cm para el diámetro polar y el diámetro ecuatorial varió de 2.62 a 2.73 cm (**CUADRO 11**).

CUADRO 11. Rendimiento total t ha⁻¹, número de frutos, peso promedio de fruto, diámetro polar, ecuatorial, en el cultivo de chile habanero bajo tres fechas de siembra UAAAN-UL 2015.

Fechas de Siembra	Rendimiento t ha ⁻¹	Núm. frutos por planta	Peso fruto	Diámetro Polar fruto	Diámetro Ecuatorial fruto
FS1	46.59 b	113 b	7.72 a	4.13 a	2.73 a
FS2	55.92 ab	135 ab	7.81 a	4.12 a	2.69a
FS3	62 a	153 a	7.58 a	4.18 a	2.62 a
DMS	14.61	35.42	0.66	0.2392	0.1189
CV	12.28	12.21	3.95	2.66	2.04

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales Tukey ($p \leq 0.05$)

En la FS₁ el rendimiento fue menor al compararlo con las otras dos fechas de siembra en el (**CUADRO 12**), se observa que parte del rendimiento fue de primera calidad acumulando de cierta manera una mayor cantidad de Unidades Calor en cambio en la FS₃ el rendimiento fue mayor pero más del 50% de la producción fue de tercera calidad tomando en cuenta el peso del fruto pero acumuló una menor cantidad de Unidades Calor y el ciclo del cultivo se acortó ya que las plantas se aceleraron más, tanto en el desarrollo vegetativo como en la producción de fruto, esto se debe a que en las siembras de Primavera-Verano, probablemente debido a las altas temperaturas y al largo fotoperiodo, se acelera el crecimiento de las plantas y el rendimiento disminuye, o bien el producto es de mala calidad (Hernández, 2003).

CUADRO 12 Calidad de la producción en el cultivo de chile habanero bajo tres fechas de siembra UAAAN-UL 2015.

Fechas de Siembra	Rendimiento t ha ⁻¹	%	%	%	Unidades calor acumuladas
		Producción de primera calidad	Producción de Segunda calidad	Producción Tercera calidad	
FS1	46.59 b	8	50	42	1387
FS2	55.92 ab	0	58	42	1357
FS3	62 a	0	42	58	1325

V. Conclusiones

- a) La fecha de siembra no afectó la altura, diámetro de la planta, número de hojas y número de ramas.
- b) Número de frutos y rendimiento fueron afectados de forma favorable por las fechas de siembra más tardías.
- c) A medida que se acumula más unidades calor la calidad del rendimiento también aumenta.
- d) El mayor rendimiento se obtuvo bajo la fecha de siembra de 31 de enero y trasplante cuatro de mayo.
- e) La producción de Chile habanero bajo cielo abierto en la Comarca Lagunera es factible.

VI. Referencias

- Aceves, N. L. A., L. J. F. Juárez, L. D. J. Palma, L. R. López, H. B. Rivera, R. J. A. Rincón, C. R. Morales, A. R. Hernández y S. A. Martínez 2008. "Estudio para determinar zonas de alta potencialidad del cultivo del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en el estado de Tabasco." SAGARPA, INIFAP III: 24.
- Akinbile, O. C. y Y. M. Suffian 2011. "Growth, Yield and Water Use Pattern of Chilli Pepper under Different Irrigation Scheduling and Management." Asian Journal of Agricultural Research: 1-10.
- Amador, R. M. D., V. R. Velázquez, T. B. I. Sánchez y D. E. Acosta 2014. "Floración y fructificación de chile mirasol (*Capsicum annum* L.) con labranza reducida, labranza convencional o incorporación de avena al suelo *." Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 5: 1001-1013.
- Azofeita, A. y M. A. Moreira 2004. "Análisis de crecimiento del chile jalapeño (*Capsicum annum* L. cv. Hot), en alajuela, Costa Rica." Agronomía Costarricense 28: 57-67.
- Berti, D. M., E. R. Wilckens, H. F. Hevia y L. A. Montecinos 2003. "Influencia de la fecha de siembra y de la procedencia de la semilla en el rendimiento de capítulos de *Calendula officinalis* L., durante dos temporadas en Chillán." Agricultura Técnica 63: 3-9.
- Borges-Gómez, L., C. Moo-Kauil, J. Ruíz-Novelo, M. Osalde-Balam, C. González-Valencia, C. Yam-Chimal y F. Can-Puc 2014. "Suelos destinados a la producción de chile habanero en Yucatán: características físicas y químicas predominantes." Agrociencia 48: 348-356.
- Bosland, P. W. y S. Walker 2014. "Growing Chiles in New Mexico." NM STATE UNIVERSITY 1: 2-6.
- California., U. o. 1983. Degree-days: the calculation and use of heat units in pest management. Leaflet / Division of Agriculture and Natural Resources, University of California. Berkeley, Calif., Division of Agriculture and Natural Resources, University of California. 2137310
- Carballo-Bautista, M. A., F. Moguel-Salazar, L. Brito-Argáez, J. Cristóbal-Alejo y I. Islas-Flores 2010. "A brief morphological description of a small internal fruit grown in habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) main fruit." Revista Fitotecnia Mexicana 33: 281-285.
- Catalán, V. E. A., C. M. M. Villa, I. M. A. Inzunza, L. A. Román y B. J. L. González 2012. "Cálculo de demandas de agua y programación del riego de cultivos en Coahuila." AGROFAZ 12: 123-131.
- Catalán, V. E. A., C. M. Villa, I. M. A. Inzunza, L. A. Román, B. J. L. González y R. G. Delgado 2013. "IRRINET: Sistema en línea para el pronóstico del riego en tiempo real en Coahuila." AGROFAZ 13: 59-68.
- Cautin, R. y M. Augusti 2005. "Phenological growth stages of the cherimoya tree (*Annona cherimola* Mill.)." Scientia Horticulturae 105: 491-597.
- Coop, G. F. Y., C. A. I. Corona, R. R. Rodríguez y R. F. J. Herrera 2011. "Conservación de la calidad poscosecha en chile habanero (*Capsicum*

- chinense* Jacq.) mediante atmósferas modificadas." Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha 12: 80-86.
- Cruz, C. J. M., A. J. L. Medina y S. F. A. Larqué 2012. "Efecto de aspersiones del dimetilsulfúrico en la productividad del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.)." Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 4: 785-788.
- Chin, A. Y. 2012. "Impact of Different Fertilization Methods on the Soil, Yield and Growth Performance of Black Pepper (*Piper Nigrum* L.) " Malaysian Journal of Soil Science 16: 71-87.
- Flores-Magdaleno, H., H. Flores-Gallardo y W. Ojeda-Bustamante 2014. "Predicción fenológica del cultivo de papa mediante tiempo térmico." Revista Fitotecnia Mexicana 37: 149-157.
- Graillet, J. E. M., H. J. A. Hernández, G. L. C. Alvarado y A. A. Retureta 2014. "Evaluación de cuatro reguladores de crecimiento en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) en Acayucan, Veracruz. México." Biológico Agropecuario Tuxpan 2: 748-755.
- Grijalva, C. R. L., D. R. Macías, D. S. A. Grijalva y C. F. Robles 2011. "Evaluación del efecto de la fecha de siembra en la productividad y calidad de híbridos de pepino europeo bajo condiciones de invernadero en el Noroeste de Sonora." BIOTecnia XIII: 29-36.
- Hernández, D. J. 2003. "Crecimiento y Desarrollo del Cilantro *Coriandrum sativum* L. por Efecto del Fotoperiodo y la Temperatura y su Control con Fitoreguladores." Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. División de Estudios de Posgrado: 17.
- Inzunza-Ibarra, M. A., M. Villa-Castorena, E. A. Catalán-Valencia y A. Román-López 2010. "Extracción de nutrientes y producción de chile jalapeño bajo acolchado plástico y niveles de riego." Terra Latinoamericana 28: 211-218.
- Izco, J. 2004. "Botánica." Mc. Graw Hill - Interamericana. México: 508.
- Izunza, I. M. A., M. S. F. Mendoza, V. E. A. Catalán, C. M. M. Villa, C. I. Sánchez y L. A. Román 2007. "Productividad del chile jalapeño en condiciones de riego por goteo y acolchado plástico." Revista Fitotecnia Mexicana 30: 429-436.
- Jiménez, G. J. C. y G. J. A. Acosta 2013. "Efecto y correlación de fechas de siembra, fertilización y densidad en el rendimiento de frijol Pinto Saltillo de temporal en Chihuahua " Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 4: 115-127.
- López, P. G., A. F. Canto y N. B. Santana 2009. "El reto biotecnológico del chile habanero." Ciencia 60: 30-35.
- Lozano, L., A. Tálamo, A. L. Artinián y M. E. Núñez 2013. "Efecto de la época de siembra sobre el crecimiento y el rendimiento de okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) en el valle de Lerma, Salta." Horticultura Argentina 32: 15-21.
- Lugo-Jiménez, N., M. Carballo-Bautista, E. Sauri-Duch, A. Centurión-Yah y E. Tamayo-Canul 2010. "Efecto del sistema de cultivo sobre la calidad microbiológica del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) después de sus cosecha." Rev. Iber. Tecnología Postcosecha, Instituto Tecnológico de Mérida, División de Estudios de Posgrado e Investigación 11: 171-179.

- Macías-Rodríguez, H., J. A. Muñoz-Villalobos, M. A. Velásquez-Valle, M. d. C. Potisek-Talavera y M. Villa-Castorena 2013. "Chile Habanero: Descripción de su cultivo en la península de Yucatán." *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas XII*: 37-43.
- Martínez, C. J. y C. E. Moreno 2009. "Manual Técnico del manejo de chiles en campo abierto." SAGARPA, PRODUCE: 11-21.
- Montes, H. S., G. E. Heredia y G. J. A. Aguirre 2004. "Fenología del cultivo del chile (*Capsicum annuum* L.)." *Memorias de la Primera Convención Mundial del Chile 2004*. Consejo Nacional de Productores de Chiles. León, Guanajuato: 43-47.
- Murgio, M., F. Fuentes, L. Salines, D. Soldini y V. A. 2012. "Respuesta del rendimiento de cuatro cultivares de soja en diferentes fechas de siembra." *INTA*: 1.
- Neild, R. E. y M. W. Seeley 1977. "Applications of growing degree days in field corn production." *Agrometeorology of the maize crop*. Geneva, Switzerland. World Meteorology Org. 481: 426-436.
- Nieves, G. F., S. G. Alejo, E. G. Luna, F. C. Lemus, L. P. Juárez y P. E. Salcedo 2015. "Extracción y Requerimiento de Fósforo en Chile Habanero (*Capsicum Chinense* Jacq.) 'Big Brother' " *Interciencia* 40: 282-286.
- Noh-Medina, J., L. Borges-Gómez y M. Soria-Fregoso 2010. "Composición Nutricional de Biomasa y Tejidos Conductores en Chile Habanero (*Capsicum chinense* Jacq.)." *Tropical and subtropical Agroecosystems* 12: 219-228.
- Nuez, F., O. R. Gil y J. Costa 2003. "El cultivo de pimientos, Chiles y Ajíes." *Mundi Prensa*. España: 15.
- Parra-Coronado, A., G. Fischer y B. Chaves-Cordoba 2015. "Tiempo térmico para estados fenológicos reproductivos de la feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret). ." *Acta Biológica Colombiana* 20: 163-173.
- Pérez, R. J. A., C. J. A. Mejía, D. M. Zamora, H. S. Solano y L. A. Hernández 2015. "Evaluación de la fecha de siembra de diez genotipos de cebada maltera. Región Bajío." *Ciencia desde el Occidente* 2: 18-28.
- Quintal, O. W. C., A. Pérez-Gutiérrez, M. L. Latournerie, C. May-Lara, S. E. Ruiz y C. A. J. Martínez 2012. "Uso de agua, potencial hídrico y rendimiento de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.)." *Rev. Fitotecnica* 35: 155-160.
- Ramírez, J. G., B. W. Avilés y E. R. Dzib 2006. "Áreas con Potencial Productivo para Chile Habanero (*Capsicum chinense*, Jacq.) en el Estado de Yucatán. In: *Primera Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal*." INIFAP, COFUPRO, CICY, AMEAS. Mérida, Yucatán , México: 66.
- Ramírez, M. M., C. G. Arcos, V. H. Mata y G. E. Vázquez 2012. "Jaguar, variedad de chile habanero para México." SAGARPA, INIFAP, CIRN 1: 26.
- Rivetti, A. R. 2007. "Producción de maíz bajo diferentes regímenes de riego complementario en Río Cuarto, Córdoba, Argentina. II. Producción de materia seca." *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias XXXIX*: 29-39.
- Ruiz-Lau, N., L. F. Medina y E. M. Martínez 2011. "El Chile Habanero: su Origen y sus Usos." *Ciencia*: 77.

- SAGARPA y SIAP 2011. Estadística de las Actividades Primarias. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=05>
- Schwab, M. I. 2010. "Comportamiento agronómico de Colza según fechas de siembra." Universidad Católica Argentina, Facultad de Ciencias Agrarias, Argentina. 1: 17.
- SIAP-SAGARPA 2012. "Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación." México. Consultado el 27 de mayo de 2016 en: www.siap.sagarpa.
- Soria, F. M. F., S. J. M. Tun, R. J. A. Trejo y S. R. Terán 2002. "Paquete tecnológico para la producción de chile habanero (*Capsicum chinense*, Jacq)." Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2, Conkal, Yucatán 1: 7-72.
- Soto-Ortiz, R., J. C. Silvertooth y A. Galadima 2006. "Crop Phenology for Irrigated Chiles (*Capsicum annuum* L.) in Arizona and New México." College of Agriculture and Life Sciences. The University of Arizona. Consultado el día 26 de mayo de 2016 en: <http://ag.arizona.edu/pubs/crops/az1419/contents.html>
- Tadeo-Robledo, M., B. Zamudio-González, A. Espinoza-Calderón, A. Turrent-Fernández, A. L. Cárdenas-Marcelo, C. López-López, I. Arteaga-Escamilla y R. Valdivia-Bernal 2015. "Rendimiento de maíces nativos e híbridos en diferente fecha de siembra y sus unidades calor." Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 6: 33-43.
- Torres, R. E. 1995. "Agrometeorología." Editorial Trillas. México, D.F.: 68-80.
- Trujillo-Aguirre, y C. R. Pérez-Llanes 2004. "Chile Habanero *Capsicum chinense*. Diversidad Varietal." Centro de Investigación Regional del Sureste. Campo Uxmal. Mococho, Yucatán.
- Tun, D. J. C. (2001). Chile Habanero Características y Tecnología de Producción.
- Valadez, L. A. 1989. "Producción de hortalizas." Editorial LIMUSA Primera edición: 295.
- Vara, M. J. C. 2012. "Crecimiento y desarrollo del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) y chile comapeño (*Capsicum annuum* L.) en tres diferentes sustratos, bajo condiciones de agricultura protegida." Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias agrícolas 1: 18.
- Vázquez, G. E., A. E. E. Román y F. R. Ariza 2008. "Fenología y unidades calor de genotipos de papayo en el sur de tamaulipas, México." Revista Fitotecnia Mexicana 31: 45-48.
- Velázquez, J., A. Rosales, H. Rodríguez y R. Salas 2015. "Determinación de las etapas de inicio de macollamiento, inicio de primordio, floración y madurez en la planta de arroz, con el sistema S, V, y R correlacionado con la sumatoria térmica." Agronomía Costarricense 39: 121-129.
- Villa, C. M., V. E. A. Catalán, I. M. A. Inzunza, L. A. Román, R. H. Macías y R. D. Cabrera 2014. "Producción Hidropónica de Chile Habanero en Invernadero." INIFAP 34: 10-40.
- Zamudio-Moreno, E., I. Echevarría-Machado, M. F. Medina-Lara, G. Calva-Calva, Miranda-Ham. M. L. y M. Martínez-Estévez 2014. "Role of peroxidases in capsaicinoids degradation in habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.)

plants grown under water deficit conditions." *Australian Journal of Crop Science* 8: 448-454.

VII. Anexos

DEGREE-DAY		UTILITY		REPORT-April 05, 2016		
Method:	Double Sine		Lower Thereshold: 17° C			
	Horizontal Cutoff		Upper Thereshold: 29° C			
Temperature From the file:				First planting date	Second planting date	Third planting date
	Temperatures (C)		Degree-days	Accumulated		
DATE	Minimum	Maximum		Degree-days		
1	19	33	8.52	8.52		
2	21	35	8.36	16.89		
3	17	34	7.13	24.01		
4	16	26	3.73	27.74		
5	12	25	2.87	30.62		
6	12	29	4.47	35.08	4	
7	9	31	5.31	40.4	10	
8	14	35	7.26	47.65	17	
9	18	34	7.22	54.87	24	
10	15	35	7.82	62.69	32	
11	20	37	8.22	70.91	40	8
12	16	37	8.63	79.54	49	17
13	22	38	9.74	89.28	59	27
14	21	36	8.71	97.99	67	35
15	18	38	8.3	106.29	76	44
16	18	34	7.36	113.65	83	51
17	16	34	7.36	121.01	90	58
18	18	33	8.06	129.07	98	66
19	20	36	8.93	138.01	107	75
20	20	36	8.5	146.51	116	84
21	18	34	7.54	154.05	123	91
22	17	36	7.62	161.67	131	99
23	17	35	7.92	169.59	139	107
24	19	37	8.83	178.42	148	116
25	20	37	9.45	187.87	157	125
26	22	37	9.66	197.53	167	135
27	21	37	8.82	206.35	176	144
28	18	36	8.06	214.41	184	152

29	18	25	4.07	218.48	188	156
30	16	35	7.12	225.6	195	163
31	16	34	6.68	232.28	202	170
32	14	36	7.18	239.46	209	177
33	17	38	8.5	247.96	217	185
34	20	37	8.61	256.58	226	194
35	18	36	8.92	265.5	235	203
36	22	35	8.57	274.07	243	211
37	17	36	7.44	281.51	251	219
38	16	33	6.94	288.46	258	226
39	17	35	7.7	296.16	266	233
40	18	36	8.06	304.22	274	242
41	18	36	8.06	312.29	282	250
42	18	36	8.06	320.35	290	258
43	18	33	8.74	329.09	298	266
44	23	36	9.97	339.06	308	276
45	22	36	9.56	348.63	318	286
46	21	35	9.03	357.66	327	295
47	20	36	9.55	367.21	337	305
48	23	38	10.83	378.04	347	315
49	26	39	11.22	389.26	359	327
50	25	37	10.42	399.68	369	337
51	22	34	8.9	408.58	378	346
52	19	34	8.68	417.26	387	355
53	21	33	9.43	426.68	396	364
54	23	34	9.99	436.68	406	374
55	23	32	8.57	445.24	415	383
56	18	31	7.65	452.89	422	390
57	20	29	7.25	460.14	430	397
58	19	35	8.81	468.95	438	406
59	21	36	9.56	478.52	448	416
60	22	33	9.21	487.72	457	425
61	21	33	8.98	496.71	466	434
62	21	32	10.41	507.12	477	444
63	29	30	11.84	518.96	488	456
64	28	30	11.84	530.8	500	468
65	29	35	10.19	540.98	510	478
66	19	31	8.37	549.35	519	487
67	22	33	9.43	558.79	528	496

68	22	34	9.12	567.91	537	505
69	20	34	8.9	576.81	546	514
70	21	35	9.67	586.48	556	524
71	23	32	9.28	595.76	565	533
72	21	33	8.75	604.51	574	542
73	20	35	9.03	613.54	583	551
74	21	33	8.75	622.3	592	560
75	20	32	8.81	631.11	600	568
76	22	34	9.56	640.67	610	578
77	22	35	9.67	650.35	620	588
78	22	35	9.24	659.59	629	597
79	20	35	8.59	668.19	638	606
80	19	36	9.14	677.33	647	615
81	22	38	9.74	687.06	656	624
82	21	38	9.34	696.4	666	634
83	20	37	9.04	705.44	675	643
84	20	36	9.35	714.79	684	652
85	22	38	10.31	725.1	694	662
86	24	37	10.24	735.34	705	673
87	22	36	9.56	744.9	714	682
88	21	37	9.85	754.76	724	692
89	23	37	9.43	764.19	734	702
90	19	33	8.29	772.48	742	710
91	20	34	8.45	780.94	750	718
92	19	34	8	788.94	758	726
93	18	37	8.61	797.55	767	735
94	20	37	9.04	806.59	776	744
95	20	36	9.15	815.74	785	753
96	21	37	9.45	825.19	795	763
97	21	36	9.56	834.76	804	772
98	22	36	9.35	844.11	813	781
99	20	36	9.35	853.46	823	791
100	22	36	9.35	862.81	832	800
101	20	36	9.35	872.17	842	809
102	22	37	10.05	882.22	852	820
103	23	37	10.44	892.66	862	830
104	24	38	10.11	902.77	872	840
105	21	39	9.81	912.58	882	850
106	22	38	10.12	922.7	892	860

107	23	38	9.72	932.43	902	870
108	20	36	9.15	941.57	911	879
109	21	36	9.56	951.14	921	888
110	22	36	9.14	960.27	930	898
111	19	34	8.45	968.73	938	906
112	20	37	9.64	978.37	948	916
113	23	36	9.97	988.35	958	926
114	22	36	9.35	997.7	967	935
115	20	36	9.15	1006.8	976	944
116	21	37	9.66	1016.5	986	954
117	22	37	9.86	1026.4	996	964
118	22	36	9.14	1035.5	1005	973
119	19	36	9.53	1045	1014	982
120	24	37	10.63	1055.7	1025	993
121	24	36	10.17	1065.8	1035	1003
122	22	35	9.24	1075.1	1044	1012
123	20	36	8.93	1084	1053	1021
124	20	36	8.93	1092.9	1062	1030
125	20	35	7.97	1100.9	1070	1038
126	16	34	6.68	1107.6	1077	1045
127	14	35	7.03	1114.6	1084	1052
128	17	35	7.7	1122.3	1092	1060
129	18	37	8.82	1131.1	1101	1068
130	21	36	8.93	1140.1	1109	1077
131	19	36	8.28	1148.3	1118	1086
132	18	36	8.28	1156.6	1126	1094
133	19	37	8.62	1165.2	1135	1103
134	19	33	8.75	1174	1143	1111
135	22	37	9.86	1183.9	1153	1121
136	22	38	9.53	1193.4	1163	1131
137	20	38	9.72	1203.1	1172	1140
138	23	36	10.55	1213.7	1183	1151
139	25	36	9.93	1223.6	1193	1161
140	20	38	8.93	1232.5	1202	1170
141	19	37	9.24	1241.8	1211	1179
142	22	31	8.37	1250.1	1220	1187
143	19	33	7.83	1258	1227	1195
144	18	35	8.15	1266.1	1235	1203
145	19	36	8.5	1274.6	1244	1212

146	19	35	8.59	1283.2	1253	1221
147	20	37	9.04	1292.3	1262	1230
148	20	35	9.03	1301.3	1271	1239
149	21	35	9.25	1310.5	1280	1248
150	21	35	9.87	1320.4	1290	1258
151	24	34	9.54	1329.9	1299	1267
152	20	34	8.68	1338.6	1308	1276
153	20	33	8.06	1346.7	1316	1284
154	18	31	6.73	1353.4	1323	1291
155	16	37	7.15	1360.6	1330	1298
156	14	32	6.12	1366.7	1336	1304
157	15	34	6.66	1373.3	1343	1311
158	15	34	6.98	1380.3	1350	1318
159	17	32	6.92	1387.3	1357	1325