

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



ESTUDIOS ECOFISIOLÓGICOS, MÉTODOS DE PROPAGACIÓN Y
PRODUCTIVIDAD DEL "CHILE PIQUIN" (*Capsicum annuum* L. var.
aviculare Dierb.) D. & E.

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD
EN BOTÁNICA**

PRESENTA

JOSE GUADALUPE ALMANZA ENRIQUEZ

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.

DICIEMBRE DE 1998.

TM
Z5320
FCB
1998
A4



1020124847

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



ESTUDIOS ECOFISIOLÓGICOS, MÉTODOS DE PROPAGACIÓN Y
PRODUCTIVIDAD DEL "CHILE PIQUIN" (*Capsicum annuum* L. var.
aviculare Dierb.) D. & E.

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN BOTÁNICA

PRESENTA

JOSE GUADALUPE ALMANZA ENRIQUEZ

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.

DICIEMBRE DE 1998.

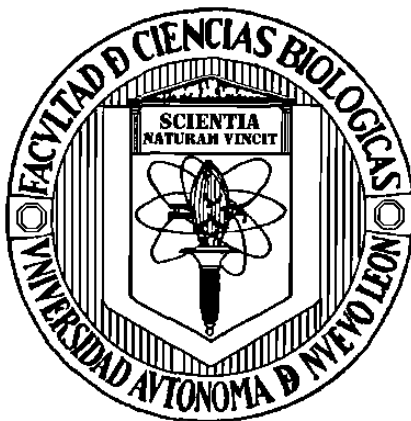
TM
25320
FCB
1998
A4

0131-25360



FONDO
TESIS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



ESTUDIOS ECOFISIOLÓGICOS, MÉTODOS DE PROPAGACIÓN Y
PRODUCTIVIDAD DEL "CHILE PIQUIN" (*Capsicum annuum* L. var.
aviculare Dierb.) D. & E.

TESIS
QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN BOTÁNICA

PRESENTA
JOSE GUADALUPE ALMANZA ENRIQUEZ

COMISION DE TESIS:

PRESIDENTE
(DIRECTOR)



DR. RATIKANTA MAITI

SECRETARIO



DR. SALOMÓN JAVIER MARTÍNEZ LOZANO

PRIMER VOCAL



M.C. ROBERTO MERCADO HERNÁNDEZ

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.

DICIEMBRE DE 1998.

DEDICATORIA

A mis hijos, que les he robado parte de su tiempo y por quienes me he estado superando

Karla

Pamela

Ivan

Especialmente para EMpezar una

ILusión

Inicio

Orando

A mi esposa Martha con gran cariño y amor

que sin su apoyo no lograría esta meta.

A mis padres que de esta forma contribuyo a sus

deseos e ilusiones y pagar parte de sus desvelos

AGRADECIMIENTOS

Mediante estas líneas quiero dejar constancia de mi mas sincero agradecimiento por el apoyo brindado durante el desarrollo de esta investigación, así como de los consejos y observaciones que ayudaron a mantener el ánimo para culminar esta investigación. A continuación menciono algunas de estas personas disculpandome si tengo alguna omisión a la hora de redactar, pero que no es necesario que aparezcan aquí, los tengo presentes:

Ph. Dr. Ratikanta Maiti por ser quien me a guiado profesional y espiritualmente, también quien me ha levantado cuando e decaído y a quien considero un padre en el desarrollo profesional y científico.

Ph. Dr. José Luis Gutiérrez Lobatos a quien le estoy agradecido por sus consejos, observaciones y animarme con su ejemplo de superación.

M.C. Roberto Mercado Hernández apoyo fundamental en el área de estadística que con sus observaciones salí adelante.

M.C: Ma. Luisa Cárdenas Avila

M.C. Ma. Concepción Valadéz Cerda

M.C. Gloria Terán

Ph. Dr. Sergio Moreno Limón

Sr Guillermo Pérez Rodríguez

Sr. Antonio de Luna Solís

Biol. Alberto Martínez Mejía

Biol. Guadalupe Baldomero Salinas Gámez

Biol. Ernesto Ballesteros Saénz

Ph. Dr. Salomón J. Martínez Lozano

Sr. Eulogio

Compañeros y amigos que me han apoyado con sus regaños, consejos, observaciones y sobre todo la confianza en poder lograr esta meta, muy especialmente a Teresa Karina.

INDICE

| | |
|--------------------------------|-----|
| RESUMEN ----- | 1. |
| INTRODUCCION ----- | 3. |
| ANTECEDENTES ----- | 4. |
| MATERIALES Y METODOS ----- | 24. |
| RESULTADOS ----- | 34. |
| CONDICIONES ECOLOGICAS ----- | 34. |
| FISIOLOGIA ----- | 35. |
| BIOQUIMICA ----- | 39. |
| PROCESO DE DOMESTICACION ----- | 41. |
| ALTERNATIVAS ----- | 56. |
| DISCUSION ----- | 58. |
| CONCLUSIONES ----- | 72. |
| LITERATURA CITADA ----- | 74. |

RESUMEN

En base a la importancia del chile piquín como fuente de alimento y valor medicinal se desarrollaron diferentes investigaciones sobre aspectos fisiológicos y métodos de propagación y productividad en invernadero y campo. Se manifestó una gran variabilidad de acuerdo a los análisis de varianza en la producción de yemas florales, flores y frutos. Durante los meses de Septiembre y Octubre se presentó la mas alta productividad, variando entre las localidades y disminuyendo con el descenso de la temperatura estacional. El análisis de varianza mostró diferencias significativas en los parámetros agronómicos (diám. Basal, número de ramas primarias, etc.). La distribución en campo es muy irregular por lo que se dificulta cuantificar la población. La técnica que ofrece mejores resultados en el rompimiento de letargo fue la termoregulación con 4°C durante 7 días sembrados en caja petri conteniendo arena de río en presencia de luz la cual estimuló la germinación hasta un 60% el que aumentó con la aplicación de extracto de sierre de vaca. El letargo de la semilla esta asociado con el grosor de la testa, pared celular y la presencia de lípidos. La respuesta en la asimilación de CO₂ en plantas provenientes de fotoperíodos de 14 y 16 horas, demostró una disminución en la tasa fotosintética al medio día, cuando la radicación solar es alta y un incremento durante los períodos de menor insolación (por la mañana y por la tarde) con dos puntos máximos; la tasa fotosintética más eficiente fue el de 14 horas, donde se observó mayor crecimiento y productividad. En el laboratorio, plántras bajo estrés de humedad mostraron mayor crecimiento que en

saturación de humedad. El cultivo en invernadero presentó un cambio en los patrones de desarrollo y fenológicos, mostrando su posible adaptación y domesticación. El análisis bromatológico indica valores mas altos para proteínas y cenizas en comparación con los cultivados. Recomendamos incorporar esta especie a los ciclos agrícolas para contribuir a sumejor explotación y estudio de mejoramiento.

INTRODUCCION

El chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *aviculare* Dierb.) D.& E. crece bajo condiciones naturales en las regiones semiáridas de Nuevo León. Debido a su utilización, como condimento y en la medicina popular, constituye una importante fuente de ingresos (Díaz, 1977; Lust 1974). Poca información esta disponible acerca de la propagación de esta especie silvestre (Saldaña 1985; Vergara 1982). La ausencia de estomas y cera epicuticular sobre la superficie abaxial de la hoja, así como la presencia de pequeños estomas abiertos, glándulas y cristales sobre la superficie adaxial de la hoja podrían relacionarse con su adaptación a las condiciones de semiaridés (Almanza, 1993). En un estudio reciente (Maiti *et. al.* 1996) se desarrolló una técnica para inducir la germinación de semillas de chile piquín la cual deberá ser confirmada con estudios posteriores.

Se ha reportado que bajo condiciones naturales la planta de chile piquín se desarrolla favorablemente (Almanza, 1993). Por lo que es necesario realizar estudios intensivos sobre fisiología de la planta, mecanismos de adaptación y las respuestas a las diferentes condiciones ambientales en regiones de semiaridés, antes de recomendar esta especie nativa como un cultivo agrícola potencial. Finalmente, realizar un estudio de su propagación, fases de domesticación y crecimiento en diferentes localidades.

ANTECEDENTES

USOS ALIMENTICIOS

El fruto de esta planta es usado como condimento en la cocina regional, ya sea como ingrediente principal y/o parte del platillo, ejemplo de esto es una salmuera hecha con frutos y vinagre (Thomas J.,1997).

CONDICIONES AMBIENTALES

El chile requiere ciertas condiciones para su desarrollo tales como temperatura, sol, humedad y suelo rico en humus (mantillo) (Wolf, 1977). La temperatura diaria para su crecimiento y fructificación esta entre los 18-30 °C y con un rango nocturno de 15-21 °C. El mínimo para su germinación y crecimiento de la plántula es de 15 °C, la planta no se desarrolla bien a temperaturas menores de 15 °C y muere con un ligero hielo (Carter, 1994). La semilla de chile es sensible a temperaturas menores de 15 °C, la habilidad de la germinación de las semillas a bajas temperaturas varia con la variedad en chiles cultivados.(Carter, 1994). El suelo debe ser una mezcla de arena-arcilla (loam) con buen drenaje con un pH entre 7.0-8.5 (Dickerson,1995).

DESARROLLO

La luz juega un papel muy importante en el crecimiento y productividad de la planta por lo cual, cuando crecen bajo un dosel, donde la luz que se

recibe es básicamente del rojo lejano, el pigmento P_{fr} es eliminado de las hojas, provocando que los tallos se alarguen de manera considerable, retardando el rameado de éstos, acción llevada a cabo de manera simultánea en muchas especies que se encuentran bajo un dosel, por lo que las plantas utilizan mayor energía para llevar el ápice del tallo a la altura del dosel, que cuando no están bajo la sombra. En cultivos agrícolas plantados en hileras y debido a este efecto, las plantas ubicadas en las hileras externas con frecuencia son más bajas y están más ramificadas que las que están en el interior. A menudo puede observarse un efecto similar en plantas cultivadas en invernadero (Salisbury y Ross, 1994), esta respuesta se debe a que la luz roja (fitocromo) y azul (criptocromo) inhiben la elongación del tallo. Las plantas que no se alargan en respuesta al incremento en la radiación del rojo lejano (con respecto al rojo) son las que normalmente crecen a la sombra de otra, pareciendo ser que están adaptadas a un ambiente en el que no pueden elevar sus hojas, alargando el tallo por sobre el dosel (Morgan, 1981). Estudios recientes demuestran que las plantas responden a la presencia de plantas adyacentes, reflejando señales del rojo lejano, aun antes de que una arroje sombra sobre la otra (Ballaré *et al.*, 1987, 1990; Casal y Smith, 1989; Smith *et al.*, 1990).

FISIOLOGIA

Fotosíntesis: se a realizado una serie de investigaciones con el objetivo de determinar la tasa de fotosíntesis. Esta se compone principalmente por tres procesos los cuales son afectados por diferentes factores, estos son: a) fotoquímico, el cual es afectado por las altas intensidades de luz; b)

bioquímico, afectado por la temperatura y concentración de CO_2 y c) difusión, afectada principalmente por las concentraciones de CO_2 (Gaastra, 1962). La fotosíntesis es controlada por un gran número de factores que han sido clasificados por Heath (1970), en factores ambientales y factores de la planta. Se ha encontrado que un gran número de plantas tienen la capacidad de fotosintetizar bien bajo un rango de temperaturas durante el día, así aclimatan su fotosíntesis a largos períodos de cambios de temperatura estacionales (Berry y Bjorkman, 1980). Cooper, 1975 utilizando dos especies de malas hierbas, un pasto tropical C_4 y una leguminosa C_3 observó que la primera llega a saturación de luz a muy altas radiaciones, mientras que en las segundas esto ocurre relativamente a bajas radiaciones, altas temperaturas y bajo potencial de agua. Adedeji (1984) menciona que de todos los factores que afectan la fotosíntesis, usualmente uno limita y otro expresa.

Transpiración: Se ha reportado que la resistencia del estoma generalmente se incrementa a bajos niveles de iluminación sobre cierto nivel crítico de luz, lo cual sugiere que la tasa de transpiración podría ser controlada por el estoma solo bajo un nivel crítico de luz recibida (Turner, 1969). Al disminuir la transpiración también puede reducirse la producción de materia seca.

Estrés de humedad: La importancia del agua en las plantas puede apreciarse mejor si consideramos sus principales funciones (Kramer, 1983). El agua constituye del ochenta al 90 % del peso fresco de la mayoría de las plantas herbáceas, es además un elemento esencial en el protoplasma ya que las moléculas de agua actúan como medio en el cual se llevan a cabo las reacciones metabólicas que permiten a la planta vivir (Bidwell, 1979; Rojas, 1979). La sequía es comúnmente considerada una deficiencia del agua disponible, la cual produce déficit interno de agua en las plantas suficiente

para reducir el crecimiento. Sin embargo se debe considerar que, aunque el daño por sequía resultan en un principio del déficit de humedad del suelo, los efectos de este se pueden agravar por factores ambientales tales como: alta temperatura, baja humedad relativa y viento los cuales incrementan la transpiración y con ello el desarrollo del déficit hídrico interno (Kramer, 1979; Rojas, 1994).

En relación al desarrollo de la planta sometida a estrés hídrico, algunos autores mencionan que no existe efecto sobre la germinación de la semilla sin embargo otros mencionan lo contrario (López, 1994). El efecto mas significativo se manifiesta en estadios superiores provocando flacidez y clorosis (Noggle y Fritz, 1979, citado por López, 1994; Maiti, 1986). En forma resumida, el efecto del estrés hídrico sobre el metabolismo es el siguiente:

- a) Disminución de la actividad fotosintética debido a una baja concentración de CO₂.
- b) Aumento del nivel de respiración por encima del promedio, aunque en el estadio de semilla, éste baja.
- c) Disminuye la síntesis de las proteínas (Begg y Turner, 1976 citados por López, 1994; Kramer, 1979; Paleg y Aspinall, 1981; Rojas, 1979). En resumen y considerando que la mitad del territorio de México es árido o semiárido es de vital importancia aprovechar el uso del agua determinando los niveles adecuados de humedad de cada cultivo (Rzedowski, 1983; Vázquez, 1971).

BIOQUIMICA

Los componentes bioquímicos de una planta pueden estar relacionadas con los mecanismos de adaptación a las condiciones semiáridas así como la variación en el rasgo morfológico, anatómico y bioquímico puede traer un impacto directo en los mecanismos de resistencia de plantas. El contenido de clorofila y proteína soluble disminuye con la edad, pero valores altos fueron detectados en hojas de plantas (cultivadas) desarrolladas a bajas temperaturas en comparación con plantas desarrolladas a temperaturas óptimas, la diferencia en el contenido de proteína puede ser explicado por la diferencia en el contenido de Rubisco de la hoja (Mercado *et al.*, 1997). Existen cuatro métodos utilizados en la evaluación de un producto que desea emplearse como alimento los cuales son: físicos, químicos, biológicos y microbiológicos. Los análisis que nos proporcionan un panorama de su composición química son los químicos, estos se han venido desarrollando desde hace 100 años, consistiendo en la separación de sus componentes en grupos como contenido de agua, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda, ceniza y extracto libre de nitrógeno. Todos los alimentos contienen agua que va del 10-95 %, Los elementos minerales constituyentes en los vegetales son determinados en el contenido de cenizas. Las grasas, ceras, esteroides, pigmentos carotenoides y fitoesteroides, etc., son obtenidos mediante la determinación del extracto etéreo. La mayoría de los vegetales presentan una fracción de polisacáridos llamada "fibra cruda", constituida principalmente por celulosa, hemicelulosa, pectinas y gomas. El chile considerado como un elemento del grupo de los alimentos-condimentos, aportan carotenos, tiamina, vitamina C y hierro. Los chiles picantes aportan más o menos 20 mg de vitamina C y los menos picantes hasta 229 mg por cada 100 gr. de chile. El chile del monte contiene un 17% de

glúcidos, otros chiles contienen de un 3-10 % de glúcidos, la porción de proteína que aporta los chiles es de 1-17%, así como un 3-45% de carbohidratos, y un 17-28% de fibra cruda (celulosa) (Delgado, 1981; Vives, 1973; Woot-Tsuen, 1975; Braverman, 1980; Alanís y García, 1998).

FLORACION

El desarrollo de la flor consiste en varios pasos, el primer paso es la transición del desarrollo vegetativo a reproductivo, regulado por la inducción floral. Los pasos posteriores incluyen la iniciación de flores individuales, la determinación de la identidad de los órganos y la diferenciación específica de los órganos (Detlef, 1995). La floración parece ser controlada por múltiples caminos, influenciados por el ambiente en que las plantas crecen, también como el estado de desarrollo (Amasino, 1996). La flor consiste en algunos sistemas de órganos que son responsables para la reproducción en las plantas superiores. Dentro de la célula, los órganos florales específicos se diferencian en esporas y gametos requeridos por la planta para completar su ciclo celular (Drews, 1989). Wu-HeMing, *et al.*, 1996 reportan el desarrollo del embrión y la fertilización en la cruce entre *C. frutescens* L.var. *conoidees* y *C. chinense* L.mencionando que la germinación del polen en el estigma ocurre aproximadamente de 2-6 horas después de la polinización y que el tubo polínico pasa al estilo aproximadamente de 8-12 horas después de la polinización, pero aproximadamente dentro de las 52-72 horas después de la polinización los núcleos del esperma entran al óvulo. El desarrollo del embrión maduro después de la polinización tarda 32 días, antes de la fertilización los núcleos polares fueron observados cerca del ovario, los

núcleos secundarios se dividen inmediatamente después de la fertilización (Rani-K, *et al.*, 1996) En su desarrollo, las plantas necesitan controlar los patrones del tamaño, forma y división celular, la diferenciación y posición de los tipos de célula y la posición y número de órganos. El desarrollo de flores y frutos en varias especies de plantas son sensibles a temperaturas altas, bajas y congelantes. En plantas de tomate y chile expuestas a bajas temperaturas, la producción de flores muestra una alteración en el número, morfología y patrón de unión de los órganos florales, en consecuencia un bajo valor económico de estos frutos anormales producidos por estas flores (Polowick & Sawhney, 1985; Lynch, 1990; Shuff & Thomas, 1993; Sawhney, 1983; Barten *et al* 1992).

GERMINACION

La germinación se define como la emergencia y desarrollo de estructuras esenciales a partir del embrión, y que son indicativas de la capacidad de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones favorables (Kozlowski, 1972). De acuerdo con Hartman y Kester (1987), son necesarias tres condiciones; la semilla debe ser viable, no deben existir barreras físicas, químicas o fisiológicas y deben estar expuestas a las condiciones ambientales apropiadas como disponibilidad de agua, temperatura adecuada y provisión de oxígeno y luz. (Sánchez, 1994; Cardoso, 1991; Barros, 1993; Sadowska, 1991; Menengues, 1992) La germinación, emergencia y establecimiento de la plántula son vitales para el desarrollo de la planta, muchos cambios morfogénicos tienen lugar después del establecimiento de la plántula, involucrando una serie compleja de procesos transitorios

estructurales y metabólicos en posibles situaciones bajo condiciones ambientales adversas, los cuales están interrelacionados, conociendo estos ayudan a entender las condiciones de cada estado de desarrollo de las plantas (Maiti, 1993). El estado de transición de la germinación de la semilla al establecimiento de la planta en el suelo es la más profunda fase del ciclo de vida de la planta, una estrecha coordinación de la función de absorción de nutrientes de la raíz y la fotosíntesis por el tallo sus procesos vitales que involucra la relación del agua, nutrición y cambios morfológicos durante el establecimiento. Perl y Feder (1981) obtuvieron un mayor peso de plántulas y emergencia de raíz en semillas imbibidas en agua a temperaturas de 20 y 35°C. Merino, Hernández y López (1991) trabajaron con chile manzano (*Capsicum pubescens* R&P) y concluyen que los niveles de temperatura de 25-35°C son los mejores para la germinación y su óptimo es a los $\pm 20^{\circ}\text{C}$. Además de que los pretratamientos con agua caliente (45, 60 y 75°C) son dañinos para la germinación de esta especie.

Las semillas de las especies que responden a la luz no están domesticadas y son ricas en grasas, pero son tan pequeñas que sus plántulas a veces no alcanzan la luz en la superficie del suelo antes de que se agoten sus reservas alimenticias (Salisbury y Ross, 1994). La cantidad de clorofila que cubre al embrión cuando madura la semilla es de especial importancia en la determinación de si las semillas de una especie serán o no fotolantes (necesidad de luz para germinar). Los embriones cubiertos durante la maduración por tejidos maternos que contienen cantidades elevadas de clorofila requieren de luz para germinar, mientras que las que están cubiertas por tejidos maternos con poca o sin clorofila no la necesitan (Cresswell y Grime 1981). La interpretación de esto es que la clorofila absorbe las

longitudes de onda del rojo e impide la formación de P_{fr} en los embriones en maduración, por lo que las semillas maduras (sin clorofila) necesitaran longitudes de onda del rojo para promover la germinación (Salisbury y Ross, 1994). Las semillas enterradas cuya germinación es promovida por la luz, germina cuando están parcialmente descubiertas, esto asegura que las plantúlas serán capaces de fotosintetizar, crecer y perpetuar la especie. En cambio para semillas cuya germinación es inhibida por la luz, ésta se impide hasta que estén bien cubiertas por el humus. Otra explicación es que el fitocromo proporciona una señal que indica si están cubiertas por un dosel de otras plantas o si hay una área despejada. Las hojas de un dosel transmiten más luz rojo lejano que luz roja y la mayor parte de las longitudes de onda azul, rojo y verde son captadas a través de la fotosíntesis y reflectancia, pero la mayor parte de la luz rojo lejano llega hasta las semillas que están en el suelo y convierten su P_{fr} activo en P_r inactivo, de esta forma casi siempre inhiben la germinación de las semillas que requieren luz, señalando que la longitud de onda más adecuada para su promoción es de 650 nm (luz roja) (MacDonald, 1992; Rudnicki, 1991; Bell, 1993; Salisbury y Ross, 1994). Dentro de las estructuras de la semilla, el área comprendida entre el hipocotilo y radícula es la región sensible a la luz (Bewley y Black, 1982). En un estudio con 142 especies de plantas superiores y herbáceas anuales de regiones templadas (no cultivadas), en 107 la germinación fué promovida por la luz, en 32 no hubo respuesta y 3 se inhibieron ante la luz (Baskin y Baskin 1988).

Las especies que presentan una germinación epígea se encuentran en desventaja ya que pueden ser asfixiadas fácilmente por una cubierta de mantillo y las reservas alimenticias en el endosperma se agotan rápidamente durante la germinación, de tal forma que no se establecen muchas semillas.

Las especies hipógeas, por otro lado, tienen un mayor éxito para germinar bajo una cubierta de mantillo. La mayor parte de las especies epígeas producen semillas que son diseminadas por el viento y pueden soportar períodos de sequía antes de su germinación. Sin embargo en ambos tipos de emergencia se requiere una estratificación húmeda y una humedad adecuada durante esta para lograr una germinación exitosa. (Harold, 1984).

La promoción de la germinación de estas semillas reviste una gran dificultad por la presencia de latencia, por lo cual se han desarrollado técnicas con fitohormonas en concentraciones de 100 a 5000 ppm, obteniendo porcentajes del 36-86%, así como escarificaciones químicas con porcentajes de 10-56.4 % de germinación, obteniéndose de estas técnicas plántulas con malformaciones, bajo vigor y muerte en los primeros días (Vergara, 1982; García, 1983; Saldaña, 1985; Ramírez, 1989; Amen, 1968).

En los cultivares de chile dulce la mejor etapa para cosechar los frutos es durante su pigmentación amarilla o roja, en la que se obtiene una mayor producción de semillas viables por planta y un número y peso alto de semillas por fruto. Así mismo la maduración postcosecha por un mes afecta la viabilidad de la semilla en frutos cosechados verdes y pintos (rojos o amarillos), aumentando el porcentaje de germinación comparado con la semilla extraída después de su cosecha. Son necesarios mínimamente 20 días de almacenaje posterior a la cosecha a 20°C, prolongando este a 30 días se incrementa el porcentaje de germinación, siempre que se cosechen en estado verde y pintos (Quagliotti, 1977; Quagliotti *et. al.*, 1982). Semillas de fruto cosechados en estado pinto y rojo presentan porcentajes del 93 al 96 % de semillas aprovechables en tres etapas de maduración (verde, pinto y rojo) sin embargo la semilla de frutos pintos extraída a los 10 y veinte días después de

la cosecha dio porcentajes de germinación de 94 a 92 % respectivamente. Así como la semilla de frutos cosechados en rojo y extraídas al día siguiente tuvo el mayor porcentaje de emergencia, comparado con la que presentó a los 20 días después de la cosecha en frutos pintos.

Algunos reportes indican que los puntos máximos en la vida de la semilla como; peso seco, germinación, vigor, potencial de almacenamiento los alcanzan al llegar a la madurez fisiológica, pero el contenido de humedad es aún muy alto para cosecharse mecánicamente, así como la reducción en la germinación de la semilla de frutos rojos extraídos a los 20 días de cosecha se debe al deterioro de la semilla, (Copeland y McDonald 1985; Baskin, 1987; Acosta, Bustamante y Esparza 1994).

Otros autores coinciden en que el mayor porcentaje de germinación entre 97-98 % se obtienen con semillas de frutos cosechados a los 50-55 días después de la floración, coincidiendo con la pigmentación roja del fruto, ejemplo es en chile tabasco con una germinación del 81 % en semillas extraídas de frutos cosechados en estado rojo (Lysenko y Butkevich, 1981; Motovani *et al.*, 1981; Edwards y Sunstrom, 1987 y Dharmatti y Kulkarni, 1989).

Semillas pequeñas, con un pobre mecanismo de dispersión (indehiscencia), apariencia arenosa o papilosa de la superficie, mayor engrosamiento de testa y bajo porcentaje de germinación son las características primitivas de las especies silvestres de diferentes cultivos, como; cereales *Triticum* (Murray, 1984); legumbres (*Vigna* sp.) (Lush y Evans, 1981); *Cicer arietinum* (Marbach y Mayer, 1975); *Heliantus* (Heiser, 1976). Durante el proceso de domesticación la superficie de la semilla aparece lisa con testa

delgada, con un eficiente mecanismo de dispersión, un aumento en el tamaño de la semilla, aumento en su permeabilidad y rápida germinación.

INHIBIDORES EN SEMILLAS DE CHILE PIQUIN

Uno de los aspectos de mayor importancia en esta planta es su propagación, siendo una planta silvestre (Almanza, 1993) presenta características que la hacen sobrevivir y competir con las demás plantas, una de estas características es el estado de letargo de sus semillas, que le permite germinar hasta que las condiciones sean propicias. Siendo una planta en la que el fruto es de tipo erecto, se desprende al madurar, de color rojo-naranja a rojo (García, 1983), que le permite ser consumido por algunas aves y de esta forma las semillas son propagadas, de otra forma cuando el fruto llega a caer es necesario que se rompa el exocarpio del fruto o ser consumido por algún insecto u otro animal, dejando las semillas al contacto con el medio ambiente. Una de las interrogantes de la presencia del letargo en la semilla es si presenta algún tipo de inhibidor que no permite su germinación (Salisbury y Ross 1985), algunos trabajos anteriores se han encausado a la utilización de fitohormonas y tratamientos de escarificación (Saldaña, 1985 y Ramírez 1989), sin llevar a cabo una prueba que permita detectar su presencia. En algunos casos, las especies presentan un embrión en estado de latencia, esto se debe a que se encuentran presentes en las cubiertas internas de las semillas o el endospermo inhibidores del crecimiento que evitan la germinación, algunas evidencias se han encontrado en la germinación de las semillas de algunas plantas (encino y abedul) es retrasada o detenida por la presencia de un inhibidor químico, presente en los cotiledones o en la cubierta de las semillas

(Harold, 1984). La germinación de las semillas del fresno es retrasada por los inhibidores localizados en el embrión (Kozlowski, 1971). La inhibición en el último caso pudiera ser por la presencia del ácido absísico (ABA), una hormona que también se encuentra asociada con la senescencia y caída de la hoja.

DOMESTICACION

Antiguamente el hombre recolectaba su alimento directamente del campo, al encontrar lugares que le permitieron establecerse, cuevas principalmente, encontró un centro de partida para recolectar su alimento, desarrollo su intelecto en un principio en la fabricación de utensilios de caza. La mujer ocupaba un papel importante, como recolectora de frutos o granos del campo para sus alimentos; ellas mediante la observación, iniciaron la selección deliberada de algunas plantas tomando características como olor, sabor, color, forma, tamaño, etc., para posteriormente provocar su cultivo, principio de la agricultura. Probablemente las primeras plantas que se cultivaron fueron malezas (Zarate,1994).

Son consideradas tres etapas que ocurren en la domesticación de las plantas, a) selección y recolección de material silvestre; b) inicio de la agricultura, en la que el hombre recoge semillas silvestres, manteniéndolas por propagación vegetativa o sexual; c) una agricultura avanzada, en donde se desarrollan nuevas formas o tipos de plantas de mayor rendimiento y calidad.

Algunas características de las plantas silvestres son:

- a) presentan una variabilidad menor que en plantas cultivadas.
- b) el rendimiento menor que en plantas cultivadas.

c) la separación inmediata de los frutos y/o semillas en la madurez, para que en el suelo se lleve a cabo la germinación inmediatamente o se mantengan en letargo hasta que las condiciones ambientales sean favorables.

d) presentan una gran cantidad de estructuras y medios para su propagación.

e) presencia de principios tóxicos o amargos que en su condición silvestre los utilizan como defensa.

f) la polinización es llevada a cabo por algún medio, como insectos o animales (Kadish, 1994).

Debemos considerar que la domesticación de las plantas es un proceso continuo, pues se han seguido introduciendo nuevas plantas al cultivo agrícola. Durante la domesticación, la selección humana reemplaza a la selección natural, aun en su mas grande o mínima expresión y conduce a una proliferación y permutación de variaciones que no son paralelas en plantas silvestres. La domesticación también permite la supervivencia de mutantes letales, como la conversión de órganos sexuales a pétalos en flores dobles. El reconocimiento de una posible nueva variedad en domesticación se lleva a cabo evaluándose su comportamiento fenológico y fenométrico, relacionando la agricultura tradicional con factores ambientales, económicos y culturales (Basurto *et al.*, 1994). Considerando que las razas silvestres poseen un número de características fisiológicas que las hacen inadecuadas para una cosecha mecanizada, se resuelve llevando acabo programa de investigación agronómica y cultivo de plantas, que den como resultado técnicas y variedades que permitan una producción segura de semillas de alta calidad para usos nutricionales y farmacéuticos (Lapinskas, 1994) . McLaughlin (1994) reporta que la Universidad de Arizona, la USDA y algunas compañías papeleras llevan a cabo esfuerzos para desarrollar a dos especies del género *Hesperaloe*

s.p. (Agavaceae) como un nuevo cultivo. En base a estudios fisiológicos y agronómicos demostraron que las especies de *Hesperaloe* s.p. son plantas perennes CAM con un potencial para una alta producción de biomasa y eficiente uso del agua. No hay un límite estrecho entre chiles silvestres y domesticados, sin embargo, la domesticación es acompañada por cambios morfológicos que son individualmente claros. Los frutos de chile silvestre están adaptados para la dispersión por pájaros, son pequeños, rojos brillantes, extremadamente picosos, pedúnculos erectos sobre el follaje y se separan fácilmente del pedúnculo al madurar (Laborde y Pozos 1982). Los frutos de un típico chile domesticado son más grandes que los silvestres, rojos u otros colores, picante o no, oculto o entre el follaje, sostenido en una posición pendiente y firmemente adheridos al pedúnculo al madurar. Diferentes grupos de chiles muestran diferentes permutaciones y combinaciones de este rasgo. Siguiendo la domesticación, un estricto orden, variantes morfológicas se desarrollan dentro de cada domesticado como resultado de la selección humana (Pickersgill *et al.*, 1979). En la domesticación de *Capsicum annum* L. ésta, parece ser el resultado de las diferencias en el uso de esta planta por el hombre.

MICORRIZAS

Las raíces jóvenes de la mayoría de las especies silvestres (97%) son diferentes debido a que hongos presentes en los suelos nativos las infectan y forman micorrizas (raíz micorrizal), es una asociación simbiótica y mutualista entre un hongo no patógeno o poco patógeno y células vivas de la raíz. De esta forma reciben nutrientes orgánicos de la planta a la vez que mejoran la

absorción de agua y minerales por la raíz. Se conocen dos grandes grupos de micorrizas: ectomicorrizas y endomicorrizas (Salisbury & Ross, 1994; Bethlenfalvai, 1992). Frecuentemente las raíces en la parte superior del suelo donde la materia orgánica es abundante, presentan micorrizas, mientras que aquellas que se encuentran en la parte rocosa (mineral) del suelo no. Probablemente más de la mitad de las plantas vasculares usualmente tienen micorrizas bajo condiciones naturales (Cronquist, 1975). En algunas plantas, el hongo penetra en la mayor parte del hospedero y la presencia del hongo en la cubierta de la semilla es necesaria para la germinación bajo condición naturales, ejemplo son las orquídeas. Las micorrizas evidentemente se originan por un cambio de una simple relación hospedero-parásito, en donde el hongo compensa el alimento que utiliza proveyendo un suplemento mayor de agua y elementos necesarios (Sporr & Barnes, 1982). Algunos trabajos han puesto de manifiesto la importancia de esta asociación en plantas de interés como González-Ferrera (1994) que estudió el efecto de la inoculación de cinco hongos endomicorrizicos vesículos arbusculares (HMVA) en *Anthurium andreanum* L. los cuales incrementaron el número de hojas, área foliar, peso seco (parte aérea) y volumen de la raíz. También hacen una discusión del potencial de uso que tienen los hongos endomicorrizicos (HMVA) en la producción de frutales y plantas de interés agrícola sino también en la producción de cultivos ornamentales (Crew *et al.*, 1978; Johnson *et al.*, 1980, 1984; Maronek *et al.*, 1980 y Johnson, 1982) y en la cual esta simbiosis proporciona beneficios a la planta en la nutrición, crecimiento, tolerancia al transplante, al estrés hídrico y resistencia al ataque de patógenos de la raíz (Sieverding y Toro, 1987; Ravolanirina *et al.*, 1989; Perrin, 1990; González-Ferrera, 1994), así como a la tolerancia al estrés cultural y ambiental (Johnson

y Pflieger, 1992; Sylvia and Williams, 1992). Los hongos endomicorrizicos (HMVA) son capaces de incrementar la absorción de nutrimentos (P, Zn, Cu, Mg, Mn, Ca, N, etc.) y translocarlos a la planta debido a que tienen una mayor área de exploración de la raíz a través de la extensión de sus hifas en el suelo (Cooper, 1984). Así como la inoculación reduce el uso de fertilizantes y los problemas de contaminación que éstos generan (Johnson, 1982). En los últimos años se ha reconocido el potencial de estos hongos micorrizicos en la producción de cultivos (Huyman, 1980; Menge, 1983), ya que hay reportes de esta asociación de 24 especies arbustivas y herbáceas, algunas de interés ornamental (Reyes y Ferrera, 1993). El manejo de estos hongos en plantas nativas es una faceta para utilizar en un futuro.

CULTIVO DE TEJIDOS

Cuando los intentos por desarrollar una técnica para incorporar alguna planta silvestre como un cultivo potencial, no ha sido satisfactoria se recurre a alternativas para tratar de lograrlo, una de ellas es el cultivo de tejidos, utilizada ampliamente pero con una gran desventaja, es la de que se pierde una cualidad de estas plantas, la variabilidad. El cultivo celular y de tejidos han sido usados como un sistema alternativo para el mejoramiento de plantas (Chaleff & Parson, 1978; Gengenbach & Green, 1975; Nabors *et al*, 1980). Hay pocos estudios disponibles sobre estudios morfogenéticos de *Capsicum* s.p. a nivel cultivo de tejido, Gunay & Rao 1978 hicieron un estudio sobre regeneración de explantes de hipocotilo y cotiledón de *Capsicum* s.p., Fari & Czako 1981 estudiaron las relaciones entre la posición de explantes tomados de hipocotilo y su respuesta morfogenéticas *in vitro*. El aislamiento y cultivo

de protoplasto de *Capsicum annuum* L. y su regeneración en plantas fueron estudiados por Saxena *et al*, 1981. La obtención de plantas haploides se obtuvieron a través de técnicas *in vitro* (George & Narayanaswamy, 1973; Sibi, Dumas & Chambonnet, 1979). Ochoa-Alejo y García, 1990 estudiaron la respuesta morfogénica *in vitro* de tejidos de hipocotilo de *Capcicum annuum* L. con fitorreguladores utilizando el medio básico MS (Murashige y Skoog 1962), IAA Y NAA.

HIPOTESIS

1.- Las características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas de las plantas de Chile piquín están relacionadas con su mecanismo de adaptación y productividad en diferentes condiciones ecológicas.

2.- Se espera que simulando las condiciones naturales sea posible romper el letargo de las semillas y desarrollar el cultivo en invernadero y en campo agrícola, así como estimar su propagación y productividad.

OBJETIVO GENERAL

1.- Estudiar las características fisiológicas y bioquímicas que pueden relacionarse con sus mecanismos de adaptación y productividad a las condiciones de semiaridez de la región.

2.- Desarrollar técnicas para la germinación y propagación de plantas de Chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *aviculare* Dierb.) D&E.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

**Estudiar las características morfo-anatómicas, fisiológicas y bioquímicas relacionadas con su mecanismo de adaptación a condiciones de semiaridez

**Estudiar características agronómicas relacionadas con su productividad en su hábitat natural e invernadero.

****Desarrollar una técnica adecuada para inducir la germinación y propagación de estas plantas para su domesticación.**

MATERIALES Y METODOS

UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO Y CONDICIONES ECOLOGICAS

La presente investigación se llevó a cabo en dos fases: DATOS DE LABORATORIO llevados a cabo en el Laboratorio de Botánica y en el Invernadero Secc. "B" en la Fac. de Ciencias Biológicas de la U.A.N.L.; DATOS DE CAMPO obtenidos en tres localidades del Edo. de Nuevo León: en Jardines de la Silla de cd. Guadalupe, Sierra de la Silla de Juárez, siendo sus coordenadas $100^{\circ} 14' 0''$ longitud oeste y $25^{\circ} 37' 8''$, presentando esta área un clima de tipo semicálido subhúmedo con lluvias escasas todo el año (García, 1973), con una temperatura media anual mayor de 22°C , extremo con oscilaciones entre 7°C y 14°C . Con una precipitación máxima de 525 mm y una mínima de 150 mm, la vegetación predominante es de matorral submontano (Melgoza, 1977) y en el poblado El Pastor de Montemorelos, siendo sus coordenadas $99^{\circ} 56' 0''$ longitud oeste y $25^{\circ} 29' 0''$ latitud norte, presentando un clima tipo templado subhúmedo con lluvias en el verano (García, 1973), una temperatura media anual de 20° - 22°C , una precipitación media anual de 800-1000 mm y su vegetación predominante es de tipo matorral submontano (Melgoza, 1977).

FASE DE CAMPO

CARACTERISTICAS AGRONOMICAS

Se seleccionaron diez plantas al azar para cada localidad, tomándose de cada una de ellas los siguientes parámetros, diámetro basal, número de ramas primarias y secundarias, largo de ramas primarias y secundarias, cobertura y altura. Utilizándose cinta métrica, vernier y marcadores.

DENSIDAD

Para cada localidad se empleo el método de transecto (línea de Canfiel) modificado de diez metros, haciendo un conteo del número de plantas, su orientación y etapa de desarrollo. Utilizando estacas, cordón, cinta métrica y una brújula.

FONOLOGÍA

Para los períodos de botón floral, floración y fructificación se seleccionaron diez plantas de chile piquín al azar en etapa vegetativa, marcándose desde el primer botón floral, flor abierta y fruto, hasta el último de éstos, cuantificándose los días para establecer dichos períodos. De estas mismas plantas se cuantificaron el número de botones florales, flores y frutos por planta, tomándose los datos cada cinco días, durante los meses de mayo a noviembre, para estimar su productividad, además se utilizaron etiquetas adhesivas y tinta china.

FASE DE LABORATORIO

FISIOLOGIA

FOTOSINTESIS.-

Se midió la asimilación de CO₂ en plantas de dos meses de edad, desarrolladas en cámaras bioclimáticas (Biotronette Mark III), en fotoperíodos de 14 y 16 h, utilizando un analizador de gas IRGA (Infra Red Gas Analyzer) 225-MK3 Analytical Development Company, Ltd que cuenta con un sistema de colecta de muestra de tipo abierto con flujo forzado de aire. Este sistema mide la cantidad diferencial de CO₂ del aire recuperado de las cámaras de acrílico en donde se colocaron las laminas foliares. Los datos fueron colectados de acuerdo al sistema de colección de Terán *et al*, (1993).

RADIACION FOTOSINTETICAMENTE ACTIVA

La radiación fue medida en un datalogger LI-1000-90 (LI-Cor, Inc.) con un sensor, en un rango del día que va desde las 8:00 a 17:00 h, utilizando plantas de dos meses de edad, desarrolladas en cámaras bioclimáticas (Biotronette Mark III), en fotoperíodos de 14 y 16 h.

CONDUCTIVIDAD ESTOMÁTICA

La resistencia estomática fue calculada con un porómetro AP4 (Delta- T Devices, Inc.), en plantas de dos meses de edad desarrolladas en cámaras bioclimáticas (Biotronette Mark III), en fotoperíodos de 14 y 16 h.

EFFECTO DE FOTOPERIODO SOBRE LA FOTOSINTESIS

Se llevo a cabo en cámaras bioclimáticas a dos fotoperíodos 14 y 16 h, desde la etapa de plántulas, tomando datos sobre características morfológicas, estructurales de la hoja y fenológicas.

EFFECTO DE FOTOPERIODO SOBRE LA ULTRAESTRUCTURA DE LAS CELULAS EPIDERMICAS

La estimación de la cantidad de cera epicuticular y estomatal fue observada con un microscopio electrónico de barrido ISI Mini-SEM, en hojas de plantas de dos meses de edad desarrolladas en cámaras bioclimáticas (Biotronette Mark III), en fotoperíodos de 14 y 16 h., con el objetivo de establecer la posible relación con la conductividad estomatal.

EFFECTO DE ESTRES DE HUMEDAD

Se estudiaron diferentes niveles de humedad, con el objeto de determinar el nivel más adecuado sobre su crecimiento. Se probaron cuatro niveles, 25, 50, 75 y 100% de humedad, las variables a evaluar son longitud total, peso fresco y seco de tallo y raíz. Se utilizaron macetas de 375 ml y una

mezcla de suelo y perlita (1:1), sometiendo las plantas de chile piquín. a estrés hídrico de la siguiente forma, la mezcla preparada de suelo se humedecía hasta que estuviera completamente hidratada, posteriormente se procedía a secar dicho suelo hasta que perdiera por completo la humedad, la diferencia entre ambos pesos representaba el contenido de humedad máxima del suelo, en base a esto se graduaron los contenidos de 25, 50,75 y 100%.

BIOQUIMICA

Para conocer algunos aspectos bioquímicos importantes del desarrollo en su hábitat natural y tratar de entender su comportamiento como planta silvestre en proceso de domesticación y los mecanismos de adaptación a esta condición así como su aporte nutricional del fruto, se llevaron a cabo las siguientes determinaciones bioquímicas.

CLOROFILA

La cuantificación de la clorofila total, a, b y relación a/b en hojas frescas de chile cultivado (var, serrano) y chile piquín, mediante la técnica de Mackineey 1941, utilizando 1 g de hoja fresca, 105 ml de acetona, 80%, mortero y embudo de Buchner, papel filtro Whatman No. 1, frascos de succión, frascos de 10 ml, con un brazo y un espectrofotómetro marca Beckman 35.

PROTEINA CRUDA

Se llevó a cabo la determinación del porcentaje de proteína cruda en hojas de chile cultivado (var. serrano) y en chile piquín, utilizando 500 mg de hoja por muestra, macerando con 2 ml de agua destilada, reposar 15 minutos a temperatura ambiente, con 4 repeticiones, sonicar cada una por 2 min y 1 de descanso, centrifugar por 10 minutos a 60 rpm, hacer determinación mediante el método de Bradford. Se utilizaron hojas fresca de chile cultivado y chile piquín, mortero, tubos de ensaye de., pipetas de 5 y 10 ml, sonicador, espectrofotómetro marca Beckman 35, etiquetas, marcador indeleble, hojas cuadriculados.

ANALISIS BROMATOLOGICO DEL FRUTO

La composición bioquímica del fruto de chile piquín se realizó en dos etapas de madurez, para comparar la calidad nutricional en base a las técnicas recomendadas por el A.O.A.C.(1993), en los parámetros siguientes:

| PARAMETROS | FUENTE | SECCION | PAGINA |
|-------------|-------------------|-----------------|--------|
| HUMEDAD | A.O.A.C. | 7.001 | 129 |
| CENIZAS | A.O.A.C. | 7.010 | 130 |
| PROTEINAS | A.O.A.C. | 2.048 | 15 |
| LIPIDOS | A.O.A.C. | 7.045, 7.046 | 135 |
| FIBRA CRUDA | A.O.A.C. | 7.546 | 137 |
| E.L.N. | POR DIFERENCIA | --- | --- |

PROCESO DE DOMESTICACION

GERMINACION

Se utilizó una técnica para inducir la germinación de las semillas. Se colocan semillas en refrigeración a 5° C por 7 días y se sembraron en caja petri (100 por caja) con suelo de río con abundante materia orgánica por sustrato. Las cajas se colocaron en cámaras bioclimáticas a 14 y 16 h de fotoperíodo. Quince días después de la emergencia las plántulas fueron transplantadas en bolsas de polietileno con suelo de abundante materia orgánica. Se tomaron datos sobre la altura de la planta y el tiempo requerido para la iniciación floral.

DETERMINACION DE INHIBIDORES

1.- Se obtuvo dos tipos de extractos (tratamientos) pesando 2 gr de semilla de chile piquín se maceró en un mortero con 15 ml. de agua destilada, filtrándose con papel filtro No. 1, agregando más agua destilada hasta obtener 30 ml. de extracto .

Extracto No. 1.- con semillas de chile piquín almacenadas a temperatura ambiente durante 10 meses

Extracto No. 2 con semillas termoestratificadas a 4°C:

Tratamiento I (extracto 1) se sembraron lotes de 100 semillas de mijo (*Pennisetum typhoides L.*) y sorgo (*Sorghum vulgare L.*) cada uno en cajas de petri, como sustrato se usó papel filtro y se le agregaron 20 ml del extracto a cada caja Tratamiento II (extracto 2) se procedió de la forma anterior. Como testigo se sembraron lotes de 100 semillas de mijo y sorgo, se

les agrego solo agua destilada, tanto los tratamientos como el testigo se dejaron a temperatura ambiente.

CRECIMIENTO DE LA PLÁNTULA

Las plántulas se dejaron crecer después de la emergencia durante 45 días hasta que alcanzaron la altura de las cajas de petri, con riego cada 4 días, posteriormente se trasplantaron a vasos de hielo seco del número 112(15) con un sustrato compuesto de tierra negra más perlita en una proporción de 2:1.

ACLIMATACION

Las plantas trasplantadas se aclimataron en cajas de hielo seco (uveras) con una cubierta de plástico, en cámaras bioclimáticas a un fotoperiodo de 14 y 16 hs. luz, retirando la cubierta totalmente a los quince días. Separándose en dos grupos de 15 y 20 plantas, uno para desarrollarse en cámaras bioclimáticas y otro en invernadero, respectivamente, estas ultimas se trasladaron cuando presentaron su décima hoja verdadera.

DESARROLLO EN CAMARAS BIOCLIMÁTICAS

Las plantas aclimatadas se dejaron a condiciones de $25(\pm 2)^{\circ}$ C en dos cámaras bioclimáticas a un fotoperíodo de 14 y 16 hs, para su estudio de desarrollo y floración. Tomándose los datos de día a inicio de botón floral, floración, desarrollo y número de ramas primarias, altura. Se utilizaron 15

plantas para cada fotoperiodo, cámaras bioclimáticas marca Biotronette Mark II (LAB-LINE), termómetro y regla.

DESARROLLO EN INVERNADERO

Plantas aclimatadas a temperatura ambiente se trasplantaron a bolsas de polietileno negras de un kilo con tierra negra, estableciéndose en el invernadero de la Fac. de Ciencias Biológicas a una temperatura de 25-29° C, con un período de riego a intervalos de 3 días. Se tomaron datos fenológicos y agronómicos.

CICLOS BIOLÓGICOS EN DIFERENTES LOCALIDADES

Se llevó un registro de el tiempo de duración de los períodos de desarrollo vegetativo, floración, fructificación, madurez del fruto y senescencia en diferentes condiciones, silvestre, jardín e invernadero, utilizando registros de 10 plantas para cada condición.

PRODUCTIVIDAD

Se analizaron la productividad de plantas en tres diferentes condiciones (jardín, invernadero y condición silvestre) se tomaron datos morfológicos y agronómicos como altura, número de ramas primarias, etc., mencionadas anteriormente.

ALTERNATIVAS

CULTIVO DE TEJIDOS

Los inoculos utilizados median 1.0 a 1.5 cm, obtenidos de tallo y hoja de plantas de 22 días y de 9 meses de edad. Los explantes se desinfectaron con alcohol etílico al 70% por 30 segundos, seguido por hipoclorito de sodio al 10% (V/V) por 10 min. y de 3 a 5 lavados con agua destilada esterilizada bajo condiciones asépticas. Se hicieron doce repeticiones de cada explante para cada edad, se sembraron en envases de vidrio con 30 ml de medio de sales básicas de Murashige-Skoog (1962), suplementado con 0.1 (mg. l⁻¹) de ácido nicotínico, 0.1 de HCL piroxidina, 0.1 de HCL tiamina, 2.0 de glicina 100, myo-inositol 1.0 y 1.5 de 2-4 D; 3% de sacarosa, 0.7% de agar, ph de 5.7 y medio de sales básicas de Gamborg, Miller y Ojima suplementado con 1.0 (mg.l⁻¹) de ácido nicotínico, HCL peroxidina 1.0, HCL tiamina 10.0, myo-inositol 100, 2% de sacarosa, agar al 0.7%, ph 5.7. Los frascos con medio fueron esterilizados a 15 lb de presión durante 15 min. Los frascos sembrados con tejido fueron mantenidos a una temperatura de 26(±2)⁰C con un fotoperíodo de 16h (39 watts).

RESULTADOS

CONDICIONES ECOLOGICAS

DENSIDAD DE POBLACION

En la Tabla 1 se muestra el número de plantas por transecto en dos localidades (Sierra de la Silla, Gpe., El Pastor, Montemorelos, N.L.).

Tabla 1. Densidad poblacional de plantas de chile piquín en transecto de 10m.

| Sierra de la Silla | | El Pastor | |
|--------------------|------------|--------------|------------|
| No transecto | No plantas | No transecto | No plantas |
| 1 | 5 | 1 | 5 |
| 2 | 2 | 2 | 1 |
| 3 | 4 | 3 | 2 |
| 4 | 12 | 4 | 0 |
| 5 | 0 | 5 | 0 |
| 6 | 0 | 6 | 0 |

Se observó que en las dos localidades las condiciones ecológicas son diferentes (mencionadas en metodología), en Sierra de la Silla, que es menos árido y montañoso, se encontró una distribución en manchones irregulares que van de 0 a 12 plantas por transecto, (Fig.1 a) el área donde se encontró el mayor número de plantas hay un suelo abundante con sombra y con un estrato herbáceo denso, por lo contrario, en donde no se encontraron plantas, el suelo es rocoso, escaso y con mucha pendiente. En la localidad El Pastor con una condición de más aridez, la densidad de población es menor de 0-5 plantas por

transecto debido a que el estrato arbóreo es menos denso hay mas luz solar, con un promedio de precipitación menor y el suelo con poca materia orgánica(Fig.1 b).

FISIOLOGIA

El crecimiento y desarrollo de chile piquín bajo condiciones controladas en cámara bioclimática se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Características fenológicas de chile piquín en dos condiciones de fotoperíodo (14h y 16h, a 25/27⁰C) en cámara bioclimática.

| | FOTOPERIODO | | SILVESTRE |
|------------------------|-------------|------|-----------|
| | 14 h | 16 h | |
| Días a Floración | 90 | 129 | 90 |
| Altura | 44 | 30 | 110 |
| No. nódulo de 1a. flor | 24.6 | 32.6 | 46 |

Se observó que las plantas de 14 h mostraron mayor crecimiento con respecto a la altura comparado con las de 16h. La Fig.2 muestra un panorama de las plantas en desarrollo en las cámaras bioclimáticas donde se aprecia el mayor crecimiento de las plantas de 14h.

En 14h la floración es mas temprana,el número de nudos es mayor en plantas de 16h que en 14h, aunque la altura fue mayor en plantas de 14h. Se observó la asimilación de CO₂ y la actividad fotosintética (PAR) durante el día (desde 8:00 a 18 h) bajo dos fotoperíodos que se muestran en la Fig. 3a. Se observó que la tasa de asimilación fue más alta durante las 8:00 a 18:00 hrs.

a)



b)



Fig. 1. Densidad de plantas de chile piquín *Capsicum annuum* L. var *aviculare* Dierb. (D. & E.) en dos localidades del estado de Nuevo Leon; a) Sierra de la Silla; b) El Pastor, Montemorelos.

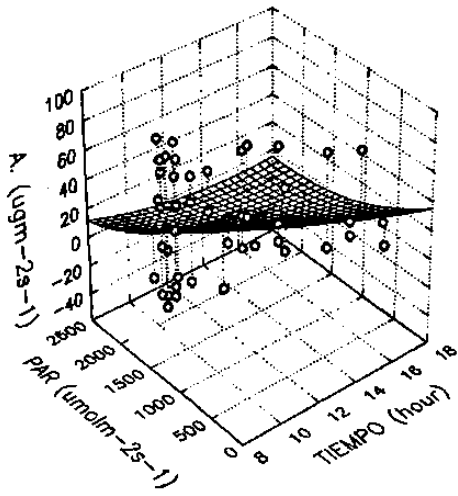
disminuyendo gradualmente hasta las 12:00 hrs, incrementándose nuevamente a las 16:00 hrs. Por lo que la tasa de asimilación tiene una tendencia a mantenerse estable desde las 8:00 a las 11:00 hrs. esto indica que el chile piquín exhibe dos puntos máximos de asimilación de CO₂. Durante el período de baja radiación solar (temprano en la mañana y a media tarde) la tasa de asimilación de CO₂ fue más alto, mientras que fue más bajo durante el período alto de radiación solar en el fotoperiodo de 14 hrs. Las plantas en fotoperiodo de 16 hrs se observaron dos puntos máximos de asimilación de CO₂ a las 8:00 y 18:00 hrs, disminuyendo drásticamente con el incremento de radiación durante el resto del día.

Se estimaron datos de asimilación de CO₂ y conductividad estomatal en plantas de ambos fotoperíodos que se muestran en la Fig. 3b. Los resultados indican que hubo un incremento gradual en la tasa de asimilación de CO₂ hasta de 1500 $\mu\text{M}/\text{m}^2\text{s}^{-2}$ coincidiendo con una disminución en la resistencia estomatal. Al contrario de la respuesta de las plantas con fotoperíodo de 16 hrs fue muy diferente, en las cuales la respuesta estomatal fue más alta y la asimilación de CO₂ mas bajo comparado con plantas de 14 hrs. Inversamente las plantas de 14 hrs fueron más eficientes en la asimilación de CO₂.

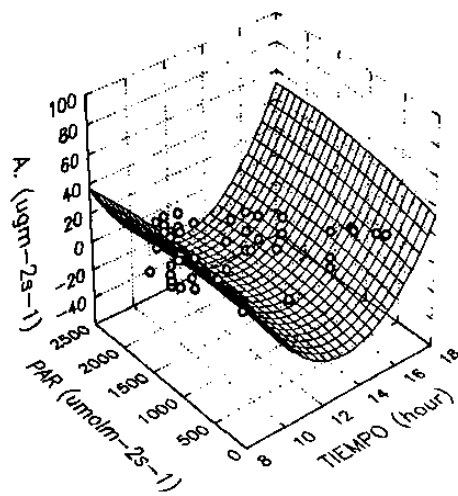
La Fig. 3c muestra la relación entre la tasa de asimilación, resistencia estomatal y la intensidad de la radiación solar en la cual se observó un nivel más óptimo de 1500 $\mu\text{M}/\text{m}^2\text{s}^{-2}$ para la más alta tasa de asimilación. La resistencia estomatal se incrementó con el aumento de la radiación solar en ambos fotoperíodos de 14 y 16 hrs.

a)

Fotoperíodo 14h

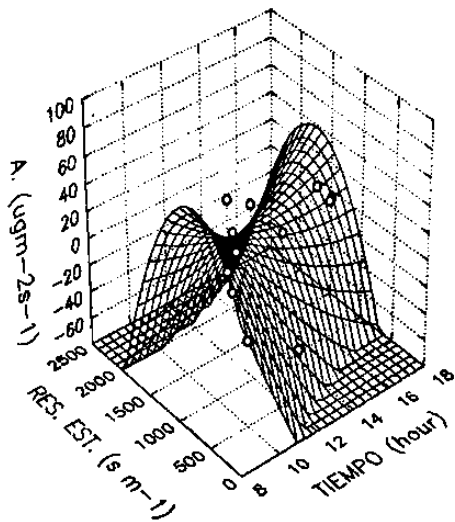


Fotoperíodo 16h

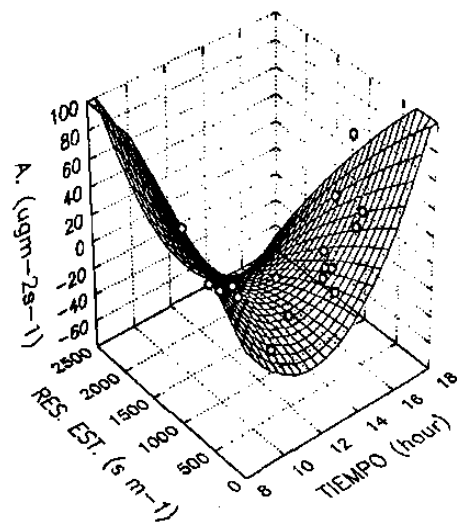


b)

Fotoperíodo 14h



Fotoperíodo 16h



c)

Fotoperíodo 16h

Fotoperíodo 14h

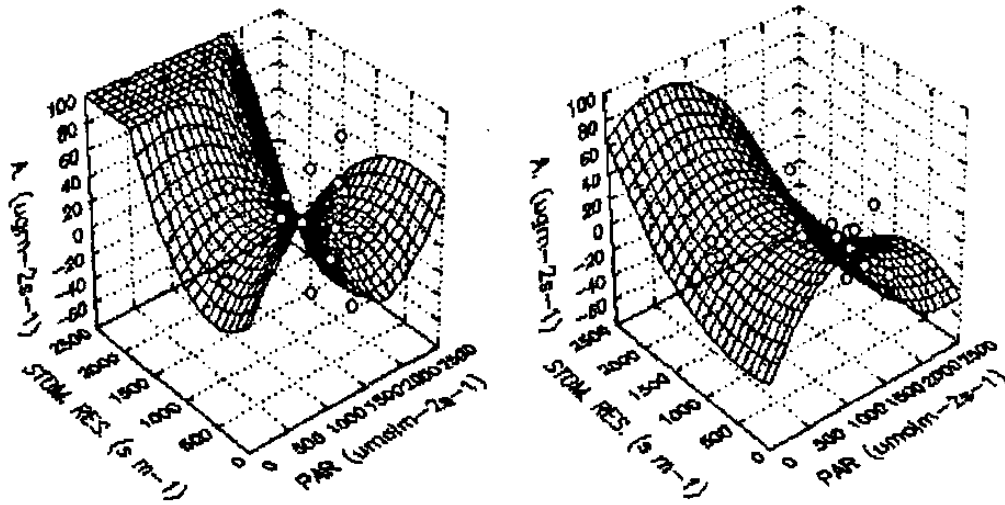


Fig.3. Muestra la capacidad fotosintética del chile piquín *Capsicum annuum* L. var. *aviculare* Dierb. (D. & E.), a) nivel de asimilación de CO² y radiación fotosintéticamente activa; b) nivel de asimilación de CO² y resistencia estomatal; c) nivel de asimilación de CO², resistencia estomatal e intensidad de radiación.

EFEECTO DEL ESTRES DE HUMEDAD RELATIVA

En la Tabla 3 se muestra el efecto de los diferentes niveles de humedad relativa sobre el desarrollo del chile piquín.

TABLA 3. Caracteres morfológicos (promedios) de chile piquín a diferentes condiciones de humedad relativa.

| NIVEL DE HUMEDAD | ALTURA | PESO FRESCO | PESO SECO |
|------------------|--------|---------------|----------------|
| | Cm | g | g |
| | TOTAL | TALLO-RAIZ | TALLO-RAIZ |
| 100% | 11.250 | 0.896---0.262 | 0.141---0.0418 |
| 75% | 20.050 | 0.862---0.330 | 0.206---0.0498 |
| 50% | 13.375 | 0.355---0.134 | 0.155---0.0200 |

Se observó que el crecimiento de la planta con respecto a la altura y peso, fue mejor al 75% de HR y menor al 100% de HR. Los datos se analizaron en base a un análisis de varianza completamente al azar.

BIOQUIMICA

CLOROFILA

La Tabla 4 muestra el contenido promedio de clorofila en hojas de plantas de chile piquín desarrolladas bajo dos fotoperíodos (14 h y 16 h).

Tabla 4. Contenido promedio de clorofila en hojas de chile piquín

Capsicum annuum L. var *aviculare* (Dierb.) D & E.

| CLOROFILA | FOTOPERIODO | |
|--------------------------|-------------|----------|
| | 14 hs | 16 horas |
| a (mg/g) | 2.36985 | 2.21996 |
| b (mg/g) | 0.97990 | 0.85797 |
| Relación a/b | 2.42318 | 2.58740 |
| Total(mg total/g tejido) | 3.3470 | 3.07712 |

Se observó que el contenido de clorofila, a, b y total fueron mayor bajo el fotoperíodo de 14h comparado con el de 16h, esto indica que este fotoperíodo favoreció una mayor producción de pigmentos fotosintéticos.

CONTENIDO DE PROTEÍNA CRUDA.

El contenido de proteína total en las hojas de chile piquín y chile cultivado (var. serrano) se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Contenido de proteína de chile piquín (*Capsicum annuum* L. var *aviculare* Dierb (D&E) y serrano (*Capsicum annuum* L.).

| | CONTENIDO DE PROTEÍNA |
|--------------------------|--------------------------|
| Chile piquín | 5.17 |
| Chile serrano(cultivado) | 1.59 |

Se observó que el contenido de proteína fue más de tres veces mayor en esta especie de chile silvestre que el chile cultivado.

BROMATOLOGIA

Análisis bromatológicos de frutos de chile piquín se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Análisis bromatológico en frutos de chile piquín durante diferentes etapas de maduración.

| | VERDE HÚMEDO | VERDE SECO | ROJO HÚMEDO | ROJO SECO |
|-----------------|--------------|------------|-------------|-----------|
| Humedad % | 80.20 | | 54.79 | |
| Ceniza | 1.69 | 1.58 | 2.23 | 4.95 |
| Extracto etéreo | 1.32 | 6.67 | 6.87 | 15.20 |
| Fibra cruda | 6.89 | 34.84 | 14.11 | 31.23 |
| Proteína cruda | 2.89 | 14.64 | 5.87 | 13.00 |
| ELN | 7.01 | 35.31 | 16.13 | 35.62 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 |

Se observa que la composición bioquímica de frutos de chile piquín varió grandemente en las diferentes etapas de maduración de los frutos. El contenido de ceniza fue mas alto en fruto rojo seco (4.95) seguido por fruto rojo húmedo. El contenido de extracto etéreo fue mas alto (34.8) en fruto rojo seco. El contenido de fibra cruda es mas alto en fruta verde seguido de fruta rojo seco. El contenido de proteína fue mas alto (14.64) en fruto verde seco seguido de fruto rojo seco (13.00), mientras esta fué más bajo (2.89) en fruta verde húmedo. ELN fue mas alto en fruto rojo seco seguido por fruto verde seco y el valor más bajo fue en fruto verde húmedo.

PROCESO INICIAL DE DOMESTICACION

GERMINACION

En un estudio preliminar se probaron diferentes técnicas para inducir la germinación de semillas de chile piquín. Tabla 7.

Tabla 7. Porcentaje de germinación de chile piquín bajo diferentes tratamientos.

| TRATAMIENTOS | % GERMINACIÓN |
|--|---------------|
| Incubadora 40 ⁰ C 3 días | 0 |
| Agua caliente 65 ⁰ C+ 10ppm GA | 1 |
| GA 10ppm | 4 |
| Incubadora 40 ⁰ C 3 días + lavado | 9 |
| Lavado 15 min | 20 |
| Escarificación | 25 |
| Lavado + 4 ⁰ C 7 días | 40 |
| 4 ⁰ C 7 días | 50 |
| 4 ⁰ C 7 días + extracto de estiércol de vaca | 71 |

En todos los casos excepto en la primera las semillas fueron sembradas en cámara bioclimática a 25-27⁰ C en un fotoperiodo de 14h después del tratamiento. Los resultados muestran que ninguno de los primeros seis tratamientos fueron exitosos mostrando un rango de germinación de 0-25%, pero los tres restantes presentaron los valores más altos. No presentó germinación en el tratamiento de incubadora por la obscuridad presente, pero en presencia de luz de las cámara bioclimática si presento germinación.

Se hicieron segundos experimentos utilizando diferentes técnicas en diferentes repeticiones que se muestran en Tabla 8.

Tabla 8. El porcentaje de germinación de chile piquín (promedio) en diferentes técnicas utilizadas

| TRATAMIENTO | %GERMINACION |
|--|--------------|
| ESCARIFICACION | 8.8 |
| TERMOESTRATIFICACION (4 ⁰ C 7 DIAS) | 44.6 |
| TERMOESTRATIFICACION (LAVADO) | 14.8 |
| TERMOESTRATIFICACION +EXTRACTO | 50.2 |
| TERMOESTRATIFICACION(28 DIAS) | 28.4 |
| INCUBADORA (3 DIAS) | 5.0 |
| TESTIGO | 0 |

Se observó que en termoestratificación en 4⁰C dio mejor porcentaje de germinación (44.6%), que se incrementa agregando extracto sirre de vaca (50.2%). En termoestratificación en 4⁰C a 28 días se redujeron el porcentaje de germinación (28.4%) que indica es termoestratificación a 4⁰C con adición de extracto de sirre de vaca, es una técnica adecuado. Se observó que termoestratificacion (4o C—7 días) dio una alto porcentaje de germinación, con plántulas vigorosas, su emergencia fue de 8-9 días (Fig 4) Algunas etapas de la germinació de las semillas son mostradas en la Fig.5(a, b ,c y d). El análisis de varianza se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Análisis de varianza de germinación (Arc. Sin)

| FV | GL | SC | MS | F | P-level |
|--------------|----|---------|---------|-------|---------|
| Tratamientos | 5 | 8983.50 | 1796.70 | 6.945 | .000 |
| Error | 24 | 6208.80 | 258.70 | | |

Se observó que el porcentaje de germinación entre diferentes técnicas mostró una diferencia altamente significativa ($p < 0.01$) con $F = 6.95$.

a)



b)



c)

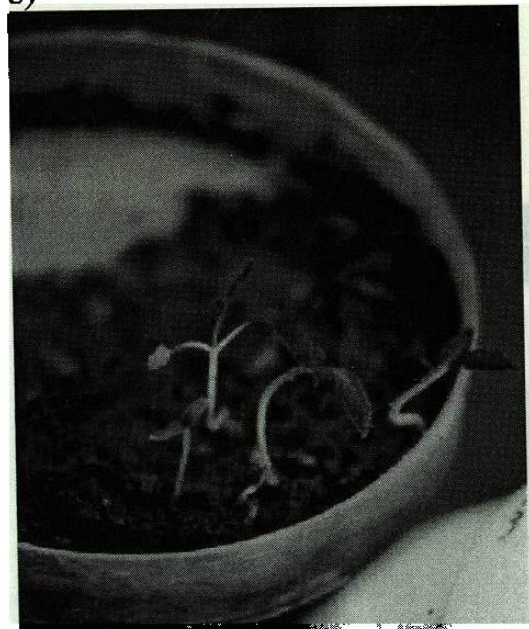
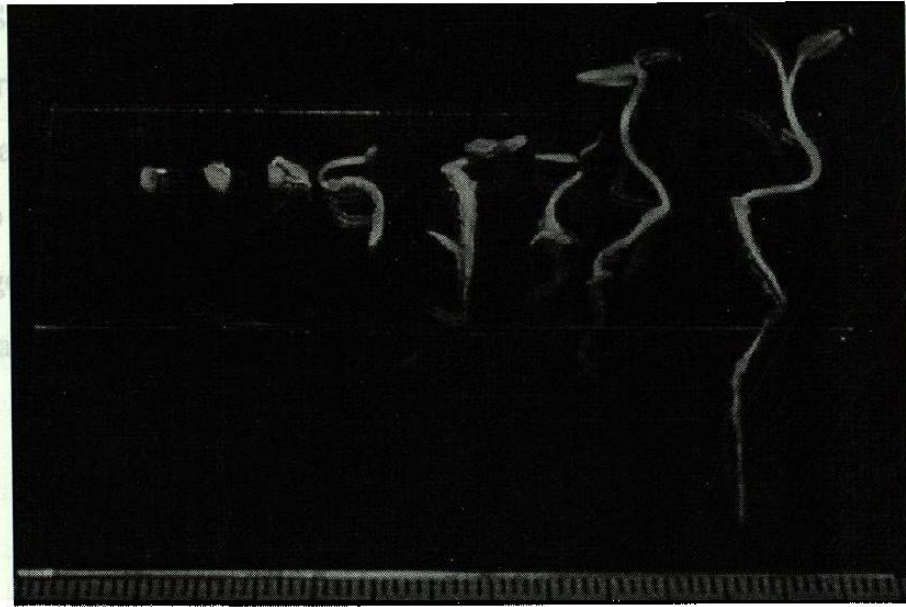
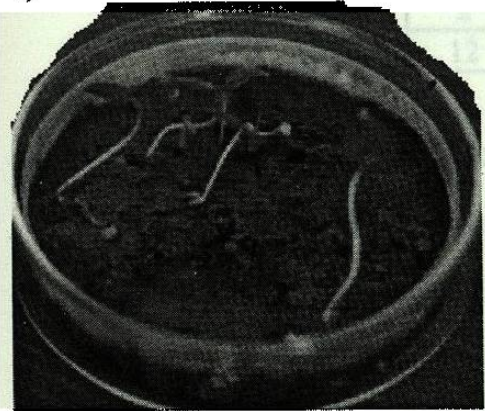


Fig. 4. Plántulas de chile piquín *Capsicum annuum* L. var *aviculare* Dierb. (D. & E.) germinadas con el tratamiento de termoestratificación, a) a los diez días; b y c) a los 15 días.

a)



b)



c)

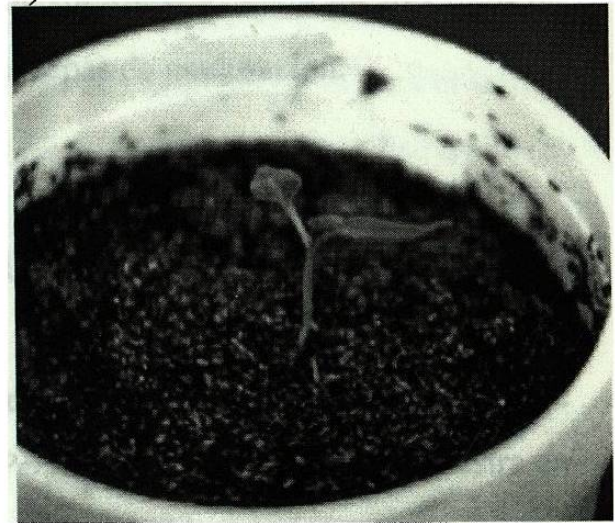


Fig. 5. Diferentes etapas del desarrollo de plántulas del chile piquín *Capsicum annuum* L. var *aviculare* Dierb. (D. & E.), a) etapas de la emergencia a plántulas; b) de 20 días de crecimiento; c) plántula iniciando el desarrollo de las primeras hojas.

GERMINACION EN DIFERENTES ETAPAS DE MADURACION DE FRUTOS.

Se observó que el porcentaje de germinación en semillas obtenidos de frutos rojo liso fue mayor que semillas de fruto arrugado, el porcentaje de germinación de semillas en frutos verde fue mínimo, esto indica que al entrar el fruto en la maduración las semilla entran en letargo. El análisis de varianza de la germinación entre semillas obtenidas de tres etapas de maduración se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10. Análisis de varianza de germinación de semillas de chile piquín en diferente etapa de maduración de frutos.

| FV | GL | CM | CM | F | p-level |
|-------|----|----------|----------|--------|---------|
| TIPOS | 2 | 1188.133 | 594.0667 | 10.029 | 0.0028 |
| ERROR | 12 | 710.800 | 59.2333 | | |

Se observó una diferencia altamente significativa entre los tres tipos de semillas obtenidas de frutos en diferentes etapas de maduración.

DETERMINACION DE INHIBIDORES EN SEMILLAS DE CHILE PIQUIN.

El efecto del extracto de semilla de chile piquín sobre la germinación de sorgo *Sorghum vulgare* L. y mijo perla *Pennisetum typhoides* L. se muestra en Tabla 11.

Tabla 11. Porcentaje de germinación de sorgo y mijo perla sometido a extractos de semillas de chile piquín.

| PORCENTAJES DE GERMINACIÓN | | |
|--------------------------------------|-----------|-----------|
| CEREALES | TRAT.No.1 | TRAT.No.2 |
| MIJO (<i>Pennisetum typhoides</i>) | 80% | 76% |
| SORGO (<i>Sorghum vulgare</i>) | 98% | 76% |
| TESTIGO | 73% | 76% |

Estos resultados demuestran que no hubo presencia de inhibidores ya que la germinación en las variedades usadas se presentó a las 24h de su siembra, en cuanto al tratamiento No.2 (semilla vernalizada) se consideraba que si existía la presencia de algún inhibidor, éste quedaría eliminado durante el período de baja temperatura, pero los resultados fueron similares para ambos tratamientos. Se midieron los siguientes parametros : longitud de la radícula y el número de raíces secundarias, para mijo en los tratamientos 1 y 2 la media fue de 9.14 cm y 8.44 cm respectivamente, para el testigo fue de 2.86 cm; en cuanto al número de raicillas secundarias en los 2 tratamientos las medidas fueron de 6.20y 10.40 cm respectivamente, en cambio para el testigo fue de 0.00. Para sorgo los datos fueron no significativos, ya que los resultados fueron muy similares entre los tratamientos y el testigo.

BIOLOGÍA FLORAL

DESARROLLO DE BOTÓN FLORAL.

Inicia su desarrollo en dos diferentes períodos, uno en los meses de marzo-abril y el segundo en julio-agosto, cuando es apreciable a simple vista,

mide cerca de 1 mm de longitud. En la primera fase de desarrollo el botón floral esta completamente envuelto por el cáliz. Su desarrollo es más lento. El primer signo del botón es una protuberancia originada en la axila de un par de hojas lanceoladas pequeñas. De 5 a 7 días después, el pedúnculo empieza a alargarse, en forma recta. Dos semanas después del inicio de los botones, la corola es visible, y requiere de 3 a 4 días para abrir completamente. El desarrollo del botón floral en chile piquín coincide con el desarrollo del chile domesticado, esto de acuerdo a lo reportado por Andrews (1985), aunque varía en el tiempo de desarrollo de cada una de las partes florales. Generalmente requiere de 36-40 días para que el botón alcance su completo desarrollo, en el día de floración el diámetro de la flor varia de 5-12 mm.(Fig. 6).

ANTÉISIS Y DEHISCENCIA

Al iniciarse la apertura de la flor el botón esta hinchado y turgente, se inicia entre 6:30 y 7:00 a.m, completándose la apertura de la mayoría de las flores entre las 8-9 a.m hrs, esto varia dependiendo de la estación, primavera y/o verano. En verano la apertura inicia mas temprano comparado a la estación de primavera. Por las 9:00 a.m la mayoría de las flores están completamente abiertas, permaneciendo abiertas entre las 6-7 p.m., cerrándose la mayoría entre las 7:30-8:00 p.m. El segundo día vuelven a abrirse a las 6:30 a 7:00 a.m., y en ocasiones vuelven a cerrarse y abrirse por tercer día consecutivo, esto se debe a que no se completa la dehiscencia. En la apertura de la flor las anteras empiezan a separarse uno con otro extendiéndose a los lados del estilo. La dehiscencia de la antera se inicia a las 12:00 hrs. Llegando a su óptimo a las 17:00 ,la dehiscencia de antera es mas lento en primavera cuando la

temperatura es mas fresca, no así en verano donde se lleva a cabo mas temprano ya que la temperatura es mas alta(Fig. 7). Después de la polinización la corola se desprende o se mantiene adherida marchitándose, llevándose esto de 1-2 días y para el desarrollo del fruto de 5-6 días. La producción de frutos en general es mayor en verano que en primavera.

MORFOLOGIA, VIABILIDAD Y GERMINACION DE POLEN

El tamaño del polen varía de 2.88-0.025 (+-0.47)-1.53 micras, son gránulos triangulares, trilobulados, presentan una superficie reticulada, granulada y con un poro germinativo. Formado por dos capas en su pared celular, con gran cantidad de protoplasma. Con la técnica de tinción de carmín al 1% se tomaron datos sobre el porcentaje de viabilidad de polen encontrando un promedio de 73% de polen viable. Se encontró un 34% de germinación de polen al ser tratadas con una concentración al 0.05% de sacarosa y se reduce conforme se incrementa a la concentración de sacarosa. La hora en que se detecto este porcentaje fue a las 12 p.m..

FENOLOGÍA COMPARATIVA DE CHILE PIQUIN EN DIFERENTES CONDICIONES EN HABITAT NATURAL Y EN CONDICION DE CULTIVOS

La fenología de chile piquín varia en diferentes condiciones ambientales y de cultivo. Los resultados del estudio sobre el ciclo de vida de chile piquín en tales condiciones mencionadas se describe en la siguiente Tabla 12. Con la finalidad de establecer las diferentes etapas de la vida de esta planta se

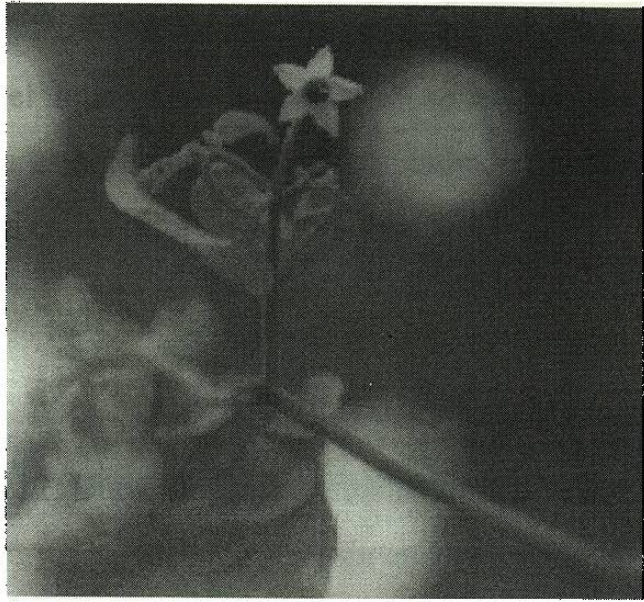


Fig. 6. Flor recién abierta de chile piquín *Capsicum annuum* L. var *aviculare* Dierb. (D. & E.).



Fig. 7. Flor en el momento de presentarse la dehiscencia de chile piquín *Capsicum annuum* L. var *aviculare* Dierb. (D. & E.).

desarrollo su ciclo biológico en tres condiciones (jardín, invernadero y silvestre), el cual puede auxiliar para su incorporación como un cultivo agrícola en el futuro. En la Tabla 13 se observa las principales etapas de desarrollo de esta planta en tres localidades en donde se demuestra cambios significativos en las diferentes etapas de desarrollo.

Tabla 12. Duración de las principales etapas fenológicas (en días) del chile piquín en tres localidades.

| | SILVESTRE | JARDIN | INVERNADERO |
|-----|--------------|--------------|--------------|
| | PRIMAV-OTOÑO | PRIMAV-OTOÑO | PRIMAV-OTOÑO |
| D.V | 60—60 | 60—30 | 60—30 |
| FL. | 90—90 | 60--90 | 90—150 |
| FR. | 60—60 | 6090 | 30 |

D.V.= desarrollo vegetativo

FL.= floración

FR.= fructificación

Tabla. 13. Meses en que se presentan las etapas fenológicas en diferentes localidades de Chile piquín.

| | SILVESTRE | INVERNADERO | JARDIN |
|-------------------|-----------|-------------|-----------|
| DES. VEGETATIVO | FEB-MARZO | FEB-MARZO | MARZO-ABR |
| | (60 días) | (60 días) | (60 días) |
| | AGS-SEP | JULIO | AGOSTO |
| | (60 días) | (30 días) | (30 días) |
| FLORACION | MAR-MAY | MAR-MAY | ABR-MAY |
| | (90 días) | (90 días) | (60 días) |
| | AGS-OCT | AGS-DIC | JUL-SEP |
| | (90 días) | (150 días) | (90 días) |
| FRUCTIFICACION | JUN-JUL | JUNIO | JUN-JUL |
| | (60 días) | (30 días) | (60 días) |
| | OCT-NOV | ***** | AGS-OCT |
| | (60 días) | (*****) | (90 días) |
| MADUREZ DEL FRUTO | JULIO | JULIO | JULIO |
| | (30 días) | (30 días) | (30 días) |
| | NOVIEMBRE | ***** | OCT-NOV |
| | (30 días) | (30 días) | (60 días) |
| SENECENCIA | DIC-ENE | ENERO | DIC-ENE |
| | (60 días) | (30 días) | (60 días) |
| | AGS-SEP | ***** | JUL-AGS |
| | (60 días) | ***** | (60 días) |

~P.v.= período vegetativo.

-F= floración.

-Fr= fructificación

Se observa una variación en cada condición de desarrollo (silvestre, jardín y invernadero) de las etapas fenológicas, presenta dos periodos para cada una. En condición silvestre el período vegetativo (Primavera), fue de 60 días para ambos, La floración requiere 90 días para ambas estaciones. Fructificación también requiere 60 días para ambos. En condición de jardín toma 60 días como en silvestre para el desarrollo vegetativo pero esto reduce hasta 30 días en otoño. El período de floración en jardín se reduce hasta 60 días comparándolo con silvestre (90 días), pero en periodo de otoño toma 90 días como en condición silvestre. Bajo condición jardín la fructificación se

extiende hasta 60 días como en silvestre, pero se prolonga hasta 90 días en otoño, comparando con silvestre (60 días)

Bajo condición de Invernadero el período vegetativo se mantiene en 60 días reduciéndose grandemente en otoño requiriendo 30 días solamente. pero esta respuesta es muy diferente en comparación con jardín (Fig 8). Período de floración requiere 90 días así como en condición silvestre pero el periodo de floración se extiende hasta 150 días en contrario con condición silvestre (90 días), lo cual es muy diferente en jardín. En invernadero el período de fructificación toma 30 días pero no hay en otoño debido a las condiciones ambientales (temp), este período de fructificación se extiende en jardín mencionado anteriormente. El desarrollo vegetativo se mantuvo en 60 días para cada período en Silvestre, no así para Invernadero y Jardín en los cuales el primer período se mantuvo en 60 días pero el segundo se redujo a 30 días, la etapa de floración en Silvestre fue para cada período de 90 días, en Invernadero para el primer periodo (Mar-May) de 90 días, pero en segundo período (Ags-Dic.) 150 días, en Jardín para el primero (Abr-May.) 60 días y el segundo (Jul-Sep.) 90 días. La etapa de fructificación para Silvestre en los dos períodos (Jun-Jul., Oct-Nov.) fue de 60 días, en Invernadero solo presento un período de 30 días, no así para Jardín que si presento dos períodos de 60 y 90 días respectivamente. La madurez del fruto para Silvestre en los dos períodos fue de 30 días, para Invernadero un solo período de 30 días y para Jardín son dos períodos de 30 y 60 días respectivamente. La etapa de senescencia para Silvestre y Jardín en sus dos períodos fue de 60 días y en Invernadero con un solo período de 30 días.

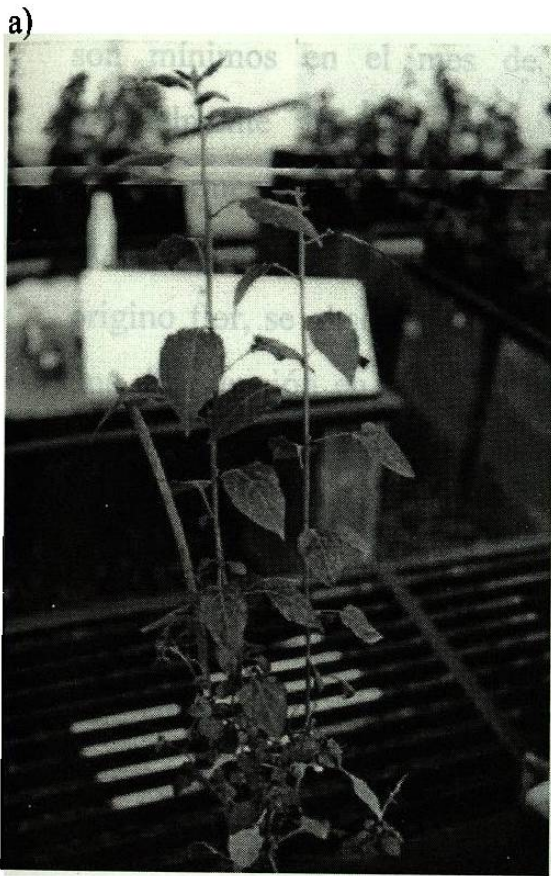


FIG. 8. Plantas desarrolladas en invernadero de chile piquín *Capsicum annuum* L. var *aviculare* Dierb. (D. & E.) en desarrollo vegetativo, a) período de febrero-marzo; b) período de julio.

PRODUCTIVIDAD

En la Fig. 9 se muestra la productividad de botones florales , flores frutos de chile piquín en diferentes meses de crecimiento. Los botones florales son mínimos en el mes de mayo a agosto que se ve incrementado gradualmente hasta octubre presentándose este como un óptimo, y posteriormente bajan en noviembre; el mismo comportamiento se observo para flor y frutos. Respecto a la relación que hay entre el porcentaje de botones que origino flor, se observo un aumento en los meses de mayo a julio siguiendo una disminución en agosto, para después mantener la relación estable hasta noviembre. La relación de flores que originaron fruto fue mayor en mayo a julio, mostrando un descenso en agosto seguido de un incremento ligero hasta septiembre que se reduce rápidamente hasta noviembre. Mientras que en los botones florales que dieron origen a frutos se vio la misma tendencia que en el porcentaje de flores que origino fruto, solo que mostró una disminución en el mes de julio esto se puede apreciar en la Fig. 10.

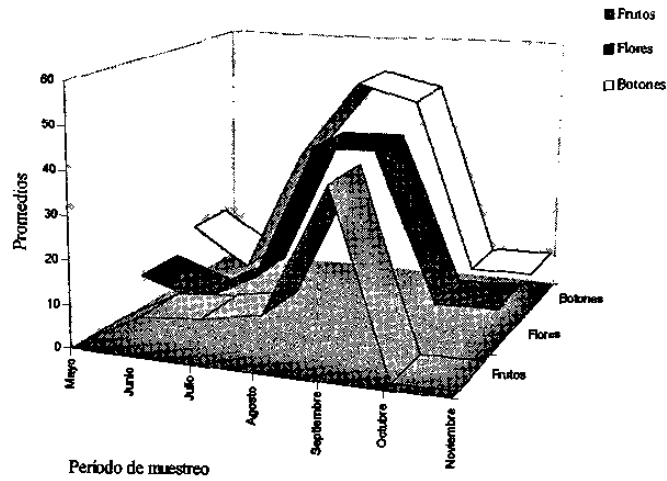


Fig. 9. Promedio de botones, flores y frutos de chile piquín (*Capsicum annum* L. var. *aviculare* (Dierb.) D. & E.

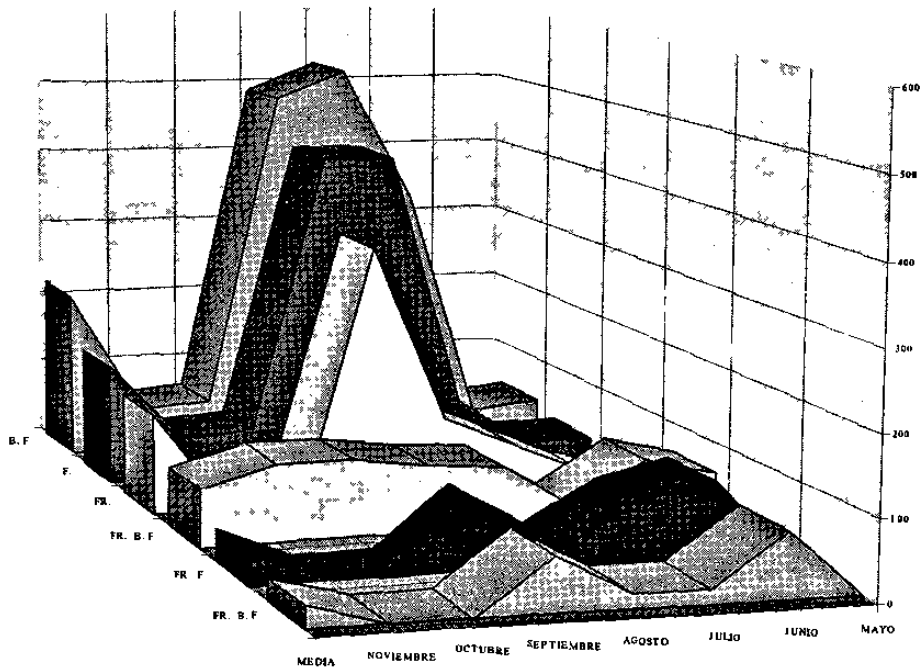


Fig. 10. Fenología en diferentes meses de colecta de chile piquín *Capsicum annum* L. var. *aviculare* (Dierb.) D. & E.

Tabla 14. Estadística descriptiva de las variables botón floral, flor y fruto de chile piquín *Capsicum annuum* L. var *aviculare* (Dierb) D. & E.

| | B.F. | FLOR | FRUTO |
|----------------|-------|-------|-------|
| MINIMO | 1 | 1 | 1 |
| MEDIA | 28.92 | 21.41 | 19.33 |
| MAXIMA | 145 | 135 | 106 |
| ERROR ESTANDAR | 4.92 | 4.21 | 5.08 |

Los coeficientes de correlación entre diferentes órganos reproductivos se muestra en Tabla 15. Se observa una correlación significativa entre numero de botones con flor ($r= 0.87$), con frutos ($r=0.59$). Similarmente numero de flores se muestra una correlación significativamente positiva con los numero de frutos ($r=0.58$)

Tabla 15. Coeficientes de correlación y determinación

| | FLOR | FRUTO |
|------|---------------------|--------------------|
| B.F. | 0.8656 * (74.93) | 0.5924* (34.09) |
| FLOR | ----- | 0.5819* (33.86) |

* : SIGNIFICANCIA

(): PORCENTAJE DE ASOCIACIÓN

El análisis de varianza que se muestra en la Tabla 16 presento una diferencia significativa entre las variables para el número de botones florales, flores y frutos.

Tabla 16. Análisis de varianza para las variables botón floral, flor y fruto respecto a los meses de colecta de chile piquín *Capsicum annuum* L. var *aviculare* (Dierb) D&E.

| | B. FLORAL (a) | FLOR (a) | FRUTO (b) |
|---|----------------------|-----------------|------------------|
| F | 3.29 | 3.52 | 3.39 |
| P | 0.008* | 0.006* | 0.035* |

*Diferencia significativa (a): M, J, J, A, S, O, N. (b): J, J, A, S.

Las ecuaciones sobre la producción de frutos como funciones de diferentes órganos reproductivos se muestra a continuación:

No de frutos = $-0.225 + 0.348$ (no de botones)

F= 27.58 p< 0.01

No de frutos = $1.356 + 0.412$ (no de flores)

F= 26.11 p<0.01

PRODUCTIVIDAD EN DIFERENTES LOCALIDADES

La Fig. 11 muestra la productividad de las características agronómicas en tres localidades con diferentes condiciones ambientales (Sierra de la Silla, El Pastor e Invernadero). Se observó que los diámetros basal, No. de ramas primarias, secundarias y cobertura no varía en diferentes localidades, pero si varía grandemente en largo de ramas primarias y altura de las plantas, que fueron mas altos en la localidad Sierra de la Silla donde las condiciones ambientales son más favorables para su mayor crecimiento. El número de frutos varía en las diferentes localidades, en jardín el número de frutos es mas altos, seguido por Sierra de las Sillas y fue mínimo en invernadero, donde las

plantas de la primera generación derivado de inducción de germinación estuvo en fase de adaptación en las condiciones artificial.

La productividad medida en los meses de mayo a junio nos muestra que el periodo optimo para el desarrollo de botón floral, flores y frutos esta en los mese de agosto septiembre, debido a que la temperatura en el mes de agosto es mas alta y hay poca precipitación, ayuda a que el botón floral y las flores puedan desarrollarse y llevarse a cabo la antésis, polinización y fecundación de éstas, en septiembre el promedio de temperatura baja porque se inicia la temporada de lluvias lo que permite al fruto alcanzar su mejor desarrollo. La productividad de chile piquín fue mucho menor que la localidad Sierra de la Silla debido las condiciones de semiaridez prevalecientes en estas regiones. La Tabla 17 muestra la estadística descriptiva de las características agronómicas de chile piquín demostrando los valores promedio para cada característica así como en la Tabla 18 el análisis de varianza para estas mismas características mostraron una diferencia altamente significativa.

Tabla 17. Estadística descriptiva de las características agronómicas del chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *aviculare* Dierb.) D.& E.

| | DIAMETRO BASAL | No. RAMAS PRIMARIAS | No. RAMAS SEC. | LARGO DE RAMAS PRIMARIAS | LARGO DE RAMAS SEC. | COBERTUR A | ALTURA |
|-------|----------------|---------------------|----------------|--------------------------|---------------------|------------|--------|
| MIN. | 0.40 | 1 | 1 | 6 | 14.33 | 25 | 41.50 |
| MEDIA | 1.03 | 2.07 | 3.41 | 66.38 | 34.91 | 60.99 | 96.29 |
| MAX. | 2.63 | 5 | 10 | 206.50 | 75 | 186 | 215 |
| E.E. | 0.09 | 0.15 | 0.38 | 11.91 | 3.94 | 6.99 | 8.43 |

Tabla 18. Análisis de varianza para las características agronómicas del chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *aviculare* Dierb.) D. & E.

| | DIAMETRO BASAL | No. RAMAS PRIMARIAS | No. RAMAS SEC. | LARGO DE RAMAS PRIMARIAS | LARGO DE RAMAS SEC. | COBERTURA | ALTURA |
|---|----------------|---------------------|----------------|--------------------------|---------------------|-----------|--------|
| F | 5.61 | 0.16 | 0.16 | 29.86 | 3.08 | 5.64 | 9.31 |
| P | 0.010 | 0.498 | 0.849 | 0.000 | 0.069 | 0.009 | 0.001 |

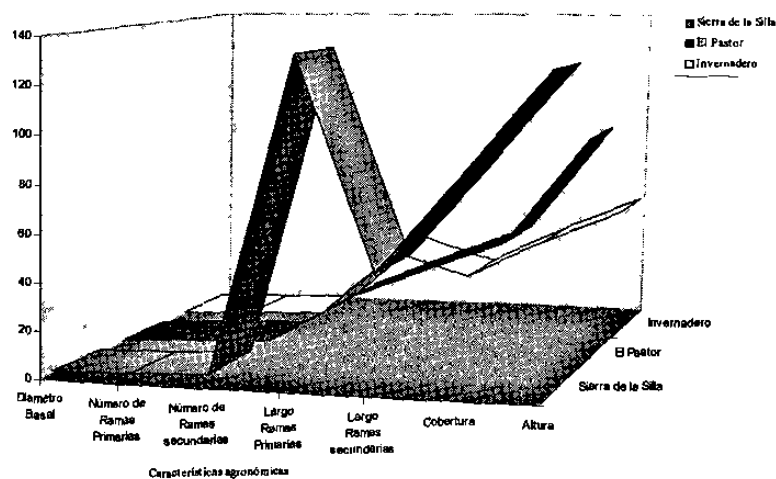


Fig. 11. Características agronómicas del chile piquín *Capsicum annuum* L. var. *aviculare* (Dierb.) D. & E., en tres localidades de Nuevo León

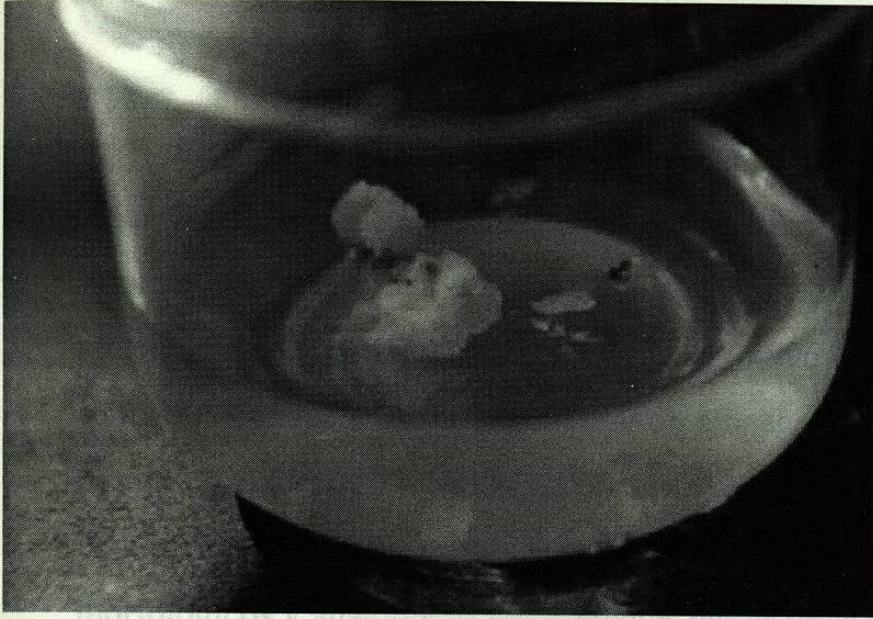
ALTERNATIVAS

CULTIVO DE TEJIDOS

La inducción de callo de tejidos fue observado primeramente en explantes de hoja de 9 meses de chile piquín en el medio MS después de tres semanas de cultivo en las dos concentraciones utilizadas de 2,4-D (1.0 y $1.5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$). Un notable desarrollo fue encontrado a las 9 semanas (Fig. 12,a) y un máximo crecimiento a las 12 semanas en la concentración de $1.5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Los callos

cultivados tienen un color blanco, crema y amarillo claro(Fig. 12b). Similares tipos de cultivos fueron inducidos en MS con 2,4-D con botones de mijo perla. Tejidos cultivados compactos fueron inducidos en chile cultivado con IAA/K y botones de ajo en MS y B5 con IAA/K. En varias unidades experimentales obtenidas de tallo de 9 meses fue observado el inicio de un cambio de color de los tejidos a café oscuro sin embargo los cultivos no mostraron un fuerte crecimiento. Iniciándose un deterioro de los tejidos observándose una oxidación y cambio de color a café oscuro. Por lo tanto se recomienda cambiar el cultivo después de esta edad. Varios de los tejidos obtenidos fueron cambiados dentro de la novena semana en MS con K para inducir diferenciación, una técnica que ha sido utilizada por diferentes autores.(Matsubara,1989).

a)



b)

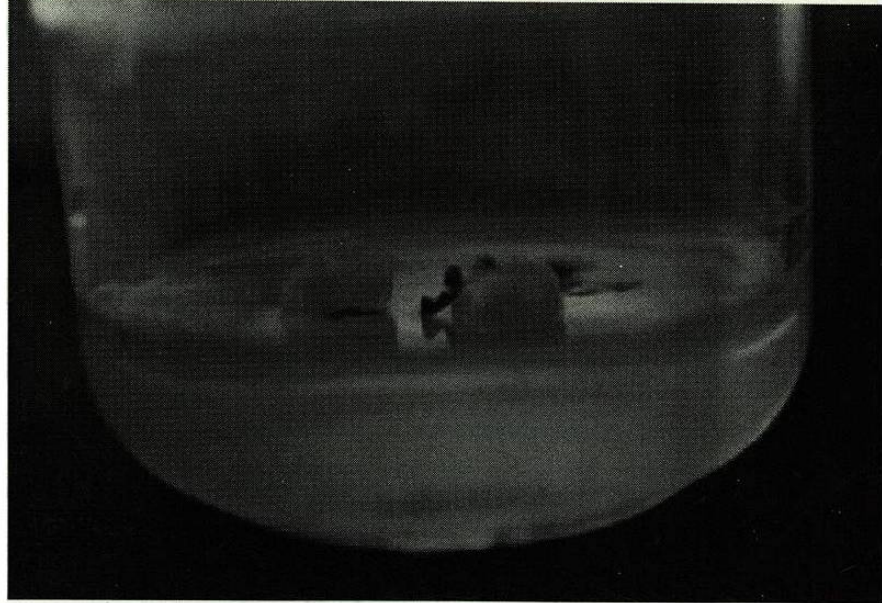


Fig. 12. Callos inducidos de chile piquín *Capsicum annuum* L. var *aviculare* Dierb. (D. & E.) con medio MS, a) nueve semanas; b) doce semanas.

DISCUSION

EL chile piquín es una planta de gran importancia económica y de alto valor nutricional en las regiones semiáridas de México, existe poca información sobre los aspectos botánicos y fisiológicos de esta planta, recientemente Almanza, 1993 y Maiti *et al.* 1996 realizaron algunos estudios sobre etnobotánico, biología, métodos de propagación y productividad de chile piquín en diferentes localidades en el estado de Nuevo León, así como las condiciones ecológicas que influyen en su productividad. Los caracteres morfológicos y anatómicos de diferentes partes de la planta como la presencia de cutícula gruesa, abundante cera epicuticular, ausencia de estomas (o raros) etc., son considerados como mecanismos de adaptación a las condiciones de semiárides.

CONDICIONES ECOLOGICAS

El chile piquín se adapta a las condiciones de semiárides, en diferentes tipos de suelos, vegetación, hábitats variados como laderas, orillas de caminos, altiplano, sobre montañas, su crecimiento es mejor bajo condiciones de sombra o semisombra, disminuyendo con el aumento de luminosidad a este respecto existe poca información. El estudio en dos localidades con condiciones ecológicas diferentes, (Sierra de la Silla y El Pastor, N.L.), demostró que la presencia en buen número de plantas dependía de suelos poco profundos, rocosos, semisombra y con mucha pendiente, aunque este último varia, un

dosel herbáceo y arbustivo denso que proporciona sombra y semisombra. En lugares con alta densidad de luz solar, precipitación pluvial baja y suelos rocosos y escasa materia orgánica, con un dosel herbáceo y arbustivo menos denso, su presencia es muy reducida (García, 1983; Almanza, 1993; Maiti y Almanza, 1994). El crecimiento y la productividad del chile piquín depende de las condiciones ambientales tales como sombra, temperatura, humedad, materia orgánica y drenaje del suelo (Carter, 1994; Dickerson, 1995; Walf, 1997).

Esta investigación demuestra la interacción tan estrecha de estos factores y que la alteración de uno de ellos provoca cambios en el tiempo de su desarrollo y productividad, teniendo una gran capacidad para ajustar algunas etapas como desarrollo vegetativo y floración a la relación humedad-temperatura y ajustarse a las condiciones ambientales, esto propiamente son características que se presentan en plantas silvestres. Las zonas en donde se presenta esta planta actualmente son zonas con disturbio.

DENSIDAD

Los resultados obtenidos muestran que en las dos localidades donde se llevo a cabo el estudio se observa una tendencia hacia una disminución en el número de plantas conforme es mas árida la zona, así como un incremento conforme es mas húmeda la región (localidad) y con mas altura. Las dos localidades de estudio presentaban diferentes condiciones ecológicas, en la primera ubicada en la Sierra de la Silla es una zona semicálida-subhúmeda montañosa, mostrando una densidad mayor, esto demuestra tener alto grado de adaptación en las condiciones de semiárides de esta zona, en contrario la

segunda localidad ubicada en el Pastor (Montemorelos), representando una zona templada subhúmeda, mantuvo una densidad menor, en manchones irregulares. El tipo de suelo y el grado de luminosidad, determinan la densidad de población, esto concuerda con García, 1985 y Almanza, 1993. Las plantas en los manchones detectados desarrollaron tallos cortos, una menor ramificación, un sistema radical mas pequeño, fronda casi distribuida en la parte superior, estas características las presentan si el dosel arbustivo es muy alto y bastante denso, coincidiendo con lo reportado por Smith, 1982; Kasperbbauer y Hunt, 1992 y Ballare *et al.*, 1995. Si el dosel es bajo y menos denso la luminosidad aumenta provocando una mayor ramificación, entrenudos más largos, hojas de mayor tamaño, así como un sistema radical mas amplio, concordando con lo reportado por Beraldi *et al.*, 1994.

BIOLOGIA FLORAL

El desarrollo del botón floral inicia con unas protuberancias en las bases de los ejes dicotómicos de los tallos superiores, generalmente inicia el primer botón al iniciarse las primeras ramificaciones terciarias de las ramas , desencadenándose así el desarrollo hacia la parte apila de los demás botones florales, este patrón de desarrollo coincide con el de la especie cultivada reportada por Andrews, 1985 y Detlef, 1995.), así como el patrón de antésis y dehiscencia de la antera también es similar al del género *Capsicum* domesticado, pero ocurre con mas lentitud. La temperatura y luz son factores importantes en la antésis ya que un día más frío y menos soleado retarda el proceso de antésis, si lo comparamos con días soleados y cálidos (Kadish, 1994). La baja humedad relativa es un factor que favorece la antésis,

coincidiendo por lo reportado por Andrews, 1985 y Almanza,1993. La germinación del polen coincide con (Andrews, 1985). La proporción de botones y flores se incrementa desde el período de invierno y finaliza al término del período cálido, demostrando el efecto de temperatura y luz sobre la productividad de los frutos, sin verse afectada por la temperatura nocturna que es el periodo más crítico sobre la producción de frutas, (Leopold, 1964). Se estableció un modelo de regresión del crecimiento del fruto en función del tiempo.

FENOLOGÍA

Las etapas fenológicas del chile piquín en condición silvestre coinciden con el del chile cultivado, esto concuerda con lo reportado por Andrews, 1985. Los resultados indican que en las primeras fases de domesticación los periodos fenológicos en general varían bajo una condición de jardín e invernadero en comparación con la de silvestre. El período vegetativo en primavera no hay variación en las tres condiciones, silvestres, jardín e invernadero, pero se reduce en otoño hasta 30 días en invernadero y jardín. Con respecto a la floración bajo condición de jardín se reduce hasta 60 días pero es similar a la condición silvestre en otoño. El período de fructificación también hay un cambio grande en el período de otoño extendiéndose hasta 90 días comparado con el de condición silvestre. El cambio en las respuestas fenológicas en la condición de jardín se deben a aún prevalecen algunas condiciones de su ambiente natural, por el contrario bajo condición de invernadero donde la temperatura e insolación influye a que se prolongue la etapa de floración en el período de otoño, pero se reduce el periodo de fructificación en primavera, es

debido a la falta de fluctuación en la temperatura que se presenta en la condición silvestre. El comportamiento en la condición de invernadero indica una adaptación a las condiciones ambientales controladas, ya que no estaban sujetas a los cambios ambientales como en las otras dos condiciones, el factor que se cree influyó para estas respuestas fue la temperatura. EL período de floración que mantuvieron estas plantas demuestra su potencial de producción, pero la falta de polinización, asociada a una abeja (Aphideae) aún no determinada taxonómicamente, influyó para que no se presentara, de llegar a ocurrir rebasaría lo reportado por García, 1985 y Almanza, 1993. Esto indica que bajo condiciones de domesticación, principalmente en jardín e invernadero, los períodos reproductivos se van reduciendo gradualmente, simulando al de los cultivados, en estudios futuros se debería estudiar el comportamiento que tendría las siguientes generaciones de un mismo progenitor durante el proceso de domesticación.

FISIOLOGIA

Existe una relación entre la tasa de asimilación y la resistencia estomatal en hoja de chile piquín. En plantas a 14 hr se observó un incremento en la tasa de asimilación de CO₂ hasta de 1500 sm⁻¹ que coincide con una disminución en la resistencia estomatal, contrario a la respuesta de las plantas con fotoperiodo de 16 hr, en las cuales la respuesta estomatal fue más alta y la asimilación de CO₂ fue más baja, esto difiere en chile cultivado. La resistencia estomatal aumento al incrementarse la radiación solar en ambos fotoperiodos de 14 y 16 hr. Estos resultados muestran que el chile piquín que es una especie nativa en las regiones semiáridas tiene una alta capacidad fotosintética en

niveles bajos de insolación. Esta evidencia apoya la observación de Almanza, 1993 al mencionar que el chile piquín crece y se desarrolla vigorosamente en presencia de radiación solar indirecta y en sombra. Los estudios comparativos de chile piquín con estudios en chiles cultivados no se incluyen, en el presente trabajo. Se ha reportado que en especies de chile cultivado la tasa de fotosíntesis se incrementa al aumentar la radiación solar (Quero, comunicación personal) en otras especies esta se reduce al elevarse la concentración de CO₂ (Adam, *et al.*, 1997 Zabri *et al* 1997) contrariamente a lo encontrado en chile piquín. En general en chiles cultivados se requieren mejores condiciones ambientales para su desarrollo y productividad, mientras que el chile piquín requiere baja humedad y baja radiación solar para su desarrollo y alto rendimiento en su hábitat natural. El fotoperíodo de 14 hr favorece un mejor crecimiento, la fotosíntesis y la producción de fruto en comparación con el fotoperíodo de 16 hr. Estas observaciones apoyan lo reportado por Almanza 1993, al mencionar que el chile piquín crece mejor en baja radiación solar indirecta y cortos fotoperíodos.

La alta resistencia estomatal en chile piquín, podría estar asociada con la presencia de cera epicuticular y ausencia de estomas en la superficie adaxial de la hoja, en general la cantidad y el tamaño de cera epicuticular sobre la superficie adaxial de la hoja y el tamaño de los estomas en la superficie abaxial fue más pronunciada en plantas en el fotoperíodo de 16 hr. La alta capacidad fotosintética en una baja radiación solar, la presencia de cera epicuticular abundante, la ausencia de estomas en la superficie adaxial y la presencia de pocos estomas abiertos en la superficie abaxial son características que podrían relacionarse con los mecanismos de adaptación de esta especie a las condiciones de semiáridas.

En Chile piquín se presenta dos picos de fotosíntesis que coincide con horas de baja insolación y mayor conductividad estomatal, en condiciones de semiáridas que indica aprovecha mejor las condiciones ambientales para su mayor actividad fotosintética, esto no se presenta en Chile cultivado (Quero, comunicación personal).

En este trabajo se mostró que el Chile piquín crece mejor bajo condiciones de humedad de un 75%, comparándolo con condiciones de humedad saturada, esto indica su alto grado de adaptación en las condiciones de semiáridas (Bidwell, 1979; Rojas, 1979; Chartazo ulakis-k *et al* 1997). Estos resultados coinciden con lo reportado por Almanza 1993, al observar que el crecimiento de Chile piquín fue pobre en las márgenes de un río, teniendo un mejor crecimiento y desarrollo (altura total, peso fresco y seco del tallo) en lugares fuera de las márgenes, ya que presenta una menor humedad de suelo.

BIOQUIMICA

El contenido de clorofila a, b y total fue mayor en plantas de 14 hr de fotoperiodo, lo que indica que éste favorece la mayor producción de pigmentos fotosintéticos (clorofila). Se observó que el contenido de proteína fue más de tres veces mayor en la especie de Chile silvestre que en las especies cultivadas que podría relacionarse con sus adaptaciones a las condiciones de semiáridas..

La composición bioquímica del fruto del Chile piquín presentó una gran variación en las diferentes etapas de maduración de los frutos.(Kim, *et al* ,1997; Naik, *et al*, 1997). El contenido más alto de ceniza se encontró en frutos

rojos secos (4.95) seguido por el de frutos rojos húmedos. De la misma manera el contenido de extracto etéreo fue más alto (34.8) en fruto rojo seco. El contenido de fibra cruda es mas alto en fruta verde seguido de fruta rojo seco. El contenido de proteína fue mas alto (14.64) en fruto verde seco seguido de fruto rojo seco (13.00), mientras esta fue mas bajo (2.89) en fruta verde húmedo. Los resultados bromatológicos de este fruto demuestran en general que están dentro de los promedios reportados por Delgado, 1981; Vives,1973; Woot-Tusen, 1975; Braverman, 1980; Alanís y García, 1998.

PROCESO DE DOMESTICACION

INDUCCION DE GERMINACION

Una de las primeras fases de domesticación de una especie que se quiere incorporar como un nuevo cultivo, es establecer un método de propagación. Diferentes técnicas para romper el letargo presente en las semillas, fueron probadas, los mejores resultados se obtuvieron bajo el tratamiento de someter semillas a una termoestratificación, presentando los mas altos porcentajes de germinación, otro factor que en combinación influyó para estos resultados fue la presencia de luz (Salisbury y Ross,1994) comparado con el tratamiento de escarificación normal y el tratamiento en incubadora que dieron un bajo porcentaje. (Maiti et al., 1997). Estudios anteriores llevados a cabo por Vergara, 1982; García, 1983; Saldaña, 1985; Ramírez, 1989; Amen, 1968, no obtuvieron éxito, debido a que no consideraron las condiciones mínimas de su hábitat natural y a que por ser una planta silvestre sus semillas responden a la luz, condición considerada como fotolantes (? Salisbury y Ross,1994). Los

resultados obtenidos con la termoestratificación se debieron a que los parámetros establecidos para este tratamiento (temperatura y tiempo), trataron de simular las condiciones ambientales de su hábitat natural, la de adicionar un extracto rico en nitrógeno y enzimas (sirre de vaca), altos porcentajes de germinación, además de reducir el tiempo de su emergencia, factor importante en la propagación de las especies silvestres, que tienen la capacidad de que al presentarse las condiciones ambientales adecuadas, sus semillas germinan rápidamente (Kozlowski, 1972; Heiser, 1976; Sánchez, 1994; Cardoso, 1991; Barros, 1993; Sadowska, 1991; Menengues, 1992). La incapacidad de germinación de chile piquín está asociado con las características ultraestructurales de su semilla, (membrana impermeable, testa gruesa y engrosamiento de la pared celular de los cotiledones, presentando gran cantidad de lípidos) (Maiti *et al.*, 1997), las cuales podrían relacionarse con una reducción en el proceso de imbibición y germinación coincidiendo con, Marbach y Mayer, 1975; Heiser, 1976; Lush y Evans, 1981; Murray, 1984.

INHIBIDORES

Se observó que el extracto de las semillas de chile piquín no tienen efecto inhibidores sobre la germinación de mijo perla y sorgo ya que las variedades usadas iniciaron su germinación al siguiente día de sembradas (Salisbury y Ross, 1985). En base a los resultados obtenidos se concluye que el letargo presente en estas semillas de chile piquín, no pudo deberse a la presencia de inhibidores químicos que impidan su germinación. Los resultados obtenidos con mijo pudieron indicar la presencia de algún fitorregulador

presente en la semilla de chile piquín que actúa como promotor de su germinación (Kozlowski, 1971; Harold, 1984).

PRODUCTIVIDAD.

En este trabajo se mostró las etapas de desarrollo, que varían grandemente, en condiciones de silvestre, jardín e invernadero, la secuencia de éstas muestran una tendencia hacia el control de algunas condiciones ambientales presentes en su condición natural. Las etapas de desarrollo en las dos estaciones del año (primavera, otoño) en la condición silvestre se usaron como base para comparar el comportamiento de las otras dos condiciones, las cuales mostraron algunos cambios principalmente en las etapas de floración y fructificación, en condición de jardín en el período de primavera es similar a la condición silvestre, en el de otoño muestra una tendencia a reducir su desarrollo vegetativo y aumentar el de fructificación. En la condición de invernadero solo la fructificación sufre cambio reduciéndose un 50% en comparación con jardín y silvestre, en el período de otoño presenta cambios en las tres etapas de desarrollo, reduciéndose al 50% el desarrollo vegetativo, el de floración aumentó un 160% y el de fructificación no presentó. Estos cambios en las diferentes condiciones muestran una tendencia hacia las primeras etapas de una domesticación de esta planta.

Bajo una condición de domesticación hay una tendencia de alargamiento de la fase de floración y la productividad se reduce, esto, bajo condición invernadero, que podría deberse a la polinización o la falta de polinizadores, pero bajo condición jardín el período de fructificación se alarga

como una respuesta de adaptación gradual a la domesticación. El período largo de floración en invernadero podría ser una respuesta de sobrevivencia de esta especie, pero se cree fue producto de la falta de una alternancia de temperatura o la presencia de alguna asociación con micorrizas presentes en su condición silvestre (Murumkar y patil, 1996).

Las condiciones de hábitat natural estimulan a que presente una productividad mayor en sombra o semisombra, reduciéndose gradualmente cuando hay un incremento en la radiación, en condiciones de alta humedad la productividad baja, un 75% de humedad mostró un incremento mayor, esto indica que el chile piquín esta adaptado a las condiciones de estrés y semiárides.

La productividad de frutos por planta es mucho menor comparado con el número de botones y flores, indicando que todas las flores o botones no producen frutos. Los cambios en la productividad (de órganos reproductivos) que se observa en diferentes meses podría relacionarse con las condiciones ambientales que prevalecen en diferentes estaciones, de mayo a julio la producción de órganos reproductivos es mínimo, cuando la temperatura varia en un período muy seco y cuando ocurre la primer fase de floración. Desde agosto hasta septiembre la temperatura aunque mas alta induce a incrementar mas rápido la productividad, desde octubre a diciembre hay un descenso rápido en la producción de botones flores y frutos debido a un descenso de temperatura.

Los mecanismos responsables de las adaptaciones a las condiciones de semiárides, entre ellos son hojas pequeñas, con cutícula cerosa y gruesa, la ausencia de estomas en la parte adaxial y presencia de estomas abundantes en

el envés que permite el intercambio de gases para llevar a cabo la fotosíntesis y respiración, coincidiendo con la hipótesis planteada.

En condiciones de jardín el crecimiento es bueno con gran número de flores, pero hay una gran aborción, la producción es muy baja comparado con las condiciones de su hábitat natural. Esto podría relacionarse con la ausencia de microorganismos asociados con la rizosfera (micorrizas) (Murukar y Patil, 1996) que debería estudiarse en una investigación futura. El período de floración no sufre cambios significativos comportándose como en su condición natural. La altura de las plantas se mantuvo en un rango promedio mas alto que en las otras localidades, el número de ramas secundarias es más alto que en condición natural debido a que como no están bajo un dosel, el rameado de los tallos no es retardado por éste, produciendo plantas con una cobertura mayor que en las otras localidades (Salisbury y Ross, 1994).

En condiciones de invernadero hay una modificación o alteración de sus períodos fenológicos, tales como su período vegetativo reducido, aumentando el de floración a mas del 80%, el período de inicio de botón floral se alarga casi a la par con el de floración, así como el de fructificación que solo presenta un período con una baja producción de frutos. También sus características agronómicas, como altura reducida (45cm en promedio), gran número de ramificaciones secundarias, cobertura bastante reducida, son algunas de las más significativas. Todas estas alteraciones son respuestas a los cambios en los patrones de crecimiento de su condición silvestre, como condiciones ambientales (temperatura, suelo, humedad), insolación insuficiente, ausencia de polinizadores, susceptibilidad al ataque de plagas, falta de competencia y asociación con otras especies. Estas respuestas se pueden interpretar como inicios de una posible domesticación o adaptación a unas condiciones mas

uniformes sin las variaciones que se dan en su condición natural, estableciendo que su única modificación benéfica es el del período de floración, ya que se comprobó que esta condición traería grandes beneficios si se llegara a la polinización y fecundación de estas. Debido a que es una planta que necesita insectos para llevar a cabo su polinización y a que por las mismas características del invernadero que no permite la presencia de estos, se pudiera pensar como un factor de estudio para futuras investigaciones. Otro de los factores que determino estos cambios es la temperatura, la cual en condiciones naturales mantiene rangos mínimos y máximos durante el día, no así en el invernadero que se mantuvo a una temperatura constante durante el día. Siendo uno de los factores de gran importancia para que se lleve a cabo la antésis, aunado a la de humedad que se mantuvo en un porcentaje de 50-70%, sin pasar por los periodos de sequía que en condición natural se dan, se corrobora lo reportado por Almanza, 1993 en donde la interacción de estos factores son importantes para que se lleve a cabo la antésis. La producción de frutos por lo tanto fue mínima a causa de la ausencia de antésis, presentando solo un periodo de fructificación. La altura de estas plantas se observó reducida debido a la radiación solar constante, respuesta normal para una planta que crece bajo un dosel de hojas, donde la luz que se recibe es básicamente luz del rojo lejano, provocando que los tallos se alargan de manera considerable (Salisbury y Ross, 1994), respuesta que no se observó en estas plantas. A este respecto varios autores reportan que bajo condiciones de domesticación hay cambios en su etapa fenológicas (Pickersgill et al., 1979; Warade *et al*, 1996; Ranik *et al*, 1996).

CULTIVO DE TEJIDO

Los resultados de la propagación mediante cultivo de tejidos comprueban que este método es aceptable, como una alternativa para una futura propagación y como un banco de germoplasma para las especies cultivadas, coincidiendo con los trabajos de Chaleff and Parson, 1978; Gengenbach and Green, 1975 y Nabors *et al.*, 1980. Pero aunado a esta alternativa, podrían contemplarse otras sobre estudios agronómicos en campo de cultivo y su asociación con algunos organismos presentes en su rizosfera como micorrizas.

CONCLUSIONES.

Las condiciones necesarias para su desarrollo son bajo sombra o semisombra, una baja luminosidad, suelo poco profundo, temperatura, humedad y buen drenaje de suelo.

Su distribución es en grupos o manchones los cuales dependen del tipo de suelo y el grado de luminosidad, estrato herbáceo y arbustivo presente, su altura, ramificaciones y sistema radical se incrementan si la luminosidad es baja, sucediendo lo contrario si esta es alta.

El desarrollo del botón floral, antésis y dehiscencia de antera, desarrollo del fruto presentan las mismas etapas que las del chile cultivado, inicia a finales del periodo de invierno, terminando en el periodo cálido, iniciando de nuevo a finales de este último período y culminando a principios de invierno.

Las condiciones agronómicas y de productividad varían de acuerdo a las condiciones ambientales que prevalecen en las localidades, los periodos fenológicos en las diferentes condiciones ambientales muestran la adaptación de esta planta a las primeras fases de domesticación, mostradas en las respuestas en la condición de invernadero.

La asimilación de CO₂ demuestran que la fotosíntesis se reduce cuando la iluminación aumenta y se incrementa cuando esta disminuye.

Bajo condiciones de humedad alta su crecimiento se ve reducido, incrementándose con valores de humedad de un 75%.

Los valores obtenidos en la cantidad de clorofila y de proteína demuestran la gran capacidad fotosintética y resistencia al estrés de esta planta. La bromatología del fruto demostró la potencialidad alimenticia.

El letargo presente en las semillas de esta planta está estrechamente relacionada con su ultraestructura que reduce la imbibición y su germinación. La termoestratificación como técnica para romperla, dio los más altos porcentajes de germinación. La obtención de semillas con un alto porcentaje de germinación se obtuvieron de frutos rojos lisos.

La productividad medida en los meses de mayo a junio nos muestran que el período óptimo está en los meses de agosto y septiembre, debido a que la temperatura es más alta y hay baja precipitación.

El cultivo de tejido en esta planta son una fuente de germoplasma para programas de mejoramiento.

LITERATURA CITADA

- A.O.A.C. 1980. OFFICIAL Methods of Analysis of the A.O.A.C., 2th de. Association Official Agricultural Chemists Washington, D.C.
- ACOSTA RODRIGUEZ G.F., BUSTAMANTE GARCIA, L.A., ESPARZA MARTINEZ, J.H., 1994. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 17:55-66.
- ADEDEJI, E.O., 1984. The effects of temperature, soil water potential, irradiance and their interactions on CO₂. Jour. Exp. Bot. 35: 1252- 1259.
- ALANIS GUZMAN, M.G. Y GARCIA DIAS, C.L. 1998. Tecnicas estandarizadas para el analisis de alimentos. Editado por Fac. Ciencias Biologicas, U.A.N.L., México.
- ALMANZA E., J.G. 1993. El chile Piquín (*Capsicum annuum* L.var. *aviculare* Dierb.(D. & E.): Estudio Etnobotánico, Biología y Productividad. Tesis sin editar. Facultad de Ciencias Biologicas. U.A.N.L. México.
- AMEN, R.D. ,1968. A model of seed dormancy. Bot. Rev. 34:1-31
- BARROS L.TCA., 1993. The effect of environmental factors on the germination of *Solanum americanum* Mill. seeds. Revista Ceres 40:(229):314-318
- BARTEN J.H.M., J.W. SCOTT AND N. KENDER, 1992. Low temperatures induce rough blossom-end scarring of tomato fruit during early flower development. Characterization of blossom-end morphology genes in tomato and their usefulness in breeding for smooth blossom-end scars. J Am Soc Horti Sci 117: 298-303.

- BASKIN, CH.C., 1987. Seed maturity influences quality. In: Proceedings 1987 short course for seedsmen. Seed Technology Laboratory. Mississippi State University. Mississippi, United States of America, 29:7-12.
- BASURTO PEÑA, FCO.; DAVID MARTINEZ; MIGUEL A. MARTINEZ & ALEJANDRO. 1994. Selección bajo Domesticación de *Phaseolus coccineus* L. darwinianus (Hernandez & Miranda C.), en Sistemas Agrícolas Tradicionales. 35th Annual Meeting of the Society for Economic Botany, México.
- BELL, D .T., 1993. The effect of light quality on the germination of eight species from sandy habitats in western Australia. Australian Journal of Botany 41(3):321-326.
- BERRY, J.A. & O. BJORKMAN, 1980. Photosynthesis responses and adaptation to temperature in higher plants. Ann. Rev. Plant. Physiol. 31:491-543.
- BIDWELL, R.G.C., 1979. Fisiología Vegetal. AGT Editorial. México.
- BRAVERMAN, J:B:S:, 1980. Introducción a la bioquímica de los alimentos. Editorial Omega, Barcelona.
- CARDOSO V.J.M., 1991. Effect of temperature and seed coat on germination of *Sida cordifolia* L. Ciencia e Cultura Sao Paulo 43(4):306-308
- COOPER, J.P., 1975. Control of photosynthetic production in terrestrial systems. In: "Photosynthesis and Productivity in Different Environments". Cooper, J.P., London, Press. pp. 593-621.
- COPELAND, L.O. & M.B. McDONALD 1985. Principles of Seed Science and Technology, Burgess Publishing Co., Minneapolis, M.N., pp. 11-49.

- CHALEFF, R.S., M.F. PARSON, 1978. Direct selection *in vitro* for herbicide-resistant mutants of *Nicotiana tabacum*. Proceedings of the National Academy of Science 75:5104-5107.
- DELGADO PARRA, CAMPOS ELISEO. 1981. Técnicas Bormatológicas utilizadas en Nutrición. Tesis sin publicar. Fac. De Org. Deportiva, U:A:N:L., México.
- DHARMATTI, P.R. & G.N. KULKARNI 1989. Physiological maturation studies in bell pepper (*Capsicum annum* L. *grossum* Sendt) Hort. Abst. 59:663-664.
- DIAZ, J.L. 1977. Uso de las plantas medicinales de México. Monografía Científica II. IMEPLAM.
- EDWARDS, R.L. and F.J. SUNDSTROM. 1987. After ripening and harvesting effects on Tabasco peper seed germination performance. Hort. Sci. 22(3):473-475. United States of Amerca.
- FARI, M., M. CZAKO., 1981. Relationship between position and morphogenetic of pepper hypocotyl explants cultured in vitro Scientia Horticulturae 15:207'213.
- GAASTRA, P., 1962. Photosynthesis of leaves and field crop. Neth. Jour. Agric. Sci. 10: 311-324.
- GARCÍA, E., 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. Instituto de Geografía. UNAM, México, D.F. 246 p.
- GENGENBACH, B.G., C.E. GREEN, 1975. Selection of T-cytoplasm maize callus cultures resistant to *Helminthosporium maydis* race T pathotoxin. Crop Science 15:645-649.
- GEORGE, L., S., NARAYANASWAMY, 1973. Haploid *Capsicum* sp. through experimental androgenesis. Protoplasma 78:467-470.

- GUNAY, A.L., P.S. RAO. 1978. *In vitro* plant regeneration from hypocotyl and cotyledon explants of red pepper (*Capsicum*). Plant Science Letters 11:365-372.
- HARLOD W., HOCKER Jr., 1984. Introducción a la Biología Forestal, AGT EDITOR, México.
- HARTMANN, H.T. Y D.E. KESTER 1987. Propagación de plantas. Principios y practicas, Ed. C.E.C.S.A., México.
- HEATH, O.V.S., 1970. The Physiological Aspects of Photosynthesis. Heineman Educ. Book. L.T.D., London. PP. 310.
- I.N.E.G.I., 1986. Síntesis geográfica del estado de Nuevo León. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y GEOGRAFIA E INFORMATICA. Secretaria de Programacion y Presupuesto, México, pp.1-170.
- KADISH, AMRAM. 1994. Domestication/Commercialization of Jojoba. 35th Annual Meeting of the society for Economic Botany, México.
- KIM-SOOHYUN; KIM-YOUNGHWAN; LEE-ZEE WON; KIM-BYUNG DONG; HA-KWONSOO. 1997. Analysis of chemical constituents in fruits of red pepper (*Capsicum annuum* L. cv. Bugang). Journal of the Korean Society for Horticultural Science 38 (4): 384-390.
- KOZLOWSKI, T.T., 1971. Growth and Development of Trees, Vols. I y II. Academic, Nueva York.
- KOZLOWSKY, T.T., 1972. Seed biology. Academic Press. New York.
- KRAMER, P.J. 1974. Relaciones Hidricas entre suelo y plantas. EDUTEX. México.

- LAPINSKAS, PETER. 1994. The Domestication of the evening primrose (*Oenothera* spp.). 35th Annual Meeting of the Society for Economic Botany, Mexico.
- LOPEZ N., N.L. 1994. Efecto de la sequía simulada sobre la germinación de maíz, y su relación con el comportamiento de la planta en maceta bajo condiciones de sequía. Tesis Inédita. I. T. E. S. M. Monterrey.
- LOPEZ, N., N.L. 1994. Efecto de la sequía simulada sobre la germinación de maíz y su relación con el comportamiento de la planta en maceta bajo condiciones de sequía. Tesis sin publicar. I.T.E.S.M. Monterrey, México.
- LUST JOHN. 1974. The Herb. Book. Ed. Bantam Book, New York,U.S.A. pp. 151-152.
- LYNCH, D.V., 1990. Chilling injury in plants: the relevance of membrane lipids. In E. Katterman, eds., Environmental Injury in Plants. Academic Press, San Diego, CA., pp.17-34.
- LYSENKO, A.I. and T.S.B. BUTKEVICH. 1981. *Capsicum* seed quality in relation to the degree of fruit maturity. Hort. Abast. 51:798. United States of America.
- MACDONLAD, G.E., B.J. BRECKE AND D.G. SHILLING, 1992. Factors affecting germination of dogfennel (*Eupatorium capillifolium*) and yankeeweed (*Eupatorium compositifolium*) Weed Science 40:(3):424-428.
- MAITI, R. K. 1986. morfología, crecimiento y desarrollo del sorgo. F.A.U.A.N.L. Marín. México.
- MAKINNEY, G. 1941. Absortion of lighth by clorophyll solutions. Journal Biol. Chem., 140: 315-332.

- McLAUGHLIN, STEVEN P., 1994. Domestication of *Hesperaloe*. Incentives and Progress 35th Annual Meeting of the Society for Economic Botany, Mexico.
- MENEGUES, F., L. CATTARUZZA, L. SCAGLIONI AND E. RAGG, 1992. Effects of oxygen level on metabolism and development of seedlings of *Trapa natans* and two ecologically related species. *Physiologia Plantarum* 86(1):168-172.
- MERCADO-JA; REID-MS; VALPUESTA-V; QUESADA-MA. 1997. Metabolic changes and susceptibility to chilling in *Capsicum annum* plants grown at suboptimal temperature 24(6): 759-767.
- MERCADO-JA; VINEGLA-B; QUESADA-MA. 1997. Effects of hand-pollination, paclobutrazol treatments, root temperature and genotype on pollen viability and seen fruit content of winter-grown pepper. *Journal of Horticultural Science* 72(6): 893-900.
- MILLER A; CHIU-HO TSAI; DEAN HEMPHILL; MATT ENDRES; STEVE RODERMEL AND MARTIN SPALDING. 1997. Elevated CO² effects during leaf ontogeny a new perspective on acclimatation. *Plant Physiology* 115(3): 1195-1200.
- MONTOVANI, E.C., R.F. DA SILVA, V.W.D. CASALI and A.R. CONDE. 1981. Development and physiological ripening of *Capsicum* seeds. *Hort. Abst.* 51:798. United States of America.
- MURASHIGE, T., F. SKOOG 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum* 15:473-497.
- MURUMKAR-DR; PATIL-PL. 1996. VAM- diazotrophs bell pepper symbiosis. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities* 21(3) 394-397.

- NABORS, M., S.E. GIBBS, C.S. BERNSTEIN, M.E. MEIS 1980. NaCl-tolerant tobacco plants from cultured cells. *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie* 97:13-17.
- NAIK-LB; HEBBAR-SS; DOIJODE-SD. 1997. Effect of fruit maturity on seed quality in *Capsicum* (*Capsicum annuum* L.). *Seed- Research*. 1996. 24 (2): 154-155.
- OCHOA-ALEJO, N., M.A.R. GARCIA-BAUTISTA, 1990. Morphogenetic responses in vitro of hypocotyl tissues of chili pepper (*Capsicum annuum* L.) to growth regulator 40(3):311-318.
- PALEG, L. G. y A. ASPINALL. 1981. the physiology and biochemistry of drought resistance in plants. Academic Press. Australia.
- PERL, M. and Z. FEDER. 1981. Improved seedling development of pepper seeds (*Capsicum annuum*) by seed treatment for pregermination activities. *Seed Sci. and Technol.* 9(2):655-663. United States of America.
- POLOWICK P:L.; V.K. SAWHNEY, 1985. Temperature effects on male fertility and flower and fruit development in *Capsicum annuum* L. *Sci Horti* 25:117-127.
- PRAKASH, AH.; K.S. RAU; M.U. KUMAR. 1997. Plant regeneration from protoplasts of *Capsicum annuum* L. cv. California Wonder. *Journal of Biosciences* 22(3): 339-344.
- QUAGLIOTTI, L. 1977. Effects of ripening stages of the berries and of storage within the fruits on viability of seeds in two varieties of pepper. Institute of Plant Breeding and Seed Production. University of Turin. Italy. In: Institut de la Recherche Agronomique. 1977. *Capsicum* 77 C.R. du 3 Congr. Eucarpia Genet Selection Pimient. Montftavet-Avignon, France. Pp.293-301.

- RANI-K; NATARAJAN-S; THAMBURAJ-S. 1996. Correlation and path analysis in chilli (*Capsicum annuum* L.). South Indian Horticulture 44:1-2, 8-11.
- ROJAS G.,M. 1979. Fisiología Vegetal Aplicada. Mc. Graw Hill. Mexico.
- RUDNICKI, R.M. AND E.KAUKOVIRTA, 1991. The influence of seed uniformity, GA and red light on germination and seedling emergence of *Nigella damascena* L Seed Science and technology 19 (3):597-603
- RZEDOWSKI, J. 1983. Vegetación de México. LIMUSA. México.
- SADOWSKA, A., M. NARKIEWICZ, J. REK AND P. GASOWSKI, 1991. Biuletyn-Instytutu-hodowli-aklimatyzacji-Roslin No 180:203-208
- SALDAÑA H., E. GPE. 1985. Promoción de la germinación de la semilla del chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum* Dunal) por medio de fitorreguladores. Tesis sin publicar. ITESM, Mty, N.L. México.
- SALISBURY, F.B.& C.W. ROSS 1985. Plant physiology. Wadsworth. Pables, Company, Belmont, Calif.
- SÁNCHEZ -BAYO, F. AND G.W. KING, 1994. Imbibition and germination of seeds of Three *Acacia* species from Ethiopia. South African Journal of Plant and Soil 11(1):20-25.
- SAWHNEY, V.K., 1983. The role of temperature and its relationship with gibberellic acid in the development of floral organs of tomato (*Lycopersicum esculentum* L.)
- SAXENA, P.K., R. GILL, A.RASHID, S.C. MAHESHWARI. 1981. Isolation and culture of protoplasts of *Capsicum annuum* L. and their regeneration into plants flowering in vitro. Protoplasma 108: 357-360.

- SHUFF T., J.F. THOMAS, 1993. Normal floral ontogeny and cool temperature-induced aberrant floral development in *Glycine max* (Fabaceae). *Am J Bot* 80: 429-448.
- SIBI, M., R. DUMAS DE VAULUX, D. CHAMBONNET. 1979. Obtention de plantes haploides par androgenese in vitro chez le piment (*Capsicum annuum* L.). *Annales l'Amelioration des Plantes* 29:583-606.
- TURNER, N.C., 1969. Stomatal resistance to transpiration in three contrasting canopies. *Crop Sci.* 9:303-307.
- VAZQUEZ, R.G. 1971. Inducción de resistencia a la sequía en trigo. Tesis Inédita. F.A.U.A.N.L. Monterrey. México.
- VERGARA, S., J.M. 1982. Estudio preliminar de la germinación en chile piquín (*Capsicum frutescens* L.) Monterrey, N.L., México. I.T.E.S.M. Tesis sin publicar.
- VIVES MADURELL, ELISEO. 1973. Cultivo del pimiento y de la berenjena. Editorial Sintesis, España.
- WOOT-TSUEN WU LEUNG. 1975. Tabla de composición de alimentos para uso en América Latina. Editorial Interamericana, México.
- WU-HEMING; ZHAO-HUALUN; SHE-JIANMING; DING-LIPING; SUN-JIEBO. 1996. Fertilization and embryogenesis of *Capsicum frutescens* X *C. chinense*. *Acta Horticulturae Sinica* 23(3): 246-249.
- ZÁRATE PEDROCHE, SERGIO. 1994. Antecedentes históricos, Arqueológicos y Etnobotánicos de los procesos de Domesticación de *Leucaena Benth.* 35th Annual Meeting of the Society for Economic Botany, México.

