



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
INSTITUTO DE BIOLOGÍA

DIFERENCIAS DE CRECIMIENTO DE *AMARANTHUS*  
*HYPOCHONDRIACUS* L. PROCEDENTE DE MILPAS Y  
CHILARES DE LA SIERRA NORTE DE PUEBLA.

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)**

P R E S E N T A

**DELIA CASTRO LARA**

DIRECTOR DE TESIS: DR. ROBERT BYE BOETTLER

MÉXICO, D.F.

FEBRERO, 2008



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **RECONOCIMIENTOS**

---

Al Posgrado en Ciencias Biológicas por darme la oportunidad de realizar y culminar mis estudios de Posgrado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada con número de registro 158238 para realizar los estudios de maestría.

A la Dirección General de Estudios de Posgrado (DGEP) por haberme favorecido con la beca complementaria otorgada durante los estudios de Posgrado.

Al Proyecto “Conservación de la diversidad genética y el mejoramiento de la productividad agrícola en México: una estrategia basada en el conocimiento del agricultor” (MILPA). Financiado por la Fundación Mcknight, mediante el Programa de Investigación Cooperativa de Cultivos, cuyos responsables fueron Dr. Robert Bye Boettler y Dr. Calvin Qualset y corresponsables Dr. Alfonso Delgado Salinas y Dr. Paul Gepts. Gracias por el financiamiento aportado para la realización del trabajo de campo.

A los miembros del Comité Tutoral por su apoyo profesional, orientación y las sugerencias al manuscrito final:

Dr. Robert Bye Boettler, Jardín Botánico, Instituto de Biología, UNAM.

Dr. Martín Ricker Reyman, Instituto de Biología, UNAM.

Dr. Alejandro Casas Fernández, Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM.

## **AGRADECIMIENTOS**

---

Al Dr. Robert Bye quién dirigió acertadamente esta tesis, por su amistad, orientación, respaldo y confianza, mil gracias.

Al Dr. Alejandro Casas, Dr. Martín Ricker, a la M. en C. Nelly Diego y al M. en C. Armando Gómez miembros del jurado examinador, por sus acertados comentarios y sugerencias en la revisión de la tesis.

Al M. en C. Francisco Basurto por haber revisado cuidadosamente el manuscrito de tesis, por las ideas aportadas, su apoyo y amistad.

Al Maestro Miguel Ángel Martínez Alfaro por haber compartido conmigo sus conocimientos y su amistad.

Al Biól. Roberto Alvarado por su enorme apoyo en el trabajo de campo en la Sierra Norte de Puebla y en el invernadero.

A Yoliliztli Juárez por su ayuda en las mediciones de la cosecha destructiva, gracias por pasar días de tus vacaciones midiendo y pesando amarantos.

A los productores Fernando Lucas en Tuxtla y Justiniano Plancarte en Zoateopan por rentar el terreno de las parcelas experimentales y hacerse cargo del cuidado de las mismas.

A las familias Santana Luna, Juárez Hernández y Galicia Santana, en Tuxtla y a la familia Plancarte Gómez y a Doña Austroberta en Zoateopan gracias por su hospitalidad y amistad que hicieron muy grata mi estancia en la zona de estudio.

A los productores de la Sierra Norte de Puebla por su enorme conocimiento y por la ayuda brindada.

A Martín Hilerio, Joel Rodríguez y Mauricio Silvestre, gracias por su alegría, por las charlas, las risas, las idas a comer, el café, pero sobre todo por su amistad.

A los profesores, compañeros y amigos del Jardín Botánico de la UNAM, que me han brindado su amistad y conocimientos durante todos estos años de convivencia: Francisco Basurto, Myrna Mendoza, Luz Ma. Mera, Olimpia Gaspar, David Martínez, Virginia Evangelista, Cristina Mapes, Araceli Díaz, Roberto Alvarado, Jorge Saldivar, Guadalupe Castellanos, Dolores Valadez y Eva Chávez.

**Para mis padres: Luz y Francisco**

**Para mis hermanos y hermanas**

**Para mis sobrinos**

## INDICE

---

### RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	4
2.1. Uso, manejo y aprovechamiento de <i>Amaranthus hypochondriacus</i> L. en milpas y chilares de la Sierra Norte de Puebla	4
2.2. Domesticación en plantas: un fenómeno evolutivo	11
3. OBJETIVOS E HIPOTESIS	16
4. AREAS DE ESTUDIO	17
4.1. Descripción y localización	17
4.1.1. Tuxtla	17
4.1.2. Zoatecpán	20
5. MATERIAL BIOLÓGICO	23
6. METODOLOGÍA	25
6.1. Etnobotánica	25
6.2. Experimental	27
6.2.1. Colecta de semillas	27
6.2.2. Siembra y diseño experimental	27
6.2.2.1. Parcelas <i>in situ</i>	28
6.2.2.2. Parcela <i>ex situ</i> bajo condiciones de invernadero	30
6.2.3. Muestreo y obtención de datos	32
6.2.4. Cosechas o muestreos destructivos	33
6.2.5. Análisis estadístico	34
7. RESULTADOS	35
7.1. Etnobotánica	35
7.2. Experimental	41
7.2.1. Mediciones mensuales	41
7.2.1.1. Altura	41
7.2.1.2. Cobertura	44
7.2.1.3. Fenología	47
7.2.2. Cosecha o muestreo destructivo	50
7.2.3. Efecto del ambiente y población en la biomasa	51

8. DISCUSIÓN	54
9. CONCLUSIONES	61
10. BIBLIOGRAFÍA	62
11. ANEXOS	70
Anexo 1. Cuestionario básico a contestar	70
Anexo 2. Matriz de datos de altura	72
Anexo 3. Matriz de datos de cobertura	75

## INDICE DE FIGURAS

1. Calendario agrícola del maíz	7
2. Calendario agrícola del chile	7
3. Localización de las zonas de estudio	18
4. Esquema metodológico	26
5. Diseño experimental de parcelas establecidas <i>in situ</i>	29
6. Diseño experimental de parcela <i>ex situ</i>	31
7. Altura de 2 tipos de <i>A. hypochondriacus</i> sembrados en milpa	42
8. Altura de amarantos sembrados chilar	43
9. Altura de amarantos sembrados invernadero	44
10. Cobertura de <i>A. hypochondriacus</i> sembrados en milpa	45
11. Cobertura de <i>A. hypochondriacus</i> sembrados en chilar	46
12. Cobertura de <i>A. hypochondriacus</i> sembrados en invernadero	47
13. Porcentaje de floración de amarantos sembrados en milpa	48
14. Porcentaje de floración de amarantos sembrados en chilar	49
15. Porcentaje de floración de QR sembrado en invernadero	49
16. Aspectos importantes de parcelas experimentales	52

## INDICE DE TABLAS

1. Características y parámetros ambientales de las localidades de estudio	22
2. Localización y parámetros ambientales de un invernadero del JB.	31
3. Respuestas a aspectos importantes de investigación	40
4. Variables medidas para la cosecha destructiva	50
5. Análisis de varianza de biomasa vegetativa y reproductiva	51

## **RESUMEN**

---

*Amaranthus hypochondriacus* L. (quintonil rojo) es un quelite altamente consumido por la gente de la Sierra Norte de Puebla (SNP), en donde crece asociado a cultivos de maíz (milpa) en altitudes altas y de chile (chilar) en altitudes bajas. Diversas investigaciones etnobotánicas han registrado que el etnotaxón “quintonil rojo” se desarrolla diferente en ambos tipos de agroecosistemas; las plantas que crecen en los chilares son más pequeñas que las que se desarrollan en la milpa. Este estudio prueba si el quintonil rojo de chilar es diferente del que crece en la milpa y si las diferentes estrategias de manejo han provocado ciertos atributos morfológicos y conducta fenológica. Por medio de parcelas experimentales *in situ* usando siembras recíprocas en las dos zonas y *ex situ* mediante un jardín común. También se realizó investigación etnobotánica por medio de entrevistas abiertas y observación participante para saber si los productores reconocen las diferencias entre los dos tipos de quintonil.

El diseño experimental aplicado a las parcelas fue de bloques al azar con 4 repeticiones, cada bloque o subparcela contenía 20 plantas de amaranto procedentes de milpas y 20 procedentes de chilares (tratamientos). Cada mes se midió altura de la planta, cobertura y estado fenológico. Cuando las plantas presentaron estructuras reproductivas, se cosecharon todas las plantas a las que se les midió longitud total, número de ramas primarias, distancia entre nudos, tamaño de la inflorescencia, diámetro del tallo y área foliar. Posteriormente, se separaron sus tallos, hojas, raíces e inflorescencias, se evaluó su peso seco, y los datos se sometieron a un análisis de varianza y prueba de separación de medias de Tukey. Se observaron diferencias significativas en todas las variables medidas entre las dos formas de “quintonil rojo” tanto en las siembras recíprocas como en la parcela de jardín común.

La estabilidad fenotípica, observada a través del mantenimiento de las diferencias en morfología y conducta fenológica de las plantas, sugiere que las diferencias entre la forma alta y baja de quintonil rojo tiene bases genéticas, que es el resultado de la selección humana bajo las diferentes estrategias de manejo practicadas por los campesinos en la SNP.



## ABSTRACT

---

*Amaranthus hypochondriacus* L. is a “quelite” (edible green) that is commonly consumed by inhabitants of the Mexican Sierra Norte de Puebla (SNP), where it is cultivated with maize at higher altitudes and with chile at the lower altitudes. Various ethnobotanical studies have shown that the ethnotaxon “quintonil rojo” develops differently in two different agroecosystems with the plants in the “chilares” (chile plots), being shorter than those in the “milpa” dominated by maize. This study tests whether the “quintonil rojo” of the “chilar” is different from that grown in the “milpa” where the different management strategies are applied. Measurements were made of certain morphological attributes and phenological behavior in experimental *in situ* plantings by using reciprocal test plots in the two zones and a common garden *ex situ* study. Also, ethnobotanical data were gathered related to the farmers’ awareness of these differences through open interviews and participant observations in the field. Each experiment consisted of random blocks with four repetitions. Each block or subparcel contained 20 plants from the “milpa” and 20 plants from the “chilar”. Each month, the following measurements were made: plant height, coverage, and phenological state. When all the plants developed the inflorescence, they were measured for total length, number of primary branches, internode lengths, inflorescence size, stem diameter, and leaf area. Afterwards, each plant was separated into the following components: stem, leaf, root and inflorescence in order to determine biomass assignment for each part of the plant. The data were submitted to analysis of variance and Tukey Test to determine the difference between each pair of means.

Significant differences in all measurements were observed between the two forms of “quintonil rojo” in the *in situ* reciprocal treatments and common garden plots. Phenotypic stability as seen in the maintenance of the differences in plant structure and phenological behavior suggests that the highland and lowland forms of “quintonil rojo” have a genetic basis that is the result of human selection under the different management strategies practiced by the farmers in SNP.

# 1. INTRODUCCIÓN

---

En México diferentes especies de amaranto han sido utilizadas como verdura desde épocas prehispánicas. Las fuentes históricas mencionan que esta planta formaba parte importante de la alimentación indígena e incluso ocupaba un lugar especial dentro de la economía, ya que su semilla se daba como tributo (Urbina, 1903; Hernández, 1959; Sahagún, 1989). Sin embargo, durante la conquista española las formas de producción indígena se sometieron a las europeas desplazando algunas plantas como el amaranto por otras de mayor valor de cambio en el mercado (Serna, 1953; Hernández, 1959; Torres, 1985; Velasco, 1990). A pesar de lo anterior, su cultivo y consumo ha permanecido hasta la actualidad formando parte importante de la dieta de varios grupos humanos en diferentes regiones del país (Bye, 1981; Casas *et al.*, 1987; Ávila *et al.*, 1993; Mapes, 1997).

En la Sierra Norte del estado de Puebla, una región biológica y culturalmente muy diversa (Miranda y Sharp, 1950; Rzedowski, 1978; García, 1987; Puig, 1991). El amaranto es muy apreciado como verdura tanto por mestizos como por indígenas (Mapes *et al.*, 1997). Se practica una agricultura tradicional bajo un esquema de cultivos múltiples en el que están asociadas las especies de *Amaranthus* también llamados “quintoniles” (Cruz, 1995; Martínez *et al.*, 1995; Basurto *et al.*, 1998b).

Dentro de los “quintoniles” sobresale el etnotaxón llamado “quintonil rojo” (*Amaranthus hypochondriacus* L.) en virtud de su alta aceptación por parte de la

gente, valor comercial, la frecuencia de su consumo, su amplia distribución en la región y su manejo (Alvarado *et al.*, 2000; Castro, 2000; Molina, 2000). Crece asociado a diferentes cultivos como milpas, chilares, frijolares, huertos familiares y parcelas con hortalizas; pero son principalmente las milpas de climas templados o “tierra fría” en altitudes altas, y los chilares de clima semicálido húmedo o “tierra caliente” en altitudes bajas, en donde se producen los amarantos destinados a la comercialización en diversos mercados de la región (Basurto *et al.*, 1998a).

Tanto en la investigación realizada por Mapes (1997) sobre etnobotánica del quintonil en milpas de “tierra fría” como en la desarrollada por Castro (2000) sobre la etnobotánica de cuatro especies de quelites en chilares de “tierra caliente”, se observó que *A. hypochondriacus* se desarrolla diferente en los dos sitios. En esos estudios se observó que las plantas que crecen en la milpa tienen mayor altura y biomasa que las que crecen en los chilares. También se encontró que el manejo que se da a las especies de quintoniles es diferente en ambos agroecosistemas. En las milpas, que se siembran en parcelas permanentes, las plantas de amaranto son dejadas en el terreno y sólo se cortan y pican con machete al término del ciclo agrícola, sin cosechar las semillas. Mientras que en los chilares no se acostumbra sembrar un mismo terreno por dos ciclos continuos, y en este caso las plantas productoras de semilla son seleccionadas por su tamaño pequeño, vigor y resistencia a plagas. Al final del ciclo agrícola, cuando las plantas llegan a su madurez fisiológica, son cosechadas y almacenadas en la casa del productor hasta el siguiente ciclo, en el cual son sembradas al voleo.

Se desconoce si las diferencias de tamaño y biomasa entre los dos fenotipos de quintonil rojo se deben a plasticidad fenotípica de la especie que se adapta tanto a condiciones ambientales distintas (tierra fría o tierra caliente) como a condiciones microclimáticas y de competencia intra e interespecífica diferentes para cada sistema de cultivo sea milpa o chilar. O si estas diferencias morfofisiológicas tienen un componente genético como resultado de la selección artificial regida por las diferentes estrategias de manejo practicadas por los productores.

En el presente trabajo se compararon y analizaron las diferencias morfológicas y de comportamiento fenológico entre los dos tipos de *Amaranthus hypochondriacus* para determinar si las diferencias entre ellos son plásticas o están determinadas genéticamente. Por medio de parcelas experimentales *in situ* usando siembras recíprocas en las dos zonas (chilares de tierra caliente y milpa de tierra fría) y parcelas *ex situ* mediante un jardín común.

Se partió de la premisa de que ambos fenotipos comparten un origen ancestral y que a lo largo del proceso de domesticación el ser humano ha modificado su estructura y comportamiento seleccionando dos tipos, adaptados a condiciones diferentes de hábitats y manejo diferentes (milpas y chilares).

## 2. ANTECEDENTES

---

### 2.1. USO, MANEJO Y APROVECHAMIENTO DE *AMARANTHUS HYPOCHONDRIACUS* L. EN MILPAS Y CHILARES DE LA SIERRA NORTE DE PUEBLA.

En México, los amarantos usados a manera de verdura reciben el nombre común de “quintoniles” y son una clase de quelites, término derivado de la palabra náhuatl “quilitl” (español “quelite”) utilizado para referirse a aquellas plantas herbáceas cuyas hojas y tallos tiernos son consumidos como verdura (Bye, 1981).

En la Sierra Norte del Estado de Puebla el amaranto es muy apreciado como verdura tanto por mestizos como por indígenas (Mapes, 1997; Basurto, 1998b; Castro, 2000; Molina, 2000; Alvarado, 2003). En esta región, los grupos humanos establecidos ahí desde tiempos precolombinos han desarrollado diversas estrategias de uso de los recursos naturales para satisfacer sus necesidades alimentarias. Se practica una agricultura tradicional de cultivos múltiples, en los que se asocia *A. hypochondriacus* L., también llamado “quintonil rojo”.

Los sistemas agrícolas en los que se desarrolla este quelite son milpas, chilares, frijolares, huertos familiares y parcelas con hortalizas, pero son principalmente las milpas de climas templados o “tierra fría” y los chilares de clima semicálido húmedo o de “tierra caliente” en donde se producen los amarantos destinados para venta en diversos mercados importantes en la región (Mapes, 1997; Basurto *et al.*, 1998b).

### 2.1.1. APROVECHAMIENTO

El destino de la producción de “quintoniles” tanto en milpas como en chilares es el autoabasto, venta en mercados locales o casa por casa, y para intercambio con los amigos y vecinos.

En la región de la Sierra Norte de Puebla las especies de amarantos utilizados como verduras se consumen en fresco, sin que se practique alguna forma de conservación. Se consumen en estadios de desarrollo temprano de la planta o de la parte utilizada. En los chilares no hay aprovechamiento de quintoniles como plántula ya que las personas comentan que al cocinarlos “no rinden”, ya que disminuyen en volumen y además se dice que “grandes tienen más sabor”. En esta zona las plantas de amaranto empiezan a ser aprovechadas cuando alcanzan una altura de 25 a 30 cm (Castro, 2000). Esto contrasta con lo que ocurre en las milpas de “tierra fría”, en donde las plántulas son muy apreciadas e incluso su costo en el mercado es mayor (Basurto *et al.*, 1998a).

En ambos agroecosistemas las especies de amaranto se aprovechan mediante el corte de ramas tiernas y retoños, lo que retrasa el desarrollo de estas plantas y las mantiene de un tamaño pequeño evitando así competencia con el cultivo. Este aprovechamiento se termina cuando las plantas presentan inflorescencias inmaduras (Castro *et al.*, 1998a).

Los quintoniles se consideran de naturaleza fría y consumirlos en exceso provoca disentería y dolores de estómago.

En los mercados regionales se encuentran a la venta los quintoniles durante todo el año, provenientes principalmente de milpas y chilares. Es en los mercados donde estas plantas son compradas en su mayoría por la población mestiza, y donde su costo está en función de la oferta y la demanda y del estadio de desarrollo de la planta.

El número de vendedores de estos quelites varía mes con mes, siendo mayor cuando el cultivo principal en el que se encuentran asociados, maíz o chile, es cosechado o se aplican las escardas (Basurto *et al.*, 1998a).

#### 2.1.2. MANEJO AGRICOLA

El amaranto se desarrolla en dos agroecosistemas; milpas y chilares, los cuales se manejan bajo un esquema de cultivos múltiples donde el maíz (*Zea mays* L.) y el chile (*Capsicum annuum* L.) son los cultivos principales y junto con ellos se desarrollan varias especies asociadas, tanto plantas domesticadas como arvenses útiles. Dentro de estas especies se encuentra *Amaranthus hypochondriacus*, “quintonil rojo”, llamado en nahuatl “chichilquilit” y en totonaco “caltunit”.

El cultivo de las milpas se da en un solo ciclo al año, del mes de enero cuando se prepara el terreno hasta noviembre-diciembre cuando se realiza la cosecha (Figura 1). En el caso de los chilares, se siembran dos ciclos al año, primavera-verano (mayo-octubre) y otoño- invierno (octubre - mayo) (Figura 2) (Basurto *et al.*, 1996; Castro, 1996).

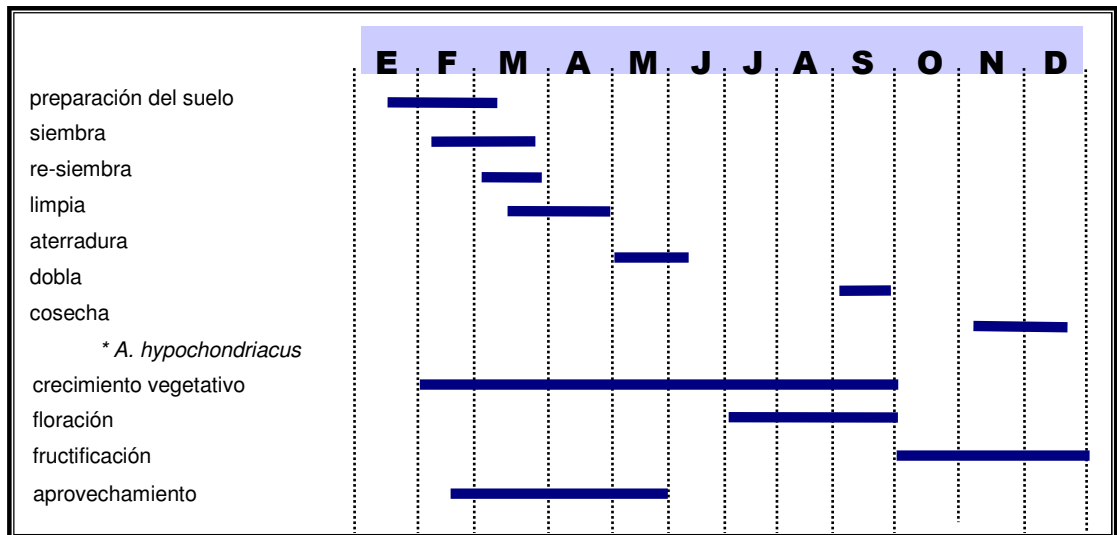


Figura 1. Calendario agrícola del maíz en tierra fría de la Sierra Norte de Puebla relacionado con la fenología de *A. hypochondriacus* (Mapes, 1997).

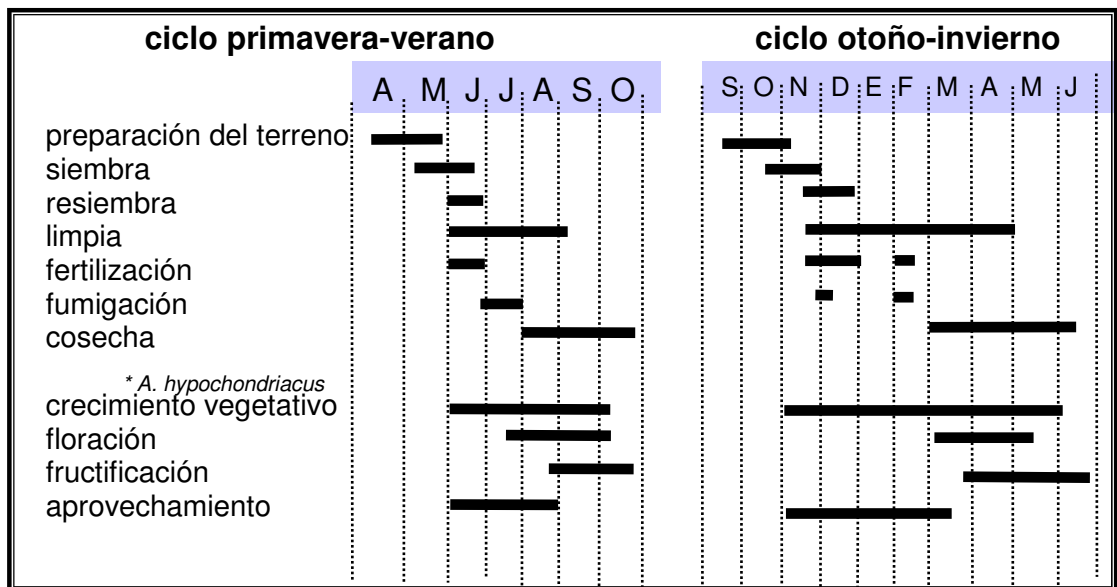


Figura 2. Calendario agrícola del chile de tierra caliente en la Sierra Norte de Puebla relacionado con la fenología de *A. hypochondriacus* (Castro, 2000).



El manejo que se da a las especies de “quintoniles” es diferente para milpas y chilares, determinado por la forma de uso del suelo. Las milpas se siembran en parcelas permanentes y los chilares se siembran en terrenos que se han mantenido en barbecho por dos o tres años y luego desmontados y quemados. Por lo anterior, en las milpas, el quintonil es manejado como arvense fomentada ya que los productores aumentan su densidad de población dejando en el terreno de cultivo algunos individuos con el fin de que alcancen la madurez fisiológica, mismos que serán las plantas progenitoras que se cortarán y picarán con machete al inicio de un nuevo ciclo agrícola, sin cosecha de semilla (Mapes, 1997; Castro, 2000)

En los chilares, si se cosecha la semilla de quintonil ya que no se acostumbra sembrar en un mismo terreno por dos ciclos continuos. Las plantas productoras de semilla son seleccionadas por el productor por su talla pequeña, resistencia a plagas y enfermedades y son dejadas en pie hasta el final del ciclo agrícola, momento en el que son arrancadas, transportadas y almacenadas en la casa del productor hasta por tres años. Generalmente se observan los manojos colgados en el techo de las casas, listos para ser sembrados en el siguiente ciclo agrícola, momento en que las semillas son sembradas al voleo, antes de sembrar el chile, por lo que prácticamente en este agroecosistema los quintoniles se manejan como un cultivo (Castro, 2000).

Los productores refieren varias razones por las que se siembra primeramente la semilla de quintonil y de otros quelites (Castro, 2000):

1. Para que se asienten en la tierra las semillas se pisan, mientras se siembra el chile, así se evita que las hormigas y otros animales consuman las semillas de quintoniles.
2. Para que las plantas de quintonil crezcan distribuidas en todo el terreno.
3. Para evitar que una vez sembrado el chile alguna de estas semillas caiga en el orificio de siembra, provocando competencia entre ambos.

De las prácticas agrícolas aplicadas a ambos cultivos los deshierbes o “limpías” son de suma importancia para el desarrollo y permanencia de los quintoniles en las parcelas. En las milpas las “limpías” se realizan con azadón mientras que para los chilares los deshierbes se realizan de manera más selectiva, en forma manual, seleccionando planta por planta, dejando en el terreno de cultivo sólo especies útiles. Durante la ejecución de esta práctica en ambos sistemas de cultivo, existe una actitud consciente del agricultor para no eliminar los quintoniles mientras se considera que no compiten con el cultivo principal, sea maíz o chile, ya que son eliminados solamente aquellos que se ubican muy cerca de la mata de chile o maíz, dejando los que se localizan en medio de los surcos. Cuando se encuentra un conglomerado o manchón de quintoniles en el chilar, algunos de estos individuos son retirados de raíz, para evitar competencia entre ellos (Castro, 1999).

En las milpas, los quintoniles se observan creciendo generalmente como manchones o conglomerados dentro de la parcela de cultivo mientras que en los chilares su distribución es más uniforme (Castro *et al.*, 1998b, Castro, 2000).

La densidad de amarantos en milpas y chilares es diferente al inicio del ciclo agrícola de ambos cultivos: en las milpas la densidad de amarantos puede ser tan alta como 62 ind/m<sup>2</sup> en contraste con los chilares, en donde se contabilizó una densidad de 6 individuos/m<sup>2</sup> (Castro *et al.*, 1998b).

Estas densidades disminuyen conforme avanza el ciclo agrícola del chile y del maíz, ya que el quintonil es eliminado, ya sea por cosecha o por escardas antes de la fructificación del cultivo principal; de tal forma que cuando ambos cultivos comienzan a florecer y fructificar, la cantidad de quintonil por unidad de área se abate permaneciendo en las parcelas de cultivo solamente las plantas de quintonil que producirán semilla para el próximo ciclo agrícola.

La presencia de amarantos dentro de ambos sistemas de cultivo, milpas y chilares, no representa una competencia real para el cultivo principal pues son cosechados y consumidos antes de que éste fructifique. Además proporcionan un mejor uso del espacio temporal y espacial, imitando patrones ecológicos naturales con una mayor utilización de nutrientes, obteniendo cosechas de productos diferentes en un mismo terreno de cultivo a lo largo del ciclo agrícola y representan una alternativa de producción en caso que el cultivo principal no fructifique (Castro *et al.*, 1999).

Las diferentes fechas de siembra y colecta de amaranto a lo largo del año, en los dos agroecosistemas estudiados permiten que estos productos se encuentren a la venta en los mercados regionales durante todo el año (complementariedad estacional), proporcionando ingresos económicos a la familia campesina, así como variedad y complemento a la dieta de grupos indígenas y mestizos de la Sierra Norte de Puebla (Basurto *et al.*, 1998; Castro, 2000).

## 2.2. DOMESTICACIÓN EN PLANTAS: UN PROCESO EVOLUTIVO

La evolución de los seres vivos es el proceso de cambio de las frecuencias génicas de las poblaciones que constituyen una especie (Dobzhansky, 1975). Se entiende por domesticación a la capacidad de modificar la estructura genética de las plantas o animales mediante la selección artificial, en el cual la fuerza transformadora dominante es la selección humana (Colunga, 1984; Casas, 1992). Las fuentes primordiales de variación son la mutación génica, la mutación cromosómica y la combinación genética debida a la reproducción sexual. Dichos cambios se ven reflejados en la morfología, fisiología y relaciones de las plantas con el medio, que son fijadas genéticamente.

Bajo este contexto, solo es posible entender la evolución de las plantas domesticadas si se estudia su relación con los humanos, pues la selección artificial ha determinado su estado actual.

De Candolle (1959, [1883]) fue el primer autor en estudiar sistemáticamente el origen de las plantas domesticadas. Este autor señaló que la selección artificial

representaba una parte importante en el origen de las plantas domesticadas, remarcando que fue la selección de especies, más que la elección de variantes, el evento que determinó el inicio de la agricultura.

Darwin en 1859 apoyó gran parte de su teoría evolutiva en el estudio del proceso de selección artificial de numerosas especies de animales y vegetales domesticados (Darwin, 1980, 1998 [1868]). En su tratado sobre el origen de las especies, define una selección artificial inconsciente, la cual se lleva a cabo sin intención alguna y desde un punto de vista estricto sólo preserva las especies útiles sin ningún tipo de consideración futura, también señala la existencia de una selección artificial consciente o metódica que se lleva a cabo con una intención previa de modificar el recurso a largo plazo.

Diversos autores (Schwanitz, 1966; Harlan 1975; De Wet y Harlan, 1975; Hawkes, 1983) consideran a la domesticación como un proceso evolutivo que opera bajo la influencia humana, en el cual el hombre a partir de la manipulación de las poblaciones vegetales las modifica a tal grado que éstas dependen de la intervención directa y consciente del ser humano para su reproducción. Algunos autores (Rindos, 1984; Bye, 1985, 1993) la definen como un proceso coevolutivo en donde las plantas divergen de su acervo genético original y al mismo tiempo establecen relaciones simbióticas con el organismo que las explota. Este proceso por lo tanto se relaciona siempre con el entorno ecológico, la flora presente, las formas de uso del material producido y las necesidades y adaptabilidad cultural del hombre (Hernández X., 1998).

En general la selección natural y artificial opera bajo principios similares, pues actúa sobre variabilidad derivada de mutaciones genéticas y recombinaciones. La selección favorece algunos genes y desfavorece a otros (Hawkes, 1983).

Las presiones de selección artificial se han ejercido de acuerdo con los deseos individuales de cada productor y han actuado en cada una de las etapas del ciclo de vida de la planta; en muchos casos han coincidido en la misma dirección, lo que ha producido un reforzamiento del cambio en cada atributo u órgano seleccionado (Harlan *et al.*, 1973; Harlan, 1975). Eso condujo a formas graduales que difirieron cada vez más de sus progenitores silvestres hasta que se llegó a aquellas formas vegetales, que requieren de la atención continua del hombre para su sobrevivencia en casi todo su ciclo de vida (Harlan, 1975). Estas actividades estuvieron ligadas a la creación de un ambiente artificial, en el cual la especie de interés se protegió de los depredadores y obtuvo ventaja en relación con sus competidores y donde se facilitó el suministro de nutrimentos y la aplicación de las nuevas presiones de selección (Clark, 1977).

Es importante señalar que las variantes silvestres actuales no se consideran propiamente los progenitores de las plantas domesticadas, sino a lo sumo, variantes emparentadas, como lo aclaró Vavilov (1949-50). En los trabajos modernos en los que aborda el proceso de domesticación, se supone que los requerimientos ecológicos para el crecimiento de los ancestros originales son semejantes a aquellos de los prototipos silvestres contemporáneos (Hawkes,

1969), de tal forma que el estudio de los parientes silvestres permite vislumbrar el proceso evolutivo de las plantas domesticadas.

Muchos autores han escrito sobre el proceso de domesticación y con base en numerosos estudios realizados al respecto se ha definido un conjunto de rasgos morfológicos y fisiológicos que conforman el llamado síndrome de domesticación (Harlan *et al.*, 1973; Hawkes, 1983). Este síndrome caracteriza a las plantas domesticadas y las diferencia de las silvestres. En particular Hawkes (1983) propone los siguientes aspectos principales de este síndrome.

1.- Reducción en la capacidad competitiva. Las especies domesticadas muestran una marcada preferencia por hábitats continuamente perturbados por el hombre, en donde la competencia interespecífica es reducida.

2.- Gigantismo, aumento en el tamaño de las partes útiles de la planta. En algunas ocasiones el gigantismo también se presenta en partes no útiles, esto se debe al efecto de genes pleiotrópicos (cuando un solo gen afecta a un conjunto de características)

3.- Aumento de la variabilidad morfológica. A partir de las distintas rutas de selección que el hombre ha seguido, éste ha creado un gran número de formas cultivadas, incrementando la variabilidad morfológica intraespecífica.

4.- Amplia adaptación fisiológica. Es el resultado de la introducción de plantas domesticadas a ambientes alejados de su centro de origen, en donde presiones de selección natural (suelo, clima, etc.) y artificial (prácticas agrícolas) dan como resultado su adaptación a hábitats distintos a los originales.

5.- Pérdida de mecanismos naturales de dispersión. La selección en este sentido ha sido dirigida a evitar la pérdida por dispersión de las estructuras reproductivas con lo que facilita la cosecha de las partes de interés para el hombre.

6.- Pérdida de mecanismos naturales de protección. En muchas ocasiones, al seleccionar el hombre características que satisfacen sus necesidades, ha eliminado otras que tenían una función de protección a la planta, pero que para el hombre representaban problemas (sabores fuertes, poco agradables, presencia de espinas, etc.).

7.- Cambio de hábito. Puede hablarse de dos tendencias; una en donde se presenta la reducción del número de ramas, lo cual facilita la manipulación de las plantas , así como el cambio de formas perennes a anuales.

8.- Germinación rápida y homogénea. Se han eliminado los mecanismos de letargo típico en especies silvestres con el fin de asegurar una velocidad homogénea en la germinación.

9.- Mecanismos de autogamia. Dan como resultado la reducción de la variabilidad genética dentro de las poblaciones y por lo tanto la uniformidad de los cultivos.

Sin embargo estas modificaciones pueden no manifestarse en el mismo grado en todas las variedades y especies de plantas domesticadas, y no siempre son claramente discernibles en aquellas plantas que están en etapas incipientes o incluso intermedias en el proceso de domesticación (Casas *et al.*, 1997).



### **3. OBJETIVO GENERAL**

---

Documentar las posibles diferencias morfológicas y de comportamiento entre poblaciones de *Amaranthus hypochondriacus* L. procedentes de milpas y de chilares y analizar su posible relación con el manejo humano.

#### **OBJETIVO PARTICULARES**

Determinar si el productor reconoce diferencias morfológicas entre los amarantos de los sitios estudiados.

Evaluar las diferencias en cuanto a altura, cobertura, comportamiento fenológico, distancia entre nudos, número de ramas primarias, tamaño de la inflorescencia, área foliar y del tallo, biomasa total y por estructuras de los dos fenotipos de amaranto; procedente de milpa y de chilares.

#### **HIPÓTESIS**

---

Si los mecanismos de selección, manejo y hábitat han influido en la evolución de *Amaranthus hypochondriacus* seleccionándolo para dos agroecosistemas en zonas climáticas distintas, entonces se espera que se mantengan las diferencias en la morfología y comportamiento fenológico en las siembras recíprocas y en el jardín común.

## **4. AREAS DE ESTUDIO**

---

El trabajo se realizó en dos localidades ubicadas en la Sierra Norte del estado de Puebla (Figura 3, Tabla 1). Tuxtla, comunidad totonaca, que pertenece al municipio de Zapotitlán de Méndez ubicado en la zona denominada por los pobladores “tierra caliente” donde los principales cultivos son milpas, cafetales y chilares, siendo en estos últimos donde se producen los amarantos. Zoateopan dependiente del municipio de Xochitlan de Vicente Suárez, de filiación náhuatl, se localiza en la parte oriental de la Sierra Norte de Puebla en la zona llamada “tierra fría”, donde se cultiva principalmente maíz en asociación con diversas especies de frijol, es en este agroecosistema donde se desarrollan los amarantos.

### **4.1. DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN**

#### **4.1.1. TUXTLA**

Tuxtla es una comunidad con filiación totonaca perteneciente a la Sierra Norte de Puebla, cuyo municipio es Zapotitlán de Méndez. Se ubica en una ladera cuyo territorio presenta pendientes muy pronunciadas que van de 40 a 90% de inclinación, sus coordenadas son 19°59'48" latitud norte y 97°39'09" longitud oeste (Figura 3). Limita al norte con el municipio de Ixtepec, al sur con el municipio de Xochitlán de Vicente Suárez; teniendo como lindero el río Zempoala, hacia el este con San Miguel Atlequizayan y en dirección oeste el pueblo de Nanacatlán perteneciente también al municipio de Zapotitlán de Méndez.

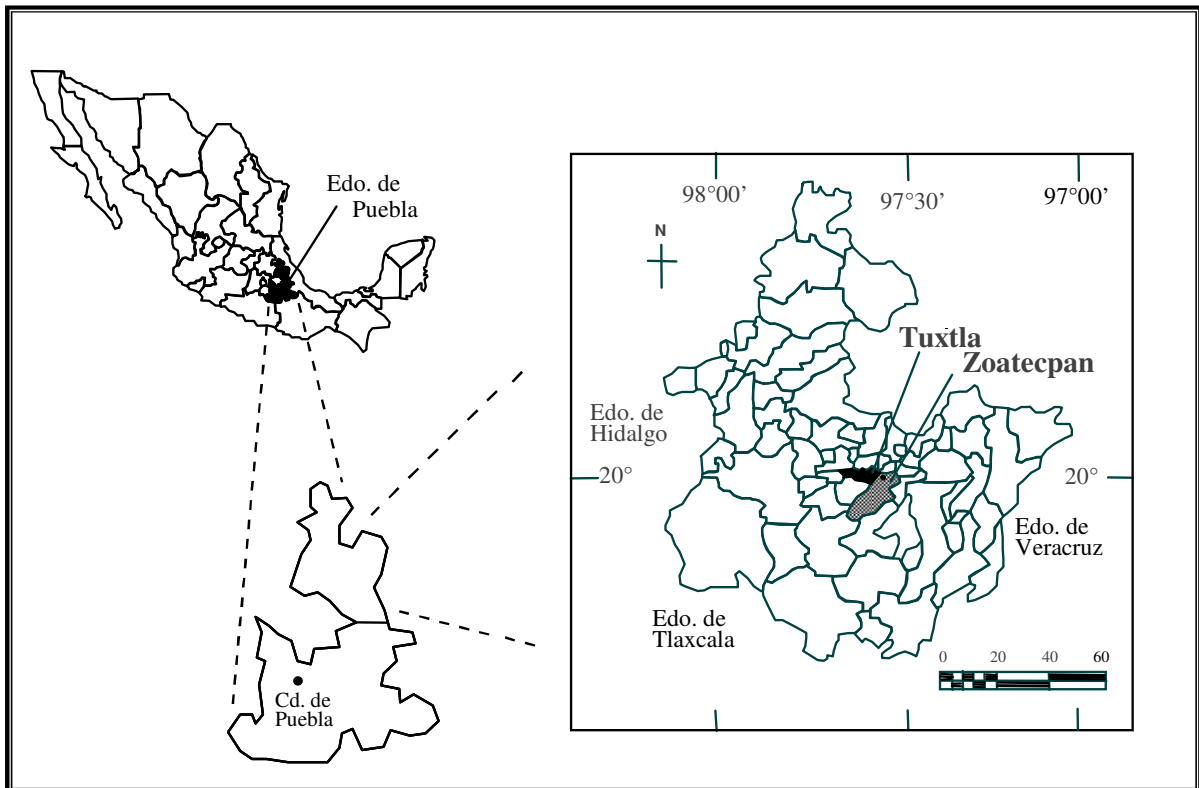


Figura 3. Localización de las zonas de estudio

El asentamiento poblacional está congregado a los 900 m sin embargo, las personas se mueven dentro de un gradiente altitudinal que va de los 600 a 1200 m distinguiendo dos áreas climáticas denominadas tierra caliente y tierra fría. La primera se ubica en el rango de 600 a 900 m y la segunda de los 900 a 1200 m.

Cuenta con 2058 habitantes y una superficie territorial de 9.4 km<sup>2</sup>, se cuenta con energía eléctrica, agua potable, no hay drenaje. La principal actividad económica es la agricultura y es frecuente la migración temporal a Texcoco en el Estado de México, en donde se emplean en el cultivo de flores y en la confección de adornos florales para iglesias y eventos festivos.

Tuxtla se ubica en el sector oriental de la provincia morfotectónica de la Sierra Madre Oriental, particularmente en la parte suroriental de esta provincia, está constituida principalmente por cuerpos de rocas sedimentarias marinas del Jurásico y Cretácico, que forman cordilleras intrincadamente plegadas, separadas por cuencas intermontanas alargadas, ocupadas por secuencias sedimentarias continentales del Paleozoico (Ferrusquia, 1998). Entre las rocas sedimentarias predominan las calizas, en segundo término las areniscas y finalmente las lutitas. Las rocas ígneas son poco comunes (Anónimo, 1987).

Los tipos de suelos que se presentan dentro de la zona de estudio son los Regosoles eútricos y Cambisoles eútricos (Anónimo, 1987).

El tipo de clima es (A) C (fm) semicálido húmedo del grupo C. Según datos meteorológicos de la estación climatológica más cercana ubicada en la cabecera municipal, Zapotitlán de Méndez, reportados por García (1981) la temperatura para el municipio fluctúa de 18 a 25 °C con una media anual de 22 °C y una precipitación anual de 2100.6 mm.

La gran variabilidad climática y la irregularidad de la topografía características de la Sierra Norte de Puebla, determinan importantes gradientes de vegetación típicos de laderas montañosas húmedas.

Tuxtla se encuentra en una zona transicional dentro del gradiente mencionado, en donde se encuentran especies de bosque mesófilo de montaña y bosque tropical perennifolio (Rzedowski, 1978). Estos tipos de vegetación se

observan en pequeños manchones, con superficie reducida y en terrenos inaccesibles.

Puede observarse la gran influencia que el hombre ha tenido sobre la vegetación natural, debido tal vez al aumento de la población y en consecuencia a un requerimiento cada vez mayor de espacios para viviendas y a una apropiación de la naturaleza para satisfacer requerimientos de tipo nutricional y económico.

Esta influencia se refleja en una vegetación que consiste en un mosaico conformado por diferentes comunidades vegetales. De tipo natural o primario, vegetación secundaria (acahuales) en diversas fases sucesionales y agroecosistemas generados por el hombre, no menos complejos que los ecosistemas naturales. Los agroecosistemas que ocupan una mayor superficie son chilares, milpas y cafetales con sombra diversificada. Los de menor extensión son cacahuatales, frijolares, tomatales y jicamales, todos ellos distribuidos dentro de un gradiente altitudinal y cultivados mediante un manejo tradicional, bajo un esquema de cultivos múltiples, donde la asociación de las plantas se da en tiempo y espacio, con coexistencia de especies domesticadas, inducidas, toleradas y silvestres, la mayoría de ellas con alguna utilidad para el hombre.

#### **4.1.2. ZOATECPAN**

Zoatecpán es una comunidad de origen náhuatl perteneciente al municipio de Xochitlán de Vicente Suárez y al Distrito de Zacapoaxtla en la Sierra Norte de Puebla. Es un poblado disperso con 2000 habitantes. Geográficamente se localiza en las coordenadas 19° 56' 00" latitud Norte y 97° 37' 15" longitud Oeste (Figura 3)

Las poblaciones con las que limita son: al Norte con la comunidad de San Rafael Axolotla (perteneciente al municipio de Nauzontla), al Sur con Xocoyalapa (perteneciente a la comunidad de Huahuaxtla); al Oeste con Xochitlán (cabecera municipal de Zoatecpán) y al Este con “La Cumbre” (municipio de Zacapoaxtla)

Esta comunidad se ubica en un valle orientado en un eje Este-Oeste, rodeado por cerros que se elevan de 250 a 300 m desde el nivel del valle, que alcanzan pendientes de hasta 40° o 45°. Se encuentra en las cañadas de los ríos Apulco y Ateno, cuyas laderas presentan pendientes de hasta 60° o más.

Las cotas altitudinales de Zoatecpán son de 1500 a 1800 m, aunque el municipio se extiende por debajo de los 800 m.

La mayor autoridad en esta localidad es el juez de paz, se cuenta con energía eléctrica, no hay drenaje y en algunas zonas del pueblo hay agua potable.

Las principales actividades económicas son la agricultura mediante el cultivo de maíz, frijol y papa, elaboración de artesanías (bordado y manufactura de blusas tradicionales, tejidos de fajas con telar de cintura) que son realizadas principalmente por mujeres; los hombres se emplean también como jornaleros agrícolas y es frecuente la migración temporal a las ciudades de Puebla o de México para emplearse principalmente en los sectores de servicios y de la construcción.

En el área de Zoatecpán predominan las rocas calizas, lutitas, areniscas y limolitas del Jurásico medio y superior, así como calizas del Cretácico, con afloramientos de tobas ácidas del Cuaternario (Anónimo, 1983; Anónimo, 1984)

Los suelos en esta localidad se clasifican según la FAO como Cambisoles, Regosoles, Andosoles y Litosoles (Anónimo, 1987).

De acuerdo con la clasificación de Kopen, modificada por García (1981) La comunidad de Zoatecpán se encuentra localizada en la zona de transición entre los climas pertenecientes al grupo C templado-húmedo y al subgrupo A(C) semicálido-húmedo con precipitación media anual entre 2000 a 2500 mm aproximadamente y una temperatura media anual entre 12°C y 18°C.

Con respecto al tipo de vegetación presente en Zoatecpán se encuentra el Bosque Mésófilo de Montaña, Bosque de Pino y Encino.

En la siguiente tabla se sintetizan las características de las localidades de estudio

Localidad	Filiación	Coordenadas	Altitud	T.	Precipitación	Vegetación	Clima
Tuxtla	totonaca	19°59' 48" N 97°39' 09" O	900 m	22°C	2100 mm	Bosque mesófilo y Bosque tropical perennifolio	(A)C(fm) semicálido húmedo del grupo C
Zoatecpán	nahuatl	19°56' 00" N 97°37' 15" O	1550 m	18°C	2500 mm	Bosque mesófilo y Bosque de pino encino	C(fm) y (A)C(fm) templado húmedo y semicálido húmedo del grupo C

Tabla 1. Características y parámetros ambientales de las localidades de estudio.

## 5. MATERIAL BIOLÓGICO

---

Las semillas de amaranto utilizadas en este estudio corresponden a la especie *Amaranthus hypochondriacus* L. este quelite, es altamente aceptado por la población en la Sierra Norte de Puebla y se le da el nombre de quintonil rojo o “chichilquilit” en náhuatl y “caltunit” en totonaco (Caballero, 1984; Villaseñor, 1988; Villalobos, 1994; Alvarado, 2000; Castro, 2000, Molina, 2000).

En México desde antes de la conquista se recolectaban hojas y semillas de plantas silvestres de amaranto para usos alimenticios. De acuerdo con Sauer (1950) la especie *A. hypochondriacus* es originaria de México y fue de suma importancia durante el imperio Azteca, por ser productora de semilla y por el uso ceremonial que tenía.

*Amaranthus hypochondriacus* pertenece a la familia Amaranthaceae. La descripción de la especie esta basada en Grubben y Van Sloten (1981).

**Plantas** anuales, herbáceas. **Tallo** simple o ramificado, de hasta 3 m de altura. **Hojas** simples, alternas, elípticas u ovado-oblongas; ápice agudo acuminado; base cuneada o aguda. **Inflorescencia** erecta y espinosa de hasta 1 m de largo y de color verde, rosado, rojo, y púrpura, con espigas y panículas laterales; brácteas largas y puntiagudas mayores que el utrículo. **Flores** perfectas, pentámeras, tépalos ligeramente curvados. **Semillas** de color blanco, dorado, café y negro.



El género *Amaranthus* tiene una amplia distribución y ha sido cultivado en ambientes muy variables que van de tropicales a semiáridos. Tradicionalmente el amaranto ha sido sembrado en regiones comprendidas entre el ecuador y 30° de latitud, pero también en latitudes mayores dependiendo de la especie (N.R.C., 1984). En nuestro país el amaranto se distribuye en un rango muy amplio desde los 16° a los 28° norte (Reyna, 1986).

El quintonil consumido como verdura proporciona porcentajes importantes de proteína, vitaminas A y B (riboflavina) y minerales esenciales como el hierro, así también su contenido de calcio y potasio es alto. Además pueden proporcionar grandes cantidades de fibra, que puede necesitarse o no dependiendo de otros componentes de la dieta (Sánchez- Marroquin *et al.*, 1986; Bourges *et al.*, 1996). Desde el punto de vista alimentario, los quintoniles forman parte de la llamada dieta complementaria que junto con la dieta básica conforman el patrón alimenticio de gran parte de la población rural mexicana e incluso en muchas ocasiones llegan a constituir el plato fuerte de la comida rural (Molina, 2000; Alvarado, 2003).

## 6. METODOLOGÍA

---

Para el desarrollo de la presente investigación se siguió una metodología etnobotánica y experimental (Figura 4).

### 6.1. FASE ETNOBOTANICA

Si bien ya se cuenta con la información etnobotánica acerca del uso, manejo y aprovechamiento de *Amaranthus hypochondriacus* en milpas y chilares de la Sierra Norte de Puebla (Mapes, 1997; Castro, 2000), se realizó investigación etnobotánica adicional en las dos comunidades de estudio Tuxtla y Zoatecpan. A través de entrevistas abiertas y dirigidas (Cotton, 1996; Martín, 1995), teniendo en mente un cuadro de preguntas básicas a contestar (Anexo 1), se entrevistaron mensualmente un total de 40 unidades familiares, 20 para cada comunidad. La interacción con ellos se realizó en sus casas y en los campos de cultivo, tratando de no interrumpir sus actividades. Las personas entrevistadas fueron hombres y mujeres; tanto amas de casa como productores, vendedores de quelites y personas de mayor edad. En algunas ocasiones las entrevistas se llevaron a cabo mediante la ayuda de un interprete, quién era una persona de la misma localidad, principalmente con personas de edad avanzada y algunas amas de casa que no hablaban español.

Mediante las entrevistas realizadas, recorridos de campo y observación participante se indagó sobre el conocimiento que los pobladores tienen sobre los tipos de amaranto tanto de milpa, como de chilar y si existen y reconocen las diferencias entre ellos en cuanto a tamaño, forma, color y sabor.

# METODOLOGIA

- A) ETNOBOTANICA:** Entrevistas abiertas, recorridos de campo, observación participante  
**B) EXPERIMENTAL**

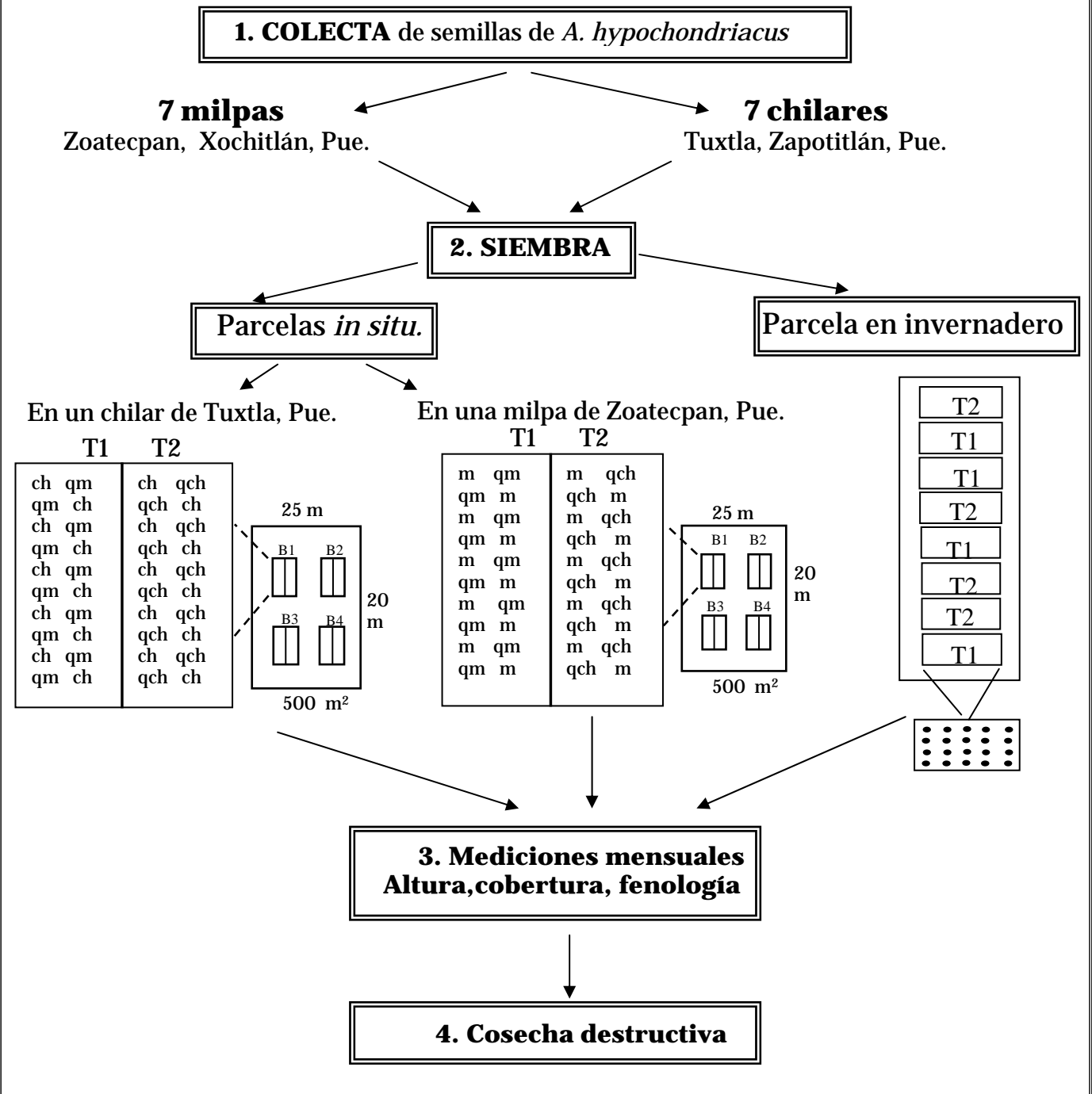


Figura 4. Esquema metodológico

T1-quintonil procedente de milpa (qm), T2-quintonil de chilar (qch), ch- chile, m-maíz.

## 6.2. FASE EXPERIMENTAL

Se comparó el crecimiento de plantas de *A. hypochondriacus* derivadas a partir de semillas procedentes de milpas y chilares bajo condiciones de campo e invernadero. Para lo cual se desarrollaron las siguientes acciones.

### 6.2.1. COLECTA DE SEMILLAS

Se colectaron semillas de *A. hypochondriacus* (“quintonil rojo”) en dos sitios diferentes, ubicados en la Sierra Norte de Puebla: Siete milpas de la comunidad de Zoatecpán (1500 m), perteneciente al municipio de Xochitlán de Vicente Suárez y siete chilares de la población de Tuxtla (800 m) en el municipio de Zapotitlán de Méndez.

Las semillas fueron depositadas en bolsas de papel estraza y trasladadas al laboratorio (Jardín Botánico de la UNAM), en donde se procedió a separar la semilla de la inflorescencia (limpia de la semilla). Posteriormente fueron almacenadas en un lugar fresco y seco a temperatura ambiente.

Se colectaron ejemplares de herbario como respaldo de cada una de las poblaciones muestreadas; estos ejemplares fueron depositados en el Herbario Nacional (MEXU).

### 6.2.2. SIEMBRA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizó la siembra de los materiales colectados en tres parcelas experimentales: dos establecidas *in situ* (Sierra Norte de Puebla) y una *ex situ* bajo condiciones de invernadero (Jardín Botánico de la UNAM).

#### 6.2.2.1. PARCELAS *IN SITU*

1ª parcela.- En la comunidad de Tuxtla, Zapotitlán de Méndez, Puebla se estableció una parcela experimental cuya superficie fue de 500 m<sup>2</sup> (20 m x 25 m) en un chilar. Esta siembra se realizó en el ciclo agrícola primavera-verano (mayo-noviembre de 2001) bajo un diseño experimental de bloques al azar con 2 tratamientos y 4 repeticiones (Figura 5).

En cada bloque se establecieron 10 plantas de amaranto o quintonil procedente de milpas (qm) y 10 plantas de quintonil procedente de chilares (qch). Se colocaron de 5 a 8 semillas de amaranto por punto, alternando una planta de chile y una de amaranto por surco. Una vez que emergieron las plántulas se seleccionó aquella con mejor apariencia y vigor para lo cual se realizó un aclareo dejando una planta por punto, el resto fue eliminado.

Para la siembra de esta parcela experimental se utilizó semilla de chile obtenida con productores locales. Se rentaron terrenos a personas conocidas y se hizo empleo de la mano de obra local para las labores agrícolas, las cuales se apegaron a los métodos tradicionales de la zona y cultivo.

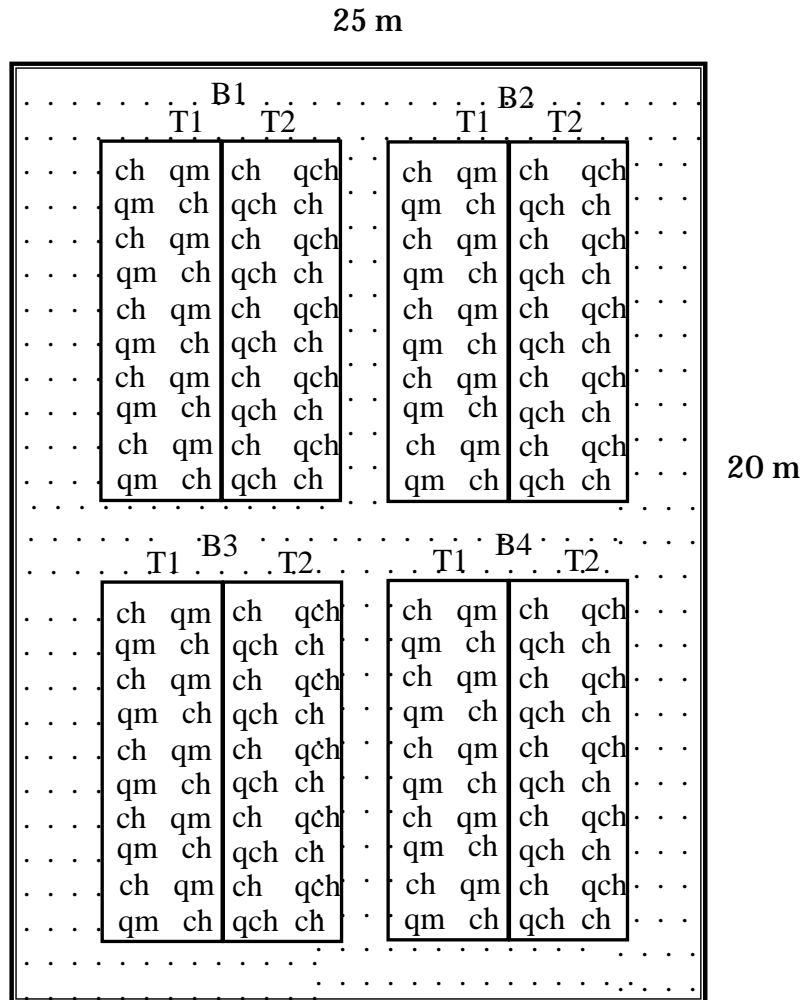


Figura 5. Diseño de la parcelas experimentales establecidas *in situ*. (B) bloques, (T) tratamientos, qm quintonil de milpa, qch quintonil de chilar, ch cultivo de chile/milpa.

2a.- La segunda parcela fue establecida en una milpa de la comunidad de Zoatecpan, perteneciente al municipio de Xochitlán de Vicente Suárez, del mes de enero a diciembre de 2002 y contó con una superficie de 500 m<sup>2</sup> (20 m x 25 m) el diseño experimental aplicado a la parcela fue de bloques al azar con 2 tratamientos y 4 repeticiones (Figura 5)

Al igual que en la parcela establecida en un chilar, los tratamientos aplicados fueron 2 (quintonil procedente de milpa y quintonil procedente de chilar) en cada bloque se establecieron 10 plantas de cada tratamiento alternando una planta de quintonil y una de maíz con una distancia entre puntos y surcos de 1 m.

En cada punto se introdujeron de 5 a 8 semillas de quintonil, una vez que germinaron se realizó un aclareo, dejando solamente una planta por punto.

El terreno de la parcela fue rentado a personas conocidas, mismas que proporcionaron la semilla de maíz y realizaron las labores agrícolas, las cuales fueron las mismas aplicadas a una milpa tradicional de la comunidad.

#### 6.2.2.2. PARCELA *EX SITU* BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

3a.- La tercera parcela se estableció en un invernadero localizado en los terrenos del Jardín Botánico, del Instituto de Biología de la UNAM. La localización y parámetros ambientales se pueden observar en la Tabla 2.

El diseño experimental aplicado fue de parcelas divididas completamente al azar, con 2 tratamientos y 4 repeticiones. En cada repetición se mantuvieron 20 plantas de quintonil de cada uno de los tratamientos (Figura 6).

En este estudio no se controló ninguna condición ambiental, y tuvo una duración de 7 meses (junio-diciembre de 2001).

Bajo el ambiente de invernadero se sembraron semillas de quintoniles de los dos tratamientos [milpas (qM) y chilares (qCH)] en germinadores, mediante siembra directa, con una semilla por punto.

Localidad	Coordenadas	Altitud	T.	Precipitación	Vegetación	Clima
Invernadero Jardín Botánico UNAM	19°19' 21" N 99°11' 30" O	2300 m	25°C	833 mm	matorral xerófilo	[Cb(w1)(w)] templado subhúmedo

Tabla 2. Localización y parámetros ambientales de un invernadero del Jardín Botánico, UNAM

Una vez que los individuos alcanzaron una altura de 4 cm, se realizó un primer transplante a bolsas de plástico negras de 10 cm de diámetro. Cuando los individuos alcanzaron una altura de 20-25 cm, fueron transplantados nuevamente a bolsas de mayor capacidad (35 cm de diámetro). El sustrato utilizado estuvo conformado por tierra de hoja y tierra negra en una proporción de 1: 1. No se esterilizó, ni se aplicó ningún tipo de fertilización.

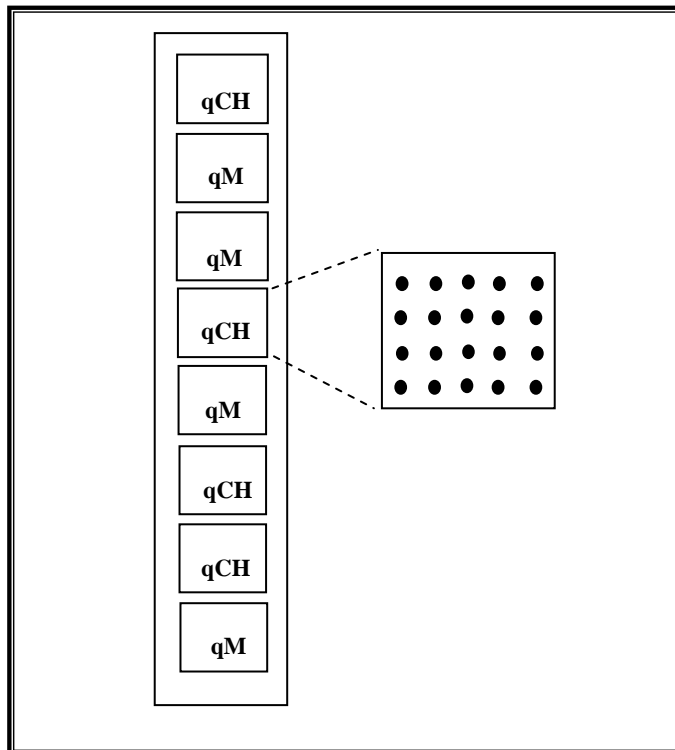


Figura 6. Diseño de la parcela *ex situ* bajo condiciones de invernadero. (qM) quintonil procedente de milpa (qCH) quintonil de chilar.



### 6.2.3. MUESTREO Y OBTENCIÓN DE DATOS.

Se realizaron mensualmente las mismas mediciones en las tres parcelas experimentales, a partir de los 30 días después del aclareo o trasplante y hasta el final del ciclo biológico de las plantas.

En las parcelas experimentales *in situ* se midieron el 100% de las plantas de quintonil sembradas (40 individuos de cada tratamiento).

En la parcela experimental establecida en invernadero se seleccionaron al azar 10 individuos de cada subparcela por tratamiento teniendo en total 40 individuos de cada tratamiento.

Se cuantificaron aquellos caracteres que los campesinos consideran importantes para seleccionar aquellas plantas de quintonil que permanecerán en la parcela de cultivo y evitar la competencia con el cultivo principal.

A) Altura: Se midió el tallo principal a partir de la cicatriz del primer par de hojas; en el momento de la reproducción se incluyó la inflorescencia.

B) Cobertura: se midió el diámetro de cada individuo

C) Fenología: se realizaron observaciones de presencia-ausencia de hojas y estructuras reproductivas y de su estadio de desarrollo.

Foliación: hojas jóvenes, maduras y senescentes.

Floración: Botón y flor.

Fructificación: Presencia de semillas.

#### 6.2.4. COSECHAS O MUESTREOS DESTRUCTIVOS.

Una vez que las plantas de amaranto fructificaron, se realizó la cosecha de plantas completas (incluyendo la raíz) del 100% de las plantas sembradas en las parcelas *in situ* y del 50% en las plantas establecidas bajo condiciones de invernadero. Se transportaron al laboratorio (Jardín Botánico de la UNAM) dentro de bolsas de plástico negras para no perder biomasa de ninguna estructura durante el traslado.

Ya en el laboratorio, se realizaron las siguientes mediciones: Diámetro del tallo (base, centro y extremo superior), longitud total del individuo, área del tallo, longitud de la inflorescencia, distancia entre nudos y número de ramas primarias.

Posteriormente las plantas fueron separadas en sus diferentes componentes: Tallo, hoja, raíz e inflorescencia. De cada componente se obtuvieron los siguientes datos:

1. Biomasa total por planta: Los tallos, raíces, hojas e inflorescencias fueron secadas durante 48 h a una temperatura de 80°C, siendo el peso seco total por planta la suma de los valores anteriores.
2. Área foliar. Se trabajó con una muestra del 10% de la cosecha, este valor se obtuvo para cada hoja del 100% presente en cada individuo utilizando un medidor de área foliar (Delta-T-Devices, Cambridge, U.K.).

#### 6.2.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Se calculó el valor promedio y el error estándar para los caracteres analizados mensualmente (altura, cobertura y porcentaje de floración). Los resultados anteriores y los obtenidos de la cosecha destructiva fueron sometidos a un análisis de varianza y prueba de separación de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ), utilizando el programa estadístico de diseños experimentales FAUANL, Versión 1.4 (Olivares, 1989).

De algunos caracteres medidos se obtuvieron proporciones: a) biomasa vegetativa que corresponde a la suma de peso seco de tallo y hoja/biomasa total, b) biomasa reproductiva que es la suma del peso seco de inflorescencia más el peso seco de raíz/biomasa total. Los datos de proporciones fueron transformados al arcoseno de la raíz cuadrada de la proporción (Steel y Torrie, 1981) y fueron sometidos a un análisis de varianza con dos factores de efectos fijos y completamente aleatorizado (Sokal y Rohlf, 1995) utilizando el programa Statgraphics Plus 5.1. El ambiente y la población se consideraron factores fijos o variables independientes y la biomasa obtenida para cada estructura, la variable dependiente. Este análisis se realizó para conocer si tiene efecto el ambiente y la población de procedencia en la biomasa de los individuos.

## **7. RESULTADOS**

---

### **7.1. INVESTIGACIÓN ETNOBOTÁNICA**

En cuanto al hábitat en el que se desarrollan los amarantos en Zoatecpán y en Tuxtla, milpas y chilares, respectivamente. Se puede decir que según las entrevistas abiertas realizadas a personas de mayor edad, en los chilares de Tuxtla los quintoniles han estado asociados al chilar desde tiempo atrás. Este cultivo a decir de los pobladores tiene más de 70 años y desde entonces se considera que “los quelites son compañeros del chile”. En Zoatecpán también se refieren a que siempre se ha dado la asociación de los quintoniles con la milpa, ya que el espacio entre surcos y matas de maíz (1 m) permite el desarrollo de esta planta, hecho que no sucede en los demás cultivos desarrollados en esa comunidad; en los cultivos de frijol y papa el tamaño del surco es menor.

En las milpas de Tuxtla no hay aprovechamiento de quintoniles. No se riega su semilla en este agroecosistema, pues los productores mencionan algunas características del cultivo que no propician la germinación de la semilla o que provocan un desarrollo raquíutico de la planta, estas características son:

1. La presencia del rastrojo esparcido en la milpa, que no permite la germinación de la semilla de quintoniles.
2. Los deshierbes o limpiezas poco selectivos que se realizan en este sistema de cultivo, porque se utiliza machete y azadón para eliminar las plantas herbáceas. En este agroecosistema el agricultor no pone atención en la diversidad vegetal que crece en la milpa y el deshierbe es casi total.

En las dos localidades se mencionan algunas ventajas de sembrar los quintoniles en los cultivos: en Tuxtla se dice que al contar con dos ciclos de cultivo de chile (Figura 2) implica una mayor disponibilidad de quintoniles a lo largo del año y una mayor accesibilidad debido a que no se tiene que ir al monte a buscarlos. En las milpas el ciclo agrícola es muy largo comparado con el del cultivo de chile, abarca prácticamente los doce meses del año (Figura 1) y en este agroecosistema el aprovechamiento de quintoniles se da durante 8 meses.

En ambas comunidades las personas escogen aquellos amarantos que se ubican en medio del surco del cultivo, sea de chile o de maíz, para que no compita con el cultivo principal. En el caso del chilar se dice que si alguna planta de amaranto se ubica cerca de las plantas de chile “le hacen sombra”, y aprovecha los nutrientes. Se prefiere dejar las plantas de quintonil ubicadas en medio del surco para que además de que no compitan con el cultivo, fijen la tierra ya que en Tuxtla las pendientes de los terrenos de cultivo son muy pronunciadas y en ocasiones se presentan derrumbes. En Zoatecpan los quintoniles generalmente se encuentran dentro de los surcos es decir entre las matas de maíz, ya que al momento de realizar las escardas y la aterradura, los productores arrancan aquellas plantas de quintonil que se ubican cerca del cultivo, para evitar competencia entre ellos, principalmente al inicio del ciclo agrícola cuando el maíz germina y también para facilitar la realización de dichas labores agrícolas.

En lo que respecta a las diferencias entre amarantos en cuanto a color, ambas comunidades coinciden en que los quintoniles de tierra caliente

procedentes de chilares presentan un color rojo más intenso comparados con los de tierra fría, principalmente en el envés de la hoja, hecho que se evidencia más al momento de guisarlos se observa que los quintoniles de tierra caliente sueltan un caldo más rojo y las hojas casi no pierden su intensidad al momento de la cocción.

A este respecto, los productores en Tuxtla señalan que los amarantos que presentan un color más intenso resisten más las plagas y son más benéficos para la salud del hombre, ya que fortifican la sangre, aunque esta característica a algunas personas no les agrada por la semejanza del color a la sangre.

En cuanto al sabor, las personas refieren que ambos tipos de quintoniles saben igual, pero cada uno prefiere el de su comunidad. En Tuxtla se hace mucha referencia a la limpieza de los quintoniles: se dice que aquellos cultivados en el chilar están más limpios comparados con los de milpa, porque los chilares se ubican lejos del asentamiento poblacional y no hay contacto con las heces fecales, hecho que en ocasiones sucede en las milpas de Zoatecpan, que se ubican en parte trasera o delantera de las casas donde se encuentran las letrinas. También se refieren a la fumigación; son pocos los chilares que se fumigan, los productores consideran esta práctica perjudicial para el consumo de quintoniles, quienes la hacen cortan los quintoniles antes de fumigar o esperan que trascorra una semana luego de fumigar para cortarlos y consumirlos.

En los dos agroecosistemas milpas y chilares los quintoniles reciben cuidados indirectos dirigidos al cultivo principal (deshierbe, fertilización, control de plagas, etc.).

En lo referente a las diferencias en el tamaño y la forma, en Zoatecpán, refieren que los quintoniles de tierra caliente son de menor altura y más “gordos” con hojas más anchas. En Tuxtla describen a los quintoniles de tierra fría como altos, “el doble de los de acá”.

En Tuxtla se prefiere dejar en pie del terreno a aquellas plantas de quintoniles con menor cobertura “menos gordos”, ya que así “no le hacen sombra al chile”, también se mantienen de un tamaño pequeño el realizar cortes continuos a la misma planta, mismos que se destinan para consumo familiar o venta en los mercados. En Zoatecpán también se realizan cortes constantes a las plantas de quintonil para consumo como verdura, en cuanto a la competencia, los productores refieren que al principio del ciclo agrícola, el maíz si es vulnerable a la competencia con el quintonil ya que este último se desarrolla más rápido y si son muy abundantes pueden tapar la luz e impedir la germinación de la semilla, esta situación la controlan con la realización de las escardas. Una vez establecido el maíz no refieren una competencia del quelite hacia el maíz por su cobertura o altura.

En cuanto a la selección de individuos destinados para la producción de semilla en Zoatecpán, la selección no es muy clara, únicamente se observan los individuos en medio de las matas de maíz o del surco que no fueron eliminados de los campos de cultivo durante los deshierbes, permitiendo su desarrollo hasta la producción de semilla y así cuando se roza y rotura el terreno para el siguiente ciclo agrícola, las semillas son incorporadas a la tierra y así se asegura la

producción de quintoniles. También se observa que en cierto sector de la milpa donde hay mayor abundancia de quintoniles, porque no se realizó alguna de las escardas, las plantas que ahí se encuentran serán las que se destinaran para la producción de semilla. Los productores refieren únicamente que las plantas de quintonil deben estar libres de plagas para permanecer en el terreno de cultivo y fructificar.

En los chilares de Tuxtla los productores seleccionan plantas de poca altura, con hojas sanas, libres de plagas o enfermedades, que se ubiquen en medio del surco, esta selección se lleva acabo durante los deshierbes que se realizan muy cuidadosamente en forma manual, prácticamente se selecciona planta por planta dejando en el terreno de cultivo sólo especies de interés.

A las plantas de quintonil productoras de semillas se les realizan menos cortes, se efectúan únicamente 3 cortes de los 5 o 6 que se realizan normalmente a todos las demás plantas, ya que se dejan algunas ramas sin cortar para que la planta produzca suficiente semilla, los productores mencionan que al cortar en forma continua una misma planta la producción de semilla disminuye drásticamente.

Al terminar el ciclo agrícola del chile las inflorescencias procedentes de plantas productoras de semilla se cortan manualmente. Se forma un racimo, el cual se amarra y se transporta a la casa del productor, donde serán almacenadas hasta por tres años. Generalmente se observan los manojos colgados en el techo de las casas, listos para el siguiente ciclo de siembra.



En la Tabla 3 se muestran en forma comparada las respuestas a las entrevistas dirigidas.

Pregunta		Numero de informantes	
		Tuxtla	Zoateopan
siempre se han sembrado los quintoniles	en el chilar	20	0
	en la milpa	0	20
tiene ventajas	si	20	20
	no	0	0
que ventaja	disponibilidad	20	18
	accesibilidad	18	18
conoce los quintoniles de	tierra caliente	20	20
	tierra fría	20	20
son iguales	si	0	0
	no	20	20
ha probado los quintoniles de tierra fría/ tierra caliente	si	20	20
	no	0	0
el sabor cambia según la zona de donde proceden	si	0	0
	no	20	20
el color es el mismo	si	0	1
	no	20	19
cual es más rojo, el de	tierra caliente	20	20
	tierra fría	0	0
el tamaño es igual	si	0	0
	no	20	20
cual es más alto, el de	tierra caliente	0	0
	tierra fría	20	20
tienen la misma forma	si	0	0
	no	20	20
se colecta la semilla de quintonil	si	20	0
	no	0	20
los quintoniles se fumigan	si	0	0
	no	20	20
los quintoniles se abonan	si	0	0
	no	20	20
los quintoniles tienen algún tratamiento especial de cultivo	si	0	0
	no	20	20

Tabla 3. Respuestas a aspectos importantes de investigación en dos comunidades estudiadas

## 7.2. FASE EXPERIMENTAL

Primeramente se muestran los resultados obtenidos de las mediciones realizadas mensualmente y posteriormente los datos de la cosecha destructiva.

### 7.2.1. MEDICIONES MENSUALES

#### 7.2.1.1. ALTURA

En todas las parcelas establecidas tanto *in situ* como *ex situ* se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la altura total de las plantas de quintonil resultando ser siempre más alto el quintonil proveniente de semillas procedentes de milpa (Figuras 7, 8 y 9).

La altura total promedio por planta en la parcela establecida en milpa fue de  $180 \pm 7.8$  cm para el quintonil proveniente de milpa (QM) y de  $71 \pm 3$  cm para el quintonil procedente de chilar (QCh). En lo que respecta a la parcela en chilar la altura del QM fue de  $150 \pm 12$  cm y de  $61 \pm 12$  cm para el QCh. En el ambiente común del invernadero las alturas máximas resultantes fueron de  $127 \pm 4$  cm para QM y de  $61 \pm 4$  para QCh (figuras 7,8 y 9).

En las tres parcelas experimentales (Figuras 7, 8 y 9) se observa que durante los 30 días posteriores a la siembra (DPS) la altura de las plantas de quintonil de ambos agroecosistemas es muy semejante sin que exista una diferencia estadísticamente significativa entre los valores. Posteriormente de los 60 a 90 (DPS) los valores de altura para el QCh son estadísticamente más altos que los de QM en las parcelas establecidas en chilar e invernadero (Figuras 8 y 9)

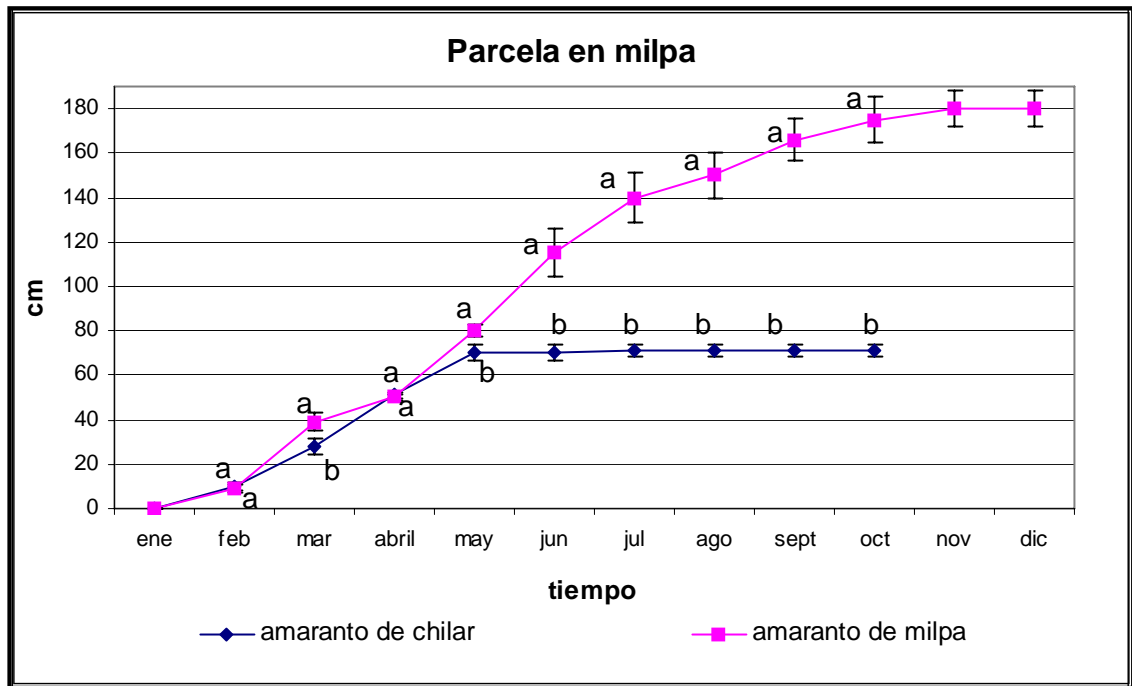


Figura 7. Altura de 2 tipos de *A. hypochondriacus* sembrados en milpa. Cada punto representa el promedio de cuatro repeticiones de 10 plantas cada una [N=40] ( $\pm$  error estándar). Letras diferentes simbolizan diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ).

Conforme avanza el crecimiento de las plantas se observa que a los 120 (DPS) el QM rebasa en altura al QCh, siendo estas diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ). A partir de este tiempo y hasta finalizar el ciclo de vida de los individuos siempre es más alto el quintonil proveniente de milpa (Figuras 7, 8 y 9).

El valor máximo de altura para los dos tipos de quintoniles fue alcanzado en tiempos distintos (Figuras 7, 8 y 9). El amaranto proveniente de semillas de chilar lo alcanzo a partir de los 120 (DPS) en las parcelas *in situ* mientras que el quintonil procedente de milpa lo alcanzó a los 300 (DPS) en la parcela establecida en milpa

y a los 180 (DPS) en la parcela de chilar. En el caso de la parcela establecida en invernadero el valor máximo de altura para QCh se obtuvo a los 150 (DPS) y para el QM este valor se alcanzó a los 180 (DPS).

En las dos parcelas experimentales establecidas *in situ* se observa que el ciclo de vida de los amarantos procedentes de milpa es más largo comparado con el de chilar. Para la parcela en milpa el ciclo de QM dura 330 días mientras que para QCh es de 270 días. En el caso de la parcela establecida en chilar el ciclo de vida de QM es de 180 días y para el QCh es de 150 (Figuras 7 y 8).

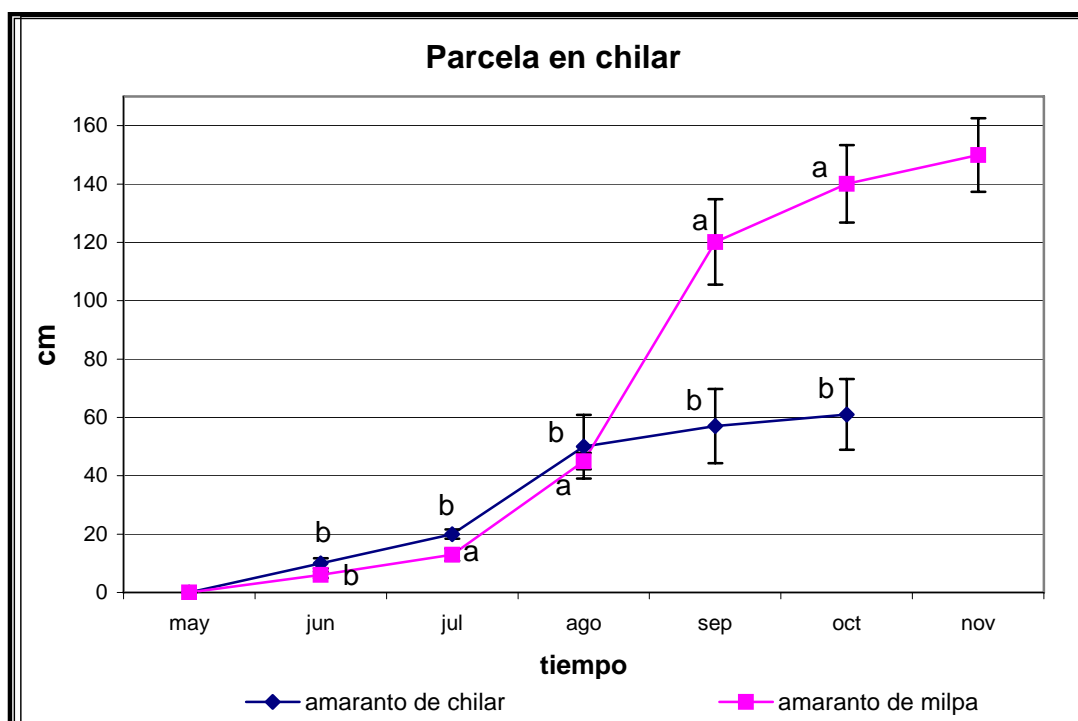


Figura 8. Altura de 2 tipos de *A. hypochondriacus* sembrados en chilar. Cada punto representa el promedio de cuatro repeticiones de 10 plantas cada una [N=40] ( $\pm$  error estándar). Letras diferentes simbolizan diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ).

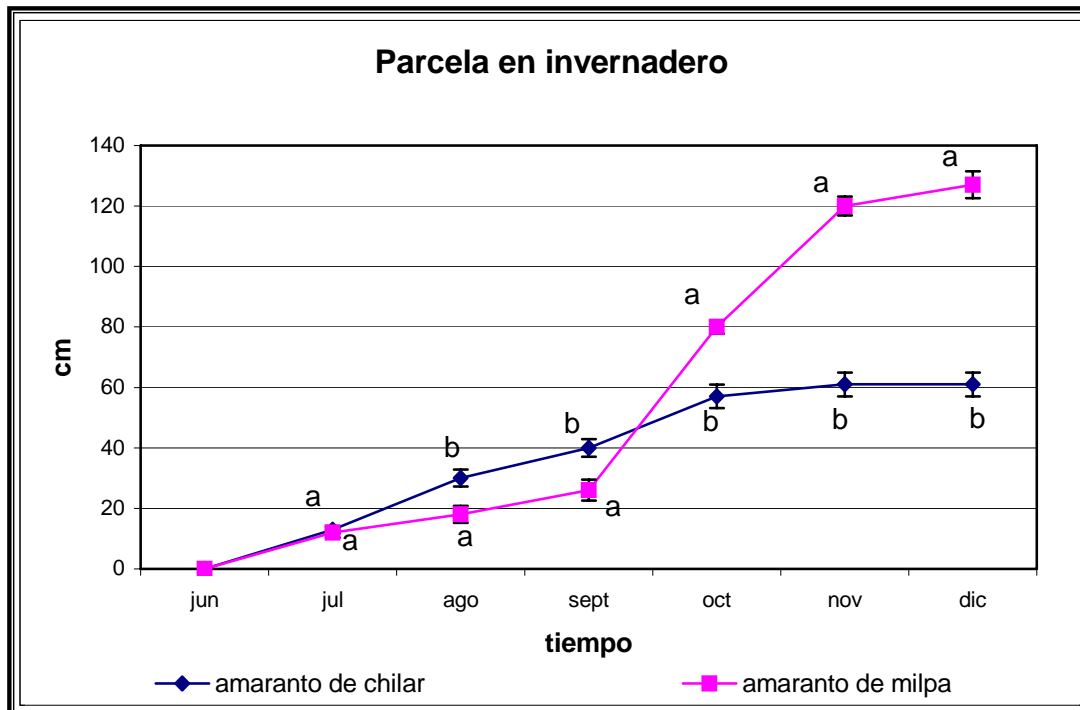


Figura 9. Altura de 2 tipos de *A. hypochondriacus* sembrados en invernadero. Cada punto representa el promedio de cuatro repeticiones de 10 plantas cada una [N=40] ( $\pm$  error estándar). Letras diferentes simbolizan diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ).

### 7.2.1.2 COBERTURA

Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los valores de cobertura total de los 2 tipos de quintonil resultando tener una mayor cobertura el quintonil procedente de semillas de milpa. Esta tendencia se observó en todas las parcelas establecidas, tanto *in situ* como *ex situ* (Figuras 10, 11 y 12).

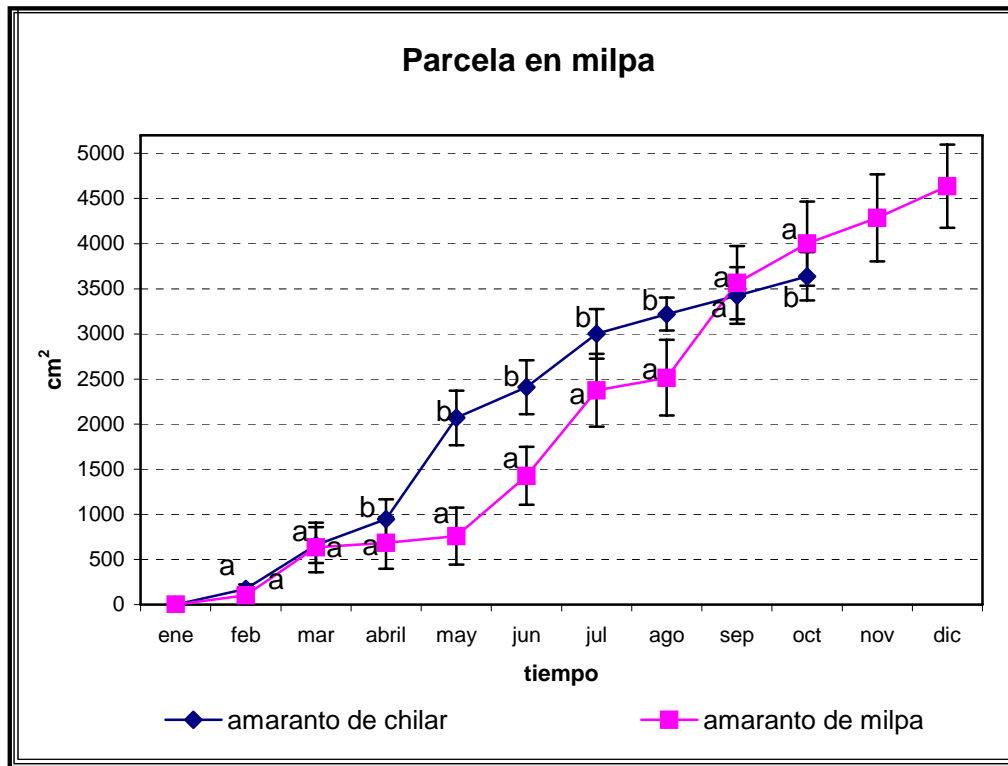


Figura 10. Cobertura de 2 tipos de *A. hypochondriacus* sembrados en milpa. Cada punto representa el promedio de cuatro repeticiones de 10 plantas cada una [N=40] ( $\pm$  error estándar). Letras diferentes simbolizan diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ).

En la parcela establecida en milpa (Figura 10) se observa que del mes de abril hasta el mes de agosto el quintonil procedente de semillas de chilar (QCh) presenta mayores valores de altura estadísticamente significativos ( $P < 0.05$ ) con respecto al quintonil originario de semillas de milpa (QM), esta tendencia se invierte a partir del mes de septiembre y hasta terminar el ciclo de crecimiento de las plantas.

En la parcela ubicada en chilar (Figura 11) a los 60 días después de la siembra el QCh tiene un valor estadísticamente ( $P < 0.05$ ) más alto en cobertura que el QM, sin embargo a partir de los 90 días de establecida la siembra y hasta el

final del ciclo de vida se observa que el QM sobrepasa significativamente ( $P < 0.05$ ) los valores de cobertura del QCh.

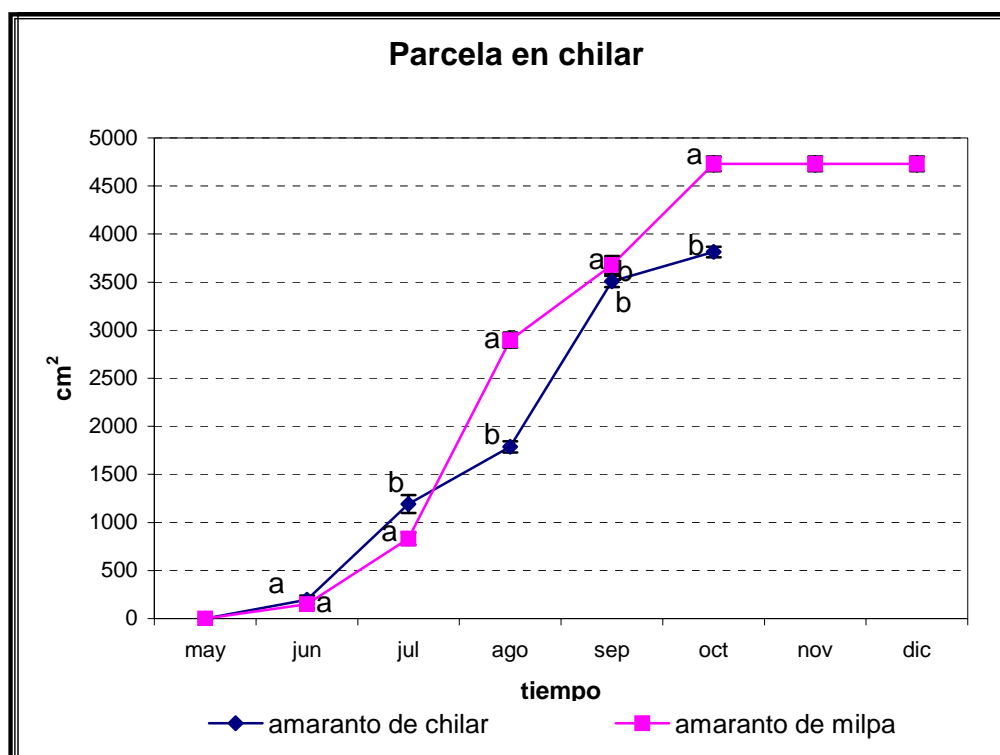


Figura 11. Cobertura de 2 tipos de *A. hypochondriacus* sembrados en chilar. Cada punto representa el promedio de cuatro repeticiones de 10 plantas cada una [N=40] ( $\pm$  error estándar). Letras diferentes simbolizan diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ).

En lo que respecta a la parcela establecida en invernadero (Figura 12) se obtuvo que al principio del ciclo de crecimiento de las plantas hasta los 90 días posteriores a la siembra el quintonil procedente de semillas de chilar presenta valores estadísticamente mayores con respecto al quintonil originario de milpa, sin embargo esta tendencia se invierte a los 120 días después de la siembra es decir

a partir del mes de octubre y hasta terminar el ciclo de crecimiento de los individuos (180 días) el quintonil de milpa cuenta con valores de cobertura estadísticamente mayores que el quintonil procedente de chilar.

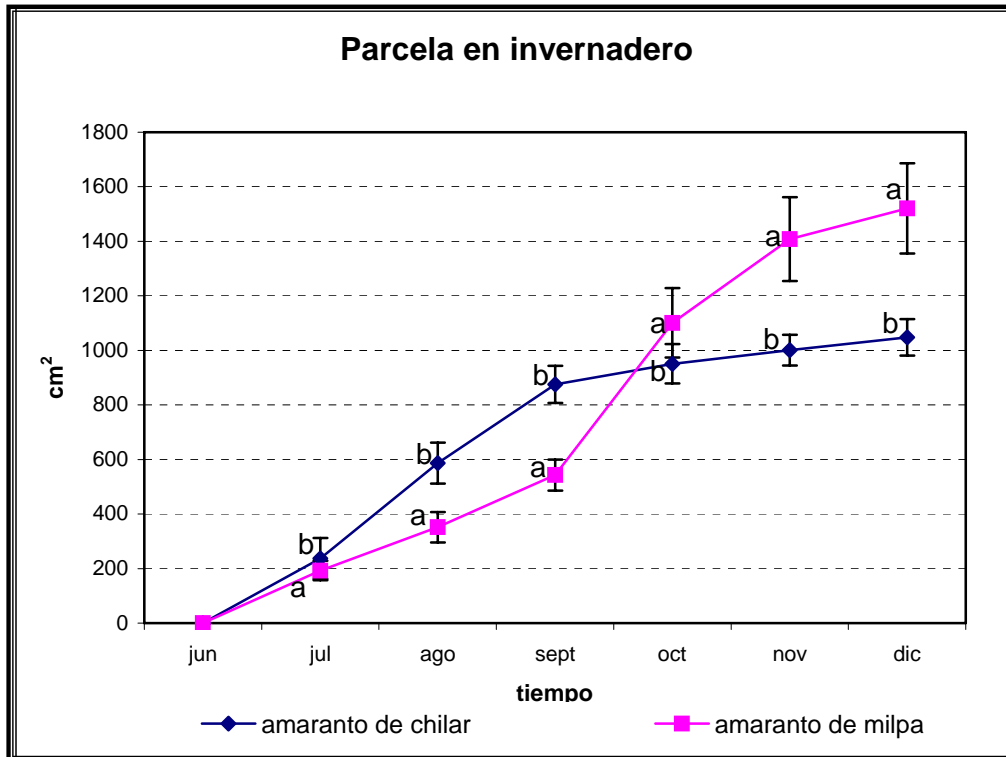


Figura 12. Cobertura de 2 tipos de *A. hypochondriacus* sembrados en invernadero. Cada punto representa el promedio de cuatro repeticiones de 10 plantas cada una [N=40] ( $\pm$  error estándar). Letras diferentes simbolizan diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ).

### 7.2.1.3. FENOLOGIA

El valor máximo de porcentaje de floración para los dos tipos de quintoniles fue alcanzado en tiempos distintos. El amaranto proveniente de semillas de chilar lo alcanzo a los 240 días posteriores a la siembra (DPS) y el quintonil originario de



milpa a los 300 (DPS) para las parcelas *in situ* y 120 (DPS) en el caso de la parcela establecida en invernadero (Figuras 13, 14, 15 y 16).

El quintonil procedente de semillas de chilar (QCh) es más precoz que el quintonil precedente de semillas de milpa (QM), esto se presentó en todas las parcelas experimentales. En la establecida en milpa y en chilar (Figuras 13, 14 y 16) se observó que el QCh presenta valores de floración 30 días antes que QM. En la parcela montada en invernadero (Figura 15) los dos quintoniles empiezan a florecer 90 días posteriores a la siembra, sin embargo los individuos de QCh que florecen en este tiempo son significativamente más que los obtenidos por el QM.

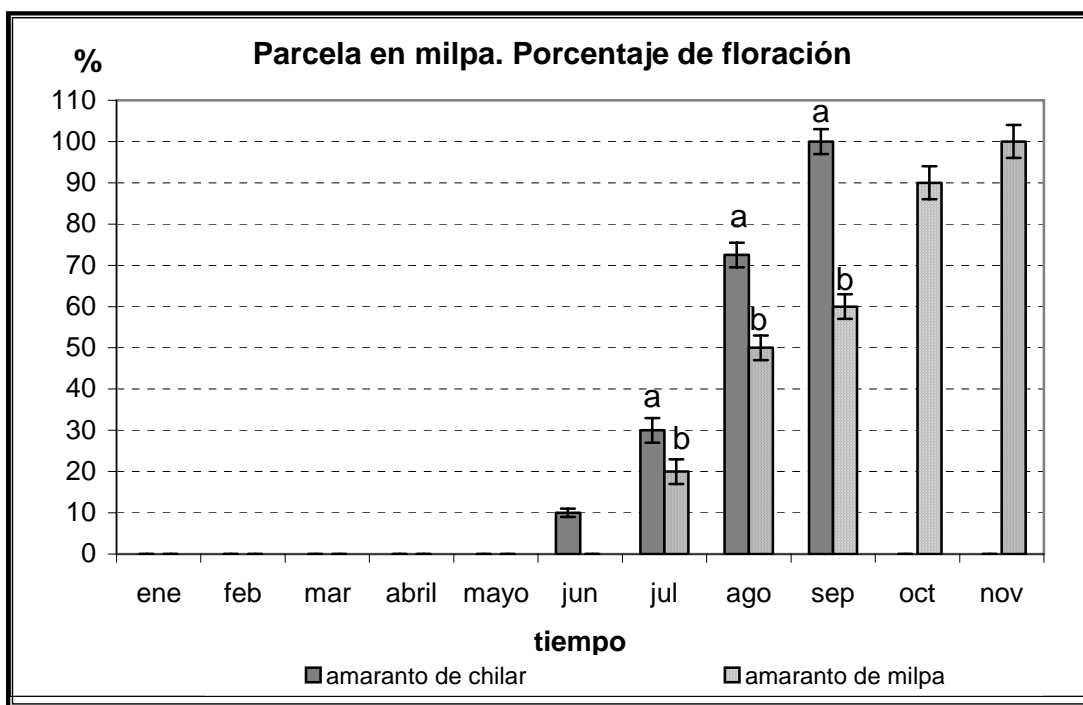


Figura 13. Porcentaje de floración de 2 tipos de *A. hypochondriacus* sembrados en milpa. Cada barra es el promedio de 4 repeticiones de 10 plantas cada una [N=40] ( $\pm$  error estándar). Letras diferentes representan diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ).

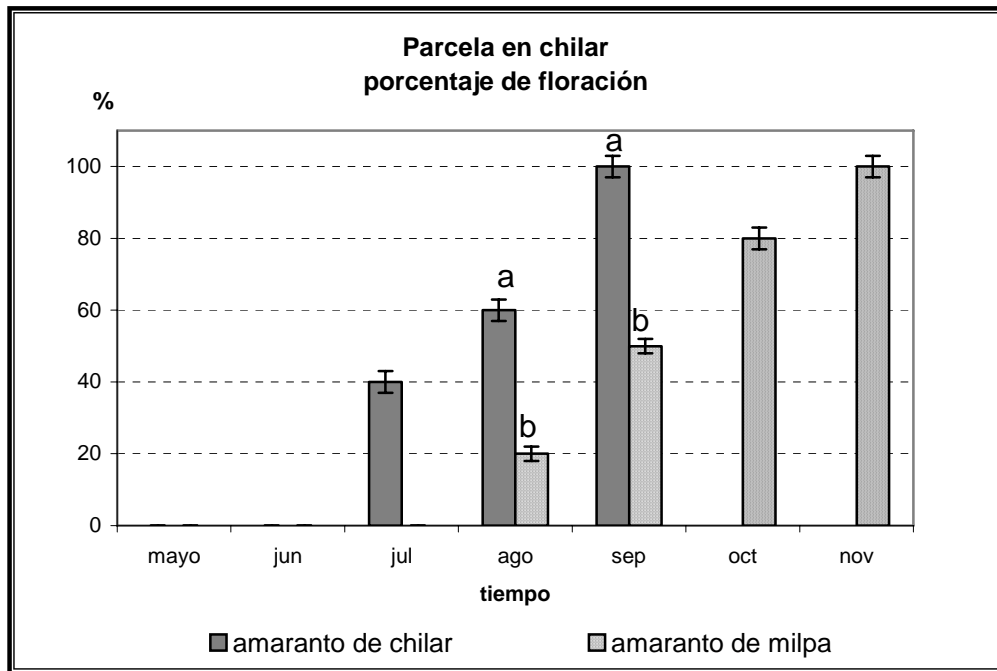


Figura 14. Porcentaje de floración de 2 tipos de *A. hypochondriacus* sembrados en chilar. Cada barra es el promedio de 4 repeticiones de 10 plantas cada una [N=40] ( $\pm$  error estándar). Letras diferentes representan diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ).

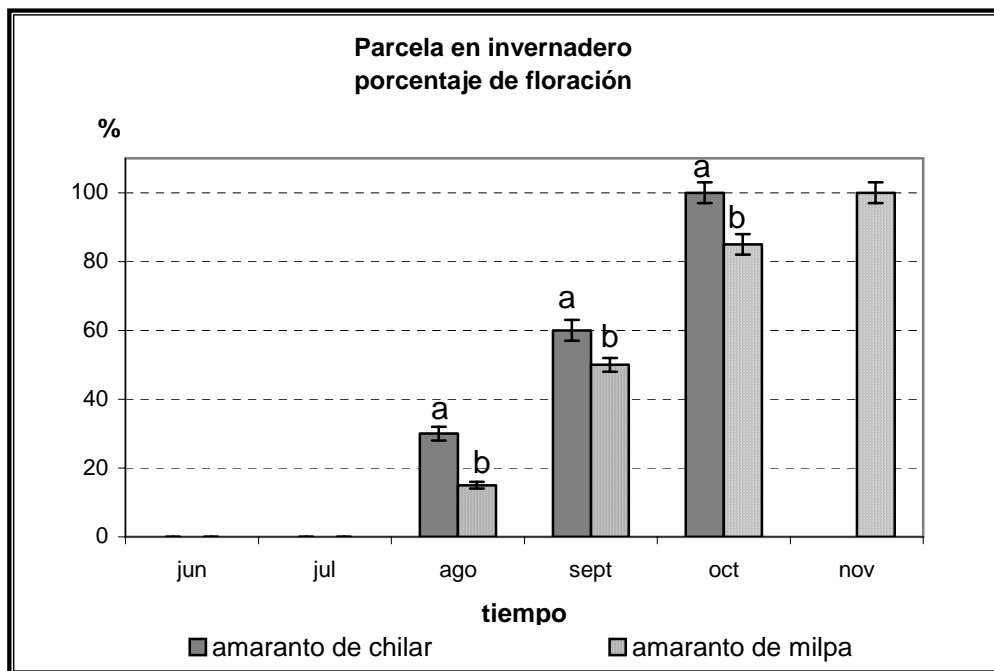


Figura 15. Porcentaje de floración de 2 tipos de *A. hypochondriacus* sembrados en invernadero. Cada barra es el promedio de 4 repeticiones de 10 plantas cada una [N=40] ( $\pm$  error estándar). Letras diferentes representan diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ).

## 7.2.2. COSECHA O MUESTREO DESTRUCTIVO

En la siguiente tabla se muestran las medias de los tratamientos para las variables medidas en cada una de las parcelas. Se encontraron diferencias significativas entre todas ellas.

Tabla 4. Variables medidas para la cosecha destructiva\*

VARIABLE	T	Parcela CHILAR	Parcela MILPA	Parcela INVERNADERO
Altura (cm)	qch	A61 ± 6.7	A71 ± 3.0	A61 ± 3.9
	qm	B145 ± 31.8	B180 ± 7.8	B127 ± 4.4
Cobertura (cm <sup>2</sup> )	qch	A3814.4 ± 55.4	A3638 ± 267.9	A1047.9 ± 66.7
	qm	B4729.7 ± 76.9	B4637.7 ± 460.8	B1521 ± 165.2
No. de ramas primarias	qch	A16 ± 1.9	A17.8 ± 4	A13.5 ± 1
	qm	B31 ± 6.1	B32.8 ± 6	B22.6 ± 3
Distancia entre nudos (cm)	qch	A2 ± 0.3	A2.1 ± 0.3	A2.5 ± 0.3
	qm	B3.3 ± 0.5	B3 ± 0.5	B3.5 ± 0.2
Tamaño inflorescencia (cm)	qch	A24.3 ± 8.6	A21.4 ± 7.8	A29 ± 3.6
	qm	B49.4 ± 14	B55.3 ± 7.8	B59.5 ± 5.4
Biomasa total (gr)	qch	A13 ± 5.5	A189.3 ± 59.7	A11 ± 1.8
	qm	B96.4 ± 30.4	B433.6 ± 119.7	B21.4 ± 4.7
Peso hojas (gr)	qch	A2.6 ± 0.9	A61.3 ± 19.1	A1.8 ± 0.5
	qm	B9.0 ± 2.6	B104 ± 27.5	B3.0 ± 0.7
Peso tallo (gr)	qch	A3.7 ± 1.8	A87.8 ± 23.8	A1.5 ± 0.6
	qm	B35 ± 12	B159.9 ± 39.1	B6.3 ± 2.1
Peso inflorescencia (gr)	qch	A5.4 ± 2.7	A18.9 ± 11.8	A7.4 ± 0.5
	qm	B38 ± 10.7	B124.6 ± 38.1	B10.2 ± 1.4
Peso raíz (gr)	qch	A1.4 ± 0.1	A21.2 ± 5	A0.5 ± 0.2
	qm	B14 ± 5.1	B45 ± 15	B1.9 ± 0.5
Area foliar (cm <sup>2</sup> )	qch	A244 ± 88.7	A7679.1 ± 2391.9	A223 ± 33
	qm	B986 ± 273.7	B13014.3 ± 3445	B465 ± 71
Area del tallo (cm <sup>2</sup> )	qch	A15 ± 3.5	A322.9 ± 72.3	A6.4 ± 2.9
	qm	B186 ± 22.6	B598.8 ± 90.5	B28 ± 8.4

\* promedios de cuatro repeticiones de 10 plantas cada una [N=40] ± error estándar  
T= tratamiento; qch= quintonil de chilar; qm= quintonil de milpa  
Letras diferentes indican diferencia significativa (P < 0.05)

### 7.2.3. EFECTO DE AMBIENTE Y ORIGEN GENÉTICO EN LA BIOMASA DE INDIVIDUOS.

Los datos de la ANOVA (Tabla 5) mostraron que el efecto de la población fue significativo ( $P < 0.05$ ) en los caracteres analizados lo que sugiere que la población de procedencia es un factor determinante en la biomasa de los individuos.

Biomasa vegetativa					
Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
A: ambiente	3.834	2	3.83416	0.59	0.4541
B: origen genético	676.260	1	338.13	51.62	0.0000
Interacción AB	87.462	2	43.731	6.68	0.0068
Residuo	117.897	18	6.54985		
Total corregido	885.453	23			
Biomasa reproductiva					
Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
A: ambiente	1.235	2	1.235	0.06	0.8064
B: origen genético	623.831	1	311.916	30.72	0.0000
Interacción AB	672.949	2	336.475	19.38	0.0000
Residuo	173.156	18	9.619		
Total corregido	1471.171	23			

Tabla 5. Análisis de Varianza de biomasa vegetativa y biomasa reproductiva de *Amaranthus hypochondriacus* correspondientes a dos poblaciones (milpa y chilar) creciendo en tres parcelas experimentales.





Quintoniles sembrados en milpa:  
izq. QM en estado vegetativo, der. QCh en floración



Quintoniles en etapa reproductiva sembrados en invernadero:  
izq. QCH, der. QM (nótese la diferencia de altura)



Quintoniles sembrados en invernadero:  
izq. QM en estado vegetativo, der. QCh en floración



Quintonil procedente de chilar (QCH) en floración  
sembrado en milpa

Figura 16. Aspectos importantes de parcelas





Parcela establecida en chilar



Quintoniles sembrados en milpa:  
izq. QCh en floración, der. QM en estado vegetativo



Quintoniles sembrados en milpa:  
izq. QCh en floración, der. QM en estado vegetativo



Vista general de la parcela establecida en chilar:  
izq. quintonil rojo, der. mata de chile



## DISCUSIÓN

---

Los resultados obtenidos indican que las diferencias en morfología y comportamiento fenológico entre poblaciones de *A. hypochondriacus* procedente de milpas y chilares no son el resultado de la plasticidad fenotípica sino que tienen un componente genético muy importante en el que la selección artificial está influyendo de una manera relevante.

La investigación etnobotánica y las variables evaluadas en los experimentos de siembras recíprocas y jardín común respaldan esta aseveración. En la investigación etnobotánica se muestra que a lo largo de la relación que ha tenido el hombre con el quintonil rojo ha llegado a tener un amplio conocimiento sobre la diversidad morfológica y biológica de la especie, este conocimiento se refleja cuando los productores distinguen dos entidades diferentes de quintonil rojo, uno de tierra caliente sembrado en chilares y otro de tierra fría sembrado en milpas, cada uno con características particulares que son reconocidas por los productores como altura, cobertura y color.

A lo largo de esta historia de interrelaciones, el hombre ha mantenido y mantiene diversos grados de relación con el quintonil rojo, en la Sierra Norte de Puebla los quintoniles rojos son manejados de distinta forma según el agroecosistema de procedencia, sea milpa o chilar. En la milpa los quintoniles son manejados como arvenses fomentadas mientras que en los chilares prácticamente se cultivan ya que no se acostumbra sembrar un mismo terreno por dos ciclos continuos, sino que se siembra en terrenos que se han mantenido en barbecho por dos o más años. Esta forma de utilización del terreno no asegura al productor

la presencia de semillas al paso del tiempo, lo que provoca que las plantas productoras de semillas sean colectadas y almacenadas en la casa del agricultor hasta el siguiente ciclo agrícola momento en que son sembradas al voleo minutos antes de la siembra del chile.

En el agroecosistema chilar los productores escogen aquellos individuos que van a ser la fuente de germoplasma. Los móviles de selección que persiguen los agricultores, a través del manejo de poblaciones están relacionados a evitar la competencia con el cultivo principal, seleccionando ciertas características importantes en los quintoniles como la talla pequeña y poca cobertura.

Conforme esta relación hombre-planta se repite, la variación dentro de las poblaciones disminuye. La selección artificial actúa sobre algunos fenotipos, eliminándolos de las mismas dando como consecuencia la reducción de la variación intrapoblacional en aquellos caracteres que están sujetos a presiones selectivas por parte del hombre. Es decir, a través de la selección artificial se eliminan aquellas variantes que se alejan de los objetivos humanos, los cuales están encaminados a la obtención de poblaciones uniformes en aquellos aspectos valiosos para el hombre.

Este proceso de selección artificial llevado a cabo por los productores probablemente por cientos de años puede explicar los niveles de divergencia morfológica presentada entre poblaciones de quintonil rojo de milpas y chilares.



Con los experimentos realizados de siembras recíprocas y jardín común se pudo determinar la fuente de variación entre las poblaciones de quintoniles. Varios autores han implementado estas técnicas para analizar la respuesta de diferentes poblaciones a ambientes comunes (“common gardens”, Schmitt, 1993; Miller y Fowler, 1993; Dudley y Schmitt, 1995) o en dos o más ambientes (“transplantes recíprocos” Antonovics y Primack, 1982; Vía, 1987; Platenkamp y Shaw, 1992).

Los parámetros analizados fueron aquellos caracteres que el productor considera importantes en la selección de individuos que serán la fuente de germoplasma: Altura, cobertura y fenología. Los resultados obtenidos de estos parámetros están relacionados directamente con el ciclo agrícola del cultivo en el que se desarrollan los quintoniles llámese milpa o chilar, en las Figuras 1 y 2 se presentan los calendarios agrícolas para cada cultivo.

**ALTURA Y COBERTURA.** La población de quintonil rojo procedente de milpa presentó una mayor altura, cobertura y un ciclo de vida más largo que la población proveniente de chilar tanto en las siembras recíprocas como en la parcela de jardín común (Figuras 7, 8, 9, 10, 11 y 12). Estos resultados coinciden con observaciones realizadas en la región de estudio (Mapes, 1997; Mapes, 1998; Castro, 1999; Castro, 2000). Las diferencias se explican a que los productores han seleccionado individuos que puedan estar asociados al cultivo de maíz raza tuxpeño que es el que se siembra en la zona de estudio y que llega a alcanzar alturas hasta de 3 metros con un ciclo de vida de 11 meses (Figura 1). En este

agroecosistema el quintonil presenta un retardo en la reproducción y una prolongación en la producción de biomasa utilizable.

La altura y cobertura menor presentada en los quintoniles provenientes de chilares (Figuras 7, 8, 9, 10, 11 y 12) se explica a que los productores han seleccionado aquellos individuos de talla pequeña para evitar la competencia con el cultivo de chile por diversos factores como espacio, luz, agua y nutrientes “para que no hagan sombra al chile”, “para que no se lleven todo el abono”. Ya que la distancia entre matas y entre surcos en el cultivo de chile es pequeña es de 40 cm y en esta distancia se ubican los quintoniles y otras especies útiles, tanto arvenses como domesticadas. El ciclo de vida corto presentado en esta población de quintoniles se debe a que el ciclo agrícola del chile es mucho más corto que el cultivo de maíz, ya que el chile se acostumbra sembrar en dos ciclos durante el año (Figura 2).

FENOLOGIA. La evaluación fenológica de ambas variantes de quintonil rojo muestra diferencias en el tiempo en que se alcanzó el 100% de floración en todas las parcelas experimentales (Figuras 13, 14 y 15) siendo primeramente alcanzado por el quintonil procedente de chilar esto demuestra nuevamente que la selección que hace el campesino está produciendo diferencias entre ambas variantes. Estas diferencias están basadas principalmente en los calendarios agrícolas en que se desarrollan cada tipo de quintonil rojo. Para los dos agroecosistemas se observa que los quintoniles florecen y fructifican antes que el cultivo principal .

COSECHA DESTRUCTIVA. Las diferencias estadísticamente significativas para todas las variables medidas (Tabla 4) indican que el manejo aplicado por los productores en uno o en otro agroecosistema ha tenido efecto en la morfología y biomasa de los individuos, que las dos entidades de quintonil rojo son diferentes, presentando valores mayores el quintonil procedente de milpa en todos los parámetros medidos. El hecho que este tipo de quintonil haya presentado los valores mayores en número de ramas se asocia a que el tamaño del surco en el que se desarrolla (1 m) es mayor que en el que crecen los quintoniles de chilar (40 cm) por lo que la competencia y disponibilidad de luz son distintas. Como consecuencia de que el quintonil procedente de milpa halla presentado un mayor número de ramas también presenta valores mayores en la biomasa total, peso de hojas y peso del tallo, esto parece reflejar un proceso de selección dirigido a obtener una mayor cantidad de hojas y tallos comestibles en un periodo de tiempo prolongado de 11 meses que es el tiempo que dura el ciclo agrícola del maíz (Figura 1).

En los resultados correspondientes a el efecto del ambiente y origen genético en la biomasa de individuos el tener un valor significativo la población indica que la población de procedencia (origen genético) esta determinando las diferencias entre las poblaciones con respecto a la biomasa vegetativa y reproductiva y que existe una diferenciación en la respuesta plástica entre poblaciones.

Esto concuerda con varios trabajos en los que se utilizó como metodología de trabajo siembras recíprocas o jardín común para determinar diferencias entre poblaciones como los de: Clausen and Heisey (1958) que demostraron que razas de *Potentilla glandulosa* procedentes de diferentes elevaciones de las montañas de la Sierra Nevada en California fueron distintas genéticamente al sembrarlas en jardín común (citado en Hancock, 1992); Scheiner y Goodnight (1984) que compararon la plasticidad fenotípica y la variación genética en poblaciones de *Danthonia spicata*; Anderson (1989) con *Crepis tectorum*; Platenkamp y Shaw (1992) con *Anthoxanthum odoratum*; Schmitt (1993) con *Impatiens capensis* y Dudley y Schmitt (1995).

Todas las adaptaciones a las condiciones del agrohábitat en el que se desarrollan los quintoniles son el resultado de una larga historia de coevolución entre el hombre y las poblaciones de este quelite. A las que se la aplican acciones conscientes e inconscientes por parte del agricultor, para arribar y mantenerlas dentro de un proceso de domesticación concordante con los usos, las necesidades y el logro de características deseadas en las plantas en contextos determinados (Hernández X y Ramos, 1985). En este caso los productores han manipulado las poblaciones de quintoniles tanto de milpa como de chilar, estableciendo las características analizadas en este trabajo para evitar la competencia con el cultivo en el que se desarrollan y han manipulado a tal grado las poblaciones que se ha comprobado que los quintoniles no representan una competencia para el cultivo. A este respecto Díaz (1998) estudio la asociación amaranto–maíz con poblaciones de *Amaranthus hypochondriacus* de la Sierra

Norte de Puebla y encontró que la asociación de estos dos no merma la productividad de maíz sino que la productividad de ambas especies en asociación es alta comparada con la productividad en unicultivo.

En el agroecosistema chilar, Castro (1998a) evaluó la producción de chile cultivado con cuatro densidades *A. hypochondriacus* encontrando que el rendimiento de chile no disminuye al cultivarlo conjuntamente con este quelite.

Los estudios mencionados nos dejan ver que no es casualidad que los campesinos sigan manteniendo estas asociaciones y sigan manipulando las especies involucradas para arribar a una mayor producción de diferentes cultivos.

Para reforzar o corroborar las diferencias entre las poblaciones de quintoniles de los diferentes cultivos (milpa o chilar) encontradas en este trabajo y como continuidad del mismo se sugiere el estudio de marcadores genéticos utilizando las mismas poblaciones estudiadas, ya que esto puede aportar valiosa información para entender del proceso de domesticación de esta especie. Dichos estudios permitirían esclarecer la relación de parentesco entre las poblaciones estudiadas y con ello reconstruir la historia de domesticación de esta planta, su origen, difusión, así como el efecto de la selección artificial en la variabilidad genética.

## CONCLUSIONES

---

- ◆ Los campesinos distinguen dos tipos de quintonil rojo: un tipo para tierra fría y otro de tierra caliente y conocen los atributos y características morfológicas que cada uno presenta.
- ◆ Los productores efectúan una selección artificial sobre aquellos fenotipos de quintonil rojo de talla pequeña y poca cobertura que no compita en espacio y tiempo con el crecimiento y desarrollo del cultivo principal en el que se desarrolla.
- ◆ La altura y cobertura entre los dos tipos de quintoniles presentó diferencias significativas manteniéndose el tamaño pequeño y menor cobertura del quintonil rojo procedente de chilar en las diferentes siembras. Los resultados indican que la selección artificial es un factor determinante para explicar las diferencias entre los dos tipos de quintonil rojo.
- ◆ La estabilidad fenotípica observada a través del mantenimiento de las diferencias en morfología y conducta fenológica de las plantas en los experimentos de siembras recíprocas y jardín común, indica que las diferencias entre la forma alta y baja de quintonil rojo no se deben a plasticidad fenotípica sino que tiene bases genéticas, que es el resultado de la selección humana bajo las diferentes estrategias de manejo practicadas por los campesinos en la Sierra Norte de Puebla.

## BIBLIOGRAFIA.

---

- Alvarado, A.** 2000. Percepción de la naturaleza por los Nahoas de Hueytentan. Tesis profesional, ENAH. SEP. México, D.F. 372 p.
- Alvarado, R.** 2003. Importancia de los quelites en el patrón de consumo del municipio de Naupan, Puebla, México. Resúmenes del VII Simposio de Botánica, Academia de Ciencias de Cuba. La Habana, Cuba, junio 2003
- Alvarado, R.,** Evangelista, V. y Martínez, M.A. 2000. Use, management, and preservation of quelites (greens) in Naupan, Puebla. Resúmenes del 1er. Congreso Bases científicas del mejoramiento participativo y la conservación de los recursos genéticos. Fundación McKnight, UNAM, UACH, CIMMYT, CP. y COLMEX. Oaxtepec, Morelos, México. 27 p.
- Anderson, S.** 1989. Phenotypic plasticity in *Crepis tectorum* (Asteraceae). *Plant Systematics and Evolution*. 168: 19-38.
- Anónimo.** 1983. Carta geológica 1:250 000. Hoja Poza Rica. F14-12. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)/Secretaría de Programación y Presupuesto, México, D.F.
- Anónimo.** 1984. Carta geológica 1:250 000. Hoja Veracruz. E14-3. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)/Secretaría de Programación y Presupuesto, México, D.F.
- Anónimo.** 1987. Síntesis Geográfica Nomenclator y Anexo Cartográfico del Estado de Puebla. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática (INEGI)- Secretaría de Programación y Presupuesto, México, D.F. 56 p. más 12 mapas.
- Antonovics, J.** y R.B. Primack. 1982. Experimental ecological genetics in *Plantago*. VI: The demography of seedling transplants of *P. lanceolata*. *Journal of Ecology* 70: 55-75.
- Ávila, M.,** L. Suárez, L. Rojo y C. Ortega. 1993. Manejo de recursos vegetales para la alimentación entre los campesinos Tenek de la Huasteca Potosina. En: Ruvalcaba J. y Alcalá G. (Coords.). Huasteca. Tomo II. Prácticas agrícolas y medicina tradicional, arte y sociedad. CIESAS. México, D.F. 211 p.

- Basurto, F.,** D. Castro y M. A. Martínez. 1998a. Quelites en tres mercados de la Sierra Norte de Puebla. Resúmenes del XIV Congreso Mexicano de Botánica y VII Congreso Latinoamericano de Botánica. México, D.F. 18-24 de Octubre.
- Basurto, F.,** D. Martínez, A. Castellanos y M. A. Martínez. 1996. Ciclo agrícola y fenología de *Phaseolus coccineus* L. en sistemas de agricultura tradicional en la Sierra Norte de Puebla, México. *Etnoecológica* 3(4-5): 71-81.
- Basurto, F.,** M.A. Martínez y G. Villalobos. 1998b. Los quelites de la Sierra Norte de Puebla, México: Inventario y formas de preparación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 62:49-62.
- Bourges, H.,** J. Morales, G. Escobedo y E. Camacho. 1996. Tablas de composición de alimentos. Instituto Nacional de la Nutrición. "Salvador Zubiran". México, D.F. 248 p.
- Bye, R.** 1981. Ethnoecology of edible greens-past, present, and future. *Journal of Ethnobiology* 1(1): 109-123.
- Bye, R.** 1985. Botanical Perspectives of Ethnobotany of the Greater Southwest. *Economic Botany* 39 (4): 375-386.
- Bye, R.** 1993. The role of humans in the diversification of plants in México, in T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot and J. Fa (eds.), *Biological Diversity in México: Origins and Distribution*, New York, NY: Oxford University Press. pp. 707-731.
- Caballero, L.** 1984. Plantas comestibles usadas en la Sierra Norte de Puebla por Totonacos y Nahuas: Tuzamapan de Galeana y Santiago Yancuictlalapan, Puebla. Tesis profesional, ENEP Iztacala, UNAM. Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, México. 175 p.
- Casas, A.,** J.L. Viveros, E. Katz, y J. Caballero. 1987. Las plantas en la alimentación mixteca: una aproximación etnobotánica. *América Indígena* 47(2): 317-343.
- Casas, A.** 1992. Etnobotánica y procesos de domesticación en *Leucaena esculenta* (Moc. Et Sessé ex A. DC.) Benth. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F. 233 p.



- Casas, A.**, J. Caballero, C. Mapes y S. Zárate. 1997. Manejo de la vegetación, domesticación de plantas y origen de la agricultura en Mesoamérica. Boletín de la Sociedad Botánica de México 61:31-47.
- Castro, D.**, F. Basurto y M.A. Martínez. 1996. Quelites y calendarios agrícolas en Tuxtla, Zapotitlán de Méndez, Puebla. Resúmenes del II Congreso Mexicano de Etnobiología, Cuernavaca, Morelos, 5-12 de Septiembre.
- Castro, D.**, F. Basurto, M.A. Martínez, y R. Bye. 1998a. Efecto de la densidad de arvenses en la producción de chile (*Capsicum annuum* L. Solanaceae) en Tuxtla, Zapotitlán de Méndez, Puebla, México. Resúmenes del XIV Congreso Mexicano de Botánica y VII Congreso Latinoamericano de Botánica. México, D.F. 18-24 de Octubre.
- Castro, D.**, F. Basurto, y M.A. Martínez, 1998b. Cambios en la densidad de arvenses útiles (quelites) en milpas y chilares del Norte de Puebla. Resúmenes del III Congreso Mexicano de Etnobiología. Oaxaca, Oaxaca, 3-6 de Noviembre.
- Castro, D.**, C. Mapes, F. Basurto, M.A. Martínez y R. Bye. 1999. Comparative use and management of edible greens (*Amaranthus* spp.) in milpa and chilar in the Sierra Norte of Puebla, México. Resúmenes de Meeting of Amaranth Institute. Omaha, Nebraska, USA, 9 y 10 de Agosto.
- Castro, D.** 2000. Etnobotánica y papel económico de cuatro especies de quelites en Tuxtla, Zapotitlán de Méndez, Puebla, Méx. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. México , D.F. 125 p.
- Clark, G.** 1977. Domestication and social evolution. In: Hutchinson, J. G., E.M. Jope, and R. Riley (Eds.). The Early History of Agriculture. Oxford University Press. Oxford, Great Britain. pp. 5-11.
- Clausen J.** y W.M. Heyisey. 1958. Experimental studies on the nature of species. IV. Genetic structure of ecological races. Carnegie Institute Washington Publication. 615 p.
- Colunga, P.** 1984. Variación morfológica, manejo agrícola y grados de domesticación de *Opuntia* spp., En: el Bajío Guanajuatense. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegia de Postgraduados. Chapingo, Estado de México. 204 p.

- Cotton, C.M.** 1996. Ethnobotany Principles and Applications. John Wiley and Sons Ltd. England. 424 p.
- Cruz, A.** 1995. Los sistemas agrícolas de Jilotzingo, Municipio de Zacatlán, Puebla. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F. 318 p.
- Darwin, C.** 1980. El origen de las especies. CONACYT. México. 139 p.
- Darwin, C.** 1998 [1868]. The variation of animals and plants under domestication. Baltimore, MD: John Hopkins University Press. 473+495 p.
- De Candolle, A.** 1959 [1883]. Origin of Cultivated Plants. Hafner. New York. USA. 468 p.
- De Wet, J.M.J.** y J.R. Harlan. 1975. Weeds and domesticates: Evolution in the man-made habitat. *Economic Botany* 29: 99-107.
- Díaz, A.** 1998. Bioproductividad de la asociación amaranto-maíz. Tesis Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 77 p.
- Dobzhansky, T.** 1975. Genética del proceso evolutivo. Extemporáneos. México. 463 p.
- Dudley, S.** y J. Schmitt. 1995. Genetic differentiation in morphological responses to simulated foliage shade between populations of *Impatiens capensis* from open and woodland sites. *Functional Ecology* 9: 655-666
- Ferrusquía, I.** 1998. Geología de México: Una sinopsis, En: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot, J. Fa (Compiladores) Diversidad Biológica de México. UNAM. México, D.F. pp. 3-108.
- García, B.** 1987. Los pueblos de la Sierra, el poder y el espacio entre los indios del Norte de Puebla hasta 1700. Centro de estudios históricos del Colegio de México. México, D.F. 424 p.
- García, E.** 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Edición de la autora, México, D.F. 252 p.
- Grubben, G.J.H.** y D.H. Van Sloten. 1981. Genetic Resource of Amaranths: A Global Plan of Action. AGP: IBPGR/80/2. International Board for Plant

Genetic Resources, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Italia. 57 p.

**Hancock J.** 1992. Plant Evolution and the Origin of Crop Species. Prentice Hall. Englewood Cliffs. NJ. 305 p.

**Harlan, J. R.** 1975. Crops and Man. American Society of Agronomy. Madison, Winsconsin. 282 p.

**Harlan, J. R.** J.M.J. De Wet, and E. G. Price. 1973. Comparative evolution of cereals. *Evolution* 27: 311-325.

**Hawkes, J.G.** 1969. The ecological background of plant domestication, En: P.J. Ucko y G. W. Dimbleby (Eds.) the domestication and Explotation of plants and animals. Duckworth. London. Great Britain: 17-29

**Hawkes, J.G.** 1983. The diversity of crop plants. Harvard University Press. Cambridge, Massachusets. 184 p.

**Hernández X., E.** y A. Ramos. 1985. Metodología para el estudio de agroecosistemas con persistencia de tecnología agrícola tradicional. En: Xolocotzia. Tomo I. Revista de Geografía Agrícola. UACH, Estado de México, México. pp 361- 364.

**Hernández X., E.** 1998. Aspectos de la domesticación de plantas en México: una apreciación personal. En T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (Compiladores). Diversidad biológica de México: orígenes y distribución. Instituto de Biología, UNAM. México, DF. pp. 715-734.

**Hernández, F.** 1959. "Historia natural de la Nueva España", En: Obras completas, México, D.F. UNAM, tomos II y III

**Mapes, C.** 1997. Etnobotánica del "Quintonil" conocimiento, uso y manejo de *Amaranthus* spp. en México. Tesis de Doctor en Ciencias (Biología). Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F.154 p.

**Mapes, C.,** F. Basurto y R. Bye. 1997. Ethnobotany of "quintonil". Knowledge, use and management of *Amaranthus* spp. in the Sierra Norte de Puebla, México. *Economic Botany* 51(3):293-306.

- Mapes, C.,** F. Basurto, J. Caballero y R. Bye. 1998. Tendencias evolutivas en amaranto (*Amaranthus* spp.) bajo selección humana en México. Boletín de la Sociedad Botánica de México. México 62: 91-107.
- Martin G. J.** 1995. Ethnobotany a methods manual. Chapman & Hall. UK. 268 p.
- Martínez, M.A.,** V. Evangelista, M. Mendoza, G. Morales, G. Toledo y A. Wong. 1995. Catálogo de las plantas útiles de la Sierra Norte de Puebla, México. Cuadernos 27. Instituto de Biología. UNAM. México, D.F. 303 p.
- Miller, R.E** y N.L. Fowler. 1993. Variation in reaction norms among populations of the grass *Bouteloua rigidiseta*. Evolution 47: 1446-1455.
- Miranda, F.** y A. Sharp. 1950. Characteristics of the vegetation in certain temperature regions of eastern México. Ecology 31(3): 313-333.
- Molina, N.** 2000. Frecuencia y preferencia de consumo de quelites en Zoatecpán, comunidad Nahuatl de la Sierra Norte de Puebla. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F. 97 p.
- National Research Council (N.R.C.).** 1984. Amaranth: modern prospects for ancient crop. National Academy Press Washington, D.C. 80 p.
- Olivares, E.,** 1989. Paquete de diseños experimentales, FAUANL, versión 1.4. Facultad de Agronomía, UANL. Marín, Nuevo León, México.
- Platenkamp, G. A.** y R.G. Shaw. 1992. Environmental and genetics constrains on adaptative population differentiation in *Anthoxanthum odoratum*. Evolution 46: 341-352.
- Puig H.** 1991. Vegetación de la Huasteca (México). Estudio fitogeográfico y ecológico. ORSTOM, Instituto de ecología A.C. y CEMCA. México, D.F. 626 p.
- Reyna, T.** 1986. Requerimientos climáticos para el cultivo del amaranto, En: Memoria del Coloquio Nacional del Amaranto, Querétaro, Qro. pp. 81-89.
- Rindos, D.** 1984. The origins of agriculture. An evolutionary perspective. Academic Press, Inc. New York. 325 pp.
- Rzedowski, J.** 1978. Vegetación de México. Limusa. México. D.F. 432 p.

- Sahagún, B.** 1989. Historia general de las cosas de la Nueva España. 2ª Ed. CONACULTA. Alianza Editorial Mexicana. México, D.F. Tomo I y II. (Introducción, paleografía, glosario y notas: Josefina García Quintana y Alfredo López Austin). 923 p.
- Sánchez-Marroquín, A.,** L. Pérez, F. Briones y J. Kuri. 1986. Potencialidad de la hoja de amaranto en la alimentación, En: A. Trinidad, F. Gómez y G. Suárez (Compiladores). El amaranto (*Amaranthus* spp.): su cultivo y aprovechamiento. 1er. Seminario nacional de amaranto. Chapingo, Texcoco, Edo. de México. 307 p.
- Sauer, J. D.** 1950. The grain amaranths: A survey of their history and classification. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 67: 561-619.
- Scheiner S.** y J. Goodnight. 1984. The comparison of phenotypic plasticity and genetic variation in populations of the grass *Danthonia spicata*. *Evolution* 38: 845-855.
- Schmitt, J.** 1993. Reaction norms of morphological and life-history traits to light availability in *Inpatis capensis*. *Evolution* 47: 1654-1668.
- Schwanitz, F.** 1966. The origin of cultivated plants. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts. 175 p.
- Serna, J.** 1953. Idolatrías, supersticiones, dioses, ritos, hechicerías y otras costumbres gentílicas de las razas aborígenes de México. Ediciones Fuente Cultural. Tomo 2. México.
- Sokal, R.** y F. Rohlf. 1995. Biometry. 3a. Ed. W.H. Freeman, New York.
- Spedding, C,** J. Walsingham y A. Hoxey. 1981. Biological Efficiency in agriculture. Academic Press New York. 383 p.
- Steel, D.** y J. Torrie. 1981. Principles and procedures of statistics. A biometrical approach. 2a. Ed. McGraw-Hill, Tokio, Japan.
- Torres, B.** 1985. Las plantas útiles en el México antiguo según las fuentes del siglo XVI, En: R.T. Rojas y T.W. Sanders. Historia de la agricultura, época prehispánica-siglo XVI. Tomo I. INAH. México, D.F. 266 p.
- Urbina, M.** 1903. Plantas comestibles de los antiguos mexicanos. Anales del Museo de Historia Nacional. México. 2ª. Época. Tomo 1.M. pp 503-591.

- Vavilov, N.** 1949-1950. Estudios sobre el origen de las plantas cultivadas. ACME Agency. Buenos Aires. Argentina. 185 p.
- Velasco, L.** 1990. El uso y la representación del amaranto en la época prehispánica según las fuentes históricas y pictóricas, En: A. Trinidad, F. Gómez y G. Suárez (Compiladores). El amaranto su cultivo y aprovechamiento. Colegio de postgraduados. Edo. de México.
- Vía, S.** 1987. Evolution of genetic variability in a spatially heterogeneous environment: Effects of genotype-environment interaction. Genetic Research 49: 147-156.
- Villalobos, G.** 1994. Plantas comestibles de dos comunidades de la Sierra Norte de Puebla: Xochitlán de Vicente Suárez y Zapotitlán de Méndez. Tesis profesional. FES. Zaragoza. UNAM. México, D.F. 315 p.
- Villaseñor, R.** 1988. Etnobotánica de plantas comestibles en dos comunidades. San Pablito y Xolotla en la Sierra Norte de Puebla. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F. 189 p.

## 11. ANEXOS

---

### ANEXO 1. CUESTIONARIO BÁSICO A CONTESTAR.

Las siguientes preguntas se tomaron como guía para dirigir las entrevistas abiertas, los términos en que están redactadas no son exactamente la forma en que se preguntaron, ya que se hizo una adecuación al léxico de Tuxtla y de Zoateopan.

¿Siempre se han sembrado los quintoniles en el chilar/milpa?\_\_\_\_\_ ¿Por qué?

¿ En Tuxtla se siembran los quintoniles en la milpa?.....si/no\_\_\_\_\_ ¿Por qué?

¿Tiene alguna ventaja sembrarlos en los sistemas de cultivo?

¿Que ventaja?

¿ Conoce los quintoniles de tierra caliente/tierra fría?

¿ Son iguales?\_\_\_\_\_si/no

¿A probado los quintoniles de tierra fría/ tierra caliente?

¿El sabor de los quelites cambia, según la comunidad de donde proceden?

¿ El color es el mismo?

¿ El tamaño es igual?

¿Cuál es más alto?

¿ Son de la misma forma?

¿ De que lugar prefiere comerlos?

¿Se colecta la semilla de quintonil?

¿Como se seleccionan las plantas productoras de semilla?

¿En que temporada se realiza la selección de la semilla?

## ANEXO 1. CUESTIONARIO BÁSICO A CONTESTAR

---

¿En que beneficia o afecta la presencia de quintoniles al cultivo principal?

¿Los quintoniles evitan degradación del suelo?

¿Son reservorio de humedad?

¿Evitan plagas hacia el cultivo?

¿Existe algún tratamiento especial de cultivo para los quintoniles?

¿Los quintoniles se fumigan?

¿Se abonan?



## ANEXO 2. MATRIZ DE DATOS ALTURA (Parcela en milpa)

		amaranto de chilar									amaranto de milpa												
ind	mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1	0	8	40	51	74	74	74	74	74	74	74	0	7	30	49	72	106	134	131	151	164	169
2	0	9.5	41	52	74	74	74	74	74	74	74	0	8.5	31	51	79	100	130	145	155	167	170	170
3	0	8	35	50	71	71	71	71	71	71	71	0	7	25	48	79	109	135	141	151	161	171	171
4	0	11	40	51	76	76	76	76	76	76	76	0	8	30	49	78	102	130	149	155	164	173	173
5	0	12	40	47	70	70	70	70	70	70	70	0	12	23	48	90	103	125	145	155	167	175	175
6	0	13	42	51	69	69	71	71	71	71	71	0	12	30	51	79	100	122	133	153	160	171	171
7	0	13	36	51	71	71	71	71	71	71	71	0	11	28	51	80	92	140	147	167	170	175	175
8	0	10	39	49	68	68	70	70	70	70	70	0	8	28	48	79	120	159	162	177	180	183	183
9	0	12	38	50	71	71	71	71	71	71	71	0	11	31	49	80	129	154	161	184	190	191	191
10	0	7	40	51	70	70	70	70	70	70	70	0	6	26	51	79	100	123	147	167	177	178	178
11	0	12	42	47	70	70	70	70	70	70	70	0	11	24	49	78	103	122	148	168	178	179	179
12	0	12	38	54	69	69	71	71	71	71	71	0	11	28	53	75	92	120	150	165	175	177	177
13	0	9	52	52	68	68	71	71	71	71	71	0	8	30	51	79	85	143	143	163	182	184	184
14	0	8	40	53	64	64	70	70	70	70	70	0	7	28	52	82	113	136	160	170	182	184	184
15	0	12	35	50	67	67	69	69	69	69	69	0	11	22	49	84	93	144	152	172	192	195	195
16	0	11	41	50	67	67	68	68	68	68	68	0	10	30	52	78	120	150	167	181	193	196	196
17	0	9	42	51	67	67	67	67	67	67	67	0	8	26	50	85	124	147	154	163	174	176	176
18	0	13	36	50	70	70	70	70	70	70	70	0	11	28	49	84	125	165	170	180	185	190	190
19	0	13	32	52	72	72	72	72	72	72	72	0	12	32	50	83	150	157	160	170	175	177	177
20	0	12	38	51	70	70	70	70	70	70	70	0	11	30	50	85	117	156	164	174	183	185	185
21	0	13	41	50	75	75	75	75	75	75	75	0	12	32	49	82	142	156	167	177	183	186	186
22	0	12	42	51	66	66	66	66	66	66	66	0	11	29	49	84	102	147	157	167	187	190	190
23	0	8	40	49	65	65	65	65	65	65	65	0	8	32	48	81	110	149	160	170	190	192	192
24	0	11	37	51	73	73	73	73	73	73	73	0	10	23	50	81	128	135	155	165	184	187	187
25	0	7	36	52	71	71	71	71	71	71	71	0	7	32	51	80	125	141	156	160	173	178	178
26	0	12	45	53	73	73	73	73	73	73	73	0	9	30	52	79	111	131	141	152	162	175	175
27	0	8	35	50	66	66	66	66	66	66	66	0	8	33	48	79	125	140	159	162	173	176	176
28	0	10	38	51	74	74	74	74	74	74	74	0	9	32	50	78	135	145	160	167	173	173	173
29	0	7	46	52	64	64	69	69	69	69	69	0	7	29	51	79	135	154	162	168	173	176	176
30	0	12	45	49	64	64	68	68	68	68	68	0	11	25	48	80	130	150	160	172	174	175	175
31	0	9	36	51	74	74	74	74	74	74	74	0	8	31	49	80	128	153	156	166	170	173	173
32	0	11	38	52	82	82	82	82	82	82	82	0	10	29	51	79	109	136	138	148	150	172	172
33	0	7	31	50	72	72	72	72	72	72	72	0	7	19	49	78	110	150	152	166	168	172	172
34	0	11	35	52	66	66	69	69	69	69	69	0	10	29	51	78	119	154	156	162	164	174	174
35	0	8	33	50	67	67	70	70	70	70	70	0	7	20	48	80	114	129	130	167	169	177	177
36	0	7	39	50	68	68	71	71	71	71	71	0	7	22	49	78	129	132	134	162	164	179	179
37	0	7	43	54	68	68	70	70	70	70	70	0	7	30	53	81	119	131	143	178	179	185	185
38	0	9	38	54	70	70	71	71	71	71	71	0	8	28	52	78	118	130	134	188	189	193	193
39	0	8	37	53	71	71	72	72	72	72	72	0	7	28	51	80	118	120	122	168	187	194	194
40	0	8.5	39	53	73	73	73	73	73	73	73	0	7	27	51	80	111	125	127	154	170	175	175

ANEXO 2. MATRIZ DE DATOS ALTURA (Parcela en chilar)

ind	mes	amaranto de chilar					amaranto de milpa						
		5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10
1	0	9	20	39	40	41	0	5	12	43	106	125	130
2	0	8.5	19	53	59	65	0	6.5	10.5	47	113	122	143
3	0	10	20.5	45	49	50	0	5	14	50	112	133	140
4	0	9	17	51	60	60	0	6	14	42	122	131	148
5	0	10	20	38	40	49	0	7	15	43	105	124	144
6	0	11	20	44	61	65	0	4	14	45	100	122	132
7	0	13	17	58	69	72	0	8	14	48	123	142	146
8	0	14	20	69	91	93	0	6	12	49	120	159	161
9	0	10	20	68	85	87	0	7	13.5	51	139	154	160
10	0	9	18.5	35	45	53	0	6	13	43	102	121	146
11	0	12	24	31	40	60	0	6	16	43	103	122	147
12	0	12	20	33	46	47	0	5	17	40	100	140	150
13	0	10	20	33	38	40	0	6	12	39	103	133	143
14	0	9	21	46	50	50	0	7	15	45	113	126	160
15	0	12	17	49	57	57	0	6	14	48	100	144	152
16	0	11	20	43	50	64	0	6	13	45	120	158	167
17	0	9	20	41	49	53	0	5	15	48	124	147	154
18	0	13	22	44	50	55	0	7	17	46	125	165	170
19	0	13	20	67	76	77	0	5	18	46	150	157	160
20	0	12	22	65	74	77	0	8	16	47	117	156	164
21	0	11	22	44	53	68	0	7	12	44	142	156	167
22	0	12	20	44	48	49	0	5	13	46	102	140	157
23	0	8	21	47	55	75	0	6	13	47	100	149	160
24	0	11	22	60	62	63	0	7	11	48	128	135	155
25	0	7	23	51	54	55	0	7	13	43	135	146	156
26	0	10	19	40	41	41	0	8	13	45	121	131	161
27	0	8	20	55	62	62	0	5	9.5	44	135	140	159
28	0	10	22	46	51	60	0	5	12	42	140	145	160
29	0	7	21	57	66	70	0	7	11	43	149	155	162
30	0	10	19	67	76	76	0	4	12	40	130	158	160
31	0	9	18	49	58	60	0	8	10	48	148	153	156
32	0	11	21	68	75	76	0	5	12	41	127	136	136
33	0	7	19	61	60	60	0	7	10	42	111	148	152
34	0	9.5	21	41	44	45	0	5	12	44	119	156	156
35	0	8	20	35	40	53	0	6	9.5	46	114	129	130
36	0	9	19	51	58	60	0	6	12	45	129	132	134
37	0	9	17	61	64	67	0	5	13	47	131	141	143
38	0	9	19	55	60	60	0	5	12	48	118	128	130
39	0	10	19	55	60	61	0	5	12	45	110	118	120
40	0	8	20	61	64	64	0	6	11	44	120	125	127

ANEXO 2. MATRIZ DE DATOS ALTURA (Parcela en invernadero)

ind	mes	amaranto de chilar						amaranto de milpa						
		6	7	8	9	10	11	12	6	7	8	9	10	11
1	0	13	30	39	50	61	61	0	12	19	29	78	118	130
2	0	13	30	38	60	62	62	0	10.5	15	26	79	122	131
3	0	13	25	40	58	59	59	0	12	15	21.5	79	123	127
4	0	14	30	36	55	59	59	0	14	18	22.5	78	121	123
5	0	13	24	38	49	49	49	0	12	17	24	80	122	132
6	0	14	33	40	53	60	60	0	13	19	28	79	118	128
7	0	14	32	39	59	60	60	0	15	21	27	80	118	121
8	0	13	30	40	60	62	62	0	11	17	21	79	120	131
9	0	14	30	40	55	60	60	0	13	20	27	80	118	123
10	0	14	32	40	54	60	60	0	10.5	16	21.5	79	123	126
11	0	13	27	34	55	55	55	0	12	15	24	78	124	133
12	0	13	26	36	54	58	58	0	12	14	20	85	123	133
13	0	11	26	33	53	66	66	0	14	21	30	79	124	130
14	0	14	26	42	55	59	59	0	11	23	24	82	123	130
15	0	13	27	42	57	57	57	0	12	19	27.5	84	122	130
16	0	12	31	39	53	56	56	0	14	20	20	78	123	133
17	0	13	30	41	54	56	56	0	14	19	20	85	119	123
18	0	15	26	43	59	60	60	0	14	20	23	84	122	128
19	0	15	30	45	56	64	64	0	15	18	27	83	122	131
20	0	13	28	43	54	65	65	0	14	17	26	85	123	130
21	0	14	30	42	53	65	65	0	13	15	34	78	112	115
22	0	15	30	43	63	64	64	0	14	16	30	84	108	121
23	0	11	27	44	55	64	64	0	10	14	32	81	120	126
24	0	14	27	45	62	65	65	0	10	13	28	81	121	131
25	0	13	28	39	62	65	65	0	12	17	28	80	122	127
26	0	13	35	40	52	63	63	0	13	19	25	79	122	132
27	0	12	32	39	57	64	64	0	9.5	20	23	79	117	121
28	0	12	35	38	51	54	54	0	13	19	27	78	118	121
29	0	11	30	39	56	56	56	0	12	20	30	79	121	131
30	0	12	31	36	60	66	66	0	12	21	24	80	118	123
31	0	13	33	45	58	64	64	0	11	21	30	80	119	126
32	0	13	31	37	60	60	60	0	11	20	31	79	120	130
33	0	15	33	39	58	60	60	0	11	21	27	78	121	130
34	0	12	35	41	63	64	64	0	9.5	19	25	78	120	125
35	0	12	33	42	60	60	60	0	12	19	29	78	118	121
36	0	14	31	38	58	58	58	0	11	21	25	78	118	121
37	0	11	32	39	64	65	65	0	10	20	28	81	118	126
38	0	11	33	43	62	64	64	0	10	19	26	78	120	124
39	0	11	30	44	61	65	65	0	12	13	26	79	120	130
40	0	14	31	39	62	66	66	0	9	10	23	78	119	127

ANEXO 3. MATRIZ DE DATOS COBERTURA (Parcela en milpa)

		amaranto de chilar									
ind	mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	200.00	855.30	955.30	2211.20	2421.20	3123.52	3212.52	3489.52	3674.52	
2	0	115.73	446.36	946.36	2320.26	2525.66	3412.68	3515.68	3645.68	3901.68	
3	0	156.71	660.52	660.52	2796.32	3019.08	3325.31	3498.31	4607.31	4717.31	
4	0	95.71	989.80	989.80	2547.16	2774.76	3312.46	3412.26	3528.26	3628.26	
5	0	132.13	564.00	964.00	1634.76	1847.46	3014.56	3213.23	3345.23	3698.23	
6	0	100.09	446.36	843.46	2778.18	3019.08	3050.00	3190.97	3200.97	3567.97	
7	0	114.71	452.39	634.49	1897.28	2219.08	3244.52	3324.52	3432.52	3674.52	
8	0	136.71	471.44	645.34	2027.34	2727.44	2900.32	3000.32	3043.32	3318.32	
9	0	101.93	363.05	856.15	2074.46	2874.76	3000.18	3126.88	3345.88	3517.88	
10	0	145.32	463.05	678.05	1986.46	2164.76	2998.42	3050.32	3123.32	3518.32	
11	0	180.12	510.71	745.11	1425.97	1825.97	2134.73	3134.73	3340.73	3596.73	
12	0	170.71	480.13	684.23	1765.73	2596.73	2650.32	3000.32	3108.32	3518.32	
13	0	200.68	463.05	765.35	2009.66	2709.56	2900.00	3000.00	3075.84	3575.84	
14	0	170.71	551.55	987.35	2002.64	2375.84	2765.00	3010.00	3017.25	3617.25	
15	0	100.21	706.86	837.16	1009.36	1909.56	2288.23	2867.19	3006.19	3706.19	
16	0	213.82	415.48	587.68	1998.57	2104.47	3221.48	3421.98	3543.98	3733.98	
17	0	176.71	1075.21	1342.81	2107.39	2507.19	3050.98	3130.98	3350.98	3733.98	
18	0	268.80	452.39	899.43	1999.00	2024.00	2897.51	3116.51	3460.51	3780.51	
19	0	176.71	855.30	998.10	1879.29	2507.19	2765.46	3123.46	3234.46	3848.46	
20	0	226.98	1104.47	1200.77	2000.63	2332.83	2456.66	3014.69	3213.69	3631.69	
21	0	201.06	683.49	978.59	2281.41	2680.51	2987.67	3123.47	3236.47	3536.47	
22	0	268.80	660.52	890.32	2043.15	2117.25	3067.52	3267.52	3600.52	3674.52	
23	0	254.47	472.56	971.26	2042.19	2642.09	3400.20	3456.20	3500.20	4159.00	
24	0	201.06	397.61	912.31	2121.67	2722.47	2993.00	3000.00	3026.00	3226.56	
25	0	165.13	490.88	812.38	2543.28	2693.68	3000.00	3217.00	3317.00	3318.32	
26	0	199.06	829.88	967.80	2154.23	2332.83	3000.00	3315.00	3418.00	3419.23	
27	0	213.82	637.94	895.44	2034.52	2123.72	3000.00	3434.00	3733.00	3733.98	
28	0	165.13	706.86	888.56	2027.29	2507.19	2987.00	3465.00	3847.00	3848.46	
29	0	112.21	829.58	956.18	2032.18	2183.08	3314.00	3324.00	3418.00	3419.23	
30	0	200.32	855.29	1001.39	2055.21	2248.01	3123.00	3467.00	3576.00	3578.48	
31	0	220.28	600.67	1230.27	2171.86	2551.76	3111.00	3623.00	3716.00	3717.31	
32	0	109.06	700.89	903.00	2097.34	2375.84	2654.00	3000.00	3127.00	3328.26	
33	0	211.24	600.86	803.00	1956.32	2123.72	3133.00	3234.00	3359.00	3359.17	
34	0	213.00	856.87	1246.27	2022.67	2525.97	2985.00	3020.00	3166.00	3366.93	
35	0	255.06	643.65	1234.45	2192.00	2598.23	3000.00	3101.00	3418.00	3419.23	
36	0	142.47	745.73	956.00	2134.43	2598.23	3100.00	3198.32	3317.32	3318.32	
37	0	160.13	876.89	1023.49	2100.13	2142.83	3300.00	3312.29	3738.29	3739.29	
38	0	123.71	698.65	978.85	2140.11	2248.01	3004.00	3300.00	3525.00	3526.56	
39	0	202.28	968.98	1576.98	2111.52	2223.72	3000.00	3197.00	3900.63	3903.63	
40	0	102.06	789.87	1467.34	2025.16	2264.76	3360.00	3378.00	3970.00	3970.00	

ANEXO 3. MATRIZ DE DATOS COBERTURA (Parcela en milpa)

		amaranto de milpa											
ind	mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	80.00	298.64	298.14	321.14	1104.47	2107.00	2206.19	3574.52	3980.52	4712.52	4848.46	
2	0	100.73	240.52	300.12	345.23	1625.97	2319.23	2419.23	4001.68	4012.68	4012.68	4018.32	
3	0	69.31	330.06	380.06	389.14	1698.23	3067.97	3067.97	3617.31	4312.00	3512.31	4717.31	
4	0	90.84	415.47	455.47	500.47	855.30	1318.63	2418.63	3228.26	3567.26	3667.26	4067.97	
5	0	70.03	660.52	688.52	696.62	1555.29	2102.19	2206.19	3698.23	3801.55	4001.55	4015.16	
6	0	79.19	706.86	716.86	796.96	1256.64	2250.84	2375.84	3167.97	3945.97	4000.00	4417.88	
7	0	100.81	240.52	260.52	299.62	1256.64	2101.01	2248.01	3474.52	4076.32	4260.32	4648.00	
8	0	79.56	283.52	300.52	356.82	1661.91	2453.76	2551.76	3218.32	3218.32	3218.32	3860.00	
9	0	69.93	201.06	304.06	394.66	1164.16	1856.97	2002.97	4317.88	4317.88	4317.88	4367.97	
10	0	112.82	397.60	402.60	498.46	1520.53	2507.19	2507.19	3318.32	3634.32	4134.32	4417.88	
11	0	160.52	283.52	383.52	398.52	1075.21	2166.93	2166.93	3696.73	3789.73	4789.73	4800.98	
12	0	100.81	397.60	423.60	487.66	1772.06	2551.76	2551.76	3318.32	3989.32	4509.00	4676.01	
13	0	198.88	433.73	483.73	497.93	1194.59	2206.19	2206.19	3275.84	3990.24	4013.24	4361.74	
14	0	145.61	620.00	700.00	785.40	1385.45	2590.00	1590.44	3017.25	3017.25	3317.25	3796.73	
15	0	78.11	593.95	600.95	630.95	1046.35	1698.23	1698.23	3206.19	3376.00	4276.19	4421.20	
16	0	69.82	907.92	1020.92	1342.92	1352.66	2164.76	2164.76	3633.98	3954.65	4034.65	4128.26	
17	0	156.71	962.11	1034.11	1256.51	1486.17	1621.91	1661.91	3633.98	3633.00	3633.98	4123.72	
18	0	200.80	706.86	745.16	765.56	510.71	2165.84	2375.84	2680.81	2987.81	3987.81	4717.31	
19	0	155.71	363.05	463.05	473.55	1385.45	2537.46	2847.46	3748.46	3243.56	3243.56	4551.76	
20	0	69.98	415.47	515.00	612.00	1625.97	2587.84	2687.84	3531.69	3678.69	3978.69	4500.85	
21	0	79.16	855.30	934.30	1012.30	1104.47	2106.19	2206.19	4100.47	4243.00	4243.57	4876.98	
22	0	98.80	754.76	764.76	844.76	1017.88	2248.00	2248.01	4574.52	4500.52	4574.52	4728.26	
23	0	154.47	637.94	688.14	702.14	1555.29	2507.23	2507.19	3859.20	3923.10	4311.10	4596.36	
24	0	79.06	660.52	690.52	701.52	1452.20	2319.23	2419.23	4000.56	4200.46	4200.46	4600.85	
25	0	145.13	380.13	420.13	512.13	1418.63	2531.76	2551.76	3218.32	4000.62	4403.62	4417.88	
26	0	176.06	818.62	888.00	923.23	1520.53	2970.68	2970.58	3419.23	4800.23	4656.73	5074.52	
27	0	70.82	1046.34	1246.34	1364.54	1590.44	2677.84	2687.84	3733.98	4533.98	4738.98	5026.56	
28	0	69.13	1486.17	1596.17	1646.17	1194.59	2375.84	2375.84	3748.96	3948.96	4000.96	4015.16	
29	0	78.21	730.61	730.61	799.61	1418.63	2874.76	2874.76	3419.23	3678.43	4200.43	4476.98	
30	0	89.32	855.30	855.30	1003.30	1256.64	2164.76	2364.76	3278.48	3670.48	4723.48	4417.88	
31	0	113.48	656.00	700.00	845.00	1963.50	2369.56	3369.56	4517.31	4350.41	4500.51	5074.52	
32	0	79.06	609.00	609.00	712.00	1661.91	2534.00	2733.98	3128.26	3900.26	4800.26	4545.63	
33	0	74.54	709.00	823.14	934.14	1772.06	2687.84	2687.84	3359.97	4359.97	4849.97	4717.31	
34	0	99.12	743.00	767.13	867.13	1452.20	2217.10	3217.00	3366.93	4200.93	4800.93	5561.74	
35	0	75.06	743.00	812.12	812.12	2123.72	2476.98	3476.98	3755.23	4700.23	4989.23	5120.08	
36	0	71.47	703.00	756.15	945.45	1698.23	2640.51	2780.51	3318.52	4418.52	4900.52	5351.00	
37	0	70.13	650.94	680.00	746.00	1104.47	2253.01	2663.01	3639.29	4500.29	4500.29	5345.63	
38	0	111.71	850.00	889.12	1023.42	1924.43	2624.00	2733.98	3026.60	4000.60	4500.60	5210.62	
39	0	80.18	932.00	992.00	1001.00	1772.06	3684.00	3085.29	3903.63	4603.63	4900.63	5654.00	
40	0	78.02	1034.00	1068.00	1123.56	1520.53	2363.43	2663.01	3970.00	4970.00	5000.00	5239.00	

ANEXO 3. MATRIZ DE DATOS COBERTURA (Parcela en chilar)

ind	mes	amaranto de chilar					amaranto de milpa						
		5	6	7	8	9	10	5	6	7	8	9	10
10		215.82	1223.34	1790.44	3504.78	3804.78	0	110.00	801.06	2892.00	3604.52	4712.89	4712.89
20		122.73	1130.77	1789.23	3501.67	3701.67	0	100.73	834.82	3145.00	3601.68	4723.34	4723.34
30		156.71	1120.34	1885.75	3598.76	3798.76	0	112.31	833.74	2984.00	4017.31	4717.31	4717.31
40		156.71	1212.00	1734.95	3528.26	3728.26	0	90.84	878.54	2856.67	3628.26	4700.78	4700.78
50		123.13	1100.43	1752.66	3598.78	3798.78	0	122.03	881.42	2865.00	3698.23	4723.11	4723.11
60		103.09	1656.00	1747.46	3567.97	3767.97	0	99.19	862.12	2786.00	3667.97	4732.34	4732.34
70		159.71	1223.11	1785.45	3544.52	3823.52	0	100.81	889.80	2800.87	3674.52	4786.78	4786.78
80		151.41	1178.63	1778.44	3512.12	3688.12	0	89.56	875.00	2876.45	3618.32	4778.78	4778.78
90		143.63	1200.45	1785.75	3435.38	3677.38	0	99.93	842.00	2865.89	3687.88	4731.45	4731.45
100		171.03	1212.00	1843.66	3432.32	3857.32	0	112.82	893.96	2876.87	3618.32	4612.66	4612.66
110		188.69	1254.56	1756.25	3396.73	3889.73	0	160.52	866.00	2987.45	3696.73	4756.45	4756.45
120		146.71	1270.00	1825.29	3418.32	3855.32	0	100.81	880.13	2889.50	3618.32	4710.55	4710.55
130		206.98	1134.72	1652.66	3375.84	3887.84	0	198.88	854.47	2765.45	3675.84	4712.67	4712.67
140		176.71	1234.45	1662.66	3501.25	3856.25	0	145.61	813.83	2853.00	3617.25	4756.54	4756.54
150		176.71	1133.32	1801.42	3500.19	3845.19	0	198.11	851.55	2834.43	3706.19	4823.76	4823.76
160		213.82	1232.34	1675.29	3533.98	3846.98	0	200.82	894.00	2954.65	3733.98	4821.78	4821.78
170		176.71	1112.56	1698.25	3503.98	3799.98	0	156.71	880.13	2841.34	3733.98	4867.67	4867.67
180		268.80	1212.21	1800.17	3580.51	3854.51	0	200.80	988.00	2895.55	3680.51	4706.78	4706.78
190		176.71	1112.21	1745.17	3548.46	3889.46	0	155.71	852.66	2878.56	3748.46	4751.45	4751.45
200		226.98	1232.34	1890.50	3531.69	3887.69	0	200.98	886.17	2876.33	3731.69	4663.44	4663.44
210		201.06	1200.54	1812.01	3456.47	3878.47	0	189.16	985.00	2844.76	3636.47	4633.87	4633.87
220		248.80	1163.12	1798.23	3546.52	3799.52	0	198.80	868.80	2878.45	3674.52	4612.21	4612.21
230		254.47	1132.23	1885.75	3598.21	3789.21	0	154.47	896.00	2856.65	4059.00	4612.89	4612.89
240		201.06	1223.12	1762.83	3543.56	3798.56	0	179.06	806.86	2875.45	3726.56	4634.56	4634.56
250		195.23	1122.34	1798.23	3500.32	3756.32	0	145.13	830.06	2835.56	3618.32	4663.22	4663.22
260		271.46	1223.00	1764.95	3489.23	3854.23	0	176.06	854.47	3045.65	3689.23	4633.45	4633.45
270		278.42	1145.23	1872.06	3623.98	3793.98	0	199.82	790.88	2934.23	3733.98	4812.98	4812.98
280		175.13	1108.00	1784.95	3518.46	3778.46	0	125.13	755.30	2878.45	3648.46	4870.21	4870.21
290		132.51	1200.56	1763.63	3519.23	3854.23	0	156.21	800.88	2975.54	3619.23	4745.87	4745.87
300		246.98	1123.34	1783.44	3500.48	3878.48	0	123.32	763.05	2873.45	3608.48	4666.67	4666.67
310		232.48	1250.12	1854.29	3500.31	3845.31	0	113.48	768.55	2889.45	3617.31	4765.66	4765.66
320		211.23	1214.00	1870.53	3511.26	3841.26	0	167.06	752.66	2855.67	3628.26	4756.67	4756.67
330		211.06	1123.54	1734.95	3509.17	3869.17	0	198.24	714.16	2888.45	3659.17	4834.56	4834.56
340		220.33	1103.54	1768.26	3506.93	3806.93	0	146.12	754.47	2875.67	3666.93	4860.65	4860.65
350		231.26	1240.00	1889.31	3410.23	3810.23	0	235.06	730.93	2885.67	3619.23	4884.67	4884.67
360		251.57	1172.00	1795.42	3411.32	3811.32	0	112.47	790.88	2874.54	3618.32	4683.55	4683.55
370		170.23	1223.35	1754.63	3519.29	3819.29	0	120.13	793.96	3001.34	3639.29	4635.66	4635.66
380		182.31	1100.26	1790.44	3506.56	3806.56	0	111.71	730.06	2893.45	3626.56	4682.33	4682.33
390		236.98	1145.14	1799.29	3500.63	3800.63	0	123.18	763.05	3110.00	3603.63	4645.55	4645.55
400		211.06	1260.00	1793.17	3500.00	3723.00	0	198.02	752.39	2899.13	3670.00	4761.44	4761.44

ANEXO 3. MATRIZ DE DATOS COBERTURA (Parcela en invernadero)

ind	mes	amaranto de chilar						amaranto de milpa						
		6	7	8	9	10	11	12	6	7	8	9	10	11
1	0	176.7	655.3	866.5	966.5	979.6	997.8	0	213.8	385.9	556.7	1054.8	1500.4	1590.4
2	0	188.7	546.4	855.7	900.7	957.5	1030.8	0	132.7	356.6	532.6	946.4	1638.2	1698.2
3	0	188.7	460.5	954.7	960.0	979.7	989.3	0	176.7	345.6	456.8	1054.5	1585.8	1685.8
4	0	201.1	689.8	965.9	970.0	1023.0	1112.0	0	176.7	376.2	506.7	1055.3	1532.7	1735.0
5	0	165.1	564.0	954.8	960.5	990.5	999.9	0	143.1	345.7	543.7	1060.5	1346.5	1352.7
6	0	176.7	446.4	867.9	989.5	1121.0	1151.0	0	113.1	312.1	435.6	1090.2	1647.5	1747.5
7	0	176.7	452.4	843.7	912.3	969.6	998.9	0	176.7	215.3	499.8	1083.1	1300.5	1385.5
8	0	240.5	471.4	812.5	910.2	1023.4	1078.6	0	176.7	211.4	423.1	1123.7	1500.4	1590.4
9	0	201.1	463.1	846.9	887.5	937.6	1023.5	0	153.9	302.1	534.6	1398.2	1585.8	1585.8
10	0	363.1	563.1	903.1	912.2	998.5	1012.0	0	165.1	266.3	599.2	1017.9	1334.6	1452.7
11	0	176.7	510.7	823.5	856.3	966.4	999.7	0	188.7	389.5	502.3	751.6	1189.2	1488.3
12	0	201.1	580.1	920.3	945.1	995.1	1000.0	0	176.7	354.7	432.6	1194.6	1445.2	1555.3
13	0	490.9	563.1	934.6	967.3	987.8	1134.7	0	227.0	298.5	608.7	1029.6	1250.8	1352.7
14	0	213.8	551.6	765.5	834.2	934.7	954.6	0	176.7	355.6	456.8	976.7	1351.6	1352.7
15	0	283.5	506.9	801.2	856.5	976.5	986.5	0	176.7	389.2	489.7	932.7	1279.6	1301.4
16	0	268.8	515.5	834.2	889.6	989.8	989.4	0	213.8	213.8	538.7	983.5	1389.2	1555.3
17	0	314.2	675.2	723.1	986.6	1112.6	1112.6	0	176.7	298.5	534.6	989.8	1212.2	1388.3
18	0	227.0	652.4	734.5	889.7	989.6	990.6	0	268.8	334.6	678.7	1286.2	1386.3	1588.2
19	0	452.4	655.3	789.7	823.5	953.5	993.5	0	176.7	445.3	567.9	880.1	1345.3	1586.2
20	0	201.1	504.5	809.7	945.7	965.8	990.8	0	227.0	312.6	556.7	1385.5	1882.5	1963.5
21	0	201.1	683.5	834.2	901.3	945.2	965.2	0	201.1	367.8	543.7	1288.3	1228.0	1248.0
22	0	254.5	660.5	836.5	956.7	967.0	1023.1	0	268.8	369.8	589.8	1055.3	1478.1	1698.2
23	0	188.7	572.6	865.2	912.2	980.6	980.6	0	254.5	389.2	534.8	979.3	1680.6	1885.8
24	0	227.0	697.6	845.7	900.1	1023.1	1023.1	0	201.1	350.7	456.8	1040.8	1245.6	1262.8
25	0	103.9	690.9	834.6	840.0	940.0	1122.3	0	165.1	356.7	636.7	1102.3	1432.4	1598.2
26	0	314.2	629.9	989.7	995.0	1023.0	1023.0	0	201.1	367.8	579.0	1089.8	1556.9	1635.0
27	0	283.5	637.9	945.3	965.0	975.0	1045.2	0	213.8	378.9	567.9	1200.6	1567.2	1672.1
28	0	227.0	606.9	887.8	998.0	1008.0	1008.0	0	165.1	412.1	593.2	1218.6	1434.9	1535.0
29	0	188.7	529.6	823.5	945.6	945.6	1123.6	0	122.7	401.1	534.7	1100.1	1324.6	1433.6
30	0	298.7	555.3	989.6	999.2	999.2	1023.3	0	227.0	369.5	523.7	1171.4	1460.4	1590.4
31	0	254.5	600.7	882.2	990.1	1000.1	1050.1	0	227.0	413.6	634.8	1160.2	1454.0	1554.3
32	0	330.1	600.9	884.2	1204.0	1214.0	1214.0	0	201.1	356.7	557.9	1034.8	1313.2	1520.5
33	0	188.7	600.9	856.7	923.3	933.1	1123.5	0	201.1	358.6	579.8	1200.5	1212.4	1335.0
34	0	213.8	556.9	919.3	1103.5	1103.5	1103.5	0	213.8	389.1	534.8	1100.8	1282.3	1362.3
35	0	227.0	643.7	956.5	1000.0	1020.0	1040.0	0	201.1	392.7	563.8	1189.8	1201.1	1402.3
36	0	188.7	645.7	934.6	1002.0	1032.0	1172.0	0	244.5	348.5	534.8	1199.3	1300.4	1425.4
37	0	240.5	676.9	878.5	1003.5	1003.4	1023.4	0	165.1	324.6	589.8	1115.5	1319.6	1420.6
38	0	240.5	598.7	918.8	997.6	997.5	1000.3	0	176.7	469.2	564.3	1189.8	1435.4	1590.4
39	0	188.7	569.0	989.3	1003.3	1013.1	1145.1	0	227.0	345.1	600.3	1188.3	1323.3	1355.3
40	0	213.8	689.9	934.6	1024.0	1054.0	1160.0	0	201.1	389.1	540.7	1117.0	1369.4	1359.2