



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

## **CAMPUS PUEBLA**

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO  
AGRÍCOLA REGIONAL

### **CONVERSIÓN FUNCIONAL DEL SISTEMA DE AMARANTO EN LA AGRICULTURA FAMILIAR DE TOCHIMILCO, PUEBLA**

**CARLOS OSVALDO ROMERO ROMANO**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE

**DOCTOR EN CIENCIAS**

PUEBLA, PUEBLA

2017



## COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS  
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

CAMPUE- 43-2-03 ANEXO

### CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe **Carlos Osvaldo Romero Romano** alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Juventino Ocampo Mendoza** por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **“Conversión funcional del sistema de amaranto en la agricultura familiar de Tochimilco, Puebla”** y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla, 31 de agosto de 2017

Carlos Osvaldo Romero Romano

Firma

Dr. Juventino Ocampo Mendoza

Vo. Bo. Profesor Consejero y Director de Tesis

La presente tesis, titulada: **Conversión funcional del sistema de amaranto en la agricultura familiar de Tochimilco, Puebla** realizada por el alumno: **Carlos Osvaldo Romero Romano**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS  
EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: 

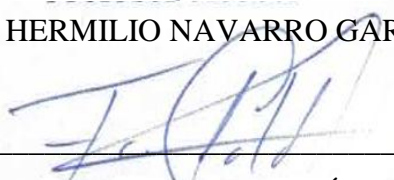
DR. JUVENTINO OCAMPO MENDOZA

ASESOR: 

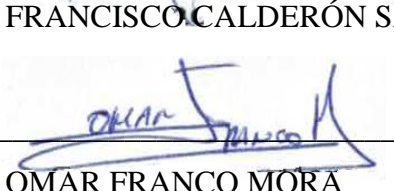
DR. ENGELBERTO SANDOVAL CASTRO

ASESOR: 

DR. HERMILIO NAVARRO GARZA

ASESOR: 

DR. FRANCISCO CALDERÓN SÁNCHEZ

ASESOR: 

DR. OMAR FRANCO MORA

Puebla, Puebla, 31 de agosto de 2017

# CONVERSIÓN FUNCIONAL DEL SISTEMA DE AMARANTO EN LA AGRICULTURA FAMILIAR DE TOCHIMILCO, PUEBLA.

Carlos Osvaldo Romero Romano, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2017

El amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) es a nivel internacional objeto de múltiples estudios relacionados con sus propiedades nutraceuticas y cualidades agronomicas lo que ha llevado a varios países a incrementar la producción. No obstante, en México es insuficiente la investigación destinada al cultivo de amaranto. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue generar conocimiento científico y tecnológico que permita precisar acciones para incrementar la funcionalidad del sistema de amaranto en Tochimilco, Puebla; el cuál es el municipio con mayor producción del país. Para ello, primero se definió un marco teórico conceptual basado en tres enfoques: agricultura familiar, multifuncionalidad de la agricultura, y enfoque sistémico en el concepto de Sistema Económico Familiar (SEF). Posteriormente se realizó un muestreo estratificado para la aplicación de encuestas que permitió identificar los actores sociales, recursos bióticos y abióticos, y los subsistemas de los SEF para explicar la forma en que se configuran y funcionan; además se analizó el itinerario técnico del amaranto para identificar factores que impiden obtener mayores rendimientos. Los resultados indicaron que el amaranto es componente estructural en la configuración y funcionamiento de los SEF, debido a la generación de ingresos, el empleo de la mano de obra familiar y no familiar, y el sostenimiento de la cultura agrícola; y, las principales limitantes para lograr la funcionalidad del sistema de amaranto son: factores climáticos adversos; alta incidencia de plagas y enfermedades, baja oferta de asesoría técnica y capacitación; bajo nivel de agregación de valor; y poco interés por parte de los productores para constituir organizaciones de productores. Se concluyó que es necesario implementar las siguientes acciones: coleccionar y evaluar diferentes variedades de amaranto para seleccionar las más resistentes a los factores climáticos adversos, determinar cuál es el mejor método de prevención y control de plagas y enfermedades del amaranto y generar cursos de capacitación para la prevención y control de las mismas, uso de nuevas tecnologías para la producción, elaboración de alimentos a base de amaranto, y generar una campaña para constituir organizaciones de agricultores.

Palabras clave: *Amaranthus hypochondriacus* L., itinerario técnico, sistema económico familiar.

FUNCTIONAL CONVERSION OF THE AMARANTH SYSTEM IN THE FAMILY  
FARMING IN TOCHIMILCO, PUEBLA.

Carlos Osvaldo Romero Romano, Dr.

College of Postgraduates, 2017

Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) is, in the international context, the object of multiple studies related to its nutraceutical properties and agronomic qualities, which has led several countries to increase its production. However, in Mexico the research for this crop is scarce. Therefore, the objective of this research was to generate scientific and technological knowledge that allows to specify actions to increase the functionality of the amaranth system in Tochimilco, Puebla, which is the municipality with the highest amaranth production in the country. First, a conceptual framework was defined, based on three approaches: family agriculture, multifunctionality of the agriculture, and systemic standpoint under the concept of Family Economic System (its Spanish acronym is known as SEF). Subsequently a stratified sampling was carried out for the application of surveys that allowed to identify the social actors, biotic and abiotic resources, and subsystems of the SEF to explain the way in which they are configured and function; in addition, the technical itinerary of the amaranth was analyzed to identify the factors that avoid getting higher yields. The results indicated that amaranth is a structural component in the configuration and functioning of SEF, due to the generation of income, the employment of family and non-family labor, and the keeping of agricultural culture; and the main constraints to achieving the functionality of the amaranth system are: adverse climatic factors, high incidence of pests and diseases, low supply of technical advice and training, low level of added value, and little interest on producers to create grower organizations. It was concluded that, in order to achieve the functional conversion of the amaranth system, it is necessary to collect and evaluate different varieties of amaranth, to select the most resistant to adverse climatic factors, to determine the best method of prevention and pest control and diseases, to generate training workshops related to the use of new technologies for production and in processes of added value, as well as generating a campaign to form farmers' organizations.

Key words: *Amaranthus hypochondriacus* L., technical itinerary, family economic system.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada a mi persona para financiar mis estudios doctorales.

Al Dr. Juventino Ocampo Mendoza quien fungió como consejero y director de tesis, agradezco el tiempo, esfuerzo, disponibilidad, dedicación y consejos que me brindo desde el primero hasta el último día de mi estancia en el COLPOS.

Al Dr. Hermilio Navarro Garza por todo lo que pude aprender en sus cursos, por su entusiasmo por enseñar, su tiempo, paciencia y disposición a orientarme en la realización de esta investigación.

A los doctores Engelberto Sandoval Castro, Francisco Calderón Sánchez y Omar Franco Mora por su participación como asesores en el proyecto de investigación, su tiempo, paciencia y disponibilidad durante mis estudios doctorales.

A todos los doctores con los que tuve la oportunidad de tomar clases, por su contribución en mi formación profesional y personal.

## DEDICATORIA

A mi mamá por su gran amor, sus consejos y el arduo esfuerzo que ha realizado durante toda su vida para procurar el bienestar de sus hijos.

A mis familiares y amigos que me acompañaron durante esta aventura

A la señora Yolanda Casique Oliva y a su familia por abrirme las puertas de su casa y por el apoyo otorgado en el acompañamiento durante el proceso de aplicación de encuestas, por haber prestado una de sus parcelas para la instalación de uno de los experimentos, por su colaboración durante las labores de siembra, corte y trilla del amaranto en donde gracias a su experiencia, alegría y entusiasmo los días de trabajo se hicieran más amenos

Al señor Silvio Martínez Torres y a su familia por abrirme las puertas de su casa, por el apoyo otorgado en el acompañamiento durante el proceso de aplicación de encuestas en la comunidad de San Martín Zacatempa y por haber prestado una de sus parcelas durante dos años para la instalación de uno de los experimentos.

Al señor Bruno Francisco Ariza Flores y a su familia por abrirme las puertas de su casa y por el acompañamiento en la aplicación de encuestas en la comunidad de San Lucas Tulcingo.

Al señor José Luís Cortez Dávila y su familia por abrirme las puertas de su casa y por también ser uno de los productores cooperantes en esta investigación.

## CONTENIDO

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| <b>INTRODUCCIÓN.....</b>   | <b>1</b>      |
| 1. Planteamiento del problema.....   | 3             |
| 2. Objetivos.....  | 4             |
| 3. Hipótesis.....  | 5             |
| 4. Literatura citada.....  | 5             |
| <b>CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....</b>                                   | <b>8</b>      |
| 1.1. Enfoque Sistémico en la Agricultura.....                                      | 8             |
| 1.1.1. Sistemas de Producción Agrícola: clasificación y enfoques conceptuales..... | 12            |
| 1.2. Agricultura Familiar.....   | 14            |
| 1.2.1. Tipos de Agricultura Familiar.....  | 15            |
| 1.3. Multifuncionalidad de la agricultura.....                                     | 16            |
| 1.4. Literatura citada.....  | 19            |
| <b>CAPÍTULO II. MARCO DE REFERENCIA.....</b>                                       | <b>24</b>     |
| 2.1. Generalidades del municipio de Tochimilco, Puebla.....                        | 24            |
| 2.1.1. Características ecológicas del municipio.....                               | 24            |
| 2.1.2. Características socioculturales del municipio.....                          | 25            |
| 2.1.3. Características económicas del municipio.....                               | 25            |
| 2.2. El amaranto.....  | 26            |
| 2.2.1. Origen e historia.....  | 26            |
| 2.2.2. Clasificación taxonómica.....   | 27            |
| 2.2.3. Estructura floral y polinización.....                                       | 29            |
| 2.2.4. Características fisiológicas.....   | 30            |
| 2.2.5. Fases fenológicas del amaranto.....   | 31            |
| 2.2.6. Requerimientos edafoclimáticos.....   | 33            |
| 2.2.7. Plagas y enfermedades del amaranto.....                                     | 33            |
| 2.2.8. Regiones productoras de amaranto en México.....                             | 35            |
| 2.2.9. Sistemas de producción de amaranto en México.....                           | 36            |
| 2.2.9.1. Sistema convencional de trasplante.....                                   | 37            |
| 2.2.9.2. Sistema convencional de siembra directa.....                              | 38            |



|  |            |
|--|------------|
| 2.2.9.3. Sistema intensivo.....  | 38         |
| 2.2.10. Usos y ventajas del amaranto.....  | 39         |
| 2.2.11. Factores limitantes del cultivo de amaranto en México.....   | 41         |
| 2.3. Literatura citada.....  | 42         |
| <b>CAPÍTULO III. CONFIGURACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA<br/>ECONÓMICO FAMILIAR DE LOS PRODUCTORES DE AMARANTO DE<br/>TOCHIMILCO, PUEBLA.....</b> | <b>51</b>  |
| 3.1. Resumen.....  | 51         |
| 3.2. Abstract.....   | 51         |
| 3.3. Introducción.....   | 52         |
| 3.4. Metodología.....  | 53         |
| 3.5. Resultados y Discusión.....   | 56         |
| 3.6. Conclusiones.....   | 79         |
| 3.7. Literatura Citada.....  | 79         |
| <b>CAPÍTULO IV. FERTILIZACIÓN ORGÁNICA-MINERAL DEL CULTIVO DE<br/>AMARANTO.....</b>  | <b>84</b>  |
| 4.1. Resumen.....  | 84         |
| 4.2. Abstract.....   | 84         |
| 4.3. Introducción.....   | 85         |
| 4.4. Materiales y métodos.....   | 88         |
| 4.5. Resultados y Discusión.....   | 90         |
| 4.6. Conclusiones.....   | 97         |
| 4.7. Literatura Citada.....  | 97         |
| <b>CAPÍTULO V. DENSIDADES DE SIEMBRA Y DOSIS DE FERTILIZACIÓN EN<br/>LA PRODUCCIÓN DE AMARANTO.....</b>  | <b>101</b> |
| 5.1. Resumen.....  | 101        |
| 5.2. Abstract.....   | 101        |
| 5.3. Introducción.....   | 102        |
| 5.4. Materiales y métodos.....   | 103        |
| 5.5. Resultados y Discusión.....   | 105        |
| 5.6. Conclusiones.....   | 113        |

|   |            |
|---|------------|
| 5.7 Literatura Citada.....  | 114        |
| <b>CAPÍTULO VI. ESTRATEGIA PARA LA CONVERSION FUNCIONAL DEL SISTEMA DE AMARANTO EN TOCHIMILCO, PUEBLA.....</b>  | <b>118</b> |
| 6.1. Metodología.....   | 118        |
| 6.2. Líneas de acción y programación de la estrategia.....  | 121        |
| 6.3. Literatura Citada.....   | 128        |
| <b>CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES.....</b>  | <b>129</b> |
| <b>CAPÍTULO VIII. ANEXOS.....</b>   | <b>131</b> |
| Anexo A. Cuestionario general para la colecta de información del Sistema Económico Familiar de los productores de amaranto de Tochimilco, Puebla..... | 131        |
| Anexo B. Relación beneficio/coto de la cadena productiva del cultivo de amaranto en Tochimilco, Puebla.....   | 138        |
| Anexo C. Ficha técnica del cultivo de amaranto bajo el sistema local de siembra directa..   | 141        |
| Anexo D. Unidades edafoclimáticas y sistemas de producción de amaranto en Tochimilco, Puebla.....   | 145        |
| 8.1. Literatura citada.....   | 150        |

## LISTA DE FÍGURAS

|            |   | <b>Página</b> |
|------------|---|---------------|
| Figura 1.1 | Marco teórico.....  | 8             |
| Figura 2.1 | Zonas precolombinas de producción de amaranto (Bostid, 1984).....   | 26            |
| Figura 2.2 | Clasificación taxonómica de las especies de amaranto productoras de grano.....  | 29            |
| Figura 3.1 | Localización del municipio de Tochimilco, Puebla.....   | 54            |
| Figura 3.2 | Superficie total de los SEF de los productores de amaranto de Tochimilco.   | 58            |
| Figura 3.3 | Superficie sembrada por los integrantes de los SEF de los productores de amaranto de Tochimilco.....  | 59            |
| Figura 3.4 | Esquema generalizado del Sistema Económico Familiar de los productores de amaranto de Tochimilco.....   | 62            |
| Figura 3.5 | Combinaciones más comunes de sistemas de cultivo presentes en los SEF de los productores de amaranto de Tochimilco.....                       | 63            |
| Figura 3.6 | Calendario del itinerario técnico del cultivo de amaranto en Tochimilco...  | 68            |
| Figura 3.7 | Sistemas pecuarios presentes en los SEF de los productores de amaranto de Tochimilco.....   | 75            |
| Figura 3.8 | Dendograma de los SEF de los productores de amaranto de Tochimilco...   | 77            |
| Figura 4.1 | Altura media de plantas de amaranto obtenidas con diferentes dosis de N-P-K y composta en los años 2014 y 2015.....                           | 93            |
| Figura 4.2 | Correlación entre número de plantas y altura de plantas de amaranto.....  | 94            |
| Figura 4.3 | Rendimiento promedio de grano de amaranto obtenido en un m <sup>2</sup> con diferentes dosis de N-P-K y composta en los años 2014 y 2015..... | 95            |
| Figura 4.4 | Rendimiento promedio de grano de amaranto por planta obtenido con diferentes dosis de N-P-K y composta en los años 2014 y 2015.....           | 96            |
| Figura 4.5 | Correlación entre número de plantas y rendimiento de amaranto por planta.....   | 97            |
| Figura 5.1 | Correlación entre el índice de plantas enfermas y el rendimiento de amaranto.....   | 112           |
| Figura 5.2 | Correlación entre el índice de plantas acamadas y el rendimiento de amaranto.....   | 113           |

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| Figura 6.1 | Árbol de problemas.....  | 119 |
| Figura 6.2 | Árbol de medios y fines .....  | 120 |
| Figura 6.3 | Lógica vertical de la matriz de marco lógico.....                        | 121 |
| Figura 8.1 | Cadena productiva y actores de la producción de amaranto en Tochimilco.  | 138 |
| Figura 8.2 | Tipos de clima presentes en las principales comunidades de Tochimilco... | 145 |
| Figura 8.3 | Tipos de suelo presentes en las principales comunidades de Tochimilco... | 146 |

## LISTA DE CUADROS

|             |  | <b>Página</b> |
|-------------|--|---------------|
| Cuadro 2.1  | Estados productores de amaranto en México.....   | 35            |
| Cuadro 2.2  | Municipios productores de amaranto en el estado de Puebla.....   | 36            |
| Cuadro 3.1  | Muestreo proporcional de los productores de amaranto de Tochimilco.....  | 55            |
| Cuadro 3.2  | Rangos de edad de los integrantes del SEF de los productores de amaranto de Tochimilco.....  | 57            |
| Cuadro 3.3  | Rangos de superficies de propiedad ejidal y privada de los SEF de los productores de amaranto de Tochimilco.....   | 57            |
| Cuadro 3.4  | Actividades realizadas por los integrantes de los SEF de los productores de amaranto de Tochimilco.....  | 60            |
| Cuadro 3.5  | Destino de la producción de los cultivos anuales producidos en los SEF de los productores de amaranto de Tochimilco.....                                     | 64            |
| Cuadro 3.6  | Superficie de los SEF sembrada con amaranto.....   | 65            |
| Cuadro 3.7  | Número promedio de jornales utilizados en las labores del cultivo de amaranto en Tochimilco.....   | 67            |
| Cuadro 3.8  | Plagas del amaranto reportadas en Tochimilco.....  | 69            |
| Cuadro 3.9  | Enfermedades del amaranto reportadas en Tochimilco.....  | 70            |
| Cuadro 3.10 | Pesticidas utilizados para el control de plagas y enfermedades de amaranto en Tochimilco.....  | 71            |
| Cuadro 3.11 | Destino de la producción pecuaria de los SEF de los productores de amaranto de Tochimilco.....   | 76            |
| Cuadro 3.12 | Comparación de medias de las variables cuantitativas de los subgrupos de SEF integrados.....   | 78            |
| Cuadro 4.1  | Tratamientos evaluados.....  | 89            |
| Cuadro 4.2  | Cuadrados medio y nivel de probabilidad del modelo para las variables altura de planta, rendimiento por m <sup>2</sup> y rendimiento por planta en amaranto. | 91            |
| Cuadro 4.3  | Efectos por la fertilización orgánica mineral en valores promedio de variables en el cultivo de amaranto (2014-2015).....                                    | 92            |
| Cuadro 5.1  | Promedios de las variables evaluadas en el ciclo 2014 en Tochimilco, Puebla.....   | 106           |

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| Cuadro 5.2 | Cuadrados medios de las variables evaluadas en el año 2014 en Tochimilco, Puebla.....   | 107 |
| Cuadro 5.3 | Promedios de las variables medidas en el ciclo 2015 en Tochimilco, Puebla.....  | 109 |
| Cuadro 5.4 | Cuadrados medios de las variables evaluadas en el año 2015 en Tochimilco, Puebla.....   | 110 |
| Cuadro 5.5 | Plagas y enfermedades del amaranto encontradas en los ciclos 2014 y 2015.....   | 111 |
| Cuadro 6.1 | Acciones para hacer frente los factores climáticos adversos en la producción de amaranto en los SEF de Tochimilco.....                        | 122 |
| Cuadro 6.2 | Acciones para reducir afectaciones causadas por plagas y enfermedades del amaranto en los SEF de Tochimilco (Actividad 1).....                | 123 |
| Cuadro 6.3 | Acciones para reducir las afectaciones causadas por plagas y enfermedades del amaranto en los SEF de Tochimilco (Actividad 2).....            | 124 |
| Cuadro 6.4 | Acciones para promover organizaciones formales de productores para la producción y comercialización de amaranto en los SEF de Tochimilco..... | 125 |
| Cuadro 6.5 | Acciones para hacer frente al bajo grado de asesoría técnica y capacitación para la producción de amaranto en los SEF de Tochimilco.....      | 126 |
| Cuadro 6.6 | Acciones para hacer frente al bajo nivel de agregación de valor del amaranto en los SEF de Tochimilco.....                                    | 127 |
| Cuadro 8.1 | Costos de producción, ingreso y relación beneficio/costo de la venta de amaranto reventado en Tochimilco.....                                 | 139 |
| Cuadro 8.2 | Costos de producción, ingreso y relación beneficio/costo de la venta de harina de amaranto en Tochimilco.....                                 | 140 |
| Cuadro 8.3 | Tipos de control de las principales plagas y enfermedades del cultivo de amaranto en Tochimilco.....  | 143 |
| Cuadro 8.4 | Unidades edafoclimáticas presentes en las principales comunidades de Tochimilco.....  | 147 |
| Cuadro 8.5 | Tipos de suelos, fecha de siembra, razas, fertilización y trilla utilizada en los sistemas de producción de amaranto de Tochimilco.....       | 149 |

Cuadro 8.6 Plagas y enfermedades del amaranto en los sistemas de producción de  
Tochimilco..... 150

## INTRODUCCIÓN

Las reformas estructurales iniciadas en 1982 y profundizadas en 1994, que entre sus principales efectos se encuentran la desincorporación de entidades públicas que atendían al sector agrícola y que tenían como finalidades la generación y transferencia de tecnología, y la asignación de crédito agrícola (Macías, 2016); aunado a las políticas del Estado que favorecen el desarrollo de los sistemas agroindustriales en decremento de los sistemas de agricultura a pequeña escala, han generado un ambiente desfavorable para la producción y comercialización de cultivos tradicionales (García y Ramírez, 2015), como es el caso del amaranto. El cual es un cultivo de importancia en la agricultura familiar del municipio de Tochimilco, Puebla, debido a las superficie sembrada (1,097 ha) y su producción (1,095 t), equivalente al 16.95 % y 12.99 % de la superficie sembrada y la producción nacional (SIAP, 2015). Por ende, esta investigación surge como una propuesta de acción para hacer frente a las condiciones desfavorables de producción y comercialización de amaranto que enfrentan las familias del municipio.

Este documento está estructurado en ocho capítulos, en el capítulo I se describen los enfoques teóricos y conceptuales que enmarcan esta investigación: agricultura familiar, sistemas agrícolas, multifuncionalidad de la agricultura y los conceptos de Sistema Económico Familiar (SEF), conversión funcional e itinerario técnico. El capítulo II es un marco de referencia en el que se presentan las características ecológicas, socioculturales y económicas del municipio de Tochimilco; además de información relativa a las características de la planta de amaranto, su cultivo, sus usos y las limitantes para su producción.

Los capítulos III, IV y V son artículos científicos que han sido enviados a revistas arbitradas por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). En el capítulo III se identifican los actores sociales, recursos bióticos y abióticos, saberes tradicionales y subsistemas; y la forma en que estos factores se configuran y funcionan al interior de los SEF. Además, se presentan los principales factores limitantes para la producción y comercialización del amaranto en el municipio; y se detalla el itinerario técnico del cultivo de amaranto practicado por los productores locales.



Derivados del estudio del itinerario técnico en el capítulo IV se presenta un estudio en el que se evaluó el efecto de diferentes dosis de nitrógeno (20, 40, 80 y 100 kg ha<sup>-1</sup>), fosforo (0, 20, 40 y 60 kg ha<sup>-1</sup>) y composta comercial de estiércol de bovino (0.5, 1, 2 y 3 t ha<sup>-1</sup>) en el rendimiento de grano y altura de planta de amaranto; y se determinó si existe correlación alguna entre las densidades de plantas y el rendimiento de amaranto. El capítulo V es una investigación en la que se evaluó el efecto de tres densidades de siembra (267,857; 357,143; y 446,429 plantas ha<sup>-1</sup>), tres niveles de nitrógeno (40, 80, 120 kg N ha<sup>-1</sup>) y dos niveles de potasio (0 y 20 kg K ha<sup>-1</sup>) en el rendimiento, altura de planta, diámetro de tallo, largo y ancho de la panoja, índice de plantas acamadas, índice de plantas enfermas e índice de plantas con plaga en el cultivo de amaranto.

En el capítulo VI, con base en los resultados presentados en los tres capítulos anteriores, se definió una estrategia y cinco líneas de acción para lograr la conversión funcional del sistema de cultivo de amaranto en los SEF del municipio.

El capítulo VII aborda las conclusiones generales de la investigación; y finalmente, en el capítulo VIII se presenta el instrumento utilizado para la colecta de información primaria; la relación beneficio costo de la cadena productiva de amaranto; la ficha técnica de este cultivo; y una caracterización de los sistemas de producción de amaranto del municipio basada en factores edáficos, climáticas y de manejo agronómico.

Se espera que esta investigación contribuya en: a) el debate sobre la necesidad de abordar las limitantes del desarrollo del sector agrícola desde una perspectiva sistémica, reconociendo las múltiples funciones de la agricultura y la importancia cultural, social, económica y ambiental de la agricultura familiar; b) favorecer la discusión y la toma de decisiones de quienes elaboran e implementan las políticas públicas destinadas al desarrollo agrícola en los diferentes niveles de gobierno; y c) atraer mayor atención hacia el cultivo de amaranto y los sistemas de agricultura familiar donde se produce.

## 1. Planteamiento del problema

En décadas recientes, el amaranto (*Amaranthus* spp.) ha sido objeto de múltiples estudios relacionados con sus propiedades nutraceuticas (Olivares y Peña, 2009; Venskutonis y Kraujalis, 2013) y sus cualidades agronomicas (Stallknecht y Schulz, 1993; Manrique, 2011); por lo que a nivel internacional la superficie sembrada y la demanda de este cultivo ha ido en aumento.

No obstante, en México la superficie sembrada con amaranto no ha mostrado un incremento significativo, ya que las zonas de producción se limitan a algunos municipios de los estados de Tlaxcala, Puebla, Edo. México, Morelos y algunas delegaciones de la Ciudad de México (SIAP, 2015), esto se debe principalmente por la escasa investigación básica y tecnología aplicada (Espitia *et al.*, 2010; Vázquez *et al.*, 2011) y el bajo nivel de agregación de valor (Sosa, 2013).

Para la generación de la investigación básica y tecnología aplicada en el sector agrícola es indispensable reconocer que existen diferencias en cuanto al conocimiento tradicional, la cantidad y calidad de recursos naturales (suelo, agua, material genético, etc.), patrones de uso de suelo, niveles de desarrollo tecnológico, niveles de productividad y de rentabilidad que caracterizan los sistemas de agricultura familiar de México (IAASTD, 2009); además de diferentes forma de gestionar sus recursos productivos (Triomphe *et al.*, 2008) que repercuten en distintos tipos de itinerarios técnicos.

También es fundamental identificar de los principales problemas o limitantes a las que se enfrentan los sistemas de agricultura familiar para la producción de amaranto tanto a nivel de sistema de explotación, como a nivel de sistema de cultivo. Además de identificar los elementos que los constituyen y la forma en que estos se configuran para su funcionamiento (Navarro, 2003).

En ese sentido el problema de investigación se enuncia de la siguiente manera: Es necesario generar conocimiento científico y tecnológico aplicable a las condiciones locales y a las características de los sistemas de agricultura familiar de Tochimilco, Puebla.

Ante éste problema, se plantearon las siguientes preguntas de investigación: ¿Cómo se configuran y cuál es el funcionamiento de estos sistemas de agricultura familiar?, ¿Cuántos tipos de sistemas de agricultura familiar existen en Tochimilco?, ¿Cuál o cuáles son las funciones que tiene el cultivo de amaranto en los sistemas de agricultura familiar?, ¿Cuál es el itinerario técnico del cultivo de amaranto que practican los productores y sus familias? y ¿De acuerdo con los productores, cuáles son los factores que limitan la producción de amaranto en Tochimilco?.

## **2. OBJETIVOS**

### Objetivo general:

Generar conocimiento científico y tecnológico que permita precisar acciones para incrementar la funcionalidad del sistema de amaranto en Tochimilco, Puebla.

### Objetivos específicos:

1. Explicar cómo se conforman y funcionan los sistemas de agricultura familiar de Tochimilco.
2. Identificar los factores que definen el itinerario técnico del cultivo del amaranto practicado en Tochimilco.
3. Definir las variables que limitan la producción de amaranto en Tochimilco.
4. Generar acciones para lograr la conversión funcional del sistema de cultivo de amaranto.

### **3. HIPÓTESIS**

#### Hipótesis General:

El conocimiento científico y tecnológico aplicable para el cultivo de amaranto generado a partir de las características sociales, culturales, económicas, técnicas y ambientales de los sistemas de agricultura familiar de Tochimilco permitirá incrementar la funcionalidad del sistema de amaranto.

#### Hipótesis Específicas:

1. La configuración y funcionamiento de los sistemas de agricultura familiar de Tochimilco solo se puede explicar con base en las interacciones existentes entre la dimensión social, cultural, económica, ambiental y política del municipio.
2. Los factores edáficos y climáticos junto con las características sociales, económicas y técnicas de las unidades familiares son los que definen el itinerario técnico del cultivo de amaranto practicado en Tochimilco.
3. La producción de amaranto en Tochimilco está limitada por deficientes dosis de fertilización, alta incidencia de plagas y enfermedades, y factores climáticos desfavorables.
4. La conversión funcional del sistema de cultivo de amaranto se puede lograr a través de acciones basadas en las características socioculturales, económicas, técnicas y ambientales de los sistemas de agricultura familiar de Tochimilco.

### **5. Literatura citada**

Espitia, R. E., Mapes, S. C., Escobedo, L. D., De la O, O. M., Rivas, V.P, Martínez, T. G., Cortés, E. L. y Hernández, C. J. 2010. Conservación y uso de los recursos genéticos de amaranto en México. SINEREFI-INIFAP-UNAM, Centro de Investigación Regional Centro, Celaya, Guanajuato, México. 201p.

García, J. A. y Ramírez, R. 2015. ¿Han estimulado el TLCAN y PROCAMPO la reconversión de la superficie agrícola en México? Fitotecnia Mexicana, 38(3): 257-264.

- IAASTD (International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development). 2009. Agriculture at a crossroads, international assessment of agricultural knowledge, science and technology for development, global report. *In*: McIntyre, B., Herren, H., Wakhungu, J., and Watson, R. (Ed.). Washington, D.C. Island Press. 590 p.
- Manrique, L. 2011. Explotación estratégica del recurso amaranto en México, una propuesta para el combate de la desnutrición y la pobreza. En línea; [http://www.sanmiguel.com.mx/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=7&tmpl=component&format=raw&Itemid=49](http://www.sanmiguel.com.mx/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=7&tmpl=component&format=raw&Itemid=49) (09/10/2014).
- Macías, A. M. 2016. Introducción. Los pequeños productores agrícolas en México. *Carta Económica Regional*, 25(111-112): 7-18.
- Navarro, H. 2003. Agroecología, Buenas Prácticas Agrícolas y Desarrollo Territorial. Red Mesoamericana para la Investigación-Desarrollo de la Agricultura Regional. IMPRETEX, México, D.F. 157 p.
- Olivares, E. y Peña, E. 2009. Bioconcentración de elementos minerales en *Amaranthus dubius* (bledo, pira), creciendo silvestre en cultivos del estado Miranda, Venezuela, y utilizado en alimentación. *Interciencia*, 34(9): 604-611.
- Sosa, G. J. 2013. El capital social grupal en la agregación de valor: caso productores de amaranto de los municipios de Cohuecan, Puebla y Temoac, Morelos. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados, Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Puebla, Puebla, México. 205 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2015. Cierre de la producción agrícola por estado. En línea: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> (19/10/2016).
- Stallknecht, G., and Schulz, R. 1993. Amaranth rediscovered. *In*: J. Janick and J. E. Simon (Eds.) *New crops*. Wiley, New York. pp. 211-218.
- Triomphe, B., Sabourin, E., Hocde, H., Scopel, E., Nascimento de Oliveira, M., Valadares, J.H, Macena, F.A, Ramos de Almida, S.C. 2008. Participatory cropping and farming system design among multiple stakeholders to contribute to sustainable agricultural production. Experiences and lessons with the agrarian reform sector in the Brazilian Cerrados. 8<sup>th</sup> European IFSA Symposium, 6-10 July 2008, Clermont-Fernand (France). On line: [http://ifsa.boku.ac.at/cms/fileadmin/Proceeding2008/2008\\_WS1\\_02\\_Triomphe.pdf](http://ifsa.boku.ac.at/cms/fileadmin/Proceeding2008/2008_WS1_02_Triomphe.pdf) (28/07/2017).
- Vázquez, D. L., Rangel, E., Carballo, A., Bautista, R., Vaquera-Huerta, H., y Córdova-Téllez, L. 2011. Fertilización y densidad de plantas en variedades de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(6): 855-866.

Venskutonis, P. R., and Kraujalis, P. 2013. Nutritional components of amaranth seeds and vegetables: a review on composition, properties, and uses. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(4): 381-412.

## CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

En este apartado, se exponen los referentes teórico-conceptuales que permitirán comprender y explicar la realidad estudiada (Figura 1.1). Las teorías y conceptos en los que se respaldó la presente investigación permiten entender el porqué de la forma en que los sistemas de producción familiar de Tochimilco se constituyen y funcionan, las lógicas de reproducción familiar que los rigen, y la definición de estrategias adecuadas para resolver las situaciones problema detectadas. Además, de que aportarán elementos suficientes para la discusión de los resultados obtenidos y contrastación de las hipótesis planteadas.

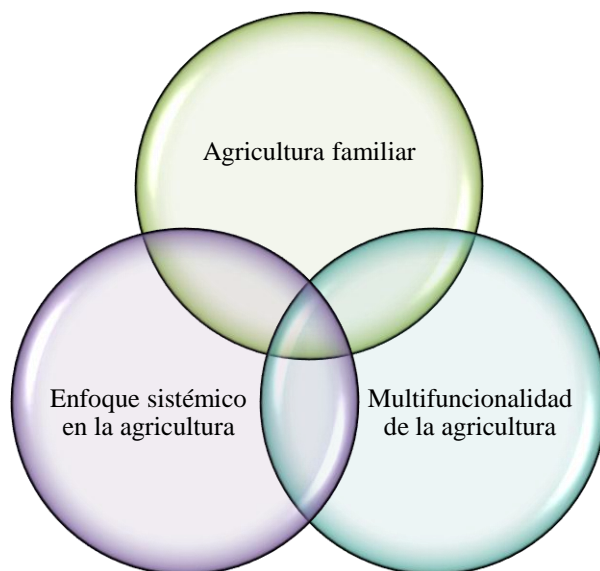


Figura 1.1. Marco Teórico.

Fuente: Elaboración propia

### 1.1. Enfoque Sistémico en la Agricultura

En los últimos años el enfoque sistémico ha sido aplicado en varias disciplinas científicas como respuesta tentativa a las limitaciones del enfoque tradicional analítico, en el que para abordar el objeto de estudio, es necesario desglosarlo y estudiar sus componentes independientemente. El postulado de tal enfoque es, que al conocer independientemente cada parte del mismo objeto de

estudio se podrá entender, caracterizar y por lo tanto resolver el problema que puede plantear el conjunto (Villaret, 1994).

Si bien, el enfoque analítico permite la caracterización de un objeto de estudio simple, su aplicación encuentra grandes problemas cuando el objeto de estudio se hace más complejo, es decir, cuando aumenta el número de componentes y sus interacciones (García, 2011). Por tal motivo, cuando se aplica el enfoque analítico en el medio agrícola se encuentran serias limitaciones debido a que la agricultura es dinámica y multidimensional, por lo que resulta necesario aplicar un enfoque más operativo que el enfoque analítico.

El enfoque propuesto por múltiples investigadores como solución al enfoque analítico fue el enfoque sistémico (Bertalanffy, 1968; Odum, 1971; Becht, 1974), el cual ha sido empleado en múltiples áreas del conocimiento, incluyendo las ciencias agrícolas (Speding, 1979; García, 2000).

Cuando se estudia la agricultura bajo el enfoque sistémico, lo que se busca es alcanzar una visión multidimensional, interdisciplinaria y dinámica de la agricultura, además de entenderla como una estructura sistémica, con sus complejidades y sus vínculos (Lizardo *et al.*, 1997; Machado, 2002). De tal manera, que un sistema agrícola se caracteriza por sus elementos constitutivos, la existencia de interdependencia entre estos elementos, la existencia de fronteras más o menos permeables con el entorno; su estructura, es decir, la combinación de estos elementos en diferentes subsistemas; y la existencia de diferentes flujos de energía, productos e información tanto entre los diferentes subsistemas como entre el sistema y su entorno (Gaba *et al.*, 2014).

De acuerdo a Villaret (1994) y Navarro (2003) cuando se desea abordar la agricultura bajo el enfoque sistémico existen tres diferentes escalas de intervención: 1) el sistema de cultivo o crianza, a nivel parcela o rebaño; 2) sistema de producción a nivel de la explotación; 3) sistema agrario a nivel del territorio el cual permite evaluar en qué medida las condiciones regionales, nacionales e internacionales tienen incidencia en las actividades agropecuarias a nivel de las explotaciones.

La aplicación del enfoque sistémico a nivel de parcela de cultivo busca enfatizar el análisis de las interacciones existentes entre los diferentes elementos que determinan el rendimiento final de un



cultivo dado: las características físicas, biológicas y químicas de la parcela; las diversas especies vegetales presentes (especies cultivadas y hierbas indeseables), y la fuerza de trabajo (grupo familiar, mano de obra asalariada y sus conocimientos técnicos). Para el análisis de estas relaciones y de las operaciones culturales implementadas por la unidad familiar, en primer lugar, se debe de definir el itinerario técnico (Aubry, 1990). El cual se define como la combinación lógica y ordenada de técnicas culturales, que permiten controlar el medio y obtener una producción agrícola (Navarro, 2003).

El itinerario técnico del cultivo de una especie vegetal depende también del efecto residual de la especie que se cultivó anteriormente en la misma parcela. El efecto residual es la variación de los estados del medio (biológicos, físicos y químicos) entre el principio y fin del cultivo considerado, bajo la influencia conjunta de la población vegetal, de las técnicas aplicadas y de las influencias climática (Aubry, 1990).

En consecuencia, no se puede analizar el itinerario técnico de un cultivo sin considerar el tipo de rotación de cultivos existentes en la parcela; ya que, según el cultivo anterior y su efecto residual, el estado de la parcela será diferente, y, por lo tanto, las técnicas empleadas en el cultivo posterior tienen que tomar en cuenta estas variaciones. Por lo tanto, un sistema de cultivo se define como el conjunto de modalidades técnicas utilizadas sobre una superficie de terreno manejada de manera homogénea, que se caracteriza por la naturaleza de los cultivos, su orden de sucesión y los itinerarios técnicos aplicados (Villaret, 1994).

Sistema de producción a nivel explotación se refiere al conjunto estructurado de las producciones vegetales y animales, establecido por un productor para garantizar la reproducción de su explotación; resultado de la combinación de los medios de producción y de la fuerza de trabajo disponible en un entorno socioeconómico y ecológico determinado (Gaba *et al.*, 2014). De esta manera, la fuerza de trabajo, los instrumentos de producción y el medio explotado son los tres elementos constitutivos de un sistema de producción (Villaret, 1994).

La fuerza de trabajo del sistema de producción está constituida por todos los miembros del grupo familiar y la mano de obra asalariada permanente. Y se caracteriza por la composición según la

edad, el sexo y su origen; los periodos de disponibilidad en el año para el sistema de producción; la organización del trabajo y la distribución de las responsabilidades entre sus diferentes miembros; los mecanismos existentes para la toma de decisiones; las modalidades de apropiación y de repartición tanto de la producción como de los ingresos de la explotación; y los conocimientos técnicos.

Los instrumentos de producción están constituidos de las herramientas, el equipamiento, las infraestructuras, los animales de trabajo y de transporte, y el material genético vegetal y animal. Y se caracterizan por la disponibilidad, el propósito y el grado de desgaste o de degradación en el caso del material genético. El medio explotado se constituye de las tierras de cultivo (cultivadas o en descanso) y las tierras de pastoreo con diferenciadas por las condiciones ambientales, el grado de modificación por la familia, la localización, extensión y el modo de tenencia de la tierra.

Un primer paso para el estudio de funcionamiento de un sistema de producción a nivel explotación consiste en el análisis de las interdependencias de los tres elementos constitutivos. Sin embargo, el funcionamiento del sistema de producción no depende solamente de sus características internas sino también de las características de su entorno socioeconómico regional, nacional e internacional (Navarro, 2003). Por ejemplo, para elegir el cultivo o la crianza de una especie en específico la familia toma en cuenta las condiciones de comercialización; los precios vigentes y su estabilidad; y, las posibilidades de acceder a créditos, asistencia técnica, contratar mano de obra, etc.

El sistema agrario es el modo de explotación del medio, históricamente constituido, establecido en el conjunto de fuerzas de producción adaptado a las condiciones ambientales de un espacio dado y que responde a las condiciones y necesidades sociales del momento (Riveiro *et al.*, 2016). Un sistema agrario nunca está aislado sino que al contrario se enmarca en el funcionamiento global de una sociedad, por lo que las características sociales, económicas y políticas del entorno nacional e internacional influyen directamente en su configuración y funcionamiento (Navarro, 2003).

Para Villaret (1994) el sistema agrario está constituido por el ecosistema local, las relaciones sociales de producción e intercambio y las fuerzas productivas; y son las características de las fuerzas productivas de un sistema agrario determinan la capacidad de los productores para dominar

y transformar el ecosistema local; en tanto que las condiciones del ecosistema local determinan en cierto grado tanto los conocimientos técnicos y los instrumentos de producción utilizables como la fuerza de trabajo necesaria para las actividades agrícolas. Por ejemplo, la utilización de tractores para la mecanización de las labores de cultivo está limitada por condiciones ambientales como topografía muy accidentada que impide la utilización de tractores en pendientes mayores al 10 %, ausencia de caminos que dificulta el desplazamiento de la maquinaria, pequeña superficie de la parcela que entorpece su trabajo.

Para el caso de la presente investigación, en un primer momento se abordó el sistema de producción a nivel explotación para resolver las siguientes interrogantes: ¿Cuál es el objetivo del sistema?, ¿Cuáles son los subsistemas?, ¿Cuáles son los elementos constituyentes del sistema y subsistemas?, ¿Cuáles son las relaciones que existen entre ellos?, ¿Cómo están organizados?, ¿cuál es la lógica de ésta organización?, ¿Cuáles son los factores ajenos al sistema que influyen en su funcionamiento?, y ¿Cuál es la situación del sistema hacia el futuro? Una vez resueltas estas interrogantes, se abordaron los sistemas de cultivo presentes en el subsistema agrícola, con mayor énfasis en el cultivo de amaranto para diseñar una estrategia de conversión funcional del sistema de amaranto.

En este sentido, conversión funcional se define como la modificación de uno o más de los componentes del sistema de cultivo de amaranto que no está cumpliendo con la función específica asignada por la unidad familiar, o que no cubre una necesidad determinada, bajo circunstancias específicas: ambientales, económicas, sociales y culturales. Para alcanzar la conversión funcional del sistema de cultivo de amaranto se debe identificar las diferentes funciones del sistema, así como la caracterización de cada uno de los elementos que desempeñan las distintas funciones, es decir las actividades particulares que realiza cada elemento dentro del sistema con un fin determinado.

### **1.1.1. Sistemas de Producción Agrícola: clasificación y enfoques conceptuales.**

Los sistemas de producción agrícola se han clasificado de diferentes maneras, dependiendo de los criterios de quien realiza la investigación, por ejemplo, en la Evaluación Internacional del

Conocimiento, Ciencia y Tecnología en el Desarrollo Agrícola (IAASTD por sus siglas en inglés), los múltiples sistemas agrícolas existentes en México y demás países de América Latina fueron clasificados de manera general, de acuerdo al tipo de tecnología utilizada y al destino de la producción en: 1) Sistemas tradicionales/indígenas; 2) Sistemas convencionales/productivistas; y 3) Sistemas Agroecológicos (IAASTD, 2009).

Otro ejemplo de clasificación de los sistemas de producción agrícola es el realizado, en México, por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (SAGARPA y FAO, 2012) en el que, basándose en el tamaño y destino de la producción, clasificaron la agricultura familiar (la cual es otro tipo de clasificación) en: 1) Agricultura familiar de subsistencia; 2) Agricultura Familiar en transición; y 3) Agricultura familiar consolidada.

En una revisión sobre las principales modalidades de la agricultura en México, Jiménez (2007), menciona que los principales criterios utilizados, en los últimos años, para clasificar los sistemas agrícolas son: cantidad del ingreso, tipo de tecnología, destino de la producción y tamaño de la unidad de producción. En relación a éste último criterio, en el país 72.6 % de la superficie total de las unidades de producción agrícola son minifundistas (INEGI, 2007); es decir, son superficies menores a cinco hectáreas (SEDESOL, 2010). En éstas pequeñas unidades de producción 2.97 millones de campesinos (INEGI, 2007) cultivan una gran diversidad de especies vegetales y animales, como es en el caso del municipio de Tochimilco.

Conceptualmente los sistemas de producción han sido abordados desde diferentes enfoques: Unidad Familiar, Unidad de Producción, Unidad de Producción Familiar, Unidad de Producción Agropecuaria, Unidad Campesina, Unidad Doméstica Campesina, Unidad de producción agrícola, entre otras (Castillo, 2001). Para el caso de la presente investigación, la unidad de estudio es el Sistema Económico Familiar (SEF) entendido como el conjunto de individuos que viven bajo una misma administración, su fuerza de trabajo, la tierra, las especies animales y vegetales, los instrumentos de producción y el conocimiento tradicional, con el que desempeñan actividades agrícolas y no agrícolas para su reproducción.

Los SEF se conforma de varios subsistemas que hacen uso de los diferentes recursos que ingresan al sistema, los subsistemas más comunes son el agrícola y pecuario, aunque pueden existir otros como el de elaboración de artesanías o recolección (Navarro, 2003); cabe destacar que la presencia o ausencia de éstos subsistemas, así como sus componentes y estructura será diferente en cada región, debido a la diferencia en cantidad y calidad de recursos naturales, patrones de uso de suelo, niveles de desarrollo tecnológico, y niveles de productividad y rentabilidad (IAASTD, 2009).

## **1.2. Agricultura Familiar**

El concepto de agricultura familiar se acuñó durante la primera mitad del siglo XX (Sánchez Peraci, 2011). De la O y Garner (2012) señalan que la definición más antigua de agricultura familiar (family farming) fue hecha en Estados Unidos por Johnson (1944) quien destacó que la agricultura familiar se caracteriza por depender en gran medida de la mano de obra de la familia. Sin embargo, fue hasta el año 2004 que la expresión “agricultura familiar” fue reconocida oficialmente en la Reunión Especializada de Agricultura Familiar (REAF); y hasta el 2013, un año antes de que la Asamblea General de las Naciones Unidas declarara el “Año Internacional de la Agricultura Familiar”, que la FAO definió a la Agricultura Familiar (incluye todas las actividades agrícolas basadas en la familia) como la forma de organizar la agricultura, ganadería, silvicultura, pesca, acuicultura y pastoreo, que es administrada y operada por una familia y, sobre todo, que depende preponderantemente del trabajo familiar, tanto de mujeres como hombres. La familia y la granja están vinculados, coevolucionan y combinan funciones económicas, ambientales, sociales y culturales (FAO, 2013).

De la O y Garner (2012) realizaron un estudio acerca de los conceptos de agricultura familiar en el mundo en el cual recopilaron 36 definiciones. El análisis de estas definiciones permitió dar cuenta de una gran diversidad entre ellas, ya sea por la cantidad de variables consideradas, como por la dimensión cuantitativa de las mismas, haciendo prácticamente imposible su comparación. Sin embargo, el estudio detectó la existencia de los siguientes elementos comunes en las diversas conceptualizaciones de la agricultura familiar: 1. En las explotaciones predomina el trabajo familiar, 2. La administración de la unidad económico-productiva se le adjudica a la/el jefa/e del

hogar, 3. El tamaño de la explotación y/o de la producción es un factor determinante para su clasificación.

Actualmente existe un amplio acuerdo acerca de la importancia que reviste la agricultura familiar en la seguridad alimentaria, generación de empleo agrícola, mitigación de la pobreza, y la conservación de las tradiciones culturales y la biodiversidad (Van der Ploeg, 2013), expresada en tres niveles: ecosistemas, especies y genes (Groomgridge, 1992).

Desde el punto de vista del patrimonio intangible, la agricultura familiar ha desarrollado una dimensión socio-cultural propia, caracterizada por la generación de vínculos intergeneracionales, y el traspaso de los conocimientos y de las tradiciones y costumbres de generación en generación (De la O y Garner, 2012).

Además, la agricultura familiar es también una actividad clave en la reactivación de las economías rurales, generando estabilidad y arraigo social y nuevos horizontes de desarrollo (Schneider, 2014). Por lo que la agricultura familiar es un sector clave para lograr la erradicación del hambre y el cambio hacia sistemas agrícolas sostenibles en América Latina y el Caribe y el mundo (FAO, 2014).

### **1.2.1. Tipos de agricultura familiar**

Debido a un proceso de coevolución entre el medio ambiente y diferentes grupos sociales, (Maffi, 2001, 2005) que con sus cosmovisiones, tradiciones y valores culturales, a través del tiempo, han generado complejas y heterogéneas formas de relacionarse a su entorno natural, socioeconómico (Toledo, 2005) y político, se ha generado en la agricultura familiar una gran heterogeneidad respecto a las diferencias de cantidad y calidad de los recursos (suelo, agua, cultivos, etc.) que poseen, los diferentes patrones de uso de suelo, maneras de cultivar la tierra y gestionar sus recursos productivos, niveles de desarrollo tecnológico, y niveles de productividad y de rentabilidad (IAASTD, 2009; Salcedo y Guzmán, 2014).

Esta heterogeneidad ha conducido a la elaboración de tipologías de productores destinadas a facilitar el diseño de políticas y programas adecuados a las necesidades de desarrollo de los principales segmentos que forman parte integrante de este sector. De acuerdo con Soto *et al.* (2007), se distinguen tres segmentos al interior de la agricultura familiar:

- I. Agricultura familiar de subsistencia: orientado al autoconsumo, con recursos productivos e ingresos insuficientes para garantizar la reproducción familiar, lo que lo induce hacia la incorporación del trabajo asalariado, cambio de actividades o migración, mientras no varíe su acceso a activos.
- II. Agricultura familiar en transición: orientado a la venta y autoconsumo, con recursos productivos que satisfacen la reproducción familiar. Experimenta problemas para generar excedentes que le permitan el desarrollo de la unidad productiva.
- III. Agricultura familiar consolidada: Cuenta con recursos de tierra de mayor potencial, tiene acceso a mercados (tecnología, capital, productos) y genera excedentes para la capitalización de la unidad productiva.

En el caso de la agricultura familiar en México el 58 % es de subsistencia, 26 % de transición y el 16 % agricultura familiar consolidada (Soto *et al.*, 2007). Lo que implica la mayor parte de la agricultura familiar mexicana cuenta con recursos productivos limitados por lo que se requiere de mayores apoyos institucionales a nivel político, económico, científico y tecnológico que contribuyan a la consolidación de la agricultura familiar.

### **1.3. Multifuncionalidad de la agricultura**

El funcionalismo es una corriente de pensamiento cuyo origen es europeo y cuyo desarrollo tuvo lugar principalmente en los EE. UU; su hipótesis fundamental puede resumirse en el siguiente enunciado: Las actividades parciales de los elementos contribuyen a la actividad total del sistema del que forman parte (Ritzer, 2011). De acuerdo con Mascareño (2003) la funcionalidad hace referencia a las características utilitarias de los componentes de un sistema; en donde, si un cambio

particular promueve un equilibrio armonioso se considera funcional; si rompe el equilibrio es disfuncional; y si no tiene efectos no es funcional.

Durante los años setenta y ochenta, la FAO y otras instituciones centraron su atención en los procesos y servicios de la agricultura que permitieran afrontar la preocupación sobre la seguridad alimentaria, la productividad y la sostenibilidad. Estas ideas cristalizaron en el concepto de la "agricultura y desarrollo rural sostenibles" (ADRS), que es de donde surge el concepto de carácter multifuncional de la agricultura y la tierra (FAO, 1992). El cual se define como la gama completa de funciones ambientales, económicas y sociales de la agricultura y engloba los múltiples bienes y servicios que genera la agricultura y el uso conexo de la tierra (FAO, 1999). Este conjunto de bienes y servicios asociados a la actividad agraria tienen cada vez más importancia en el contexto del bienestar social y son objeto de interés para la generación de políticas públicas en el desarrollo agrícola y rural (Parra y Sayadi, 2009).

Según Van Huylenbroeck *et al.*, (2007) la multifuncionalidad de la agricultura se entiende como el conjunto de funciones desempeñadas por la actividad agraria que van más allá de la producción de alimentos y materias primas, y que tienen que ver con la conservación del medio ambiente, el cultivo y la construcción de los valores paisajísticos, el manejo, uso y conservación de la biodiversidad, la seguridad y la soberanía alimentaria, entre otros. Por lo tanto, se puede afirmar que los sistemas agrícolas han sido intrínsecamente multifuncionales desde que comenzó la domesticación de plantas y animales hace 10 mil años, ya que en ellos acontecen una variedad de procesos (naturales, económicos y sociales) que configuran y dan vida al territorio.

Las múltiples funciones de la agricultura suponen complejas combinaciones de relaciones espaciales en diferentes escalas geográficas; además, de que por su carácter dinámico tiene una dimensión temporal y espacial. Por consiguiente, para su estudio se debe delimitar el espacio geográfico y el horizonte cronológico (Parra y Sayadi, 2009; Huang *et al.*, 2015). Normalmente las funciones de los sistemas agrícolas están ligadas a su valor económico total o valores de uso directos, mientras que las funciones sociales y ambientales determinan valores de uso indirecto (Calatrava, 2009).



Dentro de su *función ambiental* la agricultura y la correspondiente utilización de la tierra, debe contribuir en la reducción de la pérdida de la biodiversidad, la desertificación, y la contaminación de suelo y agua; el sostenimiento de los servicios ecosistémicos, y la producción de alimentos inocuos para el ser humano (Maier y Shobayashi, 2001).

En lo concerniente a la *función económica*, se reconoce que la agricultura sigue siendo una fuerza importante en el mantenimiento de la actividad y el desarrollo de la economía en su conjunto, tanto en los países desarrollados como en los países en vías de desarrollo. Debido a que contribuye a la acumulación del capital financiero proveniente de la venta de productos y servicios diversos, la disponibilidad de nuevas fuentes de ingreso, y el incremento de la actividad económica (Hernández y Méndez, 2007). Dentro de su función económica la agricultura debe contribuir en el abastecimiento de bienes intercambiables con otros sectores, mantener un grado adecuado de autoabastecimiento alimentario, fortalecer la economía ante los riesgos externos, garantizar la soberanía del país y el fortalecimiento del mercado interno, contribuir a la viabilidad de las áreas rurales y a un desarrollo territorial equilibrado interactuando con otras actividades (Ayala y García, 2009).

Referente a la *función social*, la agricultura abarca aspectos como la organización humana, los mecanismos de acción colectiva, el desarrollo de capital humano, la difusión de la tecnología y los conocimientos locales apropiados y la gestión colectiva de los recursos naturales (Maier y Shobayashi, 2001); y es en este sentido que la agricultura debe de contribuir en el sostenimiento de las unidades de producción familiares de pequeña escala, salvaguardar la riqueza cultural, el conocimiento tradicional y las múltiples identidades regionales, conservar el paisaje rural, proporcionar identidad y sentido de pertenencia en la población rural (Ayala y García, 2009). Como se puede observar, entre las tres funciones hay evidentes relaciones mutuas; y su importancia relativa depende de las prioridades nacionales y/o internacionales (Scheele, 1999; Van Huylenbroeck *et al.*, 2007).

En cualquier territorio, los actores sociales son la base de la multifuncionalidad, ya que basados en sus experiencias y conocimientos tradicionales realizan diferentes actividades, con la finalidad de mantener sus medios de vida (Reardon *et al.*, 2001). Por lo que se puede decir que las múltiples

funciones que tiene la agricultura surgen por el contexto local del territorio y esas funciones tienen diferente peso de acuerdo a las necesidades de la población (Kay, 2007). No obstante, para que las funciones ambientales, sociales y económicas de la agricultura puedan contribuir al desarrollo del medio rural es indispensable que el Estado genere políticas públicas orientadas a revalorar, planificar e implementar mejoras en los procesos agrícolas.

#### **1.4. Literatura Citada**

Aubry, C. 1990. Los conceptos de sistemas de cultivo e itinerarios técnicos; punto de vista del agrónomo. Universidad Nacional, Heredia Costa Rica. 15 p.

Ayala, D. y García, R. 2009. Contribuciones metodológicas para valorar la multifuncionalidad de la agricultura campesina en la Meseta Purépecha. *Economía, Sociedad y Territorio*, 9(31): 759-801.

Becht, G. 1974. Systems theory, the key to holism and reductionism. *Bioscience*, 24(10): 579-596.

Bertalanffy, L. V. 1968. General system theory. Foundations, development, applications. George Braziller, New York. 289 p.

Calatrava, R. 2009. La multifuncionalidad de la agricultura: implicaciones para el análisis de los sistemas agrarios. *In: Multifuncionalidad agraria, desarrollo rural y políticas públicas: Nuevos desafíos para la agricultura*. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA). pp. 40-56.

Castillo, P. T. 2001. Diagnóstico integral de la unidad de producción familiar: una estrategia para formular proyectos productivos agrícolas en los valles centrales de Oaxaca. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados, Especialidad en edafología. Montecillo, Estado de México, México. 266 p.

De la O, A. P., y Garner, E. 2012. Defining the “Family Farm”. Working paper, FAO. 29 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1992. Sustainable development and the environment: FAO policies and actions. Stockholm 1972–Rio 1992, Roma: FAO D/U7260E/2/1.94/3000.

FAO. 1999. Documento expositivo: El carácter multifuncional de la agricultura y la tierra. Conferencia FAO/Países Bajos sobre el carácter multifuncional de la agricultura y la tierra. Maastricht, Países Bajos. 48 p.

- FAO. 2013. Proposed FAO working definition of family farming for IYFF. 12 p. On line: [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/iyff/docs/Final Master Plan IYFF 2014 30-05.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/iyff/docs/Final_Master_Plan_IYFF_2014_30-05.pdf) (01/08/2017).
- Gaba, S., Fried, G., Kazakou, E., Chauvel, B., and Navas, M. L. 2014. Agroecological weed control using a functional approach: a review of cropping systems diversity. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(1): 103-119.
- García T., R. 2000. La agroecología: ciencia, enfoque y plataforma para su desarrollo rural sostenible y humano. *Revista Agroecología*, Ed. LAV, junio.
- García, R. 2011. Interdisciplinariedad y sistemas complejos. *Revista Latinoamericana de Metodologías de las Ciencias Sociales*, 1(1): 66-101.
- Groombrige, B. 1992. Biodiversity: an overview. *In: Groombrige, B. (Ed.) Global biodiversity. Status of the earth's living resources.* Chapman Hall. London, England. pp. 13-18.
- Hernández, J. y Méndez, J. 2007. Nueva ruralidad y nuevos actores sociales en el medio rural. *In: Martínez et al., (Coord.). Estudios y propuestas para el medio rural. Tomo II.* pp. 275-303.
- Huang, J., Tichit, M., Poulot, M., Darly, S., Li, S., Petit, C., and Aubry, C. 2015. Comparative review of multifunctionality and ecosystem services in sustainable agriculture. *Journal of Environmental Management*, 149: 138-147.
- IAASTD (International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development). 2009. Agriculture at a crossroads, international assessment of agricultural knowledge, science and technology for development, global report. *In: McIntyre, B., Herren, H., Wakhungu, J., and Watson, R. (Ed.).* Washington, D.C. Island Press. 590 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Geografía y Estadística). 2007. Censo agrícola, ganadero y forestal. Glosario. En línea: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/Glosario/paginas/Contenido.aspx?ClvGlo=cagf2007&nomb=326&c=12896&s=est> (05/07/2017).
- Jiménez, L. 2007. Principales modalidades de la agricultura en México: antecedentes y perspectivas. *In: Desarrollo agropecuario forestal y pesquero. Agenda para el desarrollo.* Luís C. J. Universidad Nacional Autónoma de México, Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial, México, D.F. 9: 55-74.
- Kay, C. 2007. Algunas reflexiones sobre los estudios rurales en América Latina. *Iconos Revista de Ciencias Sociales*, 29: 31-50.

- Lizardo, P., Trejos, R. y R. Cáceres. 1977. Modernización de la institucionalidad de la agricultura y el medio rural. Serie de desarrollo sostenible de la agricultura- IICA, San José Costa Rica. 137 p.
- Maffi, L. Language, knowledge, and indigenous heritage rights. 2001. *In*: McIntyre, B., Herren H., Wakhungu J., and Watson R. On Biocultural Diversity: Linking Language, Knowledge, and the Environment. Washington, D.C, Smithsonian Institution Press. pp. 412-432.
- Maffi, L. 2005. Linguistic, cultural and biological diversity. *Annual Review of Anthropology*, 34: 599-617.
- Maier, L., y Shobayashi, M. 2001. Multifunctionality: Towards an Analytical Framework. Organization for Economic Cooperation and Development, Paris. 157 p.
- Machado, A. 2002. De la estructura agraria al sistema agroindustrial. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. 314 p.
- Mascareño, A. 2003. Teoría de sistemas de América Latina: conceptos fundamentales para la descripción de una diferenciación funcional. *Persona y Sociedad*, 17(2): 9-26.
- Navarro, H. 2003. Agroecología, Buenas Prácticas Agrícolas y Desarrollo Territorial. Red Mesoamericana para la Investigación-Desarrollo de la Agricultura Regional. IMPRETEX, México, D.F. 157 p.
- Odum, E. P. 1971. *Fundamentals of ecology*, Washington, D. C, Saunders, 574 p.
- Parra, C., y Sayadi, S. 2009. Oferta y demanda social por la multifuncionalidad agraria en el diseño de políticas públicas: estados de la cuestión. *In*: Multifuncionalidad agraria, desarrollo rural y políticas públicas: nuevos desafíos para la agricultura. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA). pp. 20-43.
- Reardon, T., Berdegué, J. y Escobar, G. 2001. Empleo e ingresos rurales no agrícolas en América Latina: Síntesis e implicaciones de políticas. RIMISP. Santiago de Chile. 25 p.
- Ribeiro, P., Santos, J., Santana, J., Reino, L., Beja, P., and Moreira, F. 2016. An applied farming systems approach to infer conservation-relevant agricultural practices for agri-environment policy design. *Land Use Policy*, 58: 165-172.
- Ritzer, G. 2011. *Teoría sociológica clásica*, Mac Graw-Hill. 560 p.
- SAGARPA y FAO (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2012.

- Agricultura familiar con potencial productivo en México. En línea: [http://www.sagarpa.gob.mx/programas2/evaluacionesExternas/Lists/Otros%20Estudios/Attachments/42/Agricultura%20Familiar\\_Final.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/programas2/evaluacionesExternas/Lists/Otros%20Estudios/Attachments/42/Agricultura%20Familiar_Final.pdf) (22/01/2017).
- Sánchez, A. 2011. Agricultura familiar: Evolución conceptual, desafíos e institucionalidad. FAO - Iniciativa América Latina y Caribe Sin Hambre 2025, Lima.
- Salcedo, S., y Guzmán, L. 2014. Agricultura familiar en América Latina y el Caribe: recomendaciones de política. FAO, Santiago, Chile. 497 p.
- Scheele, M. 1999. Environmental services provided by agriculture. The setting of environmental targets and reference levels. *In*: Conference paper. Gran, Norway. On line: [http://www.regjeringen.no/nb/dokumentarkiv/Regjeringen-Stoltenberg-I/ld/Veiledninger-og-brosjyrer/2000/environmental\\_services\\_provided.html?id=232101](http://www.regjeringen.no/nb/dokumentarkiv/Regjeringen-Stoltenberg-I/ld/Veiledninger-og-brosjyrer/2000/environmental_services_provided.html?id=232101) (10/07/2017).
- Schneider, S. 2014. La agricultura familiar en América Latina, un nuevo análisis comparativo. Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA)/Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural (RIMISP), 32 p. En línea: <https://mundoroto.files.wordpress.com/2014/07/la-agricultura-familiar-en-amc3a9rica-latina.pdf> (22/08/2017).
- SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social). 2010. Diagnóstico: Alternativas de la población rural en pobreza para generar ingresos sostenibles, 49 p. En línea: [http://www.sedesol.gob.mx/work/models/SEDESOL/Sedesol/sppe/dgap/diagnostico/Diagnostico\\_POP.pdf](http://www.sedesol.gob.mx/work/models/SEDESOL/Sedesol/sppe/dgap/diagnostico/Diagnostico_POP.pdf) (04/06/2017).
- Speeding, C. R. 1979. An introduction to agricultural system, Applied Science Publisher. London, 169 p.
- Soto, F., Rodríguez, M., y Falconi, C., (Eds.). 2007. Políticas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-Banco Interamericano de Desarrollo (FAO-BID). Santiago, Chile. 145 p.
- Toledo, V. M. 2005. La memoria tradicional: la importancia agroecológica de los saberes locales. LEISA Revista de Agroecología, 20(4): 16-19.
- Van der Ploeg, J. D. 2013. Diez cualidades de la agricultura familiar. LEISA Revista de agroecología, 29(4): 6-8.
- Van Huylenbroeck, G., Vandermeulen, V., Mettepenningen, E., and Verspecht, A. 2007. Multifunctionality of agriculture: a review of definitions, evidence and instruments. Living Reviews in Landscape Research, 1(3): 1-43.

Villaret, A. 1994. El enfoque sistémico aplicado al análisis del medio agrícola: Introducción al marco teórico y conceptual. Praxis del desarrollo rural 1. Pradem/CICDA. Perú. 87 p.

## **CAPÍTULO II. MARCO DE REFERENCIA**

En este capítulo se presenta información general del municipio de Tochimilco con el fin de crear en el lector una imagen de las condiciones en donde se llevó a cabo esta investigación. Además, se muestra información histórica, agronómica y estadística del cultivo de amaranto en México y en Tochimilco para establecer en el lector un panorama general de este cultivo.

### **2.1. Generalidades del municipio de Tochimilco, Puebla.**

#### **2.1.1. Características ecológicas**

El municipio de Tochimilco se ubica en la zona centro oeste del estado de Puebla en las laderas del volcán Popocatepetl por lo que presenta un relieve heterogéneo con gran diversidad de topoformas como llanuras aluviales, sierras volcánicas, lomeríos y mesetas. Por lo que el acceso a algunas comunidades puede ser complicado, además de que por la cercanía al cráter del volcán algunas comunidades han sido clasificadas por el Centro Nacional de Prevención de Desastres como zonas de alto riesgo ante una erupción (CENAPRED, 2016). Tochimilco tiene una altitud promedio de 2,060 msnm y se localiza entre los paralelos 18° 50' y 19° 02' latitud norte y los meridianos 97° 18' y 97° 27' de longitud oeste (INEGI, 2009).

De acuerdo al INEGI (2009) en Tochimilco se presentan siete tipos de suelo, siendo los tres más dominantes los de tipo Regosol (58.22 % de la superficie municipal), Cambisol (31.75 % de la superficie municipal) y Phaeozem (10.01 % de la superficie municipal). La precipitación media anual del municipio fluctúa de 800 a 1,300 mm y la precipitación media mensual oscila entre 40 y 60 mm. Los principales tipos de clima del municipio son: clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano (A)C(w1) y clima templado subhúmedo con lluvias en verano C(w1) (Köppen, 1936). Los factores clima y suelo son determinantes en la definición de los sistemas de producción para amaranto del municipio (Anexo D).

En Tochimilco el principal tipo de uso de suelo es el agrícola, siendo la agricultura de temporal la que abarca la mayor superficie (43.45 % del territorio municipal); también, en la parte sureste del municipio, se presenta agricultura de riego, pero a mucho menor escala (3.30 % del territorio municipal). En la superficie que no es destinada para la producción agrícola los ecosistemas predominantes son el bosque de pino y de encino-pino (INEGI, 2009).

### **2.1.2. Características socioculturales**

Tochimilco tiene 17,028 habitantes, de los cuales 7,916 son hombres. La densidad de población es de 78 habitantes por km<sup>2</sup> (INEGI, 2009). La población se distribuye en 22 comunidades agrupadas en nueve juntas auxiliares: San Francisco Huilango, San Lucas Tulcingo, Santiago Tochimilco, Tochimilco, La Magdalena Yancuitalpan, San Martín Zacatempa, Santa Catalina Tepanapa, San Miguel Tecuanipa, Santa Catarina Cuilotepec y Santa Cruz Cuautomatitla. El grado de escolaridad es bajo (cinco años promedio) y el 14.3 % de la población total del municipio es analfabeta (INEGI, 2009). De acuerdo con el Consejo Nacional de Población, en el municipio el grado de desarrollo humano es medio, y el de marginación y rezago social es alto (CONAPO, 2010).

### **2.1.3. Características económicas**

La principal actividad económica del municipio es la producción agropecuaria (77 %), seguida del sector comercio y servicios (12 %) y en tercer lugar el sector industrial (11 %). La población económicamente activa es del 55 % (INEGI, 2010).

De acuerdo al Sistema de Información Agrícola y Pecuaria (SIAP, 2014), en cuanto al sector pecuario predomina la producción de traspatio de ovinos, bovinos y aves. En el sector agrícola los principales cultivos del municipio son el maíz, principalmente destinado al autoconsumo, y la producción frutícola (aguacate, durazno, pera, tejocote) y de amaranto como cultivos comerciales.



## 2.2. El amaranto

### 2.2.1. Origen e Historia

De acuerdo a Becerra (2000) la domesticación del amaranto (*Amaranthus* spp.) probablemente fue hecha por los mayas, quienes lo llamaban “xtes” (Velasco, 2001), posteriormente otros pueblos como los incas; que lo conocían entre otros nombres como “Kiwicha” que significa pequeño gigante (Chasquibol-Silva, 1999) y los mexicas que lo nombraron “huauhtli” aprendieron a cultivarlo y consumirlo. La palabra “huauhtli” era el nombre genérico de varias plantas (Velasco, 2001) que incluían tanto a algunos quenopodios (*Chenopodium* spp.) como amarantos (*Amaranthus* spp.) (Hernández, 1959). Velasco (2001) menciona que “huauhtli” era el nombre de la planta, tomando en cuenta, sobre todo, la semilla; “huauhzonitli” el nombre de la planta con la inflorescencia y “uauhquilitl” la planta, pero tierna.

En tiempos precolombinos la distribución de éste cultivo abarcaba desde lo que hoy es el estado de Arizona en Estados Unidos, pasando por zonas del nororiente y centro de México, Guatemala, hasta llegar a la zona andina que hoy conforma los países de Ecuador, Perú, Bolivia y Argentina (Figura 2.1).

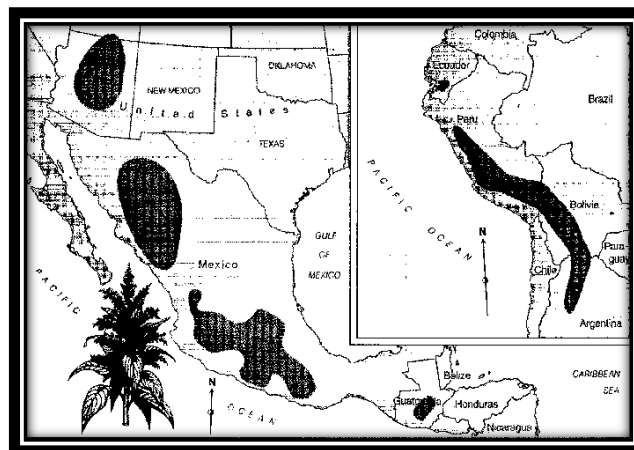


Figura 2.1. Zonas precolombinas de producción de amaranto

Fuente: Tomado de Bostid, 1984.

En tiempos del Imperio Azteca, el amaranto junto con el maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus* spp.), calabaza (*Cucurbita* spp.), chile (*Capsicum* spp.) y la chía (*Salvia hispánica* L.) era uno de los cultivos más importantes en la alimentación del pueblo (Aguilar y Alatorre, 1978; Velasco, 2001). El amaranto también tenía un importante valor de cambio, ya que anualmente el último emperador Azteca, Moctezuma II, recibía como tributo, de 17 de sus 20 provincias tributarias, alrededor de 350,000 litros de semilla de este cultivo (Aguilar y Alatorre, 1978; Sauer, 1979). La semilla y hoja del amaranto también tuvieron gran importancia religiosa (Sauer, 1950a), con la semilla se preparaba una harina que se mezclaba con miel de maguey para formar una masa llamada “tzoalli” con la que se elaboraban figuras e imágenes de deidades utilizadas en diferentes cultos, mientras que con la hoja de amaranto se preparaban tamales llamados “Huauhquiltamalli”, que eran ofrecidos principalmente al dios del fuego llamado Xiuhtecutli (Sahagún, 1969).

Lamentablemente, el hecho de que la planta de amaranto fuera utilizada en ceremonias consideradas paganas por los españoles, aunado a otros motivos más como la sustitución de los cultivos nativos por los introducidos del “Viejo Mundo” que eran preferidos por los españoles, actuaron de manera conjunta para reducir el cultivo de amaranto de manera drástica (Becerra, 2000). Afortunadamente el arraigo de las costumbres en los pueblos es muy fuerte, y el cultivo del amaranto se mantuvo hasta la fecha, aunque a pequeña escala, gracias a la acción de grupos de agricultores (Sauer, 1979; Becerra, 2000).

### **2.2.2. Clasificación taxonómica**

El amaranto pertenece a la familia Amaranthaceae; esta familia está compuesta de 60 géneros y cerca de 800 especies de plantas herbáceas de origen tropical, que se adaptan bien a climas templados (Feine *et al.*, 1979; Mapes, 1984). El género *Amaranthus* ha sido objeto de muchos estudios taxonómicos, no obstante, es todavía poco entendido y es considerado uno de los más difíciles de clasificar (Costea y Tardif, 2003); sin embargo, la clasificación más usada es la propuesta por Sauer (1950) en la que éste género se divide en dos subgéneros: *Amaranthus* (plantas monoicas) y *Acnida* (plantas dioicas). Y a su vez, el subgénero *Amaranthus* se divide en dos secciones en base a los detalles morfológicos de la inflorescencia y de la flor (Khoshoo y Pal, 1972): sección *Amaranthus* con inflorescencias grandes, terminales, de crecimiento

indeterminado; y sección *Blitopsis* con inflorescencias axilares de crecimiento determinado (Espitia *et al.*, 2010).

El género *Amaranthus* consiste de 70 especies, de las cuales 40 son nativas de América y el resto de África, Asia, Australia y Europa (Costea *et al.*, 2001) para la clasificación de las especies se considera la forma y proporción de las estructuras pistiladas (Feine *et al.*, 1979). De las especies productoras de grano, *A. cruentus* L. y *A. hypochondriacus* L. se encuentran principalmente en América central y México; y *A. caudatus* L. en la región norte de los Andes, lugares en donde fueron domesticadas (Sauer, 1979; Alejandre y Gómez, 1999); éstas tres especies por lo general son cultivadas en pequeña escala en valles aislados o zonas montañosas en donde generaciones de campesinos han continuado el cultivo de sus antepasados (Sauer, 1979; National Research Council, 1984). En Asia y Europa se encuentran aquellas de las que se aprovecha su follaje como *A. blitum* L., *A. melancholicus* L., y *A. tricolor* L. (Paredes, 1994).

Debido a la viabilidad que existe dentro de cada una de las especies de amaranto para grano ha sido necesario hacer subdivisiones, siendo la clasificación de Kauffman y Reider (1983) la que se ha utilizado mayormente (Espitia *et al.*, 2010), bajo esta clasificación para *Amaranthus hypochondriacus* se identifican cinco razas Nepal (originaria de India y Nepal), Mercado (originaria en los estados de Morelos y Puebla en México), Mixteca (de los estados de Oaxaca y Michoacán, México), Azteca (originaria de las partes altas de Tlaxcala, Puebla, Edo. de México y la ciudad de México) y Picos (Originaria de India y Nepal); para *A. cruentus*, la raza Mexicana (originada en las zonas cálidas de los estados de Morelos, Puebla y Guerrero en México), Africana (del este de África) y Guatemalteca (originaria de Guatemala y el sureste mexicano), para *A. caudatus* la raza Sudamericana (originaria de la zona andina) y Edulis (originaria del noreste de Argentina), y para *A. hybridus* que es una especie de importancia en programas de mejoramiento genético (Kauffman, 1981) cuya distribución abarca desde el este de los Estados Unidos hasta el norte de Sudamérica (Espitia *et al.*, 2010).

En la Figura 2.2 se muestra la clasificación taxonómica de las especies de amaranto productoras de grano.

|  |
|--|
| Reino: Plantae   |
| División: Fanerogama   |
| Tipo: Embryophyta siphonogama  |
| Subtipo: Angiospermae  |
| Clase: Dicotyledonea   |
| Subclase: Archichlamydae   |
| Orden: Centrospermales   |
| Familia: Amaranthaceae   |
| Género: <i>Amaranthus</i>  |
| Subgénero: <i>Amaranthus</i>   |
| Sección: <i>Amaranthus</i>   |
| Especies: <i>hypochondriacus</i> , <i>cruentus</i> , <i>caudatus</i> e <i>hybridus</i>                         |
| Razas: nepal, mercado, mixteca, azteca, picos, mexicana, africana, guatemalteca, sudamericana, edulis y prima. |

Figura 2.2. Clasificación taxonómica de las especies de amaranto productoras de grano.

Fuente: Elaboración propia con datos de Kauffman y Reider (1983) y Espitia *et al.*, (2010).

### 2.2.3. Estructura floral y polinización

Como se mencionó anteriormente el género *Amaranthus* está dividido en dos secciones: *Amaranthus* y *Blitopsis*, en la primera se encuentran las especies para producción de grano; que se caracterizan por su inflorescencia terminal de gran tamaño y varios colores; sus flores usualmente pentámeras y por la dehiscencia de su utrículo que normalmente es circunsésil (Sauer, 1950; Feine *et al.*, 1979; Pal, 1972). La estructura floral básica para ambas secciones es una cima difásica comúnmente llamada glomérulo, cada uno de los cuales consta de una flor estaminada rodeada de un número definido de flores pistiladas. Cientos de glomérulos se encuentran dispuestos sobre un eje sin hojas sobre una compleja panicular (Sauer, 1950; Feine *et al.*, 1979; Kauffman, 1981).

En cada glomérulo, las flores pistiladas abren, exponiendo sus estigmas receptivos antes que la flor estaminada madure (Sauer, 1950). El polen disponible no proviene de la flor estaminada del mismo glomérulo, sino de las flores estaminadas de otros glomérulos (Kauffman, 1981). A este respecto Pal (1972) señala que todas las especies monoicas de la sección *Amaranthus* que él estudió exhibieron protógina, y la estructura de sus inflorescencias asegura la polinización cruzada. Por su parte otros autores comentan que las especies de amaranto cultivadas (*Amaranthus* spp.) tienen un sistema de cruzamiento mixto, en el cual se da tanto la autopolinización, como la polinización cruzada, aunque la autopolinización es la más común (Sauer, 1979; Jain *et al.*, 1982;

Alejandre y Gómez, 1999). La polinización del amaranto se lleva a cabo principalmente por el viento, aunque se ha observado que esporádicamente las inflorescencias de este son visitadas por abejas (Pal, 1972).

#### **2.2.4. Características fisiológicas**

El género *Amaranthus* lleva a cabo su fotosíntesis a través de la ruta C4, que presenta una mayor eficiencia para la fijación de CO<sub>2</sub> que la ruta C3 (Van Soest, 1982; Espitia, 1991) debido a que el CO<sub>2</sub> no se elimina sino que se utiliza totalmente incorporándose al ciclo de Calvin debido a que no presenta fotorespiración (Jensen y Salisbury, 1972), que es el proceso que tiene por objeto reducir la fotosíntesis al eliminar el CO<sub>2</sub> y agua a través de los estomas en las plantas que solo tienen ruta C3. En este proceso intervienen las células especiales de la vaina, rodeadas de las células mesófilas de la hoja que al estrecharse los estomas la cantidad de agua eliminada es mínima, por lo que las células de estas plantas fijan más energía, a la vez que producen más glucosa y más material vegetal (Conn y Stumpt, 1972).

La ruta C4 corresponde a plantas de rápido crecimiento; fijan el carbono a temperaturas elevadas, entre 30 y 35 °C, en lugares soleados, ambiente seco y escasa humedad (Van Soest, 1982); además, el amaranto como cultivo de altura y propio de estaciones marcadas crece con gran vigor (Oke, 1983; Espitia, 1991), además, las plantas C4 en el proceso fotosintético solo utilizan 3/5 partes de la cantidad de agua que necesitaría una planta C3 para producir la misma cantidad de material vegetal (Hauptly, 1977).

Muchos de los amarantos son sensibles a la longitud del día (National Research Council, 1985), y ésta sensibilidad varía entre y dentro de especies (Espitia, 1992). Kigel (1994) señala que una mayor sensibilidad al fotoperiodo se expresa por la reducción en el número de hojas o reducción de la estatura de la planta, debido a la reducción o al acortamiento de entrenudos y un acortamiento en la duración del ciclo.

El ciclo de vida de los amarantos cultivados para grano varia de 70 a 240 días a madurez, dependiendo de factores genéticos (especie, raza y genotipo) y ambientales, principalmente fotoperiodo y temperatura (Espitia *et al.*, 2010).

### **2.2.5. Fases fenológicas del amaranto**

Una herramienta que puede ser de gran utilidad para hacer más preciso el manejo de los cultivos es la fenología, la cual describe la aparición de etapas y fases de desarrollo de los cultivos en función del tiempo, cuando no exista un factor externo que puede alterarla, como puede ser alguna situación de estrés como sequia o insuficiencia nutrimental (Sifuentes *et al.*, 2009).

Mujica y Quillahuamán (1989), y Henderson, (1993) mencionan que los estados fenológicos del cultivo de amaranto son los siguientes:

-Emergencia (VE):

Es la fase en la cual las plántulas emergen del suelo y muestran sus dos cotiledones extendidos y en el surco se observa por lo menos un 50 % de población en este estado. Todas las hojas verdaderas sobre los cotiledones tienen un tamaño menor a 2 cm de largo. Este estado puede durar de 8 a 21 días dependiendo de las condiciones agroclimáticas.

-Fase vegetativa (V1-V4):

Estas se determinan contando el número de nudos en el tallo principal en el que las hojas se encuentran expandidas por lo menos 2 cm de largo. El primer nudo corresponde al estado V1 el segundo es V2 y así sucesivamente. A medida que las hojas basales senescen la cicatriz dejada en el tallo principal se utiliza para considerar el nudo que corresponda. La planta comienza a ramificarse en estado V4.

-Fase reproductiva (R1-R7):

- Inicio de panoja (R1): El ápice de la inflorescencia es visible en el extremo del tallo. Este estado se observa entre 50 y 70 días después de siembra.
- Panoja (R2): La panoja tiene al menos 2 cm de largo.
- Término de panoja (R3): La panoja tiene al menos 5 cm de largo. Si la antesis ya ha comenzado cuando se ha alcanzado esta etapa, la planta debiera ser clasificada en la etapa siguiente.
- Antesis (R4): Al menos una flor se encuentra abierta mostrando los estambres separados y el estigma completamente visible. Las flores hermafroditas, son las primeras en abrir y generalmente la antesis comienza desde el punto medio del eje central de la panoja hacia las ramificaciones laterales de esta misma. En esta etapa existe alta sensibilidad a las heladas y al estrés hídrico. Este estado puede ser dividido en varios sub-estados, de acuerdo al porcentaje de flores del eje central de la panoja que han completado antesis.
- Llenado de granos (R5): La antesis se ha completado en al menos el 95% del eje central de la panoja. Y los granos pueden estar en dos estados:

Grano lechoso: Las semillas al ser presionadas entre los dedos, dejan salir un líquido lechoso.

Grano pastoso: Las semillas al ser presionadas entre los dedos presentan una consistencia pastosa de color blanquecino.

- Madurez fisiológica (R6): Un criterio definitivo para determinar madurez fisiológica aún no ha sido establecido; pero el cambio de color de la panoja es el indicador más utilizado. En panojas verdes, estas cambian de color verde a un color oro y en panojas rojas cambian de color rojo a café-rojizo. Además, las semillas son duras y no es posible enterrarles la uña. En este estado al sacudir la panoja, las semillas ya maduras caen.

- Madurez de cosecha (R7): Las hojas senescen y caen, la planta tiene un aspecto seco de color café. Generalmente se espera que caiga una helada de otoño para que disminuya la humedad de la semilla.

### **2.2.6. Requerimientos edafoclimáticos**

La elevación es una limitante poco severa, ya que el amaranto crece satisfactoriamente desde el nivel del mar hasta 3,200 msnm (Espitia *et al.*, 2010). Aunque *A. caudatus*, que es originaria de los andes, es la especie que responde mejor a altitudes mayores de 2,500 msnm (National Research Council, 1985), al igual que a bajas temperaturas, lo que la hace más resistente a heladas (Grubben y Sloten, 1981) en comparación de *A. hypochondriacus* y *A. cruentus* que son tolerantes a altas temperaturas, pero no resistentes a heladas (Espitia *et al.*, 2010). En general, el amaranto presenta un mejor desarrollo cuando las altas temperaturas diarias alcanzan cuando menos 21 °C, pero el crecimiento cesa a temperaturas cercanas a 8 °C y las plantas sufren daños por debajo de los 4 °C (National Research Council, 1985).

En cuanto al factor edáfico, el mejor tipo de suelo para el cultivo del amaranto son los suelos francos bien drenados (Kauffman *et al.*, 1984) con pH arriba de seis, aunque este factor no ha sido bien estudiado (Espitia *et al.*, 2010). El amaranto es tolerante a la sequía (Kauffman *et al.*, 1984) y, de hecho, crece mejor en condiciones de baja disponibilidad de humedad y altas temperaturas (National Research Council, 1985). No obstante, para que las semillas germinen necesitan buena humedad del suelo (Espitia *et al.*, 2010).

### **2.2.7. Plagas y enfermedades del amaranto**

Se ha encontrado que las plagas y enfermedades limitan el rendimiento del amaranto en las zonas de producción, sin embargo, la información sobre este tema es muy escasa en México y en el mundo (Espitia, 1990; Espitia *et al.*, 2010).

Respecto a las plagas, en México se ha reportado a: los barrenadores de tallo como *Hypolixus* (Singh, 1961), *Lixus* y *Sciara* (Espitia, 1994), la chinche (*Lygus lineolaris*) que se alimenta de los



granos en desarrollo (Espitia, 1994) y, de acuerdo con Fomsgaard *et al.* (2010), diferentes especies de dípteros como *Lebia* spp., *Disonicha* spp.; especies de Cicadellidae (ninfas y adultos); especies de Pentatomidae (ninfas y adultos); especies de Míridos (ninfas y adultos) y diversas especies de Tingidae y Lepidópteros (en su mayoría larvas). Además de los nematodos *Nacobbus aberrans* (Santa Cruz y Marban, 1986) y *Meloidogyne incognita* (Joshi y Rana, 1991).

En lo que se refiere a enfermedades de tipo fungoso, en México, destacan el tizón del amaranto causado por *Alternaria tenuis* (Sánchez-Enciso *et al.*, 1991); la mancha negra y mancha del tallo que se presenta en regiones templadas con abundante humedad, pudiendo afectar a la planta desde las primeras etapas de crecimiento y en materiales susceptibles causa acame de la planta y caída del grano (Sánchez-Enciso *et al.*, 1991; Arellano-Vázquez, 2001), estas enfermedades están asociada con hongos del género *Macrophoma* sp. que produce lesiones negras o pardas y/o el género *Phoma* sp. (Sánchez *et al.* 1990) cuyas lesiones son ovales de color gris claro en el centro y bordes oscuros (Espitia, 1986); el “damping-off” que produce pudriciones en raíz y base de tallo, normalmente es causado por un complejo de hongos de los géneros *Phytium* sp. (Principalmente *P. aphanidermatum*), *Fusarium* sp. (Chen y Swart, 2001) y *Rhizoctonia* sp. (Sánchez *et al.*, 1990); la roya blanca por *Albugo bliti* (Joshi y Rana, 1991); y el carbón del amaranto causado por dos especies del hongo Thecaphora: *amaranthi* y *amaranthicola*, ésta enfermedad afecta las inflorescencias, reabsorbiendo los granos, lo cual al trillar solo aparece un polvo negro, causando la pérdida total del grano de las plantas (Bernal-Muñoz, 1997; Bernal-Muñoz, *et al.*, 2000).

En cuanto a las afectaciones por bacterias, en México, se han reportado a *Pseudomonas argentinensis* (Casarrubias-Castillo *et al.*, 2009) y *Xanthomonas campestris* pv. *Phaseoli* (Huerta y Rodríguez, 1994). Para enfermedades causadas por fitoplasmas destaca la escoba de bruja (16Sr III *Candidatus Phytoplasma pruni*) cuyos síntomas son amarillamiento foliar, acortamiento de entrenudos y los brotes nuevos son raquíuticos y amarillentos (Rojas-Martínez *et al.*, 2009); y el enverdecimiento cuyos síntomas son el cambio de color de las estructuras florales, tornándose verdes, rojas en el caso de las inflorescencias y un verde más intenso en el caso de las inflorescencias nuevas, además de que se inicia el crecimiento de las brácteas y los tépalos; la semilla se reabsorbe y el rendimiento se reduce prácticamente a cero (Espitia *et al.*, 2010).

Finalmente, entre las enfermedades causadas por los virus destaca el *Amaranthus Leaf Mottle Virus* que ataca a varias especies de amaranto incluyendo *A. cruentus* y *A. hypochondriacus*, éste virus reduce el crecimiento de la planta, retrasando la floración y reduciendo la cantidad de semilla producida (Sánchez *et al.*, 1990).

### 2.2.8. Regiones productoras de amaranto en México

Actualmente, en México son cinco los principales estados productores de amaranto (Cuadro 2.1), siendo el principal productor Tlaxcala con 4,795.3 t producidas en una superficie de 3,485 ha; seguido por Puebla con 2,016.5 ha cosechadas y 2,333.51 t producidas (SIAP, 2015).

Cuadro 2.1 Estados productores de amaranto en México.

| Estado          | S. Sembrada<br>(Ha) | S. Cosechada<br>(Ha) | Producción<br>(t) | R<br>(t/Ha) | PMR<br>(\$/t) |
|-----------------|---------------------|----------------------|-------------------|-------------|---------------|
| CDMX            | 140.5               | 140.5                | 150.4             | 1.07        | 23,000        |
| Guanajuato      | 22.0                | 22.0                 | 19.8              | 0.90        | 10,500        |
| México          | 516.0               | 516.0                | 1,061.05          | 2.06        | 12,206        |
| Morelos         | 235.0               | 145.0                | 101.5             | 0.70        | 14,641        |
| Oaxaca          | 44.4                | 44.4                 | 69.84             | 1.57        | 12,830        |
| Puebla          | 2,016.5             | 2,013.0              | 2,333.51          | 1.16        | 7,618         |
| San Luis Potosí | 30.6                | 24.0                 | 19.62             | 0.82        | 13,790        |
| Tlaxcala        | 3,485.0             | 3,485.0              | 4,795.30          | 1.38        | 12,094        |
| Nacional        | 6,490               | 6,389.9              | 8,551.02          | 1.21        | 13,335        |

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2015. CDMX= Ciudad de México. R = Rendimiento, PMR= Precio medio rural

En el estado de Puebla son 18 los municipios productores de amaranto (Cuadro 2.2), siendo Tochimilco el principal productor con 1,111 t, lo cual representa el 12.99 % de la producción nacional y el 47.61 % de la producción estatal (SIAP, 2015).

Cuadro 2.2. Municipios productores de amaranto en el estado de Puebla.

| Municipio              | S. Sembrada<br>(Ha) | S. Cosechada<br>(Ha) | Producción<br>(t) | R<br>(t/Ha) | PMR<br>(\$/t) |
|------------------------|---------------------|----------------------|-------------------|-------------|---------------|
| Atlixco                | 97.0                | 97.0                 | 100.88            | 1.04        | 6,290         |
| Atzitzihuacán          | 210.0               | 210.0                | 321.30            | 1.53        | 8,368         |
| Caltepec               | 6.5                 | 6.5                  | 3.58              | 0.55        | 12,500        |
| Chapulco               | 14.0                | 14.0                 | 12.60             | 0.9         | 13,000        |
| Cohuecan               | 270.0               | 270.0                | 402.30            | 1.49        | 10,145        |
| Huaquechula            | 35.0                | 35.0                 | 35.35             | 1.01        | 5,522         |
| Nopalucan              | 25.0                | 25.0                 | 27.48             | 1.1         | 9,800         |
| Palmar de Bravo        | 20.0                | 20.0                 | 30.00             | 1.5         | 7,100         |
| Rafael Lara Grajales   | 30.0                | 30.0                 | 31.50             | 1.05        | 9,800         |
| S. Andrés Cholula      | 5.1                 | 5.1                  | 14.99             | 2.94        | 6,050         |
| S. Felipe Teotlalcingo | 6.1                 | 6.1                  | 7.99              | 1.31        | 6,060         |
| S. José Chiapa         | 90.0                | 90.0                 | 99.00             | 1.1         | 9,800         |
| S. Martín Texmelucan   | 7.1                 | 7.1                  | 8.02              | 1.13        | 6,050         |
| S. Matías Tlalancaleca | 5.1                 | 5.1                  | 14.02             | 2.75        | 6,050         |
| S. Salvador el Verde   | 75.1                | 75.1                 | 78.10             | 1.04        | 6,070         |
| Tecamachalco           | 10.5                | 7.0                  | 21.00             | 3           | 9,900         |
| Tepemaxalco            | 10.0                | 10.0                 | 14.40             | 1.44        | 9,903         |
| Tochimilco             | 1100.0              | 1100.0               | 1111.00           | 1.01        | 6,400         |

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2015. R= Rendimiento, PMR= Precio medio rural

### 2.2.9. Sistemas de producción de amaranto en México

En México se pueden identificar tres diferentes sistemas de producción: 1) el sistema convencional de trasplante; 2) el sistema convencional de siembra directa; y 3) el sistema intensivo (Espitia *et al.*, 2010), los cuales se definen a continuación.

### 2.2.9.1 Sistema Convencional de Trasplante

Éste sistema se practica en Tulyehualco, D.F y pequeñas áreas aledañas, el cultivo es de temporal y pasa por dos etapas: el almácigo y el trasplante que se realiza en junio (Early, 1977). De acuerdo con Espitia *et al.*, (2010), la preparación del almácigo se realiza bajo el sistema de chinampa. Para ello las camas del almácigo abarcan 2 m de ancho, 15 a 20 m de largo y 4 o 5 cm de profundidad y se establecen en parcelas que miden aproximadamente de 5 a 10 m de ancho y 100 m de largo y que se encuentran cercanas al canal. El lodo del fondo del canal es paleado hacia las canoas; después de que se llenan se le traslada hacia donde estará establecido el almácigo. El lodo se vacía hasta formar la cama.

Al siguiente día, cuando la cama está ligeramente seca, se corta en pequeños cuadros, llamados “chapines”, a los cuales se les hace un agujero de 1 cm en el que se siembran ocho semillas. Transcurridos 20 a 30 días de la siembra, cuando las plantas tienen de 15 a 20 cm de altura, están listas para el trasplante. El día del trasplante, los chapines son separados del suelo, extraídos de la cama, puestos a parte y llevados a las parcelas, una vez en las parcelas, los surcos se hacen con arado utilizando tracción animal, a un metro de distancia y a una profundidad de 30 cm, siguiendo el surcado un sembrador lleva un manojo de chapines los cuales los coloca a lo largo del surco a una distancia de un metro entre sí, siguiendo al sembrador otra persona trasplanta los chapines. Después de 20 días se fertiliza el amaranto con fertilizante químico o abonos orgánicos y, aproximadamente, 10 días después de fertilizar, se realiza el aporque.

El amaranto se cosecha la última semana de noviembre o a principios de diciembre, para ello, las plantas se cortan con hoz cerca del nivel del suelo. Si las semillas están secas en el tallo se puede cosechar el mismo día; si no, las gavillas son colocadas en los surcos para dejarlas secar por dos o tres días. Una vez secas las semillas son separadas del tallo golpeándolas, en un tamiz. Después de un tamizado inicial, una segunda limpieza se realiza utilizando una malla más fina. Debajo de la malla se coloca una manta para juntar la semilla. El viento separa la semilla de la paja al caer a la manta; finalmente, la semilla es almacenada en costales de manta (Espitia *et al.*, 2010).

### **2.2.9.2 Sistema Convencional de Siembra Directa**

Es el sistema más utilizado, el cultivo es de temporal y el amaranto se siembra, por lo general, en junio utilizando la técnica de bandeado o de mateado, en ambos casos se arán los surcos a 60 cm, utilizando tracción animal, y las semillas se siembran a lo alto del surco (Gómez, 1990; Espitia *et al.*, 2010). Con la técnica de bandeado, el agricultor sigue al arador, arroja estiércol seco de vaca sobre lo alto del surco donde irán las semillas. Un sembrador lo sigue, dejando caer la semilla a lo largo de la línea del estiércol. Después de 20 días, las plantas se deshijan, dejando tres o cuatro plantas, aproximadamente, cada 33 cm y se le agrega estiércol de vaca alrededor de la planta. En el sistema de mateado se utilizan entre uno y tres kilogramos de semilla por hectárea, las semillas se siembran dejando una pizca de semillas cada 30 cm y se cubren poniéndoles tierra con la mano o el pie (Arellano-Vázquez, 2001); a los 20 días se coloca el fertilizante alrededor de las plantas (Espitia *et al.*, 2010).

El punto o índice de cosecha se determina por la senescencia de las hojas, sin esperar hasta la completa marchitez de esta. Para la cosecha, se cortan las inflorescencias, comúnmente llamadas “panojas”, con hoz y se deja el tallo de pie. De las panojas se hacen gavillas y se dejan secar sobre los surcos hasta que las semillas se puedan desprender fácilmente “azotándolas” con varas, sobre mantas o lonas; una vez que la semilla se desprende se cierne para limpiarla, eliminando todo tipo de basura (*tamo*), la semilla resultante es de color cremoso. Por último, la semilla se empaca en costales o se almacena a granel en un lugar seco (Gómez, 1990). La trilla además de ser manual puede ser con animales, se hace pasar a los animales por encima de la inflorescencia seca para desprender el grano; o con combinada estacionaria, la cual entran a las parcelas y de manera manual se introduce la inflorescencia seca en la combinada.

### **2.2.9.3 Sistema intensivo**

Éste sistema se ha desarrollado recientemente, la siembra es bajo condiciones de buen temporal o bajo riego, todas las labores son mecanizadas, la fertilización es edáfica y foliar y para el control de malezas se utilizan herbicidas secantes, ya que no hay herbicidas selectivos para amaranto, con aplicación dirigida utilizando una campana (Espitia *et al.*, 2010).

### **2.2.10. Usos y ventajas del amaranto**

El amaranto ha estado desde la antigüedad relacionado con el hombre americano (Sauer, 1950a); de acuerdo a excavaciones arqueológicas, los habitantes de la América prehispánica utilizaban las hojas, tallos jóvenes y semillas del amaranto como alimento antes de que esta planta fuera domesticada (Aguilar y Alatorre, 1978). Como se mencionó con anterioridad, en tiempos de los aztecas; además de la importancia como alimento, con las hojas y la masa hecha con semillas de amaranto se elaboraban figuras de sus dioses y tamales que eran utilizadas en diferentes cultos (Sahagún, 1969; Velasco, 2001).

Actualmente, en Valles Altos de México, donde se encuentran las principales zonas productoras de amaranto, el grano se utiliza para elaborar productos como, el dulce tradicional preparado con la semilla “reventada” llamado “alegría” (término utilizado desde el siglo XVII el cual, gradualmente, se utilizó para nombrar a toda la planta; Aguilar y Alatorre, 1978), palanquetas, galletas, cereales, granola, pulque, harinas, frituras, flan, mazapán, malteadas, salsas, entre otros (Espitia *et al.*, 2010).

En cuanto al uso del amaranto como verdura, la región de la Sierra Norte del estado de Puebla ha sido una de las regiones donde el uso del amaranto como verdura ha tenido un papel muy importante, en esta región los “quintoniles” (nombre genérico de las hojas de amaranto) son recolectados en diferentes sistemas de cultivo (Mapes *et al.*, 1984, 1997). Otras partes de la República Mexicana en donde se consumen los tallos y las hojas en estado “tierno” son la zona Tarahumara de Chihuahua (Pennington, 1963), el estado de Sonora (Sauer, 1950a), la región del Tajín y en los pueblos de la ribera del río Coatzacoalcos en Veracruz y en los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán (Espitia *et al.*, 2010).

Algunas especies de amaranto también son producidas para uso forrajero debido a que la planta entera por su rápido crecimiento produce cantidades apreciables de materia seca por unidad de área (Mugerwa y Bwaybe, 1974), que aunado al alto contenido proteico lo ubican como un cultivo que puede servir para cubrir los requerimientos de animales en diferentes etapas de desarrollo (Sleugh *et al.*, 2001), ya sea en forma de pasta para la alimentación de rumiantes y otros animales,

o el uso de la semilla principalmente en dietas de monogástricos (Sánchez-Marroquin, 1984). Sin embargo, no todas las especies de amaranto tienen potencial forrajero (Sleugh *et al.*, 2001), además de que algunas de ellas contienen factores anti-nutricionales como oxalatos, saponinas, fenoles, inhibidores de tripsina y nitratos, los cuales pueden limitar su uso en la alimentación animal (Espitia *et al.*, 2010).

Con fines alimenticios, el amaranto tiene múltiples ventajas sobre otros cultivos tradicionales (Sánchez-Marroquin, 1984; Lehman, 1996), por ejemplo: la semilla supera a los cereales y aún a algunas leguminosas en calidad de su proteína, balance de aminoácidos y valor de eficiencia proteica (National Research Council, 1984; Lehman, 1989); la calidad y proporción de los aceites de la semilla contribuye a reducir el colesterol y prevenir afecciones cardíacas (Berger *et al.*, 2003; Martirosyan *et al.*, 2007); Rodas y Bressani, (2009) reportan que en promedio, del total de ácidos grasos de la semilla de amaranto 18 % es de ácido palmítico, 75 % de ácido oleico y linoleico, y 3 % de ácido linolenico; la proporción de vitaminas en la semilla es apreciable, con 0.25 mg de tiamina y 0.29 mg de riboflavina en 100 g de proteína, de 2.1-2.8 mg de ácido ascórbico y 1.1 mg de niacina en 100 g de proteína (Sánchez-Marroquín, 1984).

Además de la semilla, el follaje del amaranto presenta altos niveles de proteína rica en lisina, vitaminas y minerales (Vietmeyer, 1978), siendo estos niveles de nutrientes comparables con los de la espinaca, una de las hortalizas de mayores cualidades alimenticias (Sánchez-Marroquín, 1980); la semilla también contiene cantidades altas de aminoácidos básicos, triptófanos y lisina, que es comparable con la soya y la leche de vaca (Castilla, 1980); la digestibilidad de la semilla, harinas y fracciones proteicas es muy alta (Sánchez-Marroquin, 1984); las semillas contienen elevados niveles de calcio, fósforo y magnesio y contiene cantidades aceptables de cobre y otros minerales (Odhav *et al.*, 2007; Olivares y Peña, 2009); las semillas y hojas de amaranto son ricas en fibras dietéticas solubles y no solubles (Early y Early, 1987), útiles para la prevención de cáncer de colon, trastornos intestinales, diabetes, y enfermedades cardiovasculares (Saura-Calixto, 2006); las hojas poseen un alto espectro de flavonoides los cuales presentan una alta capacidad antioxidante (Espitia *et al.*, 2010).

Otros usos potenciales del amaranto son en la industria alimentaria con la generación de pigmentos naturales, uno de color amarillo llamado amarantina y otro de color rojo nombrado betalaína (Cai *et al.*, 1998), la elaboración de películas biodegradables (Mokrejs, *et al.*, 2009) y alimentos libres de gluten (Gambus *et al.*, 2009); y en la industria farmacéutica y cosmética (Cotos y Salas, 2004) por los contenidos relativamente altos de escualeno que posee la semilla (Rodas y Bressani, 2009), casi comparables a los reportados en el aceite de tiburón que junto a las ballenas son las principales fuentes de este aceite (Heller *et al.*, 1957). El escualeno también tiene uso terapéutico, principalmente como terapia adjunta para un tipo de cáncer (Kelly, 1999).

### **2.2.11. Factores limitantes del cultivo de amaranto en México**

Espitia (1990) y Trinidad y Gómez (1990) mencionan que, a finales de la década de 1980, los principales factores que limitaban el rendimiento y desarrollo del cultivo de amaranto en México eran:

- a) Uso de variedades de alta variabilidad, tardías y de bajo rendimiento.
- b) Altos costos de producción, debido a la elevada cantidad de mano de obra necesaria para realizar las labores que requiere el cultivo, principalmente siembra, deshije de plantas y cosecha.
- c) Falta de recomendaciones sobre dosis de fertilización y densidades de población.
- d) Desconocimiento de las plagas y enfermedades por parte de los productores.
- e) Uso del amaranto limitado a dulcería y difícil comercialización de la semilla.

Para dar solución a estas limitantes se requerían estudios amplios en: selección de genotipos, adaptación y desarrollo de variedades a nivel regional, incremento de rendimiento por unidad de superficie, control de plagas y enfermedades, manejo de poblaciones, diseño de maquinaria



adecuada para las diferentes labores agrícolas y de cosecha, manejo y conservación de grano, diversificación de usos y elaboración de nuevos productos (Trinidad y Gómez, 1990).

Con respecto a las necesidades señaladas por Trinidad y Gómez (1990), actualmente ya existen múltiples avances, principalmente en el mejoramiento genético, con la liberación y registro en Catálogo Nacional de Variedades Vegetales de siete variedades mejoradas (SNICS, 2010); y en la identificación de cualidades y diversificación de usos del amaranto.

En cuanto a la generación de recomendaciones de dosis de fertilización y densidad de población, diferentes investigadores han realizado múltiples estudios en varias partes del país, sin embargo, los resultados han sido controversiales (Espitia *et al.*, 2010; Vázquez *et al.*, 2011), motivo por el cual la definición de un paquete tecnológico para el amaranto sigue siendo una necesidad; al igual que la generación de maquinaria adecuada para la cosecha, trilla y limpia de la semilla (Muruaga *et al.*, 2004); la mejora de los canales de comercialización, y la agregación de valor para reducir las disparidades en el precio medio rural (PMR) entre estados (Sosa, 2013).

### **2.3. Literatura Citada**

- Aguilar, J. y Alatorre, F. 1978. Monografía de la planta de *Amaranthus*. Grupo de Estudios Ambientales A.C., 1(1): 157-203.
- Alejandre, I., y Gómez, F. 1999. Cultivo del amaranto en México. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 245 p.
- Arellano-Vázquez, J. L. 2001. El amaranto un cultivo alternativo de alta calidad. *In*: INIFAP (Ed.) Memoria día de campo CEVAMEX. 1° Expo Nacional de Maquinaria Agrícola. Texcoco. Estado de México, México. pp. 51-59.
- Becerra, R. 2000. El amaranto: nuevas tecnologías para un antiguo cultivo. CONABIO. Biodiversidad, 30: 1-6.
- Bernal-Muñoz, R. 1997. La mancha negra del tallo *Macrophoma* sp. sobre la calidad de semillas de amaranto. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 70 p.

- Bernal-Muñoz, R., Rodríguez-Vallejo, J., Estrada-Gómez, A., Hernández-Livera, A., Gatica-Vásquez, M. 2000. Micoflora asociada a la semilla de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 23(1): 109-118.
- Berger, A., G. Gremaud, M. Baumgartner, D. Rein, I. Monnard, E. Kratky, W. Geiger, J. Burri, F. Dionisi, M. Allan and P. Lambelet. 2003. Cholesterol-lowering properties of amaranth grain and oil in hamsters. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 73(1): 39-47.
- Bostid, F. R. 1984. *Amaranth: modern prospects for an ancient crop*, National Academy Press, Washington D.C. 74 p.
- Cai, Y., M. Sun and H. Corke. 1998. Colorant properties and stability of *Amaranthus* Betacyanin pigments. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 46(11): 4491-4496.
- Casarrubias, K, Estrada, M., Martínez, N., y Délano J. 2009. Bacteriosis resistance in genotypes of amaranth (*Amaranthus* spp.) of agronomic interest. *In: XIII National Congress of Biochemistry and Plant Molecular Biology & 6th Symposium México-USA*, Guanajuato, México.
- Castilla, C. F. 1980. *Amaranto*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (I.N.I.A) Laboratorio de Farinología, México. 25 p.
- CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres). 2016. Mapa de peligros. En línea: <http://www.cenapred.gob.mx/es/Instrumentacion/InstVolcanica/MVolcan/MapaPeligros/> (21/09/2016).
- Chasquibol-Silva, N., D. I. Delmás-Robles, D. Rivera-Castilla, R. L. Lengua-Calle, R. Aguirre-Medrano, D. Bazán-Gutiérrez, E. Becerra-Vásquez y M. Bautista-Castillo. 1999. Contribución a la normalización de productos tradicionales andinos: Maca, Kiwicha, Cañihua y Mashua. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 2(1): 9-21.
- Chen, W. and Swart, W.J. 2000. *Fusarium oxysporum* and *F. sambucinum* associated with root rot of *Amaranthus hybridus* in South Africa. *Plant Disease*, 84(1):101-101.
- CONAPO (Consejo Nacional de Población). 2010. Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2010. En línea: <http://www.conapo.gob.mx>. (18/12/2015).
- Conn, E. E. y P. K. Stump. 1972. *Bioquímica fundamental*, Limusa, México. 398 p.
- Costea, M., Sanders, G. y Waines, G. 2001. Preliminary results toward a revision of the *Amaranthus hybridus* species complex (Amaranthaceae). *SIDA*, 19: 931-934.

- Costea, M. and F. Tardif. 2003. The bracteoles in *Amaranthus* (Amaranthaceae): their morphology, structure, function and taxonomic significance. *SIDA*, 20(3): 68-985.
- Cotos, M. R. C. y Salas, I. A. 2004. Modificación enzimática del almidón nativo de *Amaranthus caudatus* Linneo. *Revista-Sociedad Química del Perú*, 70(1): 2-8.
- Early, D. K. 1977. Cultivation and uses of amaranth in contemporary Mexico. *In*: J. N. Cole (Ed.) *Amaranth from the past for the future*. Rodale Press. Emmaus, Pa. U.S.A. pp. 22-29.
- Early, D. y Early J. C. 1987. Transferencia de tecnología indígena para la preparación de la Kiwicha (*Amaranthus*). Parte I. Amaranto potencial, Guatemala. *Boletim*, 4(1): 8-12.
- Espitia, R. E. 1990. Situación actual y problemática del cultivo del amaranto en México, *In*: Trinidad-Santos, A., Gomes-Lorence, F., y Suárez-Ramos, G. (Comp.). *El amaranto (Amaranthus spp.): su cultivo y aprovechamiento*. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. pp. 101-109.
- Espitia, R. E. 1991. Variabilidad genética y e interrelaciones del rendimiento y sus componentes en alegría (*Amaranthus spp.*). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Centro de Genética. Montecillo, Estado de México, México. 104 p.
- Espitia, R. E. 1992. Amaranth germplasm development and agronomic studies in Mexico. *Food Reviews International*, 8(1): 71-86.
- Espitia, R. E. 1994. Breeding of grain Amaranth. *In*: Paredes-López, O. (Ed.) *Amaranth biology, chemistry and technology*. CRC Press, Boca Raton, Florida. pp. 23-38.
- Espitia, R. E., Mapes, S. C., Escobedo, L. D., De la O, O. M., Rivas, V.P, Martínez, T. G., Cortés, E. L. y Hernández, C. J. 2010. Conservación y uso de los recursos genéticos de Amaranto en México. SINERFI-INIFAP-UNAM, Centro de Investigación Regional Centro, Celaya, Guanajuato, México. 201 p.
- Feine, L. B., R. R. Harwood, C. S. Kauffman y J. P. Senft. 1979. Amaranth genet giant of the past and the future. *New Agricultural Crops*. AAAS Selected Symposium 38. Westview Press, Boulder, Colorado. pp. 41-63.
- Fomsgaard, I. S., Añon, M. C, Barba de la Rosa, A. P., Christophersen, C., Duselk, K., Délanofrier, J., Espinoza, P. J., Fonseca, A., Janovská, D., Kudsk, P., Labouriau, R. S., Lacayo-Romero, M. L., Martínez, N., Matus, F., Matusová, K., Mathiassen, S. K., Noellemeyer, E. J, Pederson, H. A., Stavelikova, H., Steffensen, S. K., de Troiani, R. M. y Taberner, A. 2010. Adding value to holy grain: providing the key tools for the exploration of amaranth-

- the protein-rich grain of the Aztecs. Results from a Joint European – Latin America Research Project Department of Integrated Pest Management, Aarhus University, Faculty of Agricultural Sciences, Denmark, 76 p.
- Gambus H, Gambus F, Pastuszka D, Wrona P, Ziobro R, Sabat R, Mickowska B, Nowotna A, Sikora M. 2009. Quality of gluten free supplemented cakes and biscuits. *International Journal Food Science Nutrition*, 60(54): 31-50.
- García, J. A. y Ramírez, R. 2015. ¿Han estimulado el TLCAN y PROCAMPO la reconversión de la superficie agrícola en México? *Fitotecnia Mexicana*, 38(3): 257-264.
- Gómez, L. F. 1990. Cultivo del amaranto en México. *In*: Trinidad-Santos, A., Gomes-Lorence, F., y Suárez-Ramos, G. (Comp.). *El amaranto (Amaranthus spp.): su cultivo y aprovechamiento*. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. pp. 110-119.
- Grubben, G. J. H. and Van Sloten. 1981. Genetic resources of amaranths. International Board for Plant Genetic Resources. Rome, Italy. 57 p.
- Hauptli, H. 1977. Agronomic potential and breeding strategy for grain amaranth. *Proceeding of the First Amaranth Conference*, Rodale Press, Pennsylvania. pp. 71-78.
- Heller, J. H., M. S. Heller, J. Spanfer and E. Clark. 1957. Squalene content of various shark livers. *Nature*, 179: 919-920.
- Henderson, T.L. 1993. Agronomic evaluation of grain amaranth in North Dakota. Thesis Ph. D. North Dakota State, North Dakota, USA. 221 p.
- Hernández, F. 1959. *Historia General de la Nueva España*. Tomo II. UNAM. México D.F. 476 p.
- IAASTD (International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development). 2009. Agriculture at a crossroads, international assessment of agricultural knowledge, science and technology for development, global report. *In*: McIntyre, B., Herren, H., Wakhungu, J., and Watson, R. (Ed.). Washington, D.C. Island Press. 590 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Geografía y Estadística). 2009. *Prontuario de Información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*, Tochimilco, Puebla. En línea: <http://www.inegi.org.mx/>. (01/03/2016).
- Jain, S. K., H. Hauptli and K. R. Vaidya. 1982. Out crossing rate in grain amaranths. *Journal of Heredity*, 73: 71-72.

- Jensen, W. A., and Salisbury F. B. 1972. Descriptive ecology. Botany: An Ecological Approach. Wadsworth Publishing Company, Inc. Belmont, California. 748 p.
- Joshi, B. D., and Rana, R. S. 1991. Grain Amaranths: the Future Food Crop. National Bureau of Plant Genetic Resources, Shimla Science Monography. New Delhi. 152 p.
- Kauffman, C. S. 1981. Grain amaranth varietal improvement: breeding program. Rodale Press, Inc. Emmaus, Pennsylvania. 24 p.
- Kauffman, C. S. y Reider, C. 1983. Rodale amaranth germplasm collection. Rodale Press, Inc. Emmaus, Pennsylvania. 81 p.
- Kauffman, C. S., Bailey N. N., Volak B. T., Weber L. E., and Volk, N. R. 1984. Amaranth grain production Guide. Rodale Research report NC-83-6. Rodale press, Inc. Emmaus, Pennsylvania. 36 p.
- Kelly, G. S. 1999. Squalene and Its Potential Clinical Uses. *Alternative Medicine Review: a journal of clinical therapeutic*, 4(1): 29-36.
- Khosshoo, P. A. y Pal, M. 1972. Cytogenetic patterns in *Amaranthus*. *Chromosomes Today*, 3: 259-267.
- Kigel, J. 1994. Development and ecophysiology of *Amaranthus*. *In: Paredes-López O. (Ed.) Amaranth Biology, Chemistry and Technology*. CRC, Press Boca Raton, Florida. pp. 40-73.
- Köppen, W. 1936. Das geographische system der klimate. *In: Köppen W, Geiger R (Eds.) Handbuch der Klimato - logie*. Gebrüder Borntraeger, Berlin. 126 p.
- Lehman, J. W. 1989. Proteins of grain amaranth, American Amaranth Institute. *Legacy*, 2: 3-6.
- Lehman, J. W. 1996. Case history of grain amaranth as an alternative crop. *Cereal Food World*, 41: 399-411.
- Manrique, L. 2011. Explotación estratégica del recurso amaranto en México, una propuesta para el combate de la desnutrición y la pobreza. En línea; [http://www.sanmiguel.com.mx/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=7&tmpl=component&format=raw&Itemid=49](http://www.sanmiguel.com.mx/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=7&tmpl=component&format=raw&Itemid=49) (09/10/2014).
- Mapes, C. 1984. Una revisión sobre la utilización del género *Amaranthus* en México. *In: Trinidad-Santos, A., Gomes-Lorence, F., y Suárez-Ramos, G. (Comp.). El amaranto (Amaranthus*

- spp.): su cultivo y aprovechamiento. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. pp. 388-403.
- Mapes, C., Basurto, F., and Bye, R. Ethnobotany of “Quintonil”. 1997. Knowledge, use and management of edible greens *Amaranthus* spp. in the sierra norte de Puebla, México. *Economy Botany*, 51(3): 293-306.
- Martirosyan, D. M., L. A. Miroshnichenko, S. N. Kulakova, A. V. Pogojeva, and V. I. Zoloedov. 2007. Amaranth oil application for coronary heart disease and hypertension. *Lipids in health a disease*, 6(1): 1.
- Mokrejs, P., Langmaier, F., Janacova, D., Mladek, M., Kolomaznik and Vasek, V. 2009. Thermal study and solubility tests of films based on amaranth flour starch-protein hydrolysate. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 98: 299-307.
- Mugerwa, J. S and R. Bwabye. 1974. Yield composition and in vitro digestibility of *Amaranthus hybridus* subspecies *incurvatus*. *Tropical Grasslands*, 8(1): 49-53.
- Mujica, S. A. y A. Quillahuaman. 1989. Fenología del cultivo de la kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). En: Curso taller fenología de cultivos andinos y uso de la información agrometeorológica. Puno, 7-10 agosto. INIA, PICA. Perú. pp. 29-31.
- Muruaga M. J. S., Hernández C. J. M., y De la Rosa C. M. A. 2004. Tecnología de producción del Amaranto para el Distrito Federal. INIFAP. Campo Experimental Valle de México. Chapingo, Edo. De México. México. 15 p.
- National Research Council. 1984. Amaranth Modern Prospects for an Ancient Crop. National Academy Press, Washington, D. C. 77 p.
- Odhav, B., S. Beekrum, U. S. Akula and H. Baijnath. 2007. Preliminary assessment of nutritional value of traditional leafy vegetables in KwaZulu-Natal. *South Africa Journal of Food Composition and Analysis*, 20(5): 430-435.
- Oke, O. L. 1983. Amaranth. Faculty of Science, University of live, *In*: Chan, H.T. 1983. Handbook of Tropical Foods, Maxcel Dekker Inc. N.Y. and Basel. pp. 1-28.
- Olivares, E. y Peña, E. 2009. Bioconcentración de elementos minerales en *Amaranthus dubius* (bledo, pira), creciendo silvestre en cultivos del estado Miranda, Venezuela, y utilizado en alimentación. *Interciencia*, 34(9): 604-611.

- Pal, M. 1972. Evolution and improvement of cultivated amaranths: 1. Breeding system and inflorescence structure. *In: Proc. Indian National Science Academy*, 38: 28-37.
- Paredes, L. O. 1994. *Amaranth biology, chemistry and technology*. CRC, Press Inc, New York, U.S.A. 223 p.
- Pennington, C. W. 1963. *The Tarahumara of Mexico: Their environment and material culture*. University of Utah Press, Salt Lake City. 267 p.
- Rodas, B. y Bressani, R. 2009. Contenido de aceite, ácidos grasos y escualeno en variedades crudas y procesadas de grano de amaranto. *Archivo Latinoamericano de Nutrición*, 59(1): 82-87.
- Rojas-Martínez R. I, Zavaleta-Mejía E. Lee I. M y A. Aragón-García. 2009. Identificación de un aislamiento del grupo 16SRIII, Candidatus *Phytoplasma pruni* en plantas y semillas de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) en México. *Agrociencia*, 43: 851-860.
- Sahagún, B. 1969. *Historia general de las cosas de Nueva España. Notas y apéndices de Ángel Ma. Garibay*. Editorial Porrúa. 387 p.
- Sánchez, E. M. C., Osada, K. S., Teliz, O. D., Espitia, R. E. y Rendón, S. G. 1990. Etiología e incidencia de la mancha negra del tallo en *Amaranthus* sp. y otras enfermedades. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 8: 102-106.
- Sánchez-Enciso, M. C., E. Espitia-Rangel y S. Osada-Kawasoe. 1991. Etiología de la mancha negra del tallo (*Macrophoma* sp) en amaranto (*Amaranthus* spp.) *In: Primer Congreso Internacional del Amaranto*. 22-27 de septiembre. Oaxtepec, Morelos, México. 67 p.
- Sánchez-Marroquín, A. 1980. Potencialidad agroindustrial del amaranto, México. Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo. 238 p.
- Sánchez-Marroquín, A. 1984. Perspectivas Biotecnológicas del Sistema Amaranto. *In: Primer Seminario Nacional del Amaranto*. Chapingo, México. pp. 336-353.
- Santa Cruz, U. H. y M. N. Marban. 1986. Respuesta del cultivo de alegría *Amaranthus hypochondriacus* a niveles iniciales de infestación del nematodo *Nacobbus aberrans*. *In: Primer Seminario Nacional del Amaranto*. Chapingo, México. pp. 193-203.
- Sauer, J. D. 1950a. Amaranth as dye plants among the pueblo peoples. *Southwest. Journal of Anthropology*, 6: 412-415.

- Sauer, J. D. 1950. The grain *Amaranthus*: A survey of their history and classification. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 37: 561-632.
- Sauer, J. D. 1979. Grain Amaranths: *Amaranthus* spp. (Amaranthaceae). *In: Evolution of Crop Plants*. Simmonds, N.W (Ed.). Longman Inc. New York. pp. 4-7.
- Saura-Calixto, F. 2006. Evolución del concepto de fibra. En *carbohidratos en alimentos regionales iberoamericanos*. Editora de la Universidad de Sao Pablo. 237 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2015. Cierre de la producción agrícola por estado. En línea: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> (19/10/2016).
- Sifuentes, I. E., Macías, C. J., Apodaca, S. M. y Cortez, M. E. 2009. Predicción de la fenología de la papa Principios y aplicaciones prácticas. Fundación produce Sinaloa. Los Mochis, Sinaloa, México. 47 p.
- Singh, H. 1961. Grain amaranth, buckwheat and chenopods. *Indian Council of Agricultural Research, Cereal Crops Series No. 1*, New Delhi. 104 p.
- Sleugh, B. B., Moore, K. J., Brummer, E. C., Knapp, A. D., Russell, J. and Gibson, L. 2001. Forage nutritive value of various amaranth species at different harvest dates. *Crops Science*, 41: 466-472.
- SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). 2010. *Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV)*. SNICS. Tlalnepantla, Edo, de México. 34 p.
- Sosa, G. J. 2013. El capital social grupal en la agregación de valor: caso productores de amaranto de los municipios de Cohuecan, Puebla y Temoac, Morelos. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados, Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Puebla, Puebla, México. 205 p.
- Stallknecht, G. and Schulz-Schaeffer, R. 1993. Amaranth rediscovered. *In: J. Janick and J. E. Simon (Eds.) New crops*. Wiley, New York. pp. 211-218.
- Trinidad, S. A. y Gómez, L. F. 1990. El amaranto *Amaranthus* spp. su cultivo y aprovechamiento. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 577 p.
- Triomphe, B., Sabourin, E., Hocde, H., Scopel, E., Nascimento de Oliveira, M., Valadares, J. H, Macena, F. A., and Ramos de Almida, S. C. 2008. Participatory cropping and farming system design among multiple stakeholders to contribute to sustainable agricultural



- production. Experiences and lessons with the agrarian reform sector in the Brazilian Cerrados. 8<sup>th</sup> European IFSA Symposium. Clermont-Fernand (France). On line: [http://ifsa.boku.ac.at/cms/fileadmin/Proceeding2008/2008\\_WS1\\_02\\_Triomphe.pdf](http://ifsa.boku.ac.at/cms/fileadmin/Proceeding2008/2008_WS1_02_Triomphe.pdf) (28/06/2017).
- Van Soest, P. J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant metabolism. Nutritional strategies, the cellulolytic fermentation and the chemistry of forage and plant fibers. Books Inc. Corvallis, Oregon. 24 p.
- Vázquez, D. L., Rangel, E., Carballo, A., Bautista, R., Vaquera-Huerta, H., y Córdova-Téllez, L. 2011. Fertilización y densidad de plantas en variedades de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 2(6): 855-866.
- Velasco, L. A. M. 2001. Los cuerpos divinos: la utilización del amaranto en el ritual mexica. En: González, T. Y. (Comp.) 2001. Animales y plantas en la cosmovisión mesoamericana. CONACULTA-INHA. Plaza y Valdés. México, D.F. pp. 39-64.
- Venskutonis, P. R., and Kraujalis, P. 2013. Nutritional components of amaranth seeds and vegetables: a review on composition, properties, and uses. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 12(4): 381-412.
- Vietmeyer, N. D. 1978. "Las plantas de los pobres", un reto y una posibilidad. Comercio Exterior 28(11): 1363-1366.

# CAPÍTULO III. CONFIGURACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ECONÓMICO FAMILIAR DE LOS PRODUCTORES DE AMARANTO DE TOCHIMILCO, PUEBLA

## 3.1. Resumen

En Tochimilco, la producción de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) es muy importante debido a la superficie sembrada, la generación de ingresos y de autoempleo para llevar a cabo el itinerario técnico de este cultivo. Dada esta importancia y aunado a la escasa información existente sobre como los sistemas económico familiares (SEF) de los productores de amaranto están configurados y las lógicas que rigen su funcionamiento. El objetivo de esta investigación fue explicar la forma en que los SEF de los productores de amaranto se configuran y funcionan; con el interés de proponer alternativas para mejorar su gestión sustentable. Un muestreo aleatorio estratificado permitió seleccionar a 90 productores para la aplicación de cuestionarios. Los resultados indican que los SEF son sistemas campesinos de carácter pluriactivo, basados en el conocimiento tradicional con énfasis en la producción agrícola y pecuaria; con escasa asesoría y capacitación técnica para la producción y comercialización agrícola, alto promedio de edad de sus integrantes, alta presencia de intermediarios y la casi nula organización formal entre productores. Se identificaron dos grupos de SEF diferenciados por el número de sus integrantes, la superficie total, la superficie sembrada, el número de especies pecuarias y de cabezas que poseen, las especies agrícolas producidas y sus respectivos rendimientos.

**Palabras Clave:** *Amaranthus hypochondriacus* L., campesinos, gestión sustentable, itinerario técnico, pluriactividad.

## 3.2. Abstract

In Tochimilco, production of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) is very important because of the planted area, income generation and self-employment to carry out the technical itinerary of this crop. Given this importance and coupled with the limited information that exists about how the family economic systems (SEF) of amaranth producers are configured and logic

governing its operation. The objective of this research was to explain how the SEF of amaranth producers are configured and operated; with the interest to propose alternatives to improve its sustainable management. A stratified random sample allowed selecting 90 amaranth producers to implement questionnaires. Results indicate that the SEF are farming systems with diversification of productivities activities based on traditional knowledge, with emphasis on agricultural and livestock production; scarce technical advice and training provided for the agricultural production and marketing, high average age of the members of the SEF, high presence of brokers and almost no formal organization among producers. Two groups of SEF were identified, these are differentiated by the number of its members, the total surface area planted, the area planted to each crop and their respective yields.

**World key:** *Amaranthus hypochondriacus* L., peasants, sustainable management, technical itinerary, diversification of productive activities.

### 3.3. Introducción

En México, la diversidad de climas, su accidentada topografía y su particular ubicación geográfica permiten la existencia de una gran biodiversidad de ecosistemas, especies y genes (Groomgridge, 1992); lo cual aunado al proceso de “coevolución” de pequeños grupos sociales con los ecosistemas locales a partir de sus diferentes cosmovisiones, tradiciones y valores culturales, han generado complejas y heterogéneas formas de relacionarse al territorio, a los diferentes ecosistemas y al entorno socioeconómico (Toledo, 2005) y político; así como también, diferentes maneras de cultivar la tierra y gestionar sus recursos productivos (Deruyttere, 2001; Maffi, 2001), lo que se manifiesta en: diferente cantidad y calidad de los recursos que poseen (suelo, agua, especies vegetales y animales, etc.); diferentes patrones de uso de suelo; distintos niveles de desarrollo tecnológico, de productividad y de rentabilidad (IAASTD, 2009); y diferentes lógicas productivas.

Por lo tanto, cuando se quiere analizar la producción agrícola e incidir en ella, hay que tener en cuenta la gran variedad de factores que inciden en ella y la forma en que estos funcionan y se configuran. No obstante, esta información puede no existir o ser escasa, por lo que habría que

generarla. Para ello, se puede hacer uso del enfoque sistémico, abordando la producción agrícola en tres diferentes escalas: 1) sistema de cultivo a nivel parcela; 2) sistema de producción a nivel de explotación; y 3) sistema agrario a nivel del territorio (Villaret, 1994; Navarro, 2003).

Para el caso de esta investigación, la unidad de estudio fue el sistema de producción de las familias productoras de amaranto del municipio de Tochimilco, Puebla; abordado conceptualmente como Sistema Económico Familiar (SEF); el cual se define como un sistema multipropósito de configuración compleja para el manejo de los recursos naturales, productivos y culturales presentes en la explotación; la pluriactividad de la mano de obra familiar y el destino de la producción. De acuerdo a Navarro y Muench (1991) los SEF están conformado por varios subsistemas que hacen uso de los diferentes recursos que ingresan al sistema, los subsistemas más comunes son el agrícola y pecuario, aunque pueden existir otros como el de elaboración de artesanías o recolección.

El cultivo de amaranto es de suma importancia en el municipio debido a la superficie sembrada (1,097 ha), su producción (1,095 t) equivalente al 16.73 % de la producción nacional (SIAP, 2014), y la generación de ingresos, tanto por la venta de la producción como por el empleo de mano de obra familiar local, para llevar a cabo el itinerario técnico del cultivo. No obstante, a pesar de la importancia que el cultivo de amaranto tiene en las familias campesinas del municipio, es escasa la información sobre cómo funcionan y se configuran para la producción de este cultivo, además de saber cuáles son los factores a tomar en cuenta, para que las familias puedan mantener la producción de amaranto en el futuro. Por tal motivo, el objetivo de esta investigación fue explicar la forma en que los SEF de los productores de amaranto funcionan y se configuran, con el interés de proponer alternativas para mejorar su gestión sustentable.

### **3.4. Metodología**

#### **Localización**

La investigación se realizó en el municipio de Tochimilco, localizado en la parte centro oeste del estado de Puebla, en la parte central de México (Figura 3.1). Las coordenadas municipales están

entre los paralelos 18° 50' y 19° 02' latitud norte y los meridianos 97° 18' y 97° 27' de longitud oeste. Las principales comunidades del municipio son: San Francisco Huilango ubicada en la parte baja del municipio (1,860 msnm) y con clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano (A)C(w1) (Köppen, 1936); y, San Lucas Tulcingo (1,950 msnm), Santiago Tochimizolco (2,150 msnm), Tochimilco (2,081 msnm), La Magdalena Yancuitalpan (2,210 msnm), San Martín Zacatempan (2,240 msnm), Santa Catarina Tepanapa (2,280 msnm), San Miguel Tecuanipa (2,300 msnm), Santa Catalina Cuilotepec (2,403 msnm) y Santa Cruz Cuahutomatitla (2,500 msnm) localizadas en laderas inferiores de la Sierra Nevada y con clima templado subhúmedo con lluvias en verano C(w1). La precipitación media anual del municipio fluctúa de 800 a 1,300 mm y la precipitación media mensual es de 60 mm. Los tipos de suelo predominantes son: cambisol, feozem y regosol (INEGI, 2009). El grado de marginación del municipio es alto (CONAPO, 2010).



Figura 3.1. Localización del municipio de Tochimilco, Puebla.

Fuente: Elaboración propia.

### **Diseño de muestra**

Se utilizó como universo de estudio, a los productores de amaranto registrados en el padrón del Programa de Apoyos Directos al Campo del año 2014 (417 productores). El tamaño de la muestra se obtuvo mediante la fórmula de varianza máxima (Cochran, 1980):

$$\eta = N (Z_{\alpha/2})^2 pq / Nd^2 + (Z_{\alpha/2})^2 pq.$$

Dónde:  $\eta$  = Tamaño de la muestra,  $N$  = Tamaño de la población a muestrear,  $(Z_{\alpha/2})^2$  = Confiabilidad  $\alpha/2$  al cuadrado = 0.05,  $pq$ = Binomial  $p$ =éxito  $q$ =fracaso ambas al  $0.5 * 0.5 = 0.25$ ,  $d^2$ = Error estándar al cuadrado = 10

La muestra se conformó por 90 productores. Para determinar el tamaño de muestra proporcional para cada comunidad (Cuadro 3.1), se utilizó la fórmula:  $n_i = (N_i/N)*n$ . En la que  $N_i$ = población total del estrato  $i$ ,  $N$ = población total= 417, y  $n$ = tamaño de muestra poblacional= 90

Cuadro 3.1. Muestreo proporcional de los productores de amaranto de Tochimilco.

| Estrato | Comunidad                  | Número de productores | Afijación proporcional | Encuestas aplicadas |
|---------|----------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|
| E1      | La Magdalena Yancuitlalpan | 33                    | 7.122                  | 7                   |
| E2      | San Francisco Huilango     | 4                     | 0.863                  | 1                   |
| E3      | San Lucas Tulcingo         | 103                   | 22.230                 | 22                  |
| E4      | San Martín Zacatempa       | 57                    | 12.302                 | 12                  |
| E5      | San Miguel Tecuanipa       | 61                    | 13.165                 | 13                  |
| E6      | Santa Catalina Cuilotepec  | 3                     | 0.647                  | 1                   |
| E7      | Santa Catarina Tepanapa    | 9                     | 1.942                  | 2                   |
| E8      | Santa Cruz Cuahutomatitla  | 19                    | 4.101                  | 4                   |
| E9      | Santiago Tochimizolco      | 60                    | 12.950                 | 13                  |
| E10     | Tochimilco                 | 68                    | 14.676                 | 15                  |
|         | Total                      | 417                   |                        | 90                  |

Fuente: Elaboración propia.

### Trabajo de campo

El trabajo de campo se realizó en abril y mayo de 2015. El instrumento de la entrevista consistió de siete apartados: datos demográficos del entrevistado, información demográfica de los integrantes del SEF, actividades socioeconómicas de los integrantes del SEF, tenencia de la tierra

y recursos disponibles, tecnificación y asesoría técnica, producción agrícola y producción pecuaria.

### **Análisis de datos**

Se utilizó estadística descriptiva; los datos obtenidos se capturaron en una base Excel, a partir de la cual, por medio del software estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), versión 16.0, se calcularon frecuencias y porcentajes, además, de realizar un análisis de conglomerados con el método de Ward para conocer el grado de agrupamiento entre los SEF de los productores de amaranto del municipio de Tochimilco.

## **3.5. Resultados y discusión**

### **Aspectos demográficos**

De los 90 entrevistados, 74.4 % hombres y 25.6 % mujeres, tuvieron edades entre 29 y 87 años, el promedio fue 54 años de edad; y cuatro años de escolaridad, que es similar al promedio nacional de 4.3 años de escolaridad para zonas rurales (SAGARPA-FAO, 2014).

Los SEF de los productores de amaranto presentan una mediana de cuatro integrantes: dos hombres y dos mujeres. La edad de los integrantes de los SEF muestra rangos de edad diferentes (Cuadro 3.2), en los que se puede observar que predominan las personas mayores de 60 años, lo que refleja la tendencia de envejecimiento de la población rural en México (SAGARPA-FAO, 2014); la cual se agudiza con la migración nacional e internacional de la población en edad productiva al no existir un relevo generacional. Por lo que, en los próximos años, se tendrá el gran reto de mantener el nivel de la producción agropecuaria en los SEF del municipio.

Cuadro 3.2. Rangos de edad de los integrantes del SEF de los productores de amaranto de Tochimilco.

| Rango (años) | < 5  | 5-10 | 11-20 | 21-30 | 31-40 | 41-50 | 51-60 | > 60  |
|--------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Frecuencia   | 9    | 20   | 35    | 46    | 32    | 34    | 34    | 56    |
| Porcentaje   | 3.38 | 7.52 | 13.16 | 17.29 | 12.04 | 12.78 | 12.78 | 21.05 |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo. SEF= Sistema Económico Familiar. n=266

### Tenencia de la tierra y recursos disponibles

En cuanto a la tenencia de la tierra al interior de los SEF, el 61.1 % tiene superficie ejidal y propiedad privada, 27.8 % solamente terrenos ejidales y 11.1 % solo propiedad privada. Para la superficie ejidal se reporta un rango de 0.5 a 3.0 ha, mientras que para la propiedad privada de 0.5 a 4.0 ha (Cuadro 3.3).

Cuadro 3.3. Rangos de superficies de propiedad ejidal y privada de los SEF de los productores de amaranto de Tochimilco.

| Ejidal (ha)  | 0    | 0.5  | 1    | 1.25 | 1.5  | 2    | 2.25 | 2.5  | 2.75 | 3    | -   |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| Frecuencia   | 10   | 6    | 23   | 5    | 10   | 19   | 2    | 3    | 1    | 11   | -   |
| Porcentaje   | 11.1 | 6.7  | 25.6 | 5.6  | 11.1 | 21.2 | 2.2  | 3.3  | 1.1  | 12.2 | -   |
| Privada (ha) | 0    | 0.5  | 0.75 | 1    | 1.25 | 1.5  | 1.75 | 2    | 3    | 3.5  | 4   |
| Frecuencia   | 25   | 11   | 6    | 22   | 3    | 6    | 1    | 11   | 3    | 1    | 1   |
| Porcentaje   | 27.8 | 12.2 | 6.7  | 24.4 | 3.3  | 6.7  | 1.1  | 12.2 | 3.3  | 1.1  | 1.1 |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo. SEF= Sistema Económico Familiar. n=90.

La superficie total de cada SEF se encuentra en el rango de 1.0 a 6.0 ha; registra una moda de dos hectáreas (Figura 3.2), y se divide por lo general en dos parcelas. Con base en la superficie total, el 98.9 % de los SEF forman parte del 72.6 % de las unidades de producción agrícola del país con superficies menores a cinco hectáreas (INEGI, 2007) en las que se produce gran variedad de especies animales y vegetales; y suelen ser la base para la generación de ingresos de las familias rurales (Jiménez, 2007; IAASTD, 2009; Robles, 2012).



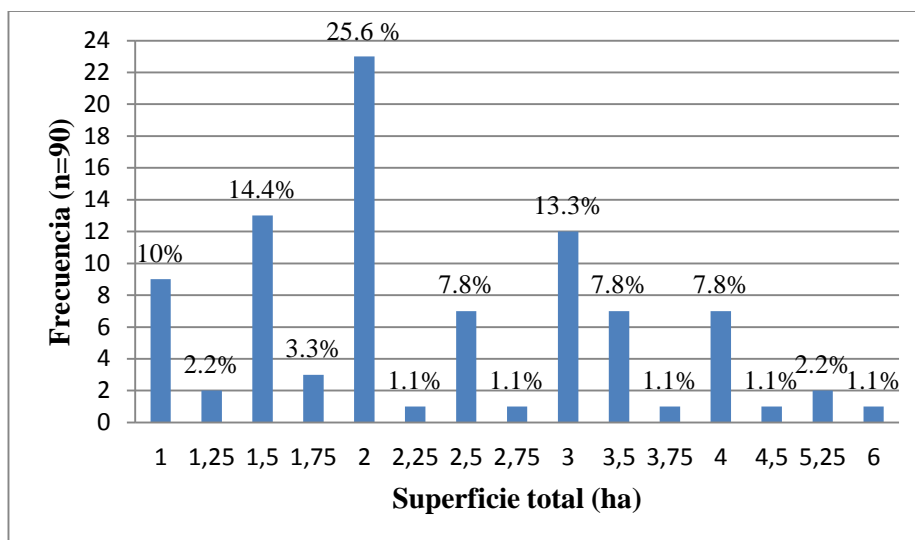


Figura 3.2. Superficie total de los SEF de los productores de amaranto de Tochimilco.

Fuente: Elaboración propia con datos de campo. SEF=Sistema Económico Familiar

De la superficie total de los SEF, en promedio 2.6 ha son destinadas para la producción agrícola; y en algunas ocasiones la superficie sembrada puede ser superior a la superficie total de los SEF debido a que se renta tierra (Figura 3.3). Además de la renta de la tierra, otra forma de administrar la superficie del SEF es la aparcería o “siembra a medias” que consiste en que los dueños de las parcelas ceden la responsabilidad del cultivo a una persona ajena al SEF la cual es la encargada de llevar a cabo todo el itinerario técnico y comprar los insumos requeridos para la producción. Una vez cosechado, la mitad de la producción es para el dueño del terreno y la otra mitad para quien fue el responsable del cultivo. De los SEF analizados, en el 17.8 % se da a renta una porción de la superficie total, en el 30 % se da a sembrar a medias parte de la superficie total, y en el 6.7 % se da a renta y se da a sembrar a medias la superficie total del SEF debido a que sus integrantes ya no están en condición de laborar en el campo. En el 45.5 % restante no se presenta ninguna de estas modalidades.

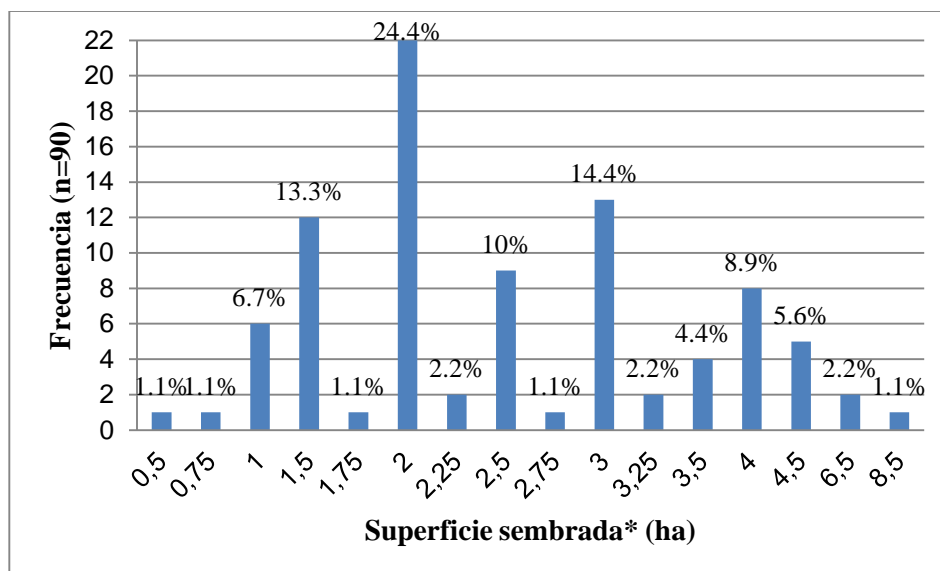


Figura 3.3. Superficie sembrada por los integrantes de los SEF de los productores de amaranto de Tochimilco.

Fuente: Elaboración propia con datos de campo. \*Superficie sembrada incluyendo parcelas rentadas y la aparcería. SEF= Sistema Económico Familiar.

### Actividades Socioeconómicas

Se encontró que los SEF son sistemas campesinos basados en la pluriactividad de la mano de obra familiar; es decir, tienen como eje central la producción agrícola, pero a su vez han diversificado sus actividades como una estrategia para hacer frente a factores como la estacionalidad del trabajo agrícola, la insuficiencia de la tierra para un tamaño familiar y unas necesidades de consumo determinadas, y el volumen de ingresos obtenidos en comparación a la actividad agrícola (Chayanov, 1985). De acuerdo a los entrevistados, las actividades que realizan los integrantes de cada uno de los SEF son: agricultura, ganadería, comercio, trabajo asalariado y servicios. Siendo la combinación de agricultura y ganadería la más frecuente (Cuadro 3.4). Estos resultados concuerdan con las estadísticas municipales en las que se indica que las actividades agropecuarias son donde se ocupa la mayor parte de la población económicamente activa (SEDESOL, 2011). De acuerdo a los entrevistados la actividad que practican y que consideran más importante es la agricultura, ya que de ella obtienen los mayores ingresos; no obstante, la diversificación productiva se considera un elemento que permite la persistencia de los SEF.

Cuadro 3.4. Actividades realizadas por los integrantes de los SEF de los productores de amaranto de Tochimilco, Puebla.

| Actividad                                    | Frecuencia | Porcentaje |
|--|------------|------------|
| Agricultura y ganadería                      | 43         | 47.8       |
| Agricultura                                  | 27         | 30.0       |
| Agricultura y comercio                       | 11         | 12.2       |
| Agricultura, ganadería y comercio            | 7          | 7.8        |
| Agricultura y trabajo asalariado no agrícola | 1          | 1.1        |
| Agricultura y Servicios                      | 1          | 1.1        |
| Total  | 90         | 100        |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo. SEF= Sistema Económico Familiar.

### **Tecnificación y asesoría técnica**

El 80 % de los entrevistados pose yunta, los animales de trabajo que poseen oscila entre uno y cuatro animales de trabajo, siendo los más comunes los caballos (94.4 %) seguido por las mulas (5.6 %). Solo el 4.4 % tiene tractor.

Solo el 18.9 % de los entrevistados ha recibido asesoría o capacitación técnica; de esta, el 41.2 % proviene del Proyecto Estratégico para la Seguridad Alimentaria (PESA), el cual fue creado por la FAO con el fin de incrementar la producción de alimentos para reducir las tasas de hambre y desnutrición, por medio de la promoción y divulgación de tecnologías sencillas y económicas para mejorar la producción y los ingresos de las familias rurales (SAGARPA, 2015). En México, este programa es operado por la Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (SAGARPA) y está enfocado a las unidades de producción menores a cinco hectáreas del país (SAGARPA, 2015).

En los SEF analizados, la capacitación que recibieron los beneficiarios de este proyecto fue enfocada hacia la producción y manejo pos cosecha del maíz. El 23.5 % de la asesoría y capacitación técnica provino de los Prestadores de Servicios Profesionales de la SAGARPA

quienes capacitaron sobre el control de plagas y enfermedades en frutales y en la fertilización del maíz.

Otras fuentes de capacitación son el Colegio de Postgraduados Campus Puebla con 17.6 %, la Universidad de Tepeaca con 11.8 % y la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla con 5.9 % de participación. Estas tres instituciones públicas de enseñanza-investigación asesoraron sobre la producción, transformación y agregación de valor del amaranto. Es importante mencionar que la incidencia de estas instituciones en el municipio de Tochimilco es resiente, al igual que su interés en la cadena productiva del amaranto. El cual es uno de los múltiples cultivos que a pesar de sus cualidades nutrimentales y la importancia histórica y cultural que tiene en México no es considerado como producto básico ni estratégico para el país (Ley de Desarrollo Rural Sustentable, 2001). Situación que puede influir en la falta de programas de capacitación y proyectos que fortalezcan su producción y comercialización en los SEF del municipio.

En la figura 3.4 se representa de manera general las características del funcionamiento de los SEF y las estrategias que desarrollan los campesinos para su reproducción familiar. Los subsistemas presentes en el 47.8 % de los SEF son el agrícola y el pecuario, en ellos existen diferentes configuraciones de los sistemas de cultivo y crianza (Figura 3.5 y 3.7). Estos subsistemas están interrelacionados ya que del pecuario se obtiene abono (estiércol) que es utilizado para la producción de cultivos y del agrícola los rastrojos de los cultivos se usan para alimentar a las especies pecuarias.

La generación de autoempleo es de suma importancia en los SEF, tanto para su funcionamiento como para la obtención de ingresos. De los actores ajenos al sistema los que más injerencia tienen en los SEF son los intermediarios comerciales; ya que, básicamente, son ellos quienes compran el total de los productos agrícolas producidos destinados a la venta.

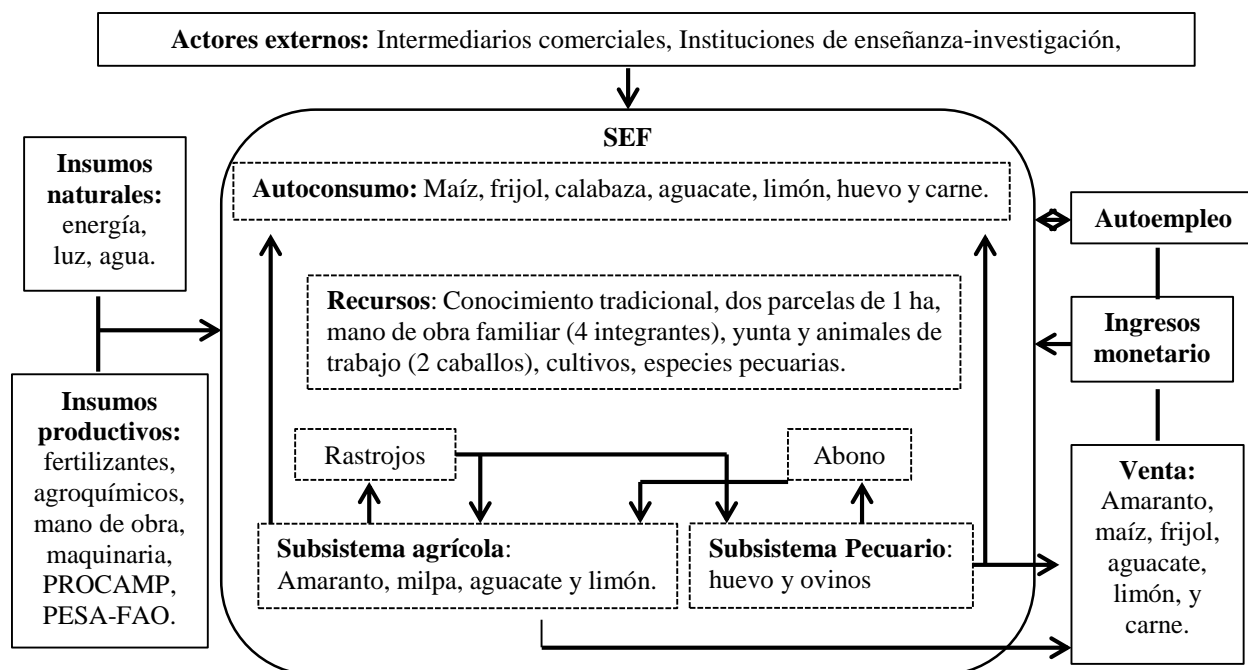


Figura 3.4. Esquema generalizado del Sistema Económico Familiar de los productores de amaranto de Tochimilco, Puebla.

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

### Subsistemas agrícolas

Se identificó la producción de seis cultivos perenes: aguacate (*Persea americana* Mill.), café (*Coffea arábica* L.), durazno (*Prunus pérsica* L.), limón persa (*Citrus latifolia* Tan.), pera (*Pyrus communis* L.), tejocote (*Crataegus mexicana* DC.); y seis anuales: Maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) producidos tanto en sistema milpa (agroecosistema mesoamericano integrado principalmente por maíz, frijol y calabaza, y del cual se aprovechan otras especies que crecen de forma natural, principalmente arvenses), como en cultivo simple, amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.), chía (*Salvia hispanica* L.), alhelí (*Mathiola incana*), chiles (*Capsicum* spp.).

De todas estas especies se reportaron 39 diferentes combinaciones de sistema de cultivos, siendo la más común la combinación milpa-amaranto-aguacate-limón. En la figura 3.5 se muestran las combinaciones de cultivos reportadas en dos o más SEF; además, de que se observa que predominan especies de origen mesoamericano, lo cual es típico de lógicas y estrategias de agricultura campesina (Carrera *et al.*, 2012). La producción de estos cultivos puede ser destinada

en su totalidad para el autoconsumo o venta, o destinar un porcentaje para ser comercializado y otro para ser consumido (Cuadro 3.5).

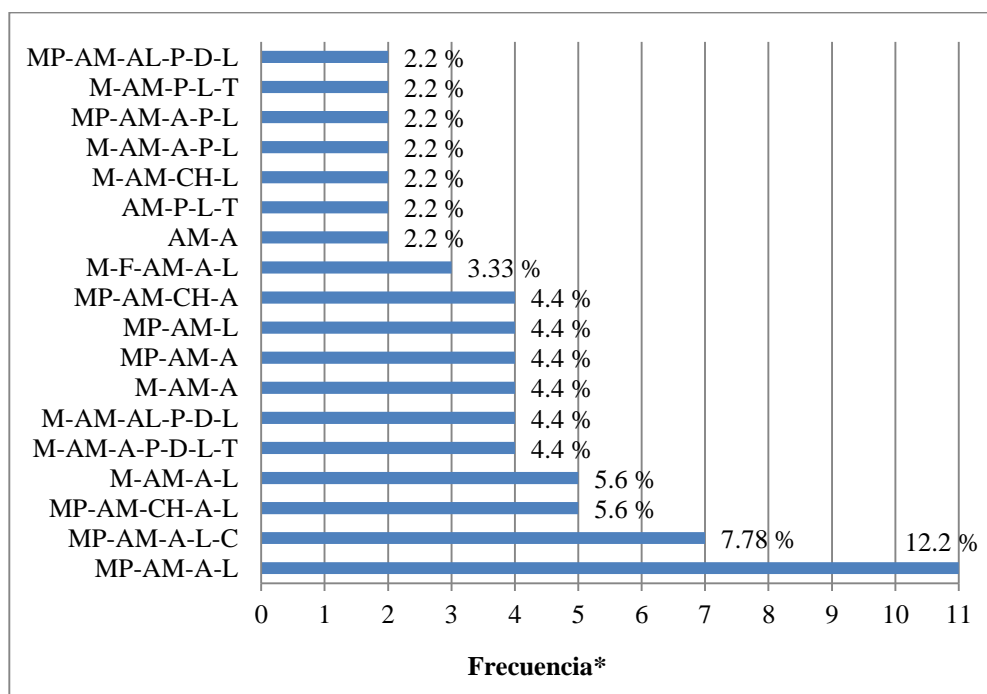


Figura 3.5. Combinaciones más comunes de sistemas de cultivo presentes en los SEF de los productores de amaranto de Tochimilco, Puebla.

Fuente: Elaboración propia con datos de campo. \*n= 90, las combinaciones de sistemas de cultivo con 1.1 % respectivamente no se muestran en la gráfica. A=aguacate, AL=alhelí, AM=amaranto, C=café, CH=chía, D=durazno, F=frijol (cultivo simple), L=limón, MP=milpa, M=maíz (cultivo simple), P=pera, T=tejocote. SEF=Sistema Económico Familiar.

En cuanto a las prácticas agrícolas, el 95.6 % de los entrevistados incorporan el total de los rastrojos del amaranto y la mayor parte de los del maíz, ya que cierto porcentaje es utilizado para alimentar al ganado. Los rastrojos se dejan en el terreno y antes de comenzar el siguiente ciclo de cultivo se incorporan, principalmente, con el paso de la yunta. Otra práctica importante, que se lleva a cabo en el 100 % de los SEF, es la rotación de cultivos principalmente amaranto-milpa o amaranto maíz dependiendo de la combinación de los sistemas de cultivo. Estas prácticas son importantes para la sostenibilidad de los agroecosistemas, ya que con la rotación de cultivos se reduce la presencia de plagas, enfermedades y malezas; se incrementa la fijación de nitrógeno mediante simbiosis de la biota planta-suelo, incrementa la formación de humus; y, se incrementa

el tamaño y la estabilidad de los agregados del suelo, permitiendo mayor infiltración y grado de aeración (Pell, 1998, Altieri, 1999).

Cuadro 3.5. Destino de la producción de los cultivos anuales producidos en los SEF de los productores de amaranto de Tochimilco, Puebla.

| Cultivo         | Destino de la producción | Frecuencia | Porcentaje |
|-----------------|--------------------------|------------|------------|
| Amaranto (n=90) | Venta                    | 90         | 100        |
| Maíz* (n=77)    | Autoconsumo              | 45         | 58.4       |
|                 | Venta y autoconsumo      | 32         | 41.6       |
| Frijol* (n=48)  | Autoconsumo              | 35         | 72.9       |
|                 | Venta y autoconsumo      | 13         | 27.1       |
| Chía (n=16)     | Venta                    | 16         | 100        |
| Alelí (n=7)     | Venta                    | 7          | 100        |
| Chiles (n=3)    | Venta                    | 2          | 66.67      |
|                 | Venta y autoconsumo      | 1          | 33.33      |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo. \*Producido en cultivo simple y policultivo.

### Sistema de cultivo del amaranto

En las comunidades Santa Cruz Cuahutomatitla, Santa Catalina Cuilotepec y Santa Catarina Tepanapa, la siembra se realiza los últimos días de mayo, una vez que las primeras precipitaciones del temporal han ocurrido. En estas tres comunidades se siembra antes que en el resto del municipio debido a que, a mayor altitud y temperaturas más bajas, la planta de amaranto requiere más días para alcanzar su madurez. En San Martín Zacatempa se encuentra a menor altitud se siembra a principios de junio, mientras que en las demás comunidades del municipio se siembra las dos últimas semanas de junio. Dado que la producción es 100 % de temporal, la fecha de siembra está básicamente en función de: el periodo de inicio, la intensidad y la frecuencia de la precipitación. La superficie promedio del SEF sembrada con amaranto es variante (Cuadro 3.6), siendo la superficie promedio de 1.6 ha.

Cuadro 3.6. Superficie de los SEF sembrada con amaranto.

| Rango (ha) | 0.1-1.0 | 1.1-2.0 | 2.1-3.0 | 3.1-4.0 | 4.1-5.0 | 5.1-6.0 |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Frecuencia | 43      | 39      | 4       | 1       | 2       | 1       |
| Porcentaje | 47.8    | 25.3    | 4.4     | 1.1     | 2.2     | 1.1     |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo. SEF=Sistema Económico Familiar. n= 90

El 86.7 % de los entrevistados siembra *A. hypochondriacus* de la raza “Mercado”, la cual presenta tallos y hojas elípticas de color verde, semillas de color blancas o doradas, puede alcanzar una altura de hasta dos metros, su ciclo biológico dura en promedio 140 días en latitudes de 19° y desarrolla numerosas ramificaciones laterales (Espitia *et al.*, 2010). En cambio, el 13.3 % restante cultiva *A. hypochondriacus* raza “Azteca”, caracterizada por alcanzar hasta tres metros de altura, su ciclo biológico es tardío, su tallo es verde con estrías de color purpura, las hojas son elípticas de diversos colores, las semillas pueden ser de color blanco, marrón o negro, y es considerada la raza de mayor potencial de rendimiento (Espitia *et al.*, 2010). A pesar de que la raza Azteca tiene mayor potencial de rendimiento su siembra no se ha extendido en el municipio ya que, como comentan los productores: “es más propicia al acame”. De acuerdo a Santamaría (2014), estas dos razas de amaranto fueron reintroducidas al municipio a finales de la década de los ochenta del siglo pasado por un agricultor de la comunidad de Santiago Tochimizolco quien recibió la semilla de un amigo oriundo del estado del Estado de México quien lo animo a sembrar debido a que tenía demanda y buen precio; con el tiempo la siembra del amaranto se extendió por toda la región.

Solo en el 5.6 % de los SEF se hace selección de semilla. Para la selección, antes del corte de la panoja, se escogen plantas sanas que no estén acamadas con tallo recto y altura no mayor de dos metros, y que el largo de la panoja represente alrededor del 30 % de la altura total de la planta.

Al momento de la siembra los productores utilizan en promedio seis kilogramos de semilla de por hectárea. El método de siembra es mateado, siendo la distancia entre surcos 60 cm y entre mata 25 cm. El 76.7 % de los entrevistados revuelve la semilla con “tierra de monte” o estiércol seco de sus animales, con la finalidad de que la semilla no sea comida por las aves o removida del surco por causa de la lluvia o el viento; esto debido a que la mezcla del sustrato con la semilla una vez depositada en lo alto del surco se deja descubierta, ya que desde su experiencia si la semilla se



entierra el número de plantas que emergen es muy bajo con lo que corren el riesgo de tener que resembrar. De acuerdo a Espitia *et al.* (2010), esta práctica no es común en otras regiones productoras de amaranto del país.

Debido a que no hay un control en el número de semillas que se siembran en cada mata, en promedio, un mes después de la siembra los productores realizan un deshije de cada una de las matas, dejando en promedio cuatro plantas por mata. Un porcentaje de las plantas que son arrancadas son trasplantadas a otros surcos donde no emergió o se ha secado la planta, el resto se deja secar en la misma parcela.

En cuanto a la fertilización, 6.6 % de los productores no aplica ningún tipo de abono, 15.6 % aplica solo fertilizante químico (principalmente fosfato diamónico y urea) y el 77.8 % combina fertilización química y orgánica. De quienes aplican abonos orgánicos, el 2.2 % usa vermicomposta y el 97.8 % utiliza estiércol seco (principalmente de caballo) generalmente de sus animales (56.3 %), solo 43.7 % reportó su compra.

Los estiércoles que se aplica suelen ser materiales con alto grado de degradación, debido a que después de ser recolectados son apilados y dejados a la intemperie, por lo que estos son lixiviados por la lluvia y degradados por microorganismos y larvas que se alimentan de ellos (Simpson, 1991); por lo que se pierden nutrientes esenciales para las plantas. Por lo tanto, es recomendable fomentar y capacitar a los productores para que utilicen las excretas en prácticas de composteo ya que así se puede incrementar la cantidad de nutrientes de estos materiales (Eghball *et al.*, 2004).

Del 93.4 % de los productores que fertilizan, 67.8 % realiza dos fertilizaciones, 18.9 % tres y el 13.3 % una sola aplicación. La primera fertilización, por lo general, se aplica a los 20 días después de la siembra cuando se hace el primer deshierbe, la segunda a los 45 días cuando se realiza el primer aporque con la yunta; y la tercera fertilización a los 90 días en el segundo aporque. El control de especies vegetales indeseables (hierbas) se realiza manualmente y de forma periódica durante todo el ciclo de cultivo.

Desde mediados de octubre y todo el mes de noviembre, una vez que el cultivo ha alcanzado madures fisiológica, se lleva a cabo el corte de la panícula, o comúnmente llamada panoja, de cada una de las plantas de amaranto. El corte se realiza con una hoz o machete 15 cm abajo de la panoja; una vez cortada se coloca sobre el surco y se deja secar por lo menos un mes, para que al momento de la trilla la semilla se desprenda con mayor facilidad.

La trilla se realiza generalmente en diciembre, aunque algunos productores pueden trillar hasta inicios de enero. El 15.6 % de los productores entrevistados trilla con el método tradicional, el cual se efectúa manualmente o con el uso de animales de carga. Este método consiste en pisar o azotar con varas, sobre mantas o lonas, las panojas secas para que se desprenda la semilla; posteriormente la semilla se cierne para retirar todo tipo de residuo conocido comúnmente como “tamo”. Con el método tradicional la trilla de una hectárea se realiza aproximadamente en una semana, dependiendo del número de jornales utilizados y de las condiciones climáticas, ya que en días nublados y con alta humedad relativa la semilla se desprende con mayor dificultad. En contra parte, el 84.4 % de los productores contrata maquinas combinadas estacionarias para ahorrar tiempo y trabajo, ya que una hectárea se trilla en una hora y se ocupan menos jornales (Cuadro 3.7): en promedio cinco jornales por hectárea que se emplean en introducir manualmente la panoja seca en la maquina combinada y en encostalar el grano.

Cuadro 3.7. Número promedio de jornales utilizados por hectárea en las labores del cultivo de amaranto en Tochimilco, Puebla.

| Labor         |                 | Número de jornales |    |
|---------------|-----------------|--------------------|----|
| Siembra       |                 | 10                 |    |
| Deshije       |                 | 15                 |    |
| Fertilización |                 | 10                 |    |
| Deshierbe     |                 | 15                 |    |
| Corte         |                 | 14                 |    |
| Trilla manual | Trilla mecánica | 35                 | 5  |
| Total         |                 | 99                 | 69 |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

Para llevar a cabo las labores que comprenden el itinerario técnico del cultivo del amaranto se requiere entre 69 y 99 jornales por hectárea (Cuadro 3.7), los cuales por lo general son habitantes del mismo municipio. En la figura 3.6 se puede observar una estacionalidad en los requerimientos de mano de obra, siendo el periodo entre junio a agosto donde el número de jornales ocupados es mayor. Si se consideran las 1,097 ha sembradas con este cultivo en el municipio de Tochimilco (SIAP, 2014), el número promedio de jornales generados durante todo el ciclo del cultivo (92,148) es bastante considerable; y si se multiplica el número de jornales generados por el salario agrícola pagado en el municipio (\$120.00), queda claro que la producción campesina de amaranto es de suma importancia social y económica en los SEF de Tochimilco.

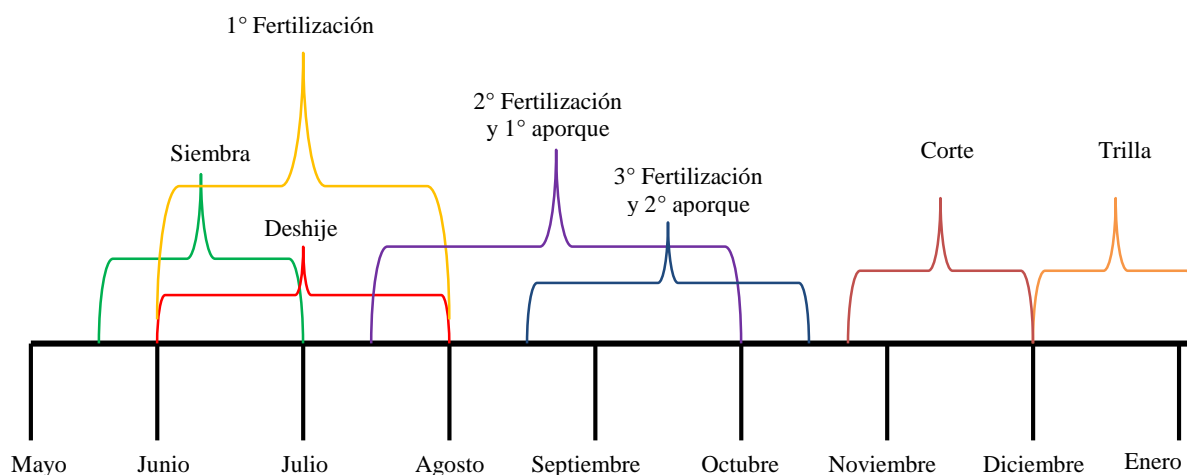


Figura 3.6. Calendario del itinerario técnico del cultivo de amaranto en Tochimilco, Puebla.

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

Las plagas de amaranto reportadas por los productores son: “Chahuistle” ó *Aphis fabae* Scop (SENASICA, 2009), “Chapulín de la Milpa” ó *Sphenarium purpurascense* Charpentier (Pérez *et al.*, 2011), “Gusano barrenador de tallo” ó *Amauromyza abnormalis* Malloch (Pérez *et al.*, 2011) y “Gallina ciega” ó *Phyllophaga ilhuicaminai* Morón (Pérez *et al.*, 2011). Las enfermedades mencionadas fueron “Carbón del amaranto” que es causado por dos especies del hongo *Thecaphora: amaranthi* y *amaranthicola* (Bernal, 1997; Bernal *et al.*, 2000) y “Mancha negra del tallo” asociada a hongos del genero *Macrophoma* sp. (Sánchez *et al.*, 1990). La incidencia de estas especies en cada una de las comunidades del municipio es diferente (Cuadro 3.8 y 3.9) por lo que se requieren estrategias diferenciadas de acción para su prevención y control.

Cuadro 3.8. Plagas del amaranto reportadas en Tochimilco, Puebla.

| Comunidad                         | Plaga                   | Frecuencia | Porcentaje |
|-----------------------------------|-------------------------|------------|------------|
| La Magdalena Yancuitlalpan (n= 7) | <i>A. fabae</i>         | 1          | 14.29      |
|                                   | <i>P. ilhuicaminai</i>  | 1          | 14.29      |
| San Francisco Huilango (n= 1)     | ---                     | -          | -----      |
| San Lucas Tulcingo (n= 22)        | <i>S. purpurascense</i> | 18         | 81.81      |
|                                   | <i>A. fabae</i>         | 8          | 36.36      |
|                                   | <i>A. abnormalis</i>    | 5          | 22.72      |
|                                   | <i>P. ilhuicaminai</i>  | 2          | 9.09       |
| San Martín Zacatempan (n= 12)     | <i>A. fabae</i>         | 6          | 50         |
|                                   | <i>A. abnormalis</i>    | 3          | 25         |
| San Miguel Tecuanipan (n=13)      | <i>S. purpurascense</i> | 2          | 15.38      |
|                                   | <i>A. abnormalis</i>    | 2          | 15.38      |
|                                   | <i>P. ilhuicaminai</i>  | 1          | 7.69       |
|                                   | <i>A. fabae</i>         | 1          | 7.69       |
| Sta. Catalina Cuilotepec (n= 1)   | <i>A. fabae</i>         | 1          | 100        |
| Sta. Catarina Tepanapa (n= 2)     | <i>A. fabae</i>         | 1          | 50         |
|                                   | <i>P. ilhuicaminai</i>  | 1          | 50         |
|                                   | <i>A. abnormalis</i>    | 1          | 50         |
| Sta. Cruz Cuahutomatitla (n= 4)   | <i>A. fabae</i>         | 3          | 75         |
| Santiago Tochimizolco (n= 13)     | <i>A. fabae</i>         | 6          | 46.15      |
|                                   | <i>A. abnormalis</i>    | 5          | 38.46      |
|                                   | <i>S. purpurascense</i> | 1          | 7.69       |
| Tochimilco (n= 15)                | <i>A. fabae</i>         | 2          | 13.33      |
|                                   | <i>A. abnormalis</i>    | 2          | 13.33      |

Fuente: Elaboración propia con datos campo.

Cuadro 3.9. Enfermedades del amaranto reportas en Tochimilco, Puebla.

| Comunidad                         | Enfermedad            | Frecuencia | Porcentaje |
|-----------------------------------|-----------------------|------------|------------|
| La Magdalena Yancuitlalpan (n= 7) | <i>Macrophoma</i> sp. | 6          | 85.71      |
|                                   | <i>Thecaphora</i> sp. | 3          | 42.86      |
| San Francisco Huilango (n= 1)     | <i>Macrophoma</i> sp. | 1          | 100        |
| San Lucas Tulcingo (n= 22)        | <i>Macrophoma</i> sp. | 12         | 54.54      |
|                                   | <i>Thecaphora</i> sp. | 5          | 22.73      |
| San Martín Zacatempan (n= 12)     | <i>Thecaphora</i> sp. | 9          | 75         |
|                                   | <i>Macrophoma</i> sp. | 4          | 33.33      |
| San Miguel Tecuanipan (n= 13)     | <i>Macrophoma</i> sp. | 9          | 69.23      |
|                                   | <i>Thecaphora</i> sp. | 9          | 69.23      |
| Sta. Catalina Cuilotepec (n= 1)   | -----                 | -          | ----       |
| Sta. Catarina Tepanapa (n= 2)     | <i>Thecaphora</i> sp. | 1          | 50         |
| Sta. Cruz Cuahutomatitla (n= 4)   | <i>Thecaphora</i> sp. | 2          | 50         |
| Santiago Tochimizolco (n= 13)     | <i>Thecaphora</i> sp. | 13         | 100        |
| Tochimilco (n= 15)                | <i>Thecaphora</i> sp. | 14         | 93.33      |
|                                   | <i>Macrophoma</i> sp. | 8          | 53.33      |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

Para el control de *S. purpurascense* 57.9 % de los agricultores utilizó control químico. De ellos, el 45.5 % no recordó el nombre del producto que aplicó. Para *A. fabae* 10.3 % utilizó control químico, 66.7 % de los agricultores no recordó el producto que aplicó. En el caso de *A. abnormalis* y *P. ilhuicaminai* el 100 % de los productores que la mencionaron no utilizó ningún tipo de control. De los insecticidas aplicados predominan los organofosforados, seguido por los piretroides y carbamatos (Cuadro 3.10).

Para las enfermedades, 5 % de los entrevistados que reportaron *Macrophoma* sp. y 3.6 % que mencionó *Thecaphora* sp. utilizaron control químico; aunque se observa desconocimiento por parte de los agricultores ya que los productos que aplican para controlar éstas enfermedades son insecticidas y no fungicidas (Cuadro 3.10). Además de que los pesticidas utilizados cuyo ingrediente activo es carbofuran, metamidofidos y paratión metílico están clasificados como alta

y extremadamente tóxicos respectivamente (INECC, 2015), por lo que su uso puede llegar a ocasionar la degradación de los recursos naturales y afectaciones de la salud de los agricultores y consumidores.

Cuadro 3.10. Pesticidas utilizados para el control de plagas y enfermedades de amaranto en Tochimilco, Puebla

| Especie                            | Pesticida              | Familia química | Ingrediente        |   | Frecuencia | %    |
|------------------------------------|------------------------|-----------------|--------------------|---|------------|------|
|                                    |                        |                 | activo             |   |            |      |
| Plaga                              |                        |                 |                    |   |            |      |
| <i>A. fabae</i> (n= 29)            | Folidol <sup>®</sup>   | Organofosforado | Paration metílico  |   | 1          | 3.4  |
| <i>S. purpurascense</i><br>(n= 21) | Tamaron <sup>®</sup>   | Organofosforado | Metamidofodos      |   | 2          | 9.5  |
|                                    | Furadan <sup>®</sup>   | Carbamatos      | Carbofuran         |   | 2          | 18.2 |
|                                    | Arribo <sup>®</sup>    | Piretroide      | Cipermetrina       |   | 1          | 4.8  |
|                                    |                        |                 | Permetrina         | y |            |      |
|                                    | Dragon <sup>®</sup>    | Piretroide      | Clorpirifos        |   | 1          | 4.8  |
| <i>A. abnormalis</i> (n=18)        | ----                   | -----           | -----              |   | -          | --   |
| <i>P. ilhuicaminai</i> (n=5)       | ----                   | -----           | -----              |   | -          | --   |
| Enfermedad                         |                        |                 |                    |   |            |      |
| <i>Macrophoma</i> sp.<br>(n= 40)   | Tamaron <sup>®</sup>   | Organofosforado | Metamidofodos      |   | 2          | 5.0  |
|                                    |                        | Organofosforado | Clorpirifos Etil y |   |            |      |
|                                    | Foley Rey <sup>®</sup> | y Piretroide    | Permetrina         |   | 3          | 7.5  |
| <i>Thecaphora</i> sp.<br>(n= 56)   | Foley Rey <sup>®</sup> | Organofosforado | Clorpirifos Etil y |   |            |      |
|                                    |                        | y Piretroide    | Permetrina         |   | 2          | 3.6  |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

Con base en la información dada por los agricultores, el rendimiento promedio de amaranto fue de 1,054 kg ha<sup>-1</sup>. Este rendimiento es de los más bajos del país, y coincide con lo reportado en el Sistema de Información Agrícola y Pecuaria (SIAP, 2014). El 100 % de los entrevistados vende su producción de amaranto a intermediarios que recorren continuamente el municipio, la venta suele realizarse cuando el precio pagado por carga (Unidad de medida utilizada en la región, equivalente a 140 kg) es más elevado, lo cual ocurre entre los meses de julio y septiembre.

Para los productores, las principales limitantes para la producción de amaranto son: alta incidencia de plagas y enfermedades (52.2 %), factores climáticos adversos (27.8 %), altos costos de producción (18.9 %) y falta de asesoría técnica (1.1 %). En relación a la comercialización, las limitantes mencionadas son: bajo precio medio rural (48.9 %), alta presencia de intermediarios (27.8 %), falta de mercado (16.7 %), y alta fluctuación de precios (6.7 %). Además de estas limitantes, es importante mencionar que solo el 2.2 % de los campesinos entrevistados pertenece a alguna organización formal de productores, debido a que la mayoría considera que es muy difícil ponerse de acuerdo con otros agricultores debido a que “cada quien trata de hacer lo que quiere”.

La falta de una organización formal de productores restringe sus posibilidades de hacer frente a todas estas limitantes ya que, en otras partes del país, hay ejemplos de grupos de campesinos que al haber constituido una organización formal han podido superar los factores que restringen la producción y comercialización, contribuyendo así al desarrollo de sus comunidades (Mora, 2012). Por lo tanto, es necesario sensibilizar y orientar a las familias campesinas sobre los beneficios de constituir una organización de productores.

### **Sistema de cultivo de la milpa**

La producción es 100 % de temporal, en ella se siembran semillas de razas nativas de maíz, la superficie sembrada dentro de los SEF oscila entre 0.3 y 2.0 ha, superficie promedio 0.97 ha. De los productores que reportaron la siembra de éste policultivo, el 88.9 % aplica fertilizante químico y abonos orgánicos, mientras que el 11.1 % utiliza solo abono orgánico. El abono orgánico más utilizado es el estiércol (60 %), seguido de la vermicomposta (20 %) y el bocashi (20 %). El estiércol más utilizado es el de res. Los productores que aplican vermicomposta y bocashi, lo elaboran ellos mismos y lo aprendieron a hacer por medio de familiares que radican en otros estados.

El control de las especies vegetales indeseables se hace por medio de la yunta. Para el control de plagas y enfermedades, el 33.8 % de los entrevistados utiliza control químico, y el resto no utiliza ningún tipo de control. Bajo este sistema de cultivo, los rendimientos de maíz se encuentran en el rango de 495 a 2,000 kg ha<sup>-1</sup>; de frijol de 60 a 500 kg ha<sup>-1</sup>; y de calabaza entre 50 y 150 kg ha<sup>-1</sup>.

La cantidad de la producción que se destina para la venta está en función del número de los integrantes del SEF y sus necesidades.

Con el sistema milpa se favorecen interacciones ecológicas benéficas como el control biológico de insectos y la fijación de nitrógeno, además de que, con la suma de productos cultivados y recolectados en la milpa se obtiene una dieta equilibrada (Benítez y Fornoni, 2013) para los miembros del SEF; y de que se incrementa sustancialmente la eficiencia relativa de la tierra, en comparación con un sistema de producción con cultivo simple (Cruz, 2009).

### **Sistema de cultivo del maíz (cultivo simple)**

La superficie sembrada con maíz como cultivo simple oscilo entre 1.0 y 3.0 ha. La superficie promedio de maíz reportada fue 1.02 ha, la cual es mayor a la superficie promedio sembrada con milpa (0.97 ha). El 84.4 % de los entrevistados que sembraron maíz aplican fertilizante químico, mientras que el 15.6 % aplica fertilizante químico y estiércol, principalmente de res. El estiércol utilizado básicamente es de los animales que poseen, aunque el 30.1 % de los entrevistados reportó comprar estiércol. En relación al control hierbas indeseables 21.9 % aplica herbicida, mientras que el 78.1 % lo hace manualmente. En cuanto al control de plagas y enfermedades 66.2 % no realiza ningún tipo de control y el 33.8 % utiliza control químico.

El rendimiento de maíz reportado en cultivo simple osciló entre 700 y 1,980 kg ha<sup>-1</sup>, el cual es similar al rango de rendimientos de maíz obtenidos en el sistema milpa, sin embargo, la eficiencia relativa de la tierra en la milpa es mayor debido a que en la misma superficie también se cosecha frijol y calabaza. El porcentaje de la producción que se destina para la venta está en función del número de los integrantes del SEF y sus necesidades.

### **Sistema de cultivo del frijol (cultivo simple)**

La superficie sembrada con frijol estuvo en el rango de 0.5 y 1.0 ha. El 100 % de los productores que reportaron la siembra de éste cultivo abonan combinando fertilizantes sintéticos y estiércol, principalmente de caballo; el 43.5 % reportó la compra de estiércol. El control de hierbas



indeseables es manual, mientras que para las plagas y enfermedades no se realiza ningún tipo de control. El rendimiento oscila entre 100 y 250 kg ha<sup>-1</sup>, el cual es menor a lo reportado con el sistema milpa. La mayor parte de la producción es de autoconsumo, y del porcentaje destinado a la venta el 75 % de la producción de frijol se vende a intermediarios y el 25 % se vende al menudeo en el mercado de Atlixco, Puebla.

### **Sistema de cultivo de la chíá**

La superficie sembrada con éste cultivo osciló entre 0.3 y 1.5 ha. El 37.5 % de los entrevistados aplica fertilizantes químicos, 56.3 % ocupa abono orgánico y el 6.2 % no fertiliza. De los abonos orgánicos 77.8 % usa estiércol y 22.2 % bocashi, el estiércol más utilizado es el de caballo. El control de hierbas indeseables es manual. El 81.3 % no controla plagas y enfermedades, el 18.7 % restante utiliza control químico. El rendimiento reportado está en el rango de 100 a 600 kg ha<sup>-1</sup>. El rendimiento promedio fue de 321 kg ha<sup>-1</sup>, el cual es menor al rendimiento promedio nacional (SIAP, 2014). El 100 % de la producción se vende a intermediarios que acuden periódicamente al municipio.

### **Sistema de cultivo del alhelí**

La superficie sembrada estuvo en el rango de 0.5 a 1.0 ha. En cuanto a la fertilización 75 % combina abonos químicos con estiércol y el 25 % aplica las deyecciones de sus animales. El control de hierbas indeseables es manual. El 50 % utiliza control químico para el combate de plagas y enfermedades, mientras que el otro 50 % no utiliza ningún control. La producción total se vende en el mercado de Atlixco, Puebla.

### **Sistema de cultivo del chile**

La producción se cultiva en superficies entre 0.25 y 1.0 ha. El 33.3 % de los productores fertilizan combinando las excretas de sus animales y abono químico, el 66.7 % restante utiliza solo fertilización química. El control de hierbas indeseables es manual. El 100 % controla plagas y enfermedades con aplicaciones periódicas de pesticidas. El rendimiento reportado osciló entre 150

y 300 kg ha<sup>-1</sup>. El porcentaje de la producción que se vende está en función de las necesidades de la familia y este se comercializa en el mercado de Atlixco, Puebla.

### Subsistemas pecuarios

Al igual que en la agricultura, la producción pecuaria de los SEF es diversificada (Figura 3.7), siendo la producción avícola la actividad más común ya que se requiere poco espacio para la crianza y el ciclo de vida es corto por lo que se puede producir huevo y carne en poco tiempo. En todos los SEF donde se practica la avicultura existen gallineros; sin embargo, durante el día se deja salir a las aves para que deambulen libremente, y al final del día las aves regresan por su propia cuenta al gallinero.

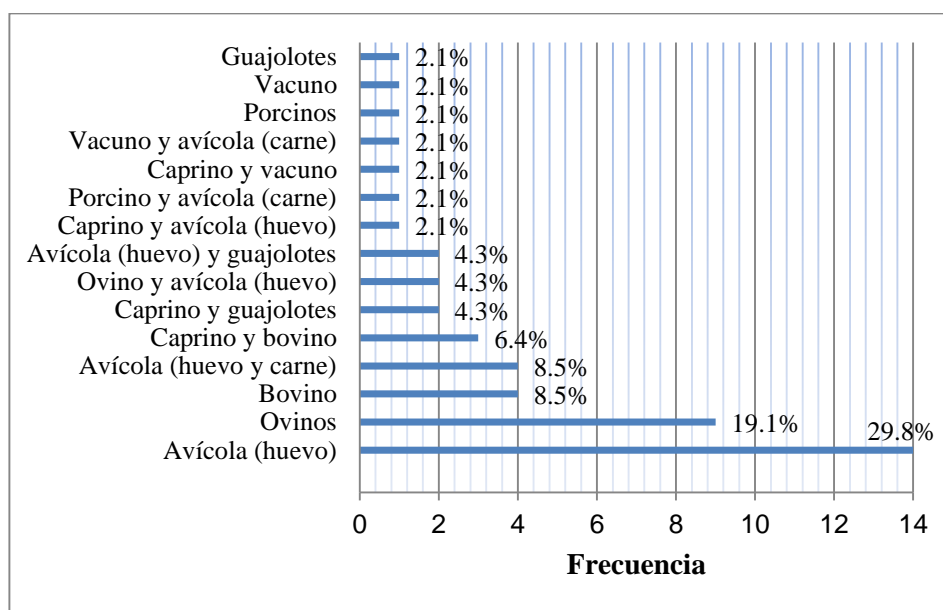


Figura 3.7. Sistemas pecuarios presentes en los SEF de los productores de amaranto de Tochimilco, Puebla.

Fuente: Elaboración propia con datos de campo. SEF= Sistema Económico Familiar. n =47.

La producción de caprinos y bovinos es 100 % de pastoreo, la de carne de cerdo 100 % en sistema estabulado. En el caso del ganado vacuno 66.7 % se produce en pastoreo y 33.3 % estabulado; y en cuanto el ganado ovino 81.8 % en sistema estabulado y 18.2 % en pastoreo. El número promedio de cabezas para cada tipo de ganado es variante: gallinas ponedoras diez, pollos de engorda once,

guajolotes ocho, vacuno dos, bovinos cuatro, porcinos cuatro, ovinos diez y caprinos veinte. Los integrantes del SEF que más participan en las actividades pecuarias son las mujeres y los niños.

La producción pecuaria de los SEF, puede estar destinada a la venta, autoconsumo o venta-autoconsumo (Cuadro 3.11). Cual sea el destino de la producción, la producción pecuaria puede reducir la vulnerabilidad de los hogares a las privaciones estacionales de alimentos e ingresos, satisfacer las necesidades más amplias de seguridad alimentaria y mejorar el estado nutricional de los más vulnerables, especialmente las mujeres, los niños y los ancianos (FAO, 2014). El ganado es también una fuente básica de garantías para la población pobre y permite a muchos hogares obtener el acceso al capital (Gutiérrez *et al.*, 2012) y a préstamos con fines comerciales (FAO, 2014). Así pues, el ganado es un importante bien de capital que, con una atención cuidadosa, puede contribuir al incremento del ingreso y en el fortalecimiento de la dieta de los integrantes de los SEF (González *et al.*, 2014).

Cuadro 3.11. Destino de la producción pecuaria de los SEF de los productores de amaranto de Tochimilco, Puebla.

| Producto                 | Destino de la producción | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------------------|--------------------------|------------|------------|
| Huevo (n=24)             | Autoconsumo              | 15         | 62.5       |
|                          | Venta y autoconsumo      | 7          | 29.2       |
|                          | Venta                    | 2          | 8.3        |
| Carne de ovino (n=11)    | Venta y autoconsumo      | 9          | 81.8       |
|                          | Venta                    | 2          | 18.2       |
| Carne de caprino (n=7)   | Venta y autoconsumo      | 7          | 100        |
| Carne de bovino (n=7)    | Venta                    | 4          | 57.1       |
|                          | Venta y autoconsumo      | 3          | 42.9       |
| Carne de pollo (n=6)     | Autoconsumo              | 5          | 83.3       |
|                          | Venta y autoconsumo      | 1          | 16.7       |
| Carne de Guajolote (n=5) | Venta y autoconsumo      | 4          | 80         |
|                          | Autoconsumo              | 1          | 20         |
| Leche de Vaca (n=3)      | Autoconsumo              | 2          | 66.7       |
|                          | Venta y autoconsumo      | 1          | 33.3       |
| Carne de puerco (n=2)    | Venta y autoconsumo      | 2          | 100        |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo. SEF= Sistema Económico Familiar.

**Clasificación de los SEF de los productores de amaranto analizados**

Utilizando toda la información de las variables estudiadas en la fase de campo, se realizó un análisis de conglomerados para conocer el grado de agrupamiento de los SEF. Los resultados muestran la integración de dos grupos, cada uno dividido en dos subgrupos (Figura 3.8). En el grupo I, el subgrupo I-A agrupa 4.4 % de los SEF y el subgrupo I-B el 40.0 %; en el caso del grupo II, el subgrupo II-A integra el 16.7 % y el subgrupo II-B el 38.9 % de los SEF.

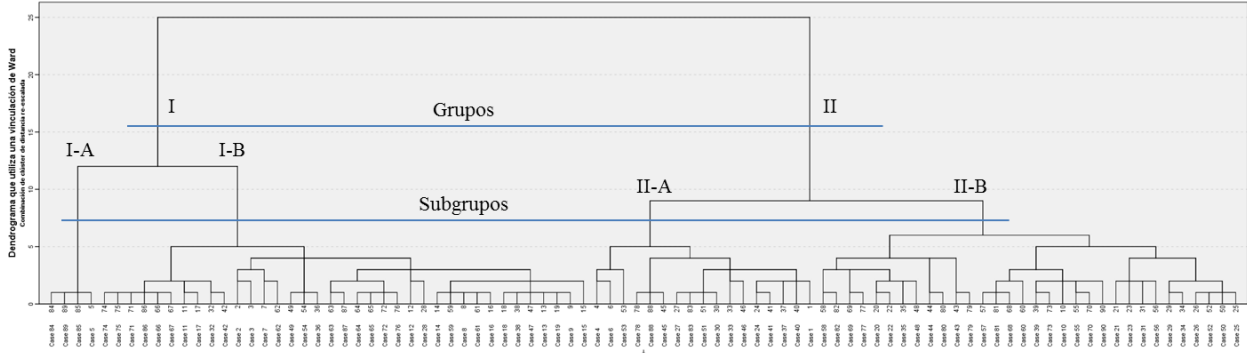


Figura 3.8. Dendrograma de los SEF de los productores de amaranto de Tochimilco, Puebla.  
Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

El grupo I destaca por registrar la mayor superficie sembrada, lo cual está en función a que también incluye la superficie rentada a otro SEF. Además, los SEF del grupo I cuentan con mayor número de integrantes; por lo que, al disponer de mayor número de jornales pueden sembrar mayor superficie. En cambio, el grupo II presenta: la mayor superficie total de cada uno de los SEF, los mayores rendimientos de amaranto, la mayor superficie y rendimientos de maíz-frijol en el sistema milpa, la mayor superficie y rendimiento de chíá. Además, de registrar la mayor variedad y población de especies pecuarias.

El subgrupo I-A se diferencia significativamente del I-B por tener mayor número de integrantes, mayor superficie total y sembrada, mayor superficie y rendimiento de amaranto y maíz (cultivo simple), y por no sembrar milpa, chíá y chile; además, de no registrar producción pecuaria. Los SEF del subgrupo II-A se diferencian significativamente de los pertenecientes al II-B por tener mayor número de integrantes, mayor superficie total y sembrada, mayor superficie y rendimiento

de amaranto, chíá, alelí y chile, mayor rendimiento de maíz y frijol en milpa, no producir maíz y frijol en cultivo simple; y tener menor variedad de especies pecuaria (Cuadro 3.12).

Cuadro 3.12. Comparación de medias de las variables cuantitativas de los subgrupos de SEF integrados.

| Variable                        | I-A               | I-B                | II-A               | II-B               |
|---------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Número de integrantes del SEF   | 6.25 <sup>a</sup> | 4.81 <sup>b</sup>  | 6.07 <sup>b</sup>  | 3.89 <sup>c</sup>  |
| Número de mujeres del SEF       | 2.50 <sup>a</sup> | 2.47 <sup>a</sup>  | 2.53 <sup>a</sup>  | 2.11 <sup>a</sup>  |
| Número de hombre del SEF        | 3.75 <sup>a</sup> | 2.31 <sup>b</sup>  | 3.53 <sup>a</sup>  | 1.77 <sup>b</sup>  |
| Superficie ejidal (ha)          | 2.38 <sup>a</sup> | 1.72 <sup>b</sup>  | 1.70 <sup>b</sup>  | 1.42 <sup>b</sup>  |
| Propiedad privada               | 0.75 <sup>b</sup> | 1.20 <sup>b</sup>  | 1.76 <sup>a</sup>  | 1.22 <sup>b</sup>  |
| Superficie total                | 3.13 <sup>a</sup> | 2.31 <sup>a</sup>  | 2.77 <sup>a</sup>  | 2.26 <sup>a</sup>  |
| Superficie rentada              | 0.88 <sup>b</sup> | 1.35 <sup>b</sup>  | 0.90 <sup>b</sup>  | 3.00 <sup>a</sup>  |
| Superficie sembrada             | 4.00 <sup>a</sup> | 2.47 <sup>b</sup>  | 2.67 <sup>b</sup>  | 2.56 <sup>b</sup>  |
| Superficie sembrada de amaranto | 1.75 <sup>a</sup> | 1.65 <sup>a</sup>  | 1.50 <sup>a</sup>  | 1.42 <sup>a</sup>  |
| Superficie sembrada de milpa    | 0.00 <sup>c</sup> | 1.50 <sup>a</sup>  | 0.85 <sup>b</sup>  | 1.02 <sup>b</sup>  |
| Superficie sembrada de maíz     | 1.50 <sup>a</sup> | 1.32 <sup>b</sup>  | 0.00 <sup>c</sup>  | 1.00 <sup>b</sup>  |
| Superficie sembrada de frijol   | 0.00 <sup>b</sup> | 0.00 <sup>b</sup>  | 0.00 <sup>b</sup>  | 0.75 <sup>a</sup>  |
| Superficie sembrada de chíá     | 0.00 <sup>c</sup> | 0.90 <sup>a</sup>  | 0.63 <sup>b</sup>  | 0.51 <sup>b</sup>  |
| Superficie sembrada de alelí    | 1.00 <sup>a</sup> | 0.80 <sup>b</sup>  | 0.50 <sup>c</sup>  | 0.00 <sup>d</sup>  |
| Superficie sembrada de chile    | 0.00 <sup>d</sup> | 1.00 <sup>a</sup>  | 0.50 <sup>b</sup>  | 0.30 <sup>c</sup>  |
| Rendimiento de amaranto (t/ha)  | 0.97 <sup>b</sup> | 0.82 <sup>b</sup>  | 1.47 <sup>a</sup>  | 1.13 <sup>b</sup>  |
| Rendimiento de maíz en milpa    | 0.00 <sup>c</sup> | 0.55 <sup>b</sup>  | 1.33 <sup>a</sup>  | 1.09 <sup>a</sup>  |
| Rendimiento de maíz             | 1.60 <sup>a</sup> | 1.24 <sup>b</sup>  | 0.00 <sup>c</sup>  | 1.23 <sup>b</sup>  |
| Rendimiento de frijol en milpa  | 0.00 <sup>b</sup> | 0.05 <sup>b</sup>  | 0.22 <sup>a</sup>  | 0.17 <sup>a</sup>  |
| Rendimiento de frijol           | 0.00 <sup>b</sup> | 0.00 <sup>b</sup>  | 0.00 <sup>b</sup>  | 0.17 <sup>a</sup>  |
| Rendimiento de chíá             | 0.00 <sup>c</sup> | 0.26 <sup>b</sup>  | 0.39 <sup>a</sup>  | 0.31 <sup>b</sup>  |
| Rendimiento de alhelí           | 0.68 <sup>b</sup> | 0.80 <sup>a</sup>  | 0.60 <sup>b</sup>  | 0.00 <sup>d</sup>  |
| Rendimiento de chile            | 0.00 <sup>d</sup> | 0.20 <sup>a</sup>  | 0.08 <sup>c</sup>  | 0.10 <sup>b</sup>  |
| Número de bovinos (leche)       | 0.00 <sup>c</sup> | 0.00 <sup>c</sup>  | 4.00 <sup>a</sup>  | 1.97 <sup>b</sup>  |
| Número de bovinos (carne)       | 4.00 <sup>b</sup> | 5.00 <sup>a</sup>  | 0.00 <sup>c</sup>  | 0.00 <sup>c</sup>  |
| Número de aves (carne)          | 0.00 <sup>c</sup> | 15.00 <sup>a</sup> | 0.00 <sup>c</sup>  | 11.00 <sup>b</sup> |
| Número de aves (huevo)          | 0.00 <sup>c</sup> | 9.00 <sup>b</sup>  | 12.07 <sup>a</sup> | 9.89 <sup>b</sup>  |
| Número de ovinos                | 0.00 <sup>c</sup> | 17.03 <sup>a</sup> | 8.00 <sup>b</sup>  | 9.23 <sup>b</sup>  |
| Número de caprinos              | 0.00 <sup>c</sup> | 0.00 <sup>c</sup>  | 10.00 <sup>b</sup> | 25.06 <sup>a</sup> |
| Número de porcinos              | 3.97 <sup>a</sup> | 0.00 <sup>b</sup>  | 0.00 <sup>b</sup>  | 0.00 <sup>b</sup>  |
| Número de guajolotes            | 0.00 <sup>c</sup> | 0.00 <sup>c</sup>  | 20.00 <sup>a</sup> | 5.03 <sup>b</sup>  |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo. Medias con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una  $P < 0.05$ . SEF= Sistema Económico Familiar.

### **3.6. Conclusiones**

Los SEF de los productores de amaranto del municipio de Tochimilco son sistemas campesinos complejos de carácter pluriactivo, basados en el conocimiento tradicional y con énfasis en la producción agrícola y pecuaria de diferentes especies de plantas y animales; en cada uno de ellos, la configuración y el funcionamiento de los sistemas de cultivo y de producción pecuaria son diferentes, y están en función de las lógicas productivas de sus miembros. Se identificaron dos grupos de SEF, diferenciados principalmente por el número de sus integrantes, la superficie total, la superficie sembrada, la superficie sembrada con cada uno de los cultivos y sus rendimientos.

Los cultivos de origen mesoamericano como el maíz, frijol y amaranto son de suma importancia en los SEF ya que de ellos obtienen su suministro básico de alimentos, ya sea por autoconsumo como el caso del maíz y frijol o por la generación de ingresos por su comercialización y alto grado de generación de autoempleo en el caso del amaranto. La producción pecuaria es importante como fuente de ingresos adicionales a la producción agrícola y como actividad en la que se ocupa la población femenina e infante de los SEF. A pesar de la importancia de estos cultivos se identificó poca presencia institucional que genere programas de asistencia técnica y capacitación que proveen a los campesinos el conocimiento y las herramientas necesarias para hacer frente a factores que restringen la producción, como es el caso de la incidencia plagas y enfermedades en el amaranto; o para generar valor agregado a la producción que les permita acceder a mercados donde pueden conseguir mayores ingresos.

También se observa una tendencia de envejecimiento de los miembros de los SEF que, aunado a los procesos de emigración, puede ser un factor que limite en el corto y mediano plazo la producción agrícola y contribuya a una erosión de conocimientos, saberes locales y recursos genéticos propios de los SEF del municipio.

### **3.7. Literatura Citada**

Altieri, M. 1999. Agroecología, bases científicas para una agricultura sustentable. Montevideo, Uruguay. Nordan-comunidad. 338 p.

- Benítez, M. y Fornoni, J. 2013. La milpa como modelo en agroecología: nuevas perspectivas hacia la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible. *Oikos*, 9: 5-9.
- Bernal, R. 1997. La mancha negra del tallo *Macrophoma* sp. sobre la calidad de semillas de amaranto. Montecillo Estado de México, México. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. 70 p.
- Bernal, R., Rodríguez, J., Estrada, A., Hernández, A., y Gatica, M. 2000. Microflora asociada a la semilla de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 23: 109-118.
- Carrera, S., Navarro, H., Pérez, M. A. y Mata, B. 2012. Calendario agrícola mazateco, milpa y estrategia alimentaria campesina en territorio de Huautepec, Oaxaca. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 9(4): 455-475.
- Chayanov, A. 1985. La organización de la unidad económica campesina, Nueva Visión, Buenos Aires Argentina, 342 p.
- Cochran, W. 1980. Técnicas de muestreo. Compañía Editorial Continental. México. 513 p.
- CONAPO (Consejo Nacional de Población). 2010. Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2010. *In*: <http://www.conapo.gob.mx>. Consultado diciembre 2014.
- Cruz, M. A. 2009. Eficiencia relativa de la tierra y perspectivas de dos policultivos de temporal en Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. Tesis de Maestría en Ciencias. CIIDIR-IPN. 145 p.
- Deruyttere, A. 2001. Pueblos indígenas, recursos naturales y desarrollo con identidad: riesgos y oportunidades en tiempos de globalización. Banco Interamericano de Desarrollo. 13 p.
- Eghball, B., Ginting, D., and Gilley, J. 2004. Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties. *Agronomy Journal*, 96: 442-447.
- Espitia, E., Mapes, C., Escobedo, D., De la O, M., Rivas, P., Martínez, G., Cortés, L., y Hernández, J. M. 2010. Conservación y uso de los recursos genéticos de amaranto en México. SINAREFI-INIFAP-UNAM, Centro de investigación regional centro, Celaya, Guanajuato, México. 201 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2014. Perspectivas regionales: Ganadería. En línea: <http://www.fao.org/americas/perspectivas/ganaderia/es/> (12/01/2016).

- González, F., Pérez, A., Ocampo, I., Paredes, J. A., y De la Rosa, P. 2014. Contribuciones de la producción en traspatios a los grupos domésticos campesinos. *Estudios Sociales*, 22(44): 146-170.
- Groombrige, B. 1992. Biodiversity: An overview. *In: Brian Groombrige (Ed.). Global biodiversity: Status of the earth's living resources.* London, England. Chapman & Hall. pp. 13-18.
- Gutiérrez, E., Aranda, F., Rodríguez, R., Bolio, M., Ramírez, S., y Estrella, J. 2012. Factores sociales de la crianza de animales de traspatio en Yucatán, México. *Bioagrobiencias*, 5(1): 20-28.
- IAASTD (International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development). 2009. Agriculture at a crossroads, international assessment of agricultural knowledge, science and technology for development, global report. *In: McIntyre, B., Herren, H., Wakhungu, J., and Watson, R. (Ed.).* Washington, D.C. Island Press. 590 p.
- INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio climático). 2015. Lista de plaguicidas. En línea: <http://www.inecc.gob.mx/> (28/01/2016).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2007. VIII Censo Agrícola, Pecuario y Forestal. En línea: <http://www.inegi.org.mx> (21/12/2015).
- INEGI. 2009. Prontuario de Información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tochimilco, Puebla. En línea: <http://www.inegi.org.mx/> (21/12/2015).
- Jiménez, L. 2007. Principales Modalidades de la Agricultura en México: antecedentes y perspectivas. *In: J. Luis Calva (Coord.) Desarrollo Agropecuario Forestal y Pesquero, Agenda para el Desarrollo.* México, D.F. Universidad Nacional Autónoma de México, Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial, México, 9: 55-74.
- Ley de Desarrollo Rural Sustentable. 2012. Diario Oficial de la Federación de los Estados Unidos Mexicanos, D.F, México, 7 de diciembre de 2001. Última reforma publicada DOF 12-01-2012.
- Maffi, L. 2001. Language, knowledge, and indigenous heritage rights. *In: McIntyre, Beverly, Herren Hans, Wakhungu Judi, Watson Robert. On Biocultural Diversity: Linking Language, Knowledge, and the Environment.* Washington, D.C, Smithsonian Institution Press. pp. 412-432.



- Mora, S. 2012. Dinámica y participación transgeneracional en el desarrollo rural caso: Cooperativa Tosepan Titataniske, región Cuetzálán, sierra nororiental de Puebla, México. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados. 234 p.
- Navarro, H., y Muench, P. 1991. Marginación regional, tipos de sistemas económicos familiares y desnutrición rural en las mixtecas oaxaqueñas. *Geografía Agrícola*, 2: 41-91.
- Navarro, H. 2003. Agroecología, Buenas Prácticas Agrícolas y Desarrollo Territorial. Red Mesoamericana para la Investigación-Desarrollo de la Agricultura Regional. IMPRETEX, México, D.F. 157 p.
- Peel, M. 1998. Crop rotations for increased productivity. United States of America, NDSU Extension Service. North Dakota States University.
- Pérez, B., Aragón, A., Pérez, R., Hernández, R., López, F. 2011. Estudio entomofaunístico del cultivo de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) en Puebla, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(3): 359-371.
- Robles, H. 2012. El papel central de los pequeños productores en una nueva estrategia de desarrollo rural. *In: J. Luis Calva (Coord.). Políticas agropecuarias, forestales y pesqueras. Análisis estratégico para el desarrollo.* México, D.F. Consejo Nacional de Universitarios. 9: 95-115.
- SAGARPA-FAO (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2014. Estudio sobre el envejecimiento de la población rural en México. En línea: <http://www.fao.org/publications/es/> (12/09/2016).
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación). 2015, Proyecto estratégico para la seguridad alimentaria (PESA) En línea: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/MICROSITIO%20PESA/Que%20es%20el%20PESA.pdf> (12/09/2016).
- Sánchez, C., Osada, S., Ortiz, T., Espitia, E., Rendón, G. 1990. Etiología e incidencia de la mancha negra del tallo en *Amaranthus* sp. y otras enfermedades. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 8: 102-106.
- Santamaría, A. C. 2014. Entre conejos y alegrías: proceso productivo y valoración del amaranto en Tochimilco, Puebla. San Pedro Cholula, Puebla, México. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. 105 p.

SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social). 2011. Atlas de Riesgo del municipio de Tochimilco. En línea: [http://www.normateca.sedesol.gob.mx/work/models/SEDESOL/Resource/2612/Atlas\\_Estados/21188\\_TOCHIMILCO/ATLAS%20DE%20RIESGO%20DE%20TOCHIMILCO%202011.pdf](http://www.normateca.sedesol.gob.mx/work/models/SEDESOL/Resource/2612/Atlas_Estados/21188_TOCHIMILCO/ATLAS%20DE%20RIESGO%20DE%20TOCHIMILCO%202011.pdf) (16/12/2015).

SENASICA (Secretaría Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2009. Campaña; Manejo fitosanitario de amaranto. En línea: <http://www.senasica.gob.mx/includes/asp/download.asp?iddocumento=11683&idurl=16623> (19/12/2015).

SIAP (Sistema de Información Agrícola y Pecuaria). 2014. Cierre de la producción agrícola por estado. En línea: <http://www.siap.gob.mx>. (19/11/2015).

Simpson, K. 1991. Abonos y estiércoles. Acribia. Zaragoza, España. 286 p.

Toledo, V. 2005. La memoria tradicional: la importancia agroecológica de los saberes locales. LEISA Revista de Agroecología, 20 (4): 16-19.

Villaret, A. 1994. El enfoque sistémico aplicado al análisis del medio agrícola: Introducción al marco teórico y conceptual. Praxis del desarrollo rural 1. Pradem/CICDA. Perú. 87 p.

## CAPÍTULO IV. FERTILIZACIÓN ORGÁNICA-MINERAL DEL CULTIVO DE AMARANTO (*Amaranthus hypochondriacus* L.)

### 4.1. Resumen

El objetivo de ésta investigación fue evaluar el efecto de diferentes dosis de fertilización orgánica-mineral en el rendimiento de grano y altura de planta de amaranto; además, de determinar si existe correlación alguna entre las densidades de plantas y el rendimiento. El diseño experimental utilizado fue bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. El experimento se condujo bajo el sistema tradicional de siembra directa durante los ciclos de cultivo (2014-2015). Los tratamientos se obtuvieron por medio de la matriz Plan Puebla I, los factores y niveles de estudio fueron: Nitrógeno (20, 40, 80 y 100 kg ha<sup>-1</sup>), fosforo (0, 20, 40 y 60 kg ha<sup>-1</sup>) y composta de estiércol de bovino (0.5, 1, 2 y 3 t ha<sup>-1</sup>), agregándose 40 kg ha<sup>-1</sup> de potasio a los tratamientos; y el testigo (00-00-00-00). Las variables evaluadas fueron rendimiento de grano por m<sup>2</sup>, rendimiento por planta y altura de planta. Al momento del corte de panoja también se contó el número de plantas por unidad experimental con la finalidad de correlacionar la densidad de plantas y el rendimiento. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Tukey, p<0.05) en altura de planta, rendimiento por planta y rendimiento por m<sup>2</sup>; en ambas variables de rendimiento el mejor tratamiento fue 80-20-00 kg ha<sup>-1</sup> de NPK más una tonelada de composta. Se encontró una correlación negativa significativa (r = -0.38982; Pearson, p<0.05) entre el número de plantas y altura de planta; y entre número de plantas y rendimiento por planta. (r = -0.73993; Pearson, p<0.05).

**Palabras clave:** altura de plantas, composta, densidad de plantas, rendimiento, sistema tradicional de siembra

### 4.2. Abstract

The objective of this research was to evaluate the effect of different doses of organic-mineral fertilization on grain yield and plant height amaranth; also determine whether there is any correlation between the densities of plants used by local producers and yield. The experimental

design was randomized complete block with four replications. The experiment conducted under the traditional system of direct seeding during two cropping seasons (2014-2015). The treatments were obtained through the matrix Plan Puebla I, factors and levels of study were nitrogen (20, 40, 80 and 100 kg ha<sup>-1</sup>), phosphorus (0, 20, 40 and 60 kg ha<sup>-1</sup>) and composted cattle manure (0.5, 1, 2 and 3 t ha<sup>-1</sup>), adding 40 kg ha<sup>-1</sup> potassium to treatment; and the control (00-00-00-00). The variables evaluated were grain yield per m<sup>2</sup>, yield per plant and plant height. In addition, at the time of panicle cut the number of plants counted per experimental unit for making correlation analysis between plant density and performance. Statistically significant differences (Tukey, p <0.05) were found in plant height, yield per plant and yield per m<sup>2</sup>; In both yield variables, the best treatment was 80-20-00 kg ha<sup>-1</sup> of NPK plus one ton of compost. A significant negative correlation between the number of plants and plant height ( $r = -0.38982$ ; Pearson,  $p < 0.05$ ), and number of plants and yield per plant ( $r = -0.73993$ ; Pearson,  $p < 0.05$ ) was found.

**Key words:** Plant height, compost, plant density, yield, traditional seeding system

### 4.3. Introducción

El amaranto es uno de los múltiples cultivos domesticados y utilizados en México desde hace más de 4000 años (Alejandre y Gómez, 1999; Alejandre *et al.*, 2012). También es cultivado en otros países por su gran diversidad genética y extremadamente adaptable a condiciones adversa de crecimiento (Soriano-Santos *et al.*, 2015). En la cultura azteca, el amaranto era conocido como “huautli”, el cual tuvo gran valor comercial, ya que se utilizaba como moneda de cambio debido a que fue uno de los tributos que 17 de las 20 provincias del imperio azteca daban a la “Gran Tenochtitlán” (Aguilar y Alatorre, 1978). La semilla y hoja del amaranto fueron utilizados en ceremonias religiosas (Sauer, 1950), que aunado a la sustitución de los cultivos nativos por los introducidos del Viejo Mundo (que eran preferidos por los españoles), actuaron de manera conjunta para reducir el cultivo de amaranto de manera drástica (Becerra, 2000). Afortunadamente el arraigo de las costumbres en los pueblos es muy fuerte, y el cultivo del amaranto se mantuvo hasta la fecha, aunque a pequeña escala, gracias al conocimiento y la acción de grupos de agricultores (Sauer, 1979; Becerra, 2000). Es por ello, que los potenciales agrícolas de los sistemas

socioculturales y biológicos en el curso de la coevolución, están presentes en sus sistemas de conocimiento (Kallis y Norgard, 2010).

Algunos estudios han revelado que antes de la llegada de los españoles, el amaranto se cultivaba en áreas productivas desde lo que ahora es el estado de Arizona en Estados Unidos hasta la zona central del altiplano mexicano (Bostid, 1984). El conocimiento sobre el manejo del cultivo de amaranto, se concibió con base al método de prueba y error, y experimentando hasta lograr un equilibrio productivo, la conservación de la tierra y el uso cultural de los productos que de ella se obtienen (Abasolo, 2011). El cultivo de amaranto le permite al agricultor obtener recursos económicos que aporten ingreso a la unidad de producción (Sánchez *et al.*, 2015). Aunque, la falta de organización de los productores para vender el grano, ha sido un aspecto vulnerable de la cadena, debido a que el 80 % de los productores decide vender a intermediarios, quienes colocan el precio en la cosecha, esto origina que disminuya o se incremente la oferta y la demanda (Espitia-Rangel *et al.*, 2014).

En México, el crecimiento de la producción de amaranto está determinado por la combinación del incremento de la superficie y el rendimiento en un 66.12 %. La relación con el crecimiento de la productividad, depende de la adopción de innovaciones tecnológicas, que son recomendadas según las características de la zona de producción (Estrada *et al.*, 2006).

El amaranto se cultiva en condiciones de temporal, tolera la sequía y su rendimiento puede ser mayor o similar al de otros cultivos en igualdad de circunstancias, aparte de que es una alternativa de producción y consumo adecuada a regiones marginadas del país (Barrales *et al.*, 2010). El cultivo se desarrolla en pequeñas comunidades con escasez de agua y de tecnología para la producción y transformación en las regiones productoras del país (De la O *et al.*, 2012). Sin embargo, los productores no cuentan con un paquete tecnológico adecuado que les permita aumentar sus rendimientos (Espitia-Rangel *et al.*, 2014).

El amaranto es un cultivo de temporal, asociado pobremente a la disponibilidad de humedad y las necesidades de fertilizantes definidos por las condiciones del suelo. Es conocido que el nitrógeno es el elemento más restrictivo en el crecimiento de un cultivo; en amaranto se menciona que a

medida que el ambiente sea más favorable se deberá aplicar mayor cantidad de N (Schultz-Schaeffer *et al.*, 1989; Ramírez *et al.*, 2011). Aunque, se sabe que estudios realizados en variedades de amaranto con niveles de 0 a 180 kg ha<sup>-1</sup> de N, el rendimiento se incrementó en 45% con la dosis más alta (Myers, 1998). En otro estudio sobre fertilización en variedades de amaranto, se encontró rendimientos más altos, asociado a las formulas 80-60-40 y 80-30-40 con 1,668.7 y 1,660.9 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente; y la variedad DGTA con 1 778.2 kg ha<sup>-1</sup> y a la densidad de 100 000 plantas ha<sup>-1</sup> (Ramírez, *et al.* 2011).

Entre los parámetros de producción de amaranto en México, el estado de Tlaxcala es el que registra la mayor superficie cosechada (2,491 ha) y la mayor producción (3,509.40 toneladas); seguido por Puebla con 1,950 ha cosechadas y 2,188.70 toneladas de amaranto (SIAP, 2014). En el estado de Puebla, el municipio de Tochimilco produjo 1,097 toneladas, lo cual representa el 19.77 % de la producción nacional y el 50.12 % de la producción estatal (SIAP, 2014). No obstante, Tochimilco registra un rendimiento promedio de una t ha<sup>-1</sup>, el cual dista del rendimiento alcanzado en municipios del Estado de México (1.95 t ha<sup>-1</sup>) y de la media nacional (1.31 t ha<sup>-1</sup>).

Por otra parte, debido a la incorporación de abono animal (estiércol) y residuos orgánicos, la fertilización química que realizan al cultivo de amaranto es mínima, ya que en la primera labor aplican un bulto de fosfato diamónico DAP (18-46-00) mezclado con dos bultos de urea (46-00-00), equivalente a una dosis de 55-25-00 kg de NPK por ha<sup>-1</sup> (Sánchez *et al.*, 2015). Sin embargo, las dosis de fertilización utilizadas en la región por los productores locales pueden variar al aplicar el fertilizante en primera y segunda labor adicionado a compost de lombriz, según el sistema de producción de amaranto. Por lo tanto, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto que tiene la fertilización orgánica-mineral en el rendimiento de grano y altura de planta de amaranto; además, determinar si existe correlación alguna entre la densidad de plantas y el rendimiento.

## 4.4. Materiales y Métodos

### Localización

El municipio de Tochimilco se encuentra en la parte centro oeste del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son 18° 49' 12" y 49° 02' 54" de latitud norte y los meridianos 98° 31' 42" y 94° 43' 00" de longitud occidental. El municipio presenta cuatro tipos de clima, en las partes bajas (2 % del territorio) el clima es semicálido subhúmedo con lluvias en verano (A)C(w1) (Köppen, 1936), en las laderas inferiores de la Sierra Nevada (69 % del territorio) donde se localiza la comunidad de San Miguel Tecuanipa lugar donde fue establecido el experimento en una parcela de productor cooperante (2,300 msnm; tipo de suelo *phaeozem*, con pH: 5.5; porcentaje de materia orgánica: 1.4; conductividad eléctrica: 0.12 mmhos/cm; capacidad de intercambio catiónico: 16.7 meq/100g), el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano C(w1). En la zona intermedia entre las faldas inferiores de la sierra y las partes más elevada del volcán Popocatepetl el 24 % del territorio, el clima es semifrío subhúmedo con lluvias en verano Cb' (w2); y en las zonas más elevadas del volcán el 5 % del territorio, se identifica el clima frío (ET). La precipitación media anual fluctúa de 800 a 1,300 mm y la precipitación media mensual es de 60 mm (INEGI, 2009).

### Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, el tamaño de la unidad experimental fue de cuatro surcos de 2 m de largo por 2.40 m de ancho (0.60 m entre surco) y la parcela útil fue los dos surcos centrales y eliminando una mata en ambos lados. Los tratamientos se obtuvieron por medio de la matriz Plan Puebla I (Turrent y Laird, 1975). Los factores y niveles de estudio fueron: Nitrógeno a cuatro niveles 20, 40, 80 y 100 kg ha<sup>-1</sup>; fosforo 0, 20, 40 y 60 kg ha<sup>-1</sup>; composta de estiércol de bovino 500, 1000, 2000 y 3000 kg ha<sup>-1</sup>; más 40 kg ha<sup>-1</sup> de potasio para los tratamientos de fertilización y un tratamiento testigo N-P-K (00-00-00) sin aplicación de composta como tratamientos adicionales. El número total de tratamientos fue de dieciséis (Cuadro 4.1). Las variables evaluadas, durante dos ciclos de cultivo (2014-2015) fueron rendimiento por m<sup>2</sup>, rendimiento por planta y altura de planta. Al momento del corte de panoja

también se contó el número de plantas por unidad experimental con la finalidad de evaluar si existe una correlación entre la densidad de plantas y el rendimiento.

Cuadro 4.1. Tratamientos evaluados

| No. T | N-P-K-c   | No. T | N-P-K-c   | No. T | N-P-K-c    | No. T | N-P-K-c     |
|-------|-----------|-------|-----------|-------|------------|-------|-------------|
| 1     | 40-20-0-1 | 5     | 80-20-0-1 | 9     | 20-20-0-1  | 13    | 40-20-0-0.5 |
| 2     | 40-20-0-2 | 6     | 80-20-0-2 | 10    | 100-40-0-2 | 14    | 80-40-0-3   |
| 3     | 40-40-0-1 | 7     | 80-40-0-1 | 11    | 40-0-0-1   | 15    | 80-40-40-0  |
| 4     | 40-40-0-2 | 8     | 80-40-0-2 | 12    | 80-60-0-2  | 16    | 0-0-0-0     |

Fuente: Elaboración propia. No. T = Número de tratamiento. N = nitrógeno. P = fósforo. K = potasio. c = composta.

### Labores de cultivo y cuantificación de variables

El cultivo se desarrolló bajo el sistema tradicional de siembra directa (Espitia *et al.*, 2010), el cual consiste en sembrar la semilla a lo alto del surco, utilizando la técnica de mateado, a una distancia aproximada de 30 cm. Después de un mes, se eliminan plantas sobrantes (deshije), dejando de tres a cinco plantas por mata. En la cosecha, se cortan las inflorescencias (comúnmente llamadas panojas) con una hoz y se deja el tallo de pie. Con las panojas se hacen gavillas y se dejan secar sobre los surcos hasta que las semillas se puedan desprender fácilmente golpeándolas con varas, sobre mantas o lonas; una vez que la semilla se desprende se cierne para retirar el tamo.

En el año 2014 la siembra se realizó el 16 de junio, y en el año 2015 el 12 de junio. En ambos ciclos de cultivo, la primera fertilización, se realizó con el 50 % de la dosis de N, y el 100 % de la dosis de P, K y composta, se aplicó 10 días después de la siembra, una vez que las plantas de amaranto habían emergido. La segunda fertilización, con el otro 50 % de las dosis de N, se aplicó a los 40 días después de la siembra. El deshije de plantas se efectuó 30 días después de la siembra, dejando entre tres y cinco plantas por mata. La altura de planta se midió, con un estadal (Marca Geosurv), la primera semana del mes de noviembre cuando las plantas ya había alcanzado la madurez fisiológica. El corte de la panoja se realizó la segunda semana del mes de noviembre y



la trilla el 15 de diciembre, de forma manual. Posterior a la trilla se limpió la semilla y se pesó en una balanza electrónica (marca Moretti, 15 kg) para cuantificar el rendimiento.

### **Análisis estadístico**

El análisis de varianza se realizó mediante el procedimiento PROC GLM de SAS (2004), en tanto que para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ( $p= 0.05$ ). Para las pruebas de correlación se utilizó el procedimiento PROC CORR (SAS, 2004), para conocer el nivel de significancia se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson.

### **4.5. Resultados y Discusión**

De acuerdo con los resultados estadísticos el modelo es correcto para explicar el efecto de la fertilización química-orgánica en la altura de planta, rendimiento por  $m^2$  y rendimiento por planta del cultivo de amaranto (Cuadro 4.2), los cuales fueron significativos ( $p< 0.05$ ), y altamente significativos ( $p< 0.01$ ).

El efecto por la fertilización orgánica-mineral en AP,  $RM^2$  y RP, se observa en el Cuadro 3, en general la planta requiere de cantidades de N entre 20 a 80  $kg\ ha^{-1}$ , de P entre 00 a 40  $kg\ ha^{-1}$  y de una a tres  $t\ ha^{-1}$  de compost de lombriz. Sin embargo, la mayor altura se logró de manera significativa (Tukey,  $p \leq 0.05$ ), con la dosis de 40  $kg\ ha^{-1}$  de N y el nivel más bajo de fósforo y 1  $t\ ha^{-1}$  de compost de lombriz; al permanecer de manera constante el N y compost de lombriz (11, 1 y 3), se puede observar baja respuesta a fósforo. Resultados cercanos fueron encontrados por Ramírez *et al.* (2011).

Al analizar la variable  $RM^2$  se encontraron diferencias altamente significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ). Se puede observar en la Tabla 3, que el rendimiento por  $m^2$  más alto, se obtiene en el tratamiento 5 con la dosis 80-20-00-1  $kg\ ha^{-1}$  y  $t\ ha^{-1}$  de NPK y c, superando al resto de los tratamientos probados; el testigo fue el de más bajo valor (101.60  $kg\ ha^{-1}$ ). Se examinó de forma constante la dosis de fósforo y compost de lombriz, y variando el nivel de nitrógeno (9, 1, 5) para confirmar la dosis de N. De acuerdo con Schultz-Schaeffer, *et al.* (1989); Ramírez *et al.* (2011), el N es un

elemento limitante para el crecimiento de un cultivo, además a medida que el ambiente es más favorable se deberá aplicar mayor cantidad de la dosis de N, y se incrementa el rendimiento de grano de amaranto, donde los rendimientos más altos se asocian a las fórmulas 80-60-40 y 80-30-40.

Cuadro 4.2. Cuadrados medio y nivel de probabilidad del modelo para las variables altura de planta, rendimiento por m<sup>2</sup> y rendimiento por planta en amaranto.

| Variables   | Fuente | Grados de libertad | Cuadrados medios | F calculada | Pr > F |
|---|--------|--------------------|------------------|-------------|--------|
| Altura de planta (AP)                             | Modelo | 18                 | 0.04911029       | 2.73**      | 0.0007 |
|   | Error  | 109                | 0.0179614        |             |        |
|   | Total  | 127                |                  |             |        |
| Rendimiento por m <sup>2</sup> (RM <sup>2</sup> ) | Modelo | 18                 | 4897.349         | 10.54***    | <.0001 |
|   | Error  | 109                | 464.6455         |             |        |
|   | Total  | 127                |                  |             |        |
| Rendimiento por planta (RP)                       | Modelo | 18                 | 654.47568        | 3.39***     | <.0001 |
|   | Error  | 109                | 193.27378        |             |        |
|   | Total  | 127                |                  |             |        |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo. \* = significativo en valor de Fc ( $\alpha = 0.05$ );

\*\* = significativo valor de Fc ( $\alpha = 0.01$ ).

El rendimiento por planta tuvo un comportamiento similar y fue significativo en el mismo tratamiento 5, mostrando efecto en 64.63 g de grano, igualmente superó al resto de los tratamientos y por encima del testigo con diferencia de 29.84 g. Sin embargo, es de importancia específica observar respuestas para la variable RP en el tratamiento ocho con la dosis 80-40-00-2 kg ha<sup>-1</sup> de N y 40 de fósforo con dos t ha<sup>-1</sup> de compost de lombriz (Cuadro 4.3). En el cual el RP se le atribuye a la composta cuando se deja de manera constante el nivel de N y P, con una diferencia de 3.97 g. Resultados similares muestran Ramírez *et al.* (2011) y Myers (1998) para condiciones de temporal

con fertilizante químico. De acuerdo con Sánchez y Argumedo (2015), el hecho de incorporar estiércol y residuos orgánicos disminuye la dosis de fertilización.

Respecto al CV de cada una de las variables estudiadas se observan que son menores para AP de 0.35,  $RM^2$  de 14.48 y RP de 8.20 (Cuadro 4.3). Mientras que la DMS es de 0.23, 37.80 y 24.38, respectivamente.

Cuadro 4.3. Efectos por la fertilización orgánica mineral en valores promedio de variables en el cultivo de amaranto (2014-2015).

| Elemento | No. | Dosis<br>N - P - K - c | AP<br>(m) | $RM^2$<br>(g) | RP<br>(g) |
|----------|-----|------------------------|-----------|---------------|-----------|
| N        | 9   | 20-20-00-1             | 1.67c     | 182.36b       | 41.14b    |
|          | 1   | 40-20-00-1             | 1.58b     | 154.03b       | 51.29b    |
|          | 5   | 80-20-00-1             | 1.73c     | 201.81a       | 64.63a    |
| P        | 11  | 40-00-00-1             | 1.83a     | 114.69c       | 38.52c    |
|          | 1   | 40-20-00-1             | 1.58b     | 154.03b       | 51.29b    |
|          | 3   | 40-40-00-1             | 1.58b     | 134.65c       | 36.73c    |
| C        | 14  | 80-40-00-3             | 1.52b     | 144.74c       | 39.34c    |
|          | 8   | 80-40-00-2             | 1.72c     | 184.64b       | 60.66ab   |
|          | 7   | 80-40-00-1             | 1.62c     | 124.32c       | 31.58c    |
|          |     | CV                     | 0.35      | 14.48         | 8.20      |
|          |     | DMS                    | 0.23      | 37.80         | 24.38     |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo. N = Nitrógeno, P = Fósforo, K = Potasio, c = Composta, AP = Altura de planta,  $RM^2$  = Rendimiento por metro cuadrado, RP = Rendimiento por planta, CV = Coeficiente de variación,  $R^2$  = R cuadrada, DMS = Diferencia Mínima Significativa.

La distribución de la AP con respecto a los distintos tratamientos evaluados en el análisis de varianza, expresaron diferencias estadísticamente significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ). Una apreciación más amplia sobre la respuesta a las dosis de NPK más compost se observa en la Figura 4.1. La

dosis de fertilización 80-40-00 kg ha<sup>-1</sup> de NPK más tres toneladas de composta ha<sup>-1</sup> subestima el valor de 1.52 m en el TR 14. Cuando el tratamiento 40-00-00 kg ha<sup>-1</sup> de NPK más una tonelada de composta ha<sup>-1</sup> sobreestimó el valor en altura de 1.83 m en el TR 11 (Figura 4.1). Con todo esto, la planta solo necesita de 1 t ha<sup>-1</sup> de compost de lombriz para ganar 0.31 m en altura, al bajar el nivel de N, P y compost de lombriz. Estos resultados contrastan con lo reportado por Pospisil *et al.* (2006), quienes mencionan que la fertilización no tiene efecto significativo en la altura de planta de amaranto. Al realizar una prueba de correlación se encontró que a mayor número de plantas por unidad experimental la altura de plantas disminuye (Figura 4.2), lo cual coincide con lo reportado por Gimplinger *et al.* (2007) quienes señalan que la altura de planta disminuye con el incremento en la densidad de plantas. Por su parte Torres *et al.* (2006) y Ramírez *et al.* (2011) encontraron que la altura de *A. hypochondriacus* se incrementa con la densidad de plantas.

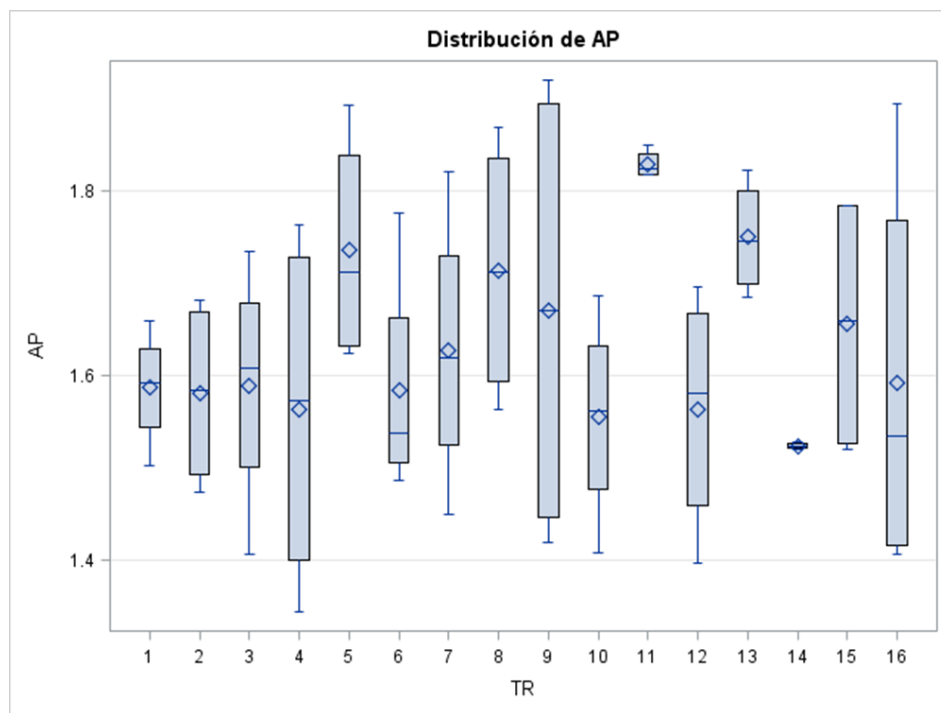


Figura 4.1. Altura media de plantas de amaranto obtenidas con diferentes dosis de N-P-K y composta en los años 2014 y 2015.

Fuente: Elaboración propia con datos de campo. Las barras verticales representan el intervalo de confianza  $\pm$  de la media de la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). AP = altura de planta (m). TR = tratamiento.

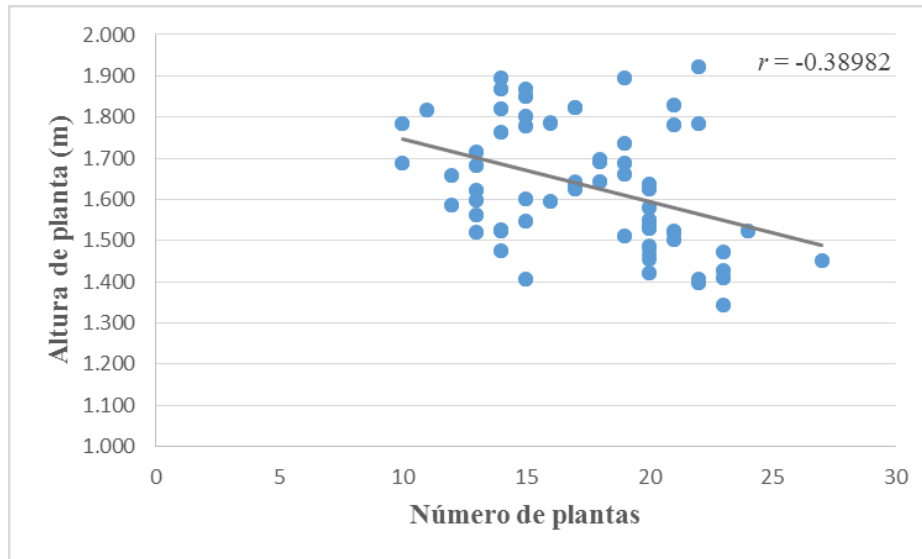


Figura 4.2. Correlación entre número de plantas y altura de plantas de amaranto.

Fuente: Elaboración propia con datos de campo. \* La correlación es significativa al nivel 0.05, de acuerdo al coeficiente de Pearson.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) en rendimiento por  $m^2$  y rendimiento por planta. Siendo la fórmula de fertilización 80-20-00  $kg\ ha^{-1}$  de NPK más una tonelada de composta  $ha^{-1}$  con la que se obtuvo el mayor rendimiento en ambas variables (Figura 4.3 y 4.4). En relación a las dosis de N, estos resultados son similares a los reportados por Ojo *et al.* (2007) quienes mencionan que en condiciones de temporal las dosis de N óptimas deberán estar en el rango de entre 60 y 80  $kg\ ha^{-1}$ . No obstante, Myers (1998) en un experimento realizado en Missouri, Estados Unidos evaluó dosis de 0 a 180  $kg\ N\ ha^{-1}$  y encontró mayor rendimiento con la dosis más alta. Por su parte, Makus (1991) evaluó dosis de 0, 60, 120 y 240  $kg\ N\ ha^{-1}$  y no encontró diferencias estadísticas en el rendimiento.

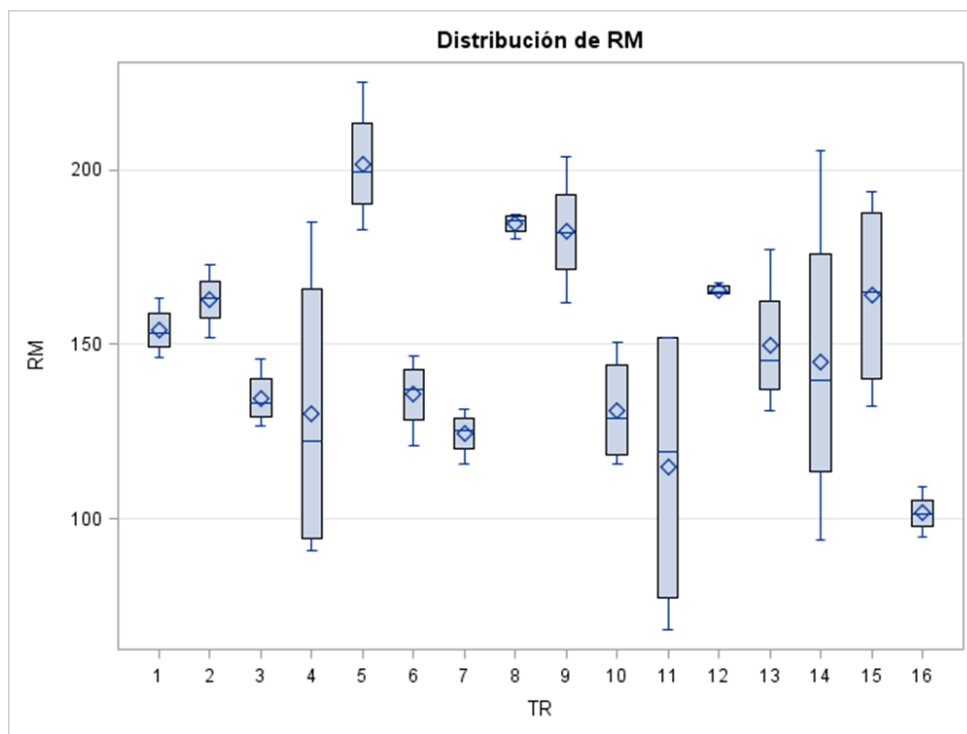


Figura 4.3. Rendimiento medio de amaranto obtenido en un m<sup>2</sup> con diferentes dosis de N-P-K y composta en los años 2014 y 2015.

Fuente: Elaboración propia con datos de campo. Las barras verticales representan el intervalo de confianza  $\pm$  de la media de la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). RM=rendimiento de amaranto ( $g/m^2$ ).

TR=tratamiento.

El mayor rendimiento obtenido por m<sup>2</sup> (201.81 g), con la dosis 80-20-00 kg de NPK ha<sup>-1</sup> más una tonelada de composta ha<sup>-1</sup>, es equivalente a 2,018.1 kg ha<sup>-1</sup>, el cual es considerablemente mayor al rendimiento promedio de 1,000 kg ha<sup>-1</sup> reportado en el municipio (SIAP, 2014), al rendimiento de 1,016 kg ha<sup>-1</sup> obtenido con el tratamiento testigo y al rendimiento de 1,668.73 kg ha<sup>-1</sup>, obtenido con dosis de 80-60-40 en localidades de San Miguel del Milagro Tlaxcala y Montecillo Estado de México (Ramírez *et al.*, 2011).

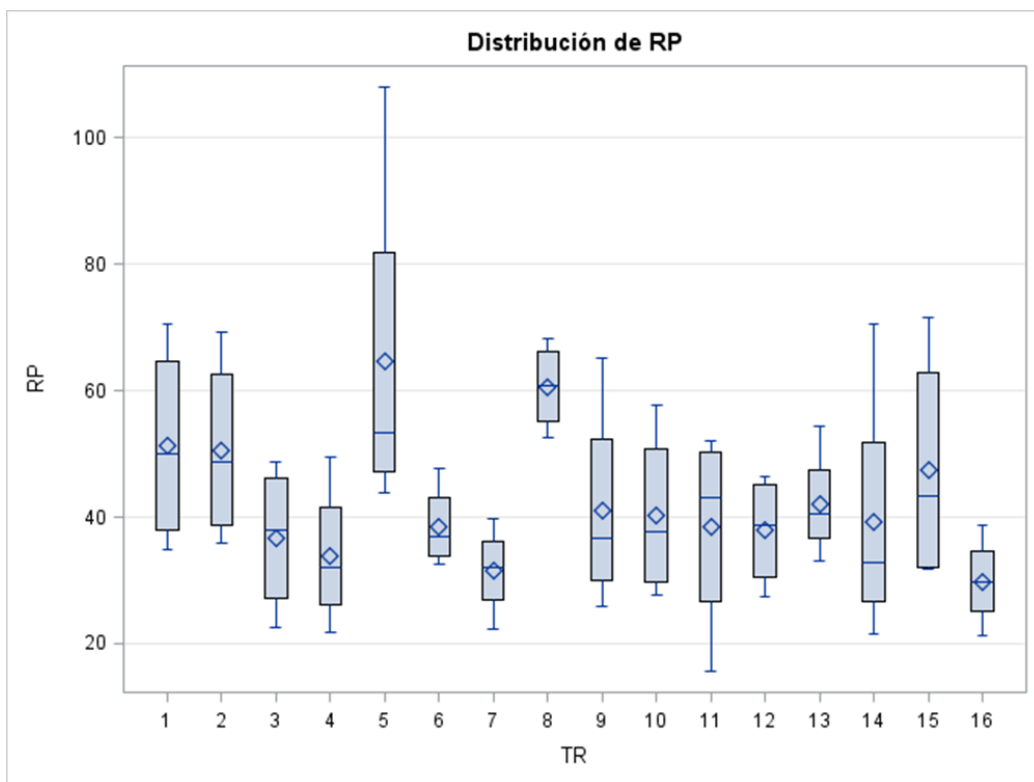


Figura 4.4. Rendimiento promedio de amaranto por planta obtenido con diferentes dosis de N-P-K y composta en los años 2014 y 2015.

Fuente: Elaboración propia con datos de campo. Las barras verticales representan el intervalo de confianza  $\pm$  de la media de la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). RP=rendimiento de amaranto ( $g/planta^{-1}$ ). TR=tratamiento.

Se observó una correlación negativa entre el número de plantas y el rendimiento por planta (Figura 4.5); lo cual significa que a mayor número de plantas menor rendimiento por planta o viceversa. Esto concuerda con lo mencionado por Ramírez *et al.* (2011) quienes reportaron que a menor número de plantas  $ha^{-1}$  mayor rendimiento de semilla de amaranto. No obstante, Díaz *et al.* (2004); Torres *et al.* (2006); y Arellano y Galicia (2007) encontraron que a mayor densidad de plantas mayor será el rendimiento de grano. Por su parte, Henderson *et al.* (2000) señalan que la densidad de plantas no tiene un efecto significativo en el rendimiento de grano de amaranto.

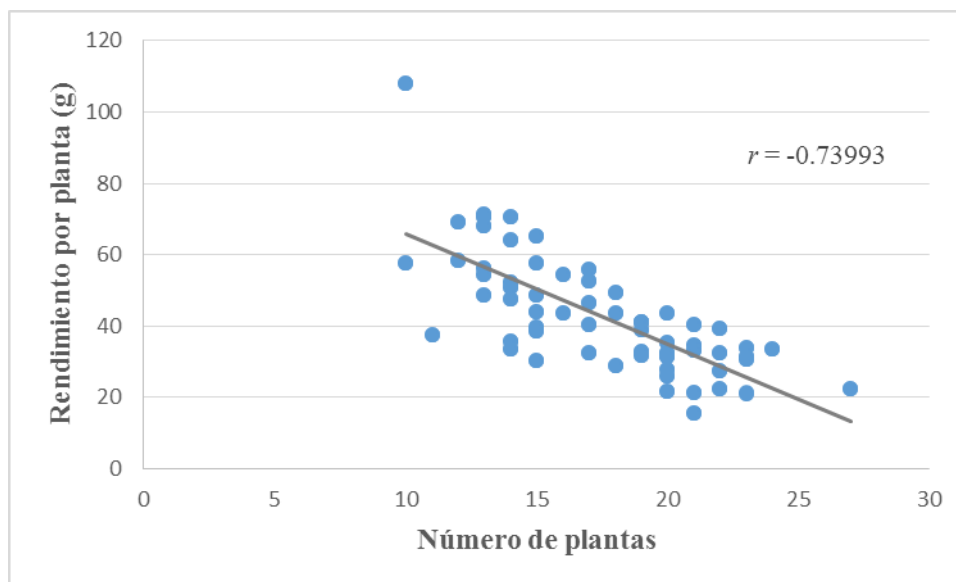


Figura 4.5. Correlación entre número de plantas y rendimiento de amaranto por planta.

Fuente: Elaboración propia con datos de campo. \*La correlación es significativa al nivel 0.05, de acuerdo al coeficiente de Pearson.

#### 4.6. Conclusiones

Con la fórmula de fertilización orgánica-mineral 80-20-00 kg ha<sup>-1</sup> de NPK más una tonelada de composta ha<sup>-1</sup> es posible incrementar significativamente el rendimiento de grano de amaranto localmente. Debido a la alta correlación negativa encontrada entre la densidad de plantas y el rendimiento, y a las características propias del sistema tradicional de siembra directa en donde la densidad de plantas es altamente variable, en próximas investigaciones es indispensable agregar como factor de estudio la densidad de plantas.

#### 4.7. Literatura citada

- Abasolo, P. V. 2011. Revalorización de los saberes tradicionales campesinos relacionados con el manejo de tierras agrícolas. *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana*, 4(11): 98-120.
- Aguilar, J. y Alatorre, F. 1978. Monografía de la planta de *Amaranthus*. Grupo de Estudios Ambientales A.C, 1(1): 157-203.



- Alejandre, I. y Gómez, F. 1999. Cultivo del amaranto en México. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 245 p.
- Alejandre, I. G., Valdés, L. C., y García, P. J. 2012. Selección y adaptación de variedades criollas de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) en el Noreste de México. *In: Espitia Rangel (Ed.), Amaranto: Ciencia y tecnología. Libro científico No. 2. INIFAP/SINAREFI. México. pp. 249-256.*
- Arellano, J. y Galicia, J. 2007. Rendimiento y características de planta y panoja de amaranto en respuesta a nitrógeno y cantidad de semilla. *Agricultura Técnica de México, 3(3): 251-258.*
- Barrales, D. J., Barrales, E., y Barrales, E. 2010. Amaranto. Recomendaciones para su producción. Universidad Autónoma Chapingo, Plaza y Valdés y Fundación Produce Tlaxcala. México D.F. 16 p.
- Becerra, R. 2000. El amaranto: nuevas tecnologías para un antiguo cultivo. *Biodiversidad, 30: 1-6.*
- Bostid, F. 1984. *Amaranth: Modern Prospects for an Ancient Crop*, National Academy Press, Washington D.C. 74 p.
- De la O, O. M., Espitia, R. E., Rivas, V. P., y Elías T. M. 2012. Propuestas y avances del diseño de un paquete tecnológico para el cultivo de amaranto en el Distrito Federal. *In: Propuestas y avances del diseño de un paquete tecnológico para el cultivo de amaranto en el Distrito Federal. Ayala, G.; Almaguer, V.; Romero, G. y R. López T. (Coord.). Plaza y Valdés. Distrito Federal, México. pp 187-202.*
- Díaz, A., Escalante, A., Trinidad, A., Sánchez, P., Mapes, C., y Martínez, D. 2003. Rendimiento, eficiencia agronómica del nitrógeno y eficiencia en el uso del agua en amaranto en función del manejo del cultivo. *Terra Latinoamericana, 22: 109-116.*
- Espitia, E., Mapes, C., Escobedo, D., De la O, M., Rivas, P., Martínez, G., Cortés, L., y Hernández, J. 2010. Conservación y uso de los recursos genéticos de Amaranto en México. SINEREFI-INIFAP-UNAM. Celaya, Guanajuato, México. 201p.
- Estrada, L. A., Sahagún, C. S., Muruaga, M. J., Hernández, C. J., y Vargas, V. M. 2006. Guía para la producción de amaranto en el Distrito Federal. Folleto para productores No. 16. INIFAP. SAGARPA. México.
- Espitia, E., Rivas, P., De la O, O., Ayala, M., Escobedo, A., y Cortes, D. 2014. La rentabilidad del cultivo de amaranto (*Amaranthus spp.*) en la región centro de México *Ciencia Ergo Sum*. En línea: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10429976006> (01/11/2016).

- Gimplinguer, M., Schulte, G., Dobos, G., and Kaul, P. 2008. Optimum crop densities for potential yield and harvestable yield of grain amaranth are conflicting. *European Journal Agronomy*, 28(2): 119-125.
- Henderson, T., Johnson, B., and Schneiter, A. 2000. Row spacing, plant population, and cultivar effects on grain amaranth in the northern Great Plains. *Agronomy Journal*, 92(2): 329-336.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Prontuario de Información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Tochimilco, Puebla. En línea: <http://www.inegi.org.mx/> (01/04/2016).
- Kallis, G., y Norgard, R. B. 2010. Coevolutionary ecological economics. *Ecological Economics*, 69: 690-699.
- Köppen, W. 1936. Das geographische System der Klimate. *In: Köppen W, Geiger R (Eds.) Handbuch der Klimato - logie. Gebrüder Borntraeger, Berlin. 126 p.*
- Makus, J. 1991. Applied N affects vegetable and seed quality of amaranth. *In: University of Minnesota (Ed.), Proceedings of the fourth amaranth symposium: perspectives on production, processing and marketing. St Paul, Minnesota. U.S.A. pp. 187-188.*
- Myers, R. 1998. Nitrogen fertilizer effect of grain amaranth. *Agronomy Journal*, 90: 597-602.
- Ojo, D., Kintomo, A., Akinrinde, A., and Akoroda, O. 2007. Comparative effect of phosphorus sources for grain amaranth production. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38(1-2): 35-55.
- Pospisil, A., Pospisil, M., Varga, B., and Svecnjack, Z. 2006. Grain yield and protein concentration of two amaranth species (*Amaranthus* spp.) as influenced by the nitrogen fertilization. *European Journal Agronomy*, 25(3): 250-253.
- Ramírez, M., Espitia, E., Carballo, A., Zepeda, R., Vaquera, H., y Córdova, L. 2011. Fertilización y densidad de plantas en variedades de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(6): 855-866.
- Sauer, J. 1950. Amaranth as dye plants among the Pueblo peoples. *Southwest. Journal of Anthropology*, 6: 412-415.
- Sauer, J. 1979. Grain Amaranths: *Amaranthus* spp. (*Amaranthaceae*). *In: Evolution of Crop Plants. Simmonds, N.W (Ed.). Longman Inc. New York. pp 4-7.*

SAS (Statistical Analysis System). 2004. Version 9.0. SAS, Institute Inc., Cary NC., USA.

Sánchez, J., Argumedo, A., Álvarez, J., Méndez, J. y Ortiz., B. 2015. Conocimiento tradicional en prácticas agrícolas en el sistema del cultivo de amaranto en Tochimilco, Puebla. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 12: 237-254.

SIAP (Sistema de Información Agrícola y Pecuaria). 2014. Cierre de la producción agrícola por estado. En línea: <http://www.siap.gob.mx> (15/07/2016).

Soriano, J., Reyes, R., Guerrero, I., Ponce, E., Escalona, H., Almanza, J., Díaz, G., y Román, R. 2015. Dipeptidyl peptidase IV inhibitory activity of protein hydrolyzates from *Amaranthus hypochondriacus* L. grain and their influence on postprandial glycemia in streptozotocin- induced diabetic mice. *African Journal Traditional Complement and Alternative Medicines*, 12(1): 90-98.

Schultz, J., Stallknecht, G., Baldrige, D., and Larson, R. 1989. Registration on Montana-3 grain amaranth germplasm. *Crops Science*, 29: 244-245.

Torres, G., Trinidad, A., Reyna, T., Castillo, H., Escalante, A., y de León, F. 2006. Respuesta de genotipos de amaranto a densidades de población. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 29(4): 307-312.

Turrent, A. y Laird, J. 1975. La matriz experimental Plan Puebla, para ensayos sobre prácticas de producción de cultivos. *Agrociencia*, 19: 117-143.

## CAPÍTULO V. DENSIDADES DE SIEMBRA Y DOSIS DE FERTILIZACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE AMARANTO

### 5.1. Resumen

En los años 2014 y 2015 se evaluó el efecto de tres densidades de siembra (267,857; 357,143; y 446,429 plantas ha<sup>-1</sup>), tres niveles de nitrógeno (40, 80, 120 kg N ha<sup>-1</sup>) y dos niveles de potasio (0 y 20 kg K ha<sup>-1</sup>) en el rendimiento, altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), largo y ancho de la panoja (LP y AP), índice de plantas acamadas (IPA), índice de plantas enfermas (IPE) e índice de plantas con plaga (IPP) en el cultivo de *Amaranthus hypochondriacus* L. En ambos años, los factores N y N\*K mostraron significancia (P<0.01) en el rendimiento; y la densidad mostró significancia (P<0.01) en el LP. En el año 2014, la interacción N\*K expresó significancia (P<0.01) en la AP; y el factor densidad presentó significancia (P<0.01) en el AP y DT. En el IPA, IPE e IPP no se registró ningún factor significativo.

**Palabras clave:** *Amaranthus hypochondriacus* L, nitrógeno, potasio, rendimiento.

### 5.2. Abstract

In 2014 and 2015 were evaluated the effect of three planting densities (267,857; 357,143; y 446,429 plants ha<sup>-1</sup>), three levels of nitrogen (40, 80, 120 kg ha<sup>-1</sup>), and two levels of potassium (0 y 20 kg ha<sup>-1</sup>) in yield, plant height (AP), stem diameter (DT), length and wide of the panicle (LP and AP), index lodged plants (IPA), index of diseased plants (IPE) and index of plants with pest (IPP) in the cultivation of *Amaranthus hypochondriacus* L. In both years, the factors N and N\*K showed significant (P<0.01) in yield; and density showed significant (P<0.01) in the LP. In 2014, N\*K interaction expressed significance (P<0.01) in the AP; and the density factor showed significance (P<0.01) in the AP and DT. In the IPA, IPE and IPP no significant factor was record.

**Key word:** *Amaranthus hypochondriacus* L, nitrogen, potassium, yield

### 5.3. Introducción

El amaranto es uno de los múltiples cultivos domesticados en México (Alejandre y Gómez, 1999). En la cultura azteca, el amaranto o “huautli” tuvo gran valor de cambio debido a que fue un tributo que 17 de las 20 provincias del imperio azteca, debían dar a la “Gran Tenochtitlán” (Aguilar y Alatorre, 1978); además, la semilla y hoja del amaranto eran utilizados en ceremonias religiosas (Sauer, 1950). No obstante, la llegada de los españoles trajo la introducción de cultivos del Viejo Mundo y la sustitución de cultivos nativos, reduciendo el cultivo de amaranto drásticamente (Becerra, 2000). Afortunadamente el arraigo de las costumbres en los pueblos fue fuerte, y el cultivo del amaranto se mantuvo hasta la fecha, aunque a pequeña escala, gracias a la acción de grupos de campesinos (Sauer, 1979; Becerra, 2000).

Actualmente, cinco estados de la República Mexicana siembran amaranto, siendo el principal productor Tlaxcala con 3,509.40 t cosechadas en 2,491 ha; seguido por Puebla con 1,950 ha y 2,188.70 t (Sistema de Información Agrícola y Pecuaria [SIAP], 2014). El municipio de Tochimilco, en el estado de Puebla, produjo 1,097 toneladas, lo cual representa el 19.77 % de la producción nacional y el 50.12 % de la producción estatal (SIAP, 2014).

No obstante, Tochimilco tiene rendimiento promedio de 1.0 t ha<sup>-1</sup>, el cual es de los más bajos del país. Este rendimiento se debe a la incidencia de plagas y enfermedades (Pérez *et al.*, 2011), y la aplicación de dosis de fertilización N-P-K deficientes (Vásquez *et al.*, 2011) por parte de los productores locales. Ramírez *et al.*, (2011) señalan que las dosis de fertilización para el amaranto deben de ser específicas para las condiciones ambientales y el tipo de sistema en el que se cultiva.

En este sentido, las densidades de plantación suelen ser menor en el sistema convencional de trasplante que en el sistema convencional de siembra directa (utilizado en Tochimilco) debido al número de plantas por mata que los productores dejan en el deshije (Espitia *et al.*, 2010), influenciados por sus lógicas productivas. Por tal motivo, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto que tiene la densidad de siembra, y la fertilización nitrogenada y potásica en variables agronómicas (altura de planta, diámetro de tallo, largo y ancho de la panoja, rendimiento, porcentaje de acame) y la incidencia de plagas y enfermedades en la planta de amaranto.

## **5. 4. Materiales y Métodos**

### **Localización**

El municipio de Tochimilco se encuentra en la parte centro oeste del estado de Puebla, en la región central de México. Las coordenadas municipales están entre los paralelos 18° 50' y 19° 02' latitud norte y los meridianos 97° 18' y 97° 27' de longitud oeste. En el municipio existen cuatro tipos de clima, siendo el clima templado subhúmedo con lluvias en verano C(w1) el de mayor predominancia y el que se presenta en la comunidad de Santa Catarina Tepanapa, lugar donde se ubica la parcela del productor cooperante en la que se estableció el experimento (altura 2,280 msnm; tipo de suelo *phaeozem*, con pH 5.5; contenido de materia orgánica 1.4 %; conductividad eléctrica 0.12 cmol cm<sup>-1</sup>; capacidad de intercambio catiónico 16.7 meq/100g). La precipitación media anual oscila de 800 a 1,300 mm y la precipitación media mensual es de 60 mm (Instituto Nacional de Geografía e Informática [INEGI], 2009).

### **Diseño experimental y de tratamientos**

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, la unidad experimental fue de tres surcos de 1.20 m de largo por 1.40 m de ancho (0.70 m entre surco) cada surco con cinco matas de plantas de amaranto (0.30 m entre mata) de raza “Mercado”. El diseño de tratamientos consistió en un factorial de 3x3x2, número de plantas por mata con tres niveles: tres, cuatro y cinco plantas por mata (densidades equivalentes a 267,857; 357,143; y 446,429 plantas ha<sup>-1</sup>); nitrógeno con tres niveles: 40, 80 y 120 kg ha<sup>-1</sup>; y potasio con dos niveles: cero y 20 kg ha<sup>-1</sup>; más 40 kg ha<sup>-1</sup> de fosforo como una constante.

### **Labores de cultivo y cuantificación de variables**

La siembra de amaranto en 2014 se realizó el 30 mayo, y en 2015 el tres de junio; dependiendo de cómo se presente el temporal. El cultivo se estableció bajo el sistema tradicional de siembra directa (Espitia *et al.*, 2010), el cual consiste en sembrar la semilla en lo alto del surco, utilizando la técnica de mateado a una distancia aproximada de 30 cm.

En ambos ciclos, la primera fertilización se realizó a los 10 días después de la siembra (dds), al momento del aporque, con el 50 % de la dosis de N, y el 100 % de la dosis de P y K. La segunda fertilización con el resto del N (50 %) se aplicó en el segundo aporque (60 días después de la siembra). Los deshierbes fueron manual y antes de cada aporque. No se usó ningún pesticida durante el periodo de crecimiento. El deshije de plantas se efectuó a los 30 días dds; dejando tres, cuatro y cinco plantas por mata de acuerdo con el tratamiento en estudio. La última semana de octubre, cuando la mayoría de las panojas habían cambiado de color, indicador más utilizado para reconocer que el amaranto ha alcanzado la madurez fisiológica (Henderson, 1993), se midió la altura de planta (cm), desde la base del tallo hasta el extremo de la panoja, con un estadal Geosurv ®; el diámetro de tallo (cm) a 10 cm sobre lo alto del surco, con un vernier digital Surtek ®; el largo (cm) y ancho (cm) de la panoja con un flexómetro metálico tipo 1-A, modelo: 334, ADIR; y se contó el número de plantas acamadas (inclinación de 45° o más), enfermas o con plaga (identificación visual de los síntomas o de la presencia del patógeno) para posteriormente en gabinete calcular los índices de plantas acamadas (IPA), índice de plantas enfermas (IPE) y índice de plantas con plaga (IPP), dividiendo el número de plantas acamadas, enfermas o con plaga entre el número total de plantas por mata (nueve, doce o quince de acuerdo a cada tratamiento), siendo el valor mínimo cero y el valor máximo uno.

La cosecha se realizó en la segunda semana de noviembre, época en que el 80 % de las plantas habían alcanzado su madurez, la cual se caracteriza por la senescencia y caída de hojas (Henderson, 1993). Se eliminaron matas de orilla y surcos laterales para evitar el efecto de borde, quedando solo la parcela útil de un surco, posteriormente se cortaron las panojas con una hoz y se dejaron los tallos de pie. Las panojas fueron acomodadas en gavilla sobre los surcos para secar al sol.

La trilla se efectuó el 15 de diciembre, de forma manual y golpeando la panoja con varas para desprender las semillas sobre una manta o lona. Enseguida se pasó la semilla por un tamiz para separarla del tamo y envasarla. Posteriormente se pesó la semilla en una balanza electrónica Medidata ® de 500 g, para cuantificar el rendimiento de grano en gramos (g) por mata.

## **Análisis estadístico**

Un análisis de varianza y un a prueba de comparación de medias para efectos individuales y de interacción con base en la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) fueron realizados; además, pruebas de correlación entre variables utilizando el coeficiente de correlación de Pearson se llevaron a cabo. Procedimientos que se realizaron con el software Statistical Analysis System (SAS, 2004).

### **5.5. Resultados y Discusión**

El diámetro de tallo, IPA, IPE e IPP no presentaron diferencias estadísticamente significativas en el ciclo 2014. Aunque, sí existieron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) en el rendimiento con  $1970.24 \text{ kg ha}^{-1}$ , altura de planta con  $1.65 \text{ m}$ , y largo  $29.95 \text{ cm}$  y ancho de la panoja con  $8.51 \text{ cm}$  (Cuadro 5.1). En el caso del rendimiento los factores nitrógeno (N), potasio (K), la interacción N\*K y la interacción N\*K\*D fueron altamente significativos ( $P < 0.01$ ). La interacción N\*K afectó significativamente ( $P < 0.01$ ) la altura de planta. Mientras que en largo y ancho de panoja influyeron los factores densidad (D) y la interacción N\*K de manera significativa (Cuadro 5.2).

La densidad de siembra no influyó en el rendimiento de amaranto, de acuerdo con Henderson *et al.* (2000) quienes señalan que la densidad de plantas no tiene un efecto significativo en el rendimiento de grano de amaranto. Sin embargo, otros autores indicaron que la densidad tiene un efecto significativo en el rendimiento; aunque el efecto es controversial, ya que Ramírez *et al.* (2011) en un estudio realizado en las localidades de San Miguel del Milagro Tlaxcala y Montecillo Estado de México, encontraron que a menor número de plantas por hectárea el rendimiento de semilla de amaranto se incrementó, comportamiento que mencionaron Gimplinguer *et al.* (2007). En contraparte, Arellano y Galicia (2007); Díaz *et al.* (2003) y Torres *et al.* (2006) concluyeron que a mayor densidad de plantas mayor será el rendimiento de grano.



Cuadro 5.1. Promedios de las variables evaluadas en el ciclo 2014 en Tochimilco, Puebla.

| Tratamiento<br>N-P-K-D | Rendimiento<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Altura de<br>planta<br>(m) | Diámetro<br>de tallo<br>(cm) | Largo de<br>panoja<br>(cm) | Ancho de<br>panoja<br>(cm) | IPA    | IPE    | IPP    |
|------------------------|---------------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|--------|--------|--------|
| 40-40-0-3              | 876.49 d                              | 1.20 ab                    | 0.97 a                       | 25.34 ab                   | 5.99 ab                    | 0.08 a | 0.14 a | 0.00 a |
| 80-40-0-3              | 924.11 cd                             | 1.18 ab                    | 0.83 a                       | 24.12 ab                   | 5.34 ab                    | 0.00 a | 0.06 a | 0.03 a |
| 120-40-0-3             | 1489.58 abcd                          | 1.65 a                     | 1.02 a                       | 29.04 ab                   | 8.51 a                     | 0.17 a | 0.20 a | 0.00 a |
| 40-40-20-3             | 1452.38 abcd                          | 1.30 ab                    | 0.93 a                       | 25.78 ab                   | 6.43 ab                    | 0.08 a | 0.03 a | 0.00 a |
| 80-40-20-3             | 1840.77 ab                            | 1.42 ab                    | 1.09 a                       | 28.53 ab                   | 8.01 ab                    | 0.14 a | 0.17 a | 0.00 a |
| 120-40-20-3            | 944.94 bcd                            | 1.16 ab                    | 0.91 a                       | 23.42 ab                   | 6.46 ab                    | 0.00 a | 0.08 a | 0.03 a |
| 40-40-0-4              | 958.33 bcd                            | 1.25 ab                    | 0.90 a                       | 24.10 ab                   | 6.23 ab                    | 0.04 a | 0.15 a | 0.00 a |
| 80-40-0-4              | 910.71 cd                             | 1.13 ab                    | 0.80 a                       | 21.73 ab                   | 5.95 ab                    | 0.08 a | 0.17 a | 0.04 a |
| 120-40-0-4             | 1794.64 abc                           | 1.50 ab                    | 1.00 a                       | 25.88 ab                   | 7.07 ab                    | 0.15 a | 0.15 a | 0.04 a |
| 40-40-20-4             | 1052.08 bcd                           | 1.26 ab                    | 0.93 a                       | 27.22 ab                   | 6.17 ab                    | 0.06 a | 0.11 a | 0.04 a |
| 80-40-20-4             | 1610.12 abcd                          | 1.22 ab                    | 1.04 a                       | 29.95 a                    | 6.72 ab                    | 0.00 a | 0.08 a | 0.02 a |
| 120-40-20-4            | 1126.49 abcd                          | 1.29 ab                    | 0.87 a                       | 22.50 ab                   | 5.53 ab                    | 0.10 a | 0.04 a | 0.00 a |
| 40-40-0-5              | 922.62 cd                             | 0.98 b                     | 0.80 a                       | 21.66 ab                   | 4.39 b                     | 0.05 a | 0.12 a | 0.00 a |
| 80-40-0-5              | 1133.93 abcd                          | 1.14 ab                    | 0.79 a                       | 23.09 ab                   | 5.07 ab                    | 0.05 a | 0.20 a | 0.00 a |
| 120-40-0-5             | 1050.60 bcd                           | 1.22 ab                    | 0.80 a                       | 20.26 b                    | 5.02 ab                    | 0.05 a | 0.10 a | 0.02 a |
| 40-40-20-5             | 1046.13 bcd                           | 1.33 ab                    | 0.89 a                       | 23.67 ab                   | 6.52 ab                    | 0.15 a | 0.15 a | 0.00 a |
| 80-40-20-5             | 974.70 bcd                            | 1.21 ab                    | 0.78 a                       | 22.33 ab                   | 5.43 ab                    | 0.09 a | 0.02 a | 0.00 a |
| 120-40-20-5            | 1970.24 a                             | 1.21 ab                    | 0.88 a                       | 22.50 ab                   | 6.28 ab                    | 0.07 a | 0.12 a | 0.00 a |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo. N= nitrógeno; P= fósforo; K= potasio; D = densidad; IPA= índice de plantas acamadas; IPE= índice de plantas enfermas; IPP= índice de plantas plagadas. Letras diferentes indican medias estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

En cuanto a la fertilización, se encontró que el factor N es el que más influyó en el rendimiento; aunque también, en ambos años la interacción N\*K presentó diferencias altamente significativas (Cuadro 5.2 y 5.4), lo cual se puede observar en el ciclo 2014 en donde el mayor rendimiento se alcanzó con la dosis de fertilización 120-40-20. Sin embargo, el efecto de la aplicación de K no se observa en el ciclo 2015 donde el mayor rendimiento (1,183 kg ha<sup>-1</sup>) se obtuvo con la dosis 80-40-0. Esta situación pudo ser por una baja disponibilidad de humedad al momento de la fertilización, lo cual limitó la absorción del K por la planta.

Cuadro 5.2. Cuadrados medios de las variables evaluadas en el año 2014 en Tochimilco, Puebla.

| Factor | gl | Rendimiento<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Altura de<br>planta<br>(m) | Diámetro<br>de tallo<br>(cm) | Largo de<br>panoja<br>(cm) | Ancho de<br>panoja<br>(cm) | IPA    | IPE    | IPP    |
|--------|----|---------------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|--------|--------|--------|
| REP    | 3  | 5764.42ns                             | 0.34**                     | 0.11**                       | 275.90**                   | 17.04**                    | 0.01ns | 0.03*  | 0.00ns |
| N      | 2  | 20143.06**                            | 0.12ns                     | 0.00ns                       | 6.60ns                     | 1.78ns                     | 0.01ns | 0.00ns | 0.00ns |
| K      | 1  | 24017.01**                            | 0.00ns                     | 0.04ns                       | 25.21ns                    | 3.51ns                     | 0.00ns | 0.05*  | 0.00ns |
| D      | 2  | 991.43ns                              | 0.11ns                     | 0.11**                       | 95.65**                    | 10.98**                    | 0.00ns | 0.00ns | 0.00ns |
| N*D    | 4  | 6482.45ns                             | 0.02ns                     | 0.00ns                       | 2.96ns                     | 0.97ns                     | 0.01ns | 0.01ns | 0.00ns |
| N*K    | 2  | 14686.06**                            | 0.29**                     | 0.07ns                       | 59.66**                    | 6.96*                      | 0.02ns | 0.00ns | 0.00ns |
| K*D    | 2  | 3942.76ns                             | 0.06ns                     | 0.00ns                       | 12.81ns                    | 3.55ns                     | 0.01ns | 0.00ns | 0.00ns |
| N*K*D  | 4  | 31241.12**                            | 0.07ns                     | 0.04ns                       | 32.10ns                    | 4.26ns                     | 0.02ns | 0.03*  | 0.00ns |
| Error  | 51 |                                       |                            |                              |                            |                            |        |        |        |
| Total  | 71 |                                       |                            |                              |                            |                            |        |        |        |
| CV     |    | 28.13                                 | 19.18                      | 17.43                        | 15.09                      | 22.62                      | 127.28 | 91.71  | 337.49 |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo. IPA = índice de plantas acamadas; IPE = índice de plantas enfermas; IPP = índice de plantas plagadas; REP= repetición; N = nitrógeno; K = potasio; D = densidad. \* (P < 0.05); \*\* (P < 0.01); ns = No significativo.

En el ciclo 2015 se registraron diferencias significativas (P < 0.05) en rendimiento y largo de panoja (Cuadro 5.3). En el mismo año, los factores que mayormente afectaron fueron: el N en el rendimiento que mostró diferencia significativa (P < 0.05); la interacción N\*K que presentó diferencia altamente significativa (P < 0.01); y en largo de panoja, la densidad registró diferencia altamente significativa (P < 0.01) y la interacción N\*K diferencia significativa (P < 0.05) (Cuadro 5.4).

En el caso de las variables altura de planta, diámetro de tallo, ancho de panoja, IPA e IPE no hubo diferencias significativas entre las medias (Cuadro 5.3). En este año, al momento de cuantificar las variables, no se registró incidencia de plagas por lo que no se calculó el IPP. Al comparar el ciclo 2014 con el ciclo 2015 se registraron valores menores en rendimiento, altura de planta, diámetro de tallo e IPP, pero se observan valores mayores en largo y ancho de la panoja, IPA e IPE.

Los estudios que se han realizado para determinar cuál es la mejor dosis de fertilización del amaranto, son numerosos. No obstante, al igual que la densidad los resultados han sido diversos, debido a que el cultivo de amaranto es de temporal, y se siembra en diferentes tipos de agrosistemas, por lo tanto, los requerimientos nutricionales están definidos por las condiciones ambientales. Por ejemplo, Ramírez *et al.* (2011) utilizando la dosis de fertilización 80-60-40 obtuvieron un rendimiento de 1,668.73 kg ha<sup>-1</sup>. En cambio, Myers (1998) evaluó dosis de 0 a 180 kg N ha<sup>-1</sup> y encontró mayor rendimiento con la dosis más alta; mientras que Makus (1991) evaluó 0, 60, 120 y 240 kg N ha<sup>-1</sup> y no registró diferencias en el rendimiento. Ojo *et al.* (2007) reportaron que en condiciones de temporal las dosis de N deberán estar en el rango de entre 60 y 80 kg ha<sup>-1</sup>.

Por otra parte, la altura de planta no fue afectada por la densidad, pero sí por la fertilización (Cuadro 5.2 y 5.4), lo cual contrasta con lo reportado por Pospisil *et al.* (2006), quienes observaron que la fertilización no tiene efecto significativo en la altura de planta de amaranto. Aunque, varios autores han encontrado que la densidad afecta la altura de planta de amaranto de diferente manera, por ejemplo: Torres *et al.* (2006) y Ramírez *et al.* (2011) señalan que la altura de *A. hypochondriacus* se incrementa con la densidad de plantas; y en contraste Gimplinger *et al.* (2007) concluyen que la altura de planta disminuye con el incremento en la densidad de plantas.

En relación con el largo de la panoja, se encontró efecto por la densidad y la aplicación conjunta de N y K, difiriendo de los resultados de Ramírez *et al.* (2011) quienes concluyeron que la fertilización y la densidad no tienen efecto significativo en el tamaño de la panoja; y que el largo de la panoja está en función de la variedad sembrada. Por su parte, Arellano y Galicia (2007) probaron dosis de 0, 80 y 160 kg ha<sup>-1</sup> y cuatro cultivares y encontraron que el largo de la panoja está en función del cultivar y el ancho por la fertilización nitrogenada.

Cuadro 5.3. Promedios de las variables medidas en el ciclo 2015 en Tochimilco, Puebla.

| Tratamiento<br>N-P-K-D | Rendimiento<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Altura de<br>planta<br>(m) | Diámetro<br>de tallo<br>(cm) | Largo de<br>panoja<br>(cm) | Ancho de<br>panoja<br>(cm) | IPA    | IPE    | IPP* |
|------------------------|---------------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|--------|--------|------|
| 40-40-0-3              | 681.55 ab                             | 1.12 a                     | 0.78 a                       | 44.53 a                    | 7.18 a                     | 0.42 a | 0.14 a | -    |
| 80-40-0-3              | 870.54 ab                             | 1.02 a                     | 0.79 a                       | 42.92 ab                   | 8.07 a                     | 0.33 a | 0.19 a | -    |
| 120-40-0-3             | 543.15 b                              | 1.10 a                     | 0.77 a                       | 41.11 ab                   | 7.63 a                     | 0.39 a | 0.22 a | -    |
| 40-40-20-3             | 686.01 ab                             | 1.07 a                     | 0.79 a                       | 46.81 a                    | 8.51 a                     | 0.42 a | 0.22 a | -    |
| 80-40-20-3             | 928.57 ab                             | 1.13 a                     | 0.85 a                       | 43.72 a                    | 7.77 a                     | 0.61 a | 0.44 a | -    |
| 120-40-20-3            | 687.50 ab                             | 0.91 a                     | 0.69 a                       | 40.15 ab                   | 6.04 a                     | 0.31 a | 0.19 a | -    |
| 40-40-0-4              | 581.85 ab                             | 1.09 a                     | 0.76 a                       | 39.43 ab                   | 6.80 a                     | 0.48 a | 0.27 a | -    |
| 80-40-0-4              | 1183.04 a                             | 1.15 a                     | 0.85 a                       | 43.56 a                    | 8.51 a                     | 0.33 a | 0.15 a | -    |
| 120-40-0-4             | 641.37 ab                             | 1.06 a                     | 0.84 a                       | 43.52 a                    | 7.75 a                     | 0.48 a | 0.25 a | -    |
| 40-40-20-4             | 793.16 ab                             | 1.07 a                     | 0.74 a                       | 42.79 ab                   | 7.66 a                     | 0.35 a | 0.21 a | -    |
| 80-40-20-4             | 553.57 b                              | 1.09 a                     | 0.81 a                       | 38.72 ab                   | 7.60 a                     | 0.67 a | 0.33 a | -    |
| 120-40-20-4            | 654.76 ab                             | 1.01 a                     | 0.69 a                       | 37.86 ab                   | 6.27 a                     | 0.37 a | 0.21 a | -    |
| 40-40-0-5              | 851.19 ab                             | 0.90 a                     | 0.75 a                       | 29.66 b                    | 5.66 a                     | 0.23 a | 0.19 a | -    |
| 80-40-0-5              | 1053.57 ab                            | 1.01 a                     | 0.70 a                       | 39.31 ab                   | 6.37 a                     | 0.33 a | 0.20 a | -    |
| 120-40-0-5             | 922.62 ab                             | 0.98 a                     | 0.65 a                       | 39.74 ab                   | 6.35 a                     | 0.25 a | 0.12 a | -    |
| 40-40-20-5             | 666.67 ab                             | 1.13 a                     | 0.73 a                       | 41.57 ab                   | 6.42 a                     | 0.40 a | 0.28 a | -    |
| 80-40-20-5             | 668.16 ab                             | 0.96 a                     | 0.65 a                       | 37.31 ab                   | 6.19 a                     | 0.23 a | 0.19 a | -    |
| 120-40-20-5            | 962.80 ab                             | 1.11 a                     | 0.74 a                       | 43.52 a                    | 8.39 a                     | 0.40 a | 0.22 a | -    |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo. N= nitrógeno; P= fósforo; K= potasio; D = densidad; IPA= índice de plantas acamadas; IPE= índice de plantas enfermas; IPP= índice de plantas plagadas. Letras diferentes indican medias estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). \*Al momento de cuantificar la variable no se registró incidencia de ninguna plaga.

Cuadro 5.4. Cuadrados medios de las variables evaluadas en el año 2015 en Tochimilco, Puebla.

| Factor | gl | Rendimiento<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Altura de<br>planta<br>(m) | Diámetro<br>de tallo<br>(cm) | Largo de<br>panoja<br>(cm) | Ancho de<br>panoja<br>(cm) | IPA    | IPE     | IPP |
|--------|----|---------------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|--------|---------|-----|
| REP    | 3  | 1626.38ns                             | 0.02ns                     | 0.05ns                       | 59.63ns                    | 8.03*                      | 0.21ns | 0.02ns  | -   |
| N      | 2  | 5430.06*                              | 0.01ns                     | 0.01ns                       | 0.22ns                     | 1.06ns                     | 0.02ns | 0.01 ns | -   |
| K      | 1  | 3321.13ns                             | 0.00ns                     | 0.01ns                       | 16.79ns                    | 0.06ns                     | 0.06ns | 0.07ns  | -   |
| D      | 2  | 3274.26ns                             | 0.02ns                     | 0.05ns                       | 131.92**                   | 6.84ns                     | 0.13ns | 0.01ns  | -   |
| N*D    | 4  | 2283.31ns                             | 0.02ns                     | 0.01ns                       | 61.89ns                    | 4.16ns                     | 0.02ns | 0.02ns  | -   |
| N*K    | 2  | 7330.67**                             | 0.01ns                     | 0.00ns                       | 109.24*                    | 3.87ns                     | 0.06ns | 0.03ns  | -   |
| K*D    | 2  | 2923.63ns                             | 0.04ns                     | 0.01ns                       | 72.53ns                    | 3.15ns                     | 0.00ns | 0.01ns  | -   |
| N*K*D  | 4  | 3208.17ns                             | 0.04ns                     | 0.01ns                       | 21.79ns                    | 2.93ns                     | 0.10ns | 0.03ns  | -   |
| Error  | 51 |                                       |                            |                              |                            |                            |        |         |     |
| Total  | 71 |                                       |                            |                              |                            |                            |        |         |     |
| CV     |    | 30.70                                 | 15.52                      | 20.19                        | 13.05                      | 24.07                      | 73.28  | 63.68   | -   |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo. IPA = índice de plantas acamadas; IPE = índice de plantas enfermas; IPP = índice de plantas plagadas; REP= repetición; N = nitrógeno; K = potasio; D = densidad. \* (P < 0.05); \*\* (P < 0.01); ns = No significativo.

En ambos ciclos de evaluación las enfermedades registradas fueron la mancha negra del tallo (*Macrophoma* sp.) y el carbón del amaranto (*Thecaphora* sp.). En el caso de las plagas se reportó la incidencia del gusano barrenador del tallo (*Amauromyza abnormalis* Malloch) y el pulgón negro (*Aphis fabae* Scop). En cada año el grado de incidencia fue distinta (Cuadro 5.5).

La incidencia de enfermedades causadas por *Thecaphora* sp. afecta reabsorbiendo los granos de amaranto, por lo que al trillar solo surge un polvo negro, causando la pérdida total del grano de las plantas (Bernal-Muñoz, 1997; Bernal-Muñoz *et al.* 2000). En el caso de *Macrophoma* sp. afecta a la planta desde las primeras etapas de crecimiento y en materiales susceptibles causa acame y caída del grano (Sánchez *et al.* 1991; Arellano-Vázquez, 2001). Los síntomas de *Macrophoma* sp. son lesiones negras o pardas en el tallo de *A. Hypochondriacus*, estos síntomas se diferencian de los hongos del género *Phoma* sp. cuyas lesiones son ovales de color gris claro en el centro y bordes oscuros (Espitia, 1986; Sánchez *et al.* 1990).

Cuadro 5.5. Plagas y enfermedades del amaranto encontradas en los ciclos 2014 y 2015.

| Nombre común                | Especie                                       | 2014 |       | 2015* |       |
|-----------------------------|---|------|-------|-------|-------|
|                             |   | F    | %     | F     | %     |
| Mancha negra del tallo      | <i>Macrophoma</i> sp.                         | 72   | 75.79 | 42    | 22.11 |
| Carbón del amaranto         | <i>Thecaphora</i> sp.                         | 6    | 6.32  | 56    | 29.47 |
|                             | <i>Macrophoma</i> sp. y <i>Thecaphora</i> sp. | 17   | 17.89 | 92    | 48.42 |
| Total                       |   | 95   | 100   | 190   | 100   |
| Gusano barrenador del tallo | <i>Amauromyza abnormalis</i> Malloch          | 6    | 60    | -     | -     |
| Pulgón negro                | <i>Aphis fabae</i> Scop                       | 4    | 40    | -     | -     |
| Total                       |   | 10   | 100   | -     | -     |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo. F = frecuencia. \*En el año 2015 al momento del registro de datos no se detectaron especies plaga.

*Aphis fabae* y *Amauromyza abnormalis* generan considerables mermas en la producción, debido a que *Aphis fabae* puede ocasionar daños directos al cultivo, ya que al alimentarse sobre el floema de las plantas hospederas las ninfas y los adultos extraen nutrientes de la planta y alteran el balance hormonal, además de que pueden transmitir virus e interferir en los procesos fisiológicos debido al melado que excretan (Mills, 1989; Schepers, 1989). En la zona productora de amaranto del Distrito Federal se han reportado infestaciones de *Aphis fabae* de hasta el 30%, por lo que es considerada como uno de los problemas fitosanitarios más importantes de este cultivo (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [SENASICA], 2009).

Una alta correlación negativa entre las variables fue detectada entre el rendimiento y el IPE e IPA, por lo que a mayor IPE (Figura 5.1) e IPA (Figura 5.2) menor rendimiento de amaranto o viceversa.

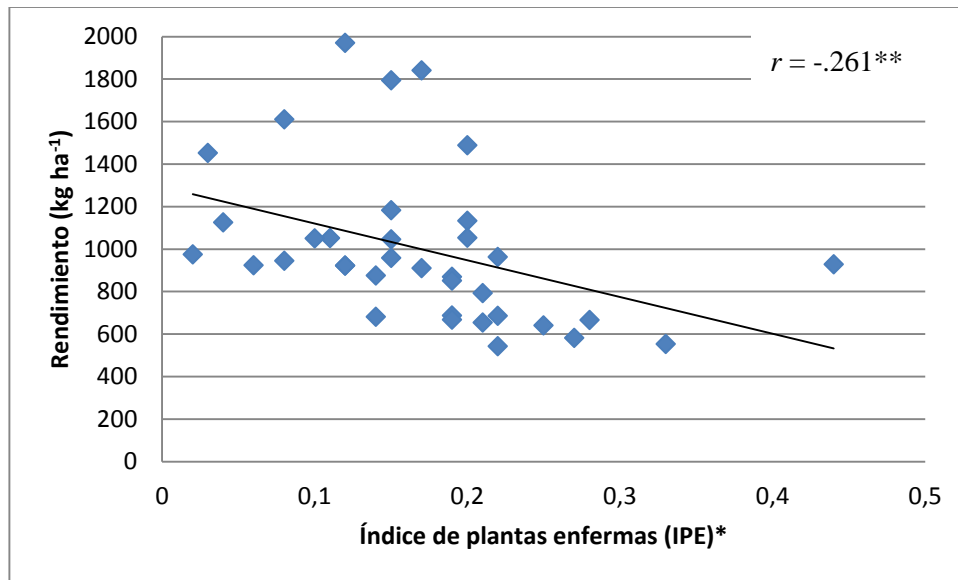


Figura 5.1. Correlación entre el Índice de plantas enfermas y el rendimiento de amaranto.

Fuente: Elaboración propia con datos de campo. \*IPE = número de plantas acamadas entre el número total de plantas. \*\*La correlación es significativa al nivel 0.01, de acuerdo al coeficiente de Pearson.

Estos resultados contrastan con lo mencionado por Putnam (1990) quien al evaluar dos cultivares de *A. hypochondriacus* x *A. hybridus* y densidades de población observó que el porcentaje de acame fue directamente proporcional a la densidad de población. Por su parte, Arellano y Galicia (2007) reportaron que la interacción dosis de N por cultivar afectó significativamente ( $p < 0.01$ ) el porcentaje de acame y el porcentaje de plantas enfermas, por lo que la disponibilidad de nitrógeno influyó sobre el vigor de tallo y la tolerancia a enfermedades.

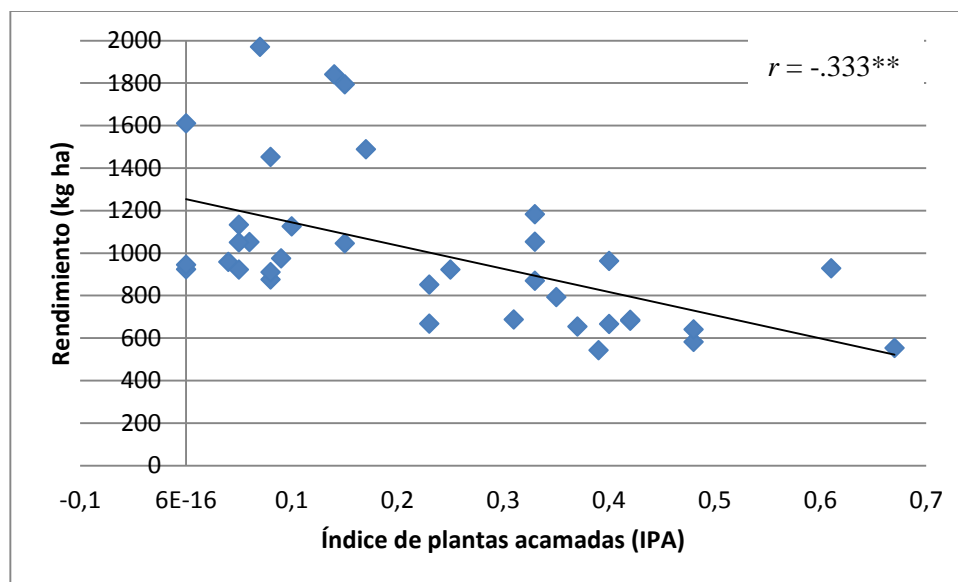


Figura 5.2. Correlación entre el Índice de plantas acamadas y el rendimiento de amaranto.

Fuente: Elaboración propia con datos de campo. IPA = número de plantas acamadas entre el número total de plantas. \*\*La correlación es significativa al nivel 0.01, de acuerdo al coeficiente de Pearson.

La alta correlación negativa entre el IPA y el rendimiento, se debe a que una planta acamada es más susceptible a la afectación de plagas y enfermedades, o a la pudrición de la panoja por el contacto directo con el suelo.

## 5.6. Conclusiones

Los experimentos en parcelas de productores cooperantes han demostrado que, las dosis de fertilización N-P-K y densidad de siembra en el cultivo de amaranto son factores que permiten incrementar el rendimiento significativamente. Sin embargo, es necesario precisar localmente las dosis óptimas de fertilización y la densidad, considerando el tipo de sistema de producción (siembra directa o trasplante) y las características edáficas y climáticas del lugar de producción. Para el caso de la comunidad de Santa Catarina Tepanapa en Tochimilco, Puebla, el tratamiento de fertilización N-P-K 120-40-20 y densidad equivalente a 446,429 plantas ha<sup>-1</sup> puede incrementar el rendimiento significativamente.

La fertilización y la densidad no mostraron respuesta en el índice de plantas acamadas, plantas plagadas y plantas enfermas, por lo tanto, estas tres variables están en relación con la interacción



genotipo ambiente. No obstante, el acame y la incidencia de plagas y enfermedades son factores que inciden directamente en la disminución del rendimiento de amaranto. Por lo tanto, es necesario realizar más estudios que contribuyan a reducir las afectaciones por estos tres factores.

## 5.7. Literatura Citada

Aguilar, J. y Alatorre, F. 1978. Monografía de la planta de *Amaranthus*. Grupo de Estudios Ambientales A.C, 1(1): 157-203.

Alejandre, I. y Gómez, F. 1999. Cultivo del amaranto en México. Chapingo, México. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 245 p.

Arellano, V. J. 2001. El amaranto un cultivo alternativo de alta calidad. *In*: INIFAP (Ed.), Memoria día de campo CEVAMEX. 1° Expo Nacional de Maquinaria Agrícola. Texcoco, Estado de México, México. pp. 51-59.

Arellano, V. J. y Galicia, F. J. 2007. Rendimiento y características de planta y panoja de amaranto en respuesta a nitrógeno y cantidad de semilla. *Agricultura Técnica de México*, 33(3): 251-258.

Bautista, M., Vejar, G., y Von Tschirnhaus, M. 1997. First record of the amaranth borer fly *Amauromyza abnormalis* (Maloch) (Diptera: Agromyzidae) in Mexico. *Southwestern Entomologist*, 22(4): 461-463.

Becerra, R. 2000. El amaranto: nuevas tecnologías para un antiguo cultivo. CONABIO. *Biodiversidad*, 30: 1-6.

Bernal, R. 1997. La mancha negra del tallo *Macrophoma* sp. sobre la calidad de semillas de amaranto. Montecillo Estado de México, México. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. 70 p.

Bernal, M. R., Rodríguez, V. J., Estrada, G. A., Hernández L. A., y Gatica V. M. 2000. Micoflora asociada a la semilla de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 23: 109-118.

Díaz, C. A., Escalante, A., Trinidad, A., Sánchez, P., Mapes, C. y Martínez, D. 2003. Rendimiento, eficiencia agronómica del nitrógeno y eficiencia en el uso del agua en amaranto en función del manejo del cultivo. *Terra Latinoamericana*, 22: 109-116.

- Espitia, R. E. 1986. Situación actual y problemática del cultivo del amaranto en México. *In: Universidad Autónoma de Chapingo (Ed.), Memorias Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, Estado de México, México. 577p.*
- Espitia, R. E., Mapes, S. C., Escobedo, L. D., De la O, O. M., Rivas, V.P, Martínez, T. G., Cortés, E. L., y Hernández, C. J. 2010. Conservación y uso de los recursos genéticos de Amaranto en México. SINEREFI-INIFAP-UNAM, Centro de Investigación Regional Centro, Celaya, Guanajuato, México. 201 p.
- Gimplinguer, M., Schulte, G., Dobos G., y Kaul, P. 2008. Optimum crop densities for potential yield and harvestable yield of grain amaranth are conflicting. *European Journal of Agronomy*, 28(2): 119-125.
- Henderson, T. L. 1993. Agronomic evaluation of grain amaranth in North Dakota. Thesis Ph. D. North Dakota State, North Dakota, USA. 221 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Prontuario de Información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tochimilco, Puebla. En línea: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/21/21188.pdf> (19/04/2016).
- Makus, J. 1991. Applied N affects vegetable and seed quality of amaranth. *In: University of Minnesota (Ed.), Proceedings of the fourth amaranth symposium: perspectives on production, processing and marketing. St Paul, Minnesota. U.S.A. pp. 187-188.*
- Mills, P. W. 1989. Specific responses and damage caused by Aphidoidea. *In: A. K. Minks y P. Harrewijn (Ed.), Aphids-Their Biology, Natural Enemies and Control. Elsevier Publishers, Amsterdam. pp. 23-47.*
- Myers, R. 1998. Nitrogen fertilizer effect of grain amaranth. *Agronomy Journal*, 90: 597-602.
- Ojo, O. D., Kintomo, A. A., Akinrinde, E. A. y Akoroda, M. O. 2007. Comparative effect of phosphorus sources for grain amaranth production. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38(1-2): 35-55.
- Pérez, B., Aragón, A., Pérez, R., Hernández, R. y López, F. 2011. Estudio entomofaunístico del cultivo de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) en Puebla, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(3): 359-371.

- Pospisil, A., Pospisil, M., Varga, B. y Svecnjack, Z. 2006. Grain yield and protein concentration of two amaranth species (*Amaranthus* spp.) as influenced by the nitrogen fertilization, *European Journal Agronomy*, 25(3): 250-253.
- Putnam, D. 1990. Agronomic practices for amaranth. *In*: University of Minnesota (Ed.), *Proceedings of the fourth amaranth symposium: perspectives on production, processing and marketing*. St. Paul, Minnesota, U.S.A. pp. 151-162.
- Ramírez, M., Espitia, E., Carballo, A., Zepeda, R., Vaquera, H. y Córdova, L. 2011. Fertilización y densidad de plantas en variedades de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(6): 855-866.
- Sánchez, E. M., Osada, K. S., Teliz, O. D., Espitia, R. E. y Rendon, S. G. 1990. Etiología e incidencia de la mancha negra del tallo en *Amaranthus* sp. y otras enfermedades. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 8: 102-106.
- Sánchez, E., Espitia, E., y Osada, S. 1991. Etiología de la mancha negra del tallo (*Macrophoma* sp) en amaranto (*Amaranthus* spp.) *In*: Primer Congreso Internacional del Amaranto. 22-27 de septiembre. Oaxtepec, Morelos, México. 67 p.
- SAS (Statistical Analysis System). 2004. Version 9.0. SAS, Institute Inc., Cary NC., USA.
- Sauer, J. 1950. Amaranth as dye plants among the Pueblo peoples. *Journal of Anthropology*, 6: 412-415.
- Sauer, J. 1979. Grain Amaranths: *Amaranthus* spp. (Amaranthaceae). *In*: *Evolution of Crop Plants*. New York: Longman Inc. pp. 4-7.
- Schepers, A. 1989. Chemical control. *In*: A. K. Minks y P. Harrewijn (Ed.), *Aphids-Their Biology, Natural Enemies and Control*. Elsevier Publishers, Amsterdam. pp. 89- 122.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2009. Campaña: Manejo fitosanitario de amaranto. En línea: <http://www.senasica.gob.mx/includes/asp/download.asp?iddocumento=11683&idurl=16623> (26/04/2016).
- SIAP (Sistema de Información Agrícola y Pecuaria). 2014. Cierre de la producción agrícola por estado. En línea: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> (19/04/2016).
- Torres, S. G., Trinidad, S. A., Reyna, T. T., Castillo, J. H., Bautista, M. N., y De León, G. F. 2004. Barrenación del tallo del amaranto por *H. truncatulus* (Coleoptera: Curculionidae) y

*Amauromyza abnormalis* (Diptera: Agromyzidae). Acta Zoológica Mexicana, 20(1): 131-140.

Torres, G., Trinidad, A., Reyna, T., Castillo, H., Escalante, A. y de León, F. 2006. Respuesta de genotipos de amaranto a densidades de población. Revista Fitotecnia Mexicana, 29(4): 307-312.

Vázquez, D. L., Rangel, E., Carballo, A., Bautista, R., Vaquera-Huerta, H., y Córdova-Téllez, L. 2011. Fertilización y densidad de plantas en variedades de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 2(6): 855-866.

## **CAPÍTULO VI. ESTRATEGIA PARA LA CONVERSION FUNCIONAL DEL SISTEMA DE AMARANTO EN TOCHIMILCO, PUEBLA.**

Con base en los resultados de esta investigación (Capítulos III, IV y V) en los que se describen las características ambientales, sociales, culturales, económicas y productivas de los sistemas económico familiares de los productores de amaranto del municipio de Tochimilco; se diseñó una estrategia para lograr la conversión funcional del sistema de amaranto en la agricultura familiar de Tochimilco, Puebla.

### **6.1. Metodología**

Para el diseño de esta estrategia se utilizó la metodología del marco lógico (Ortegón *et al.*, 2005) la cual contempla dos etapas: 1). Identificación del problema y alternativas de solución, en la que se analiza la situación existente para crear una visión de la situación deseada y seleccionar las estrategias que se aplicarán para conseguirla; 2). La etapa de planificación, en la que se define un plan operativo práctico para la ejecución. En esta etapa se elabora la matriz de marco lógico en la cual las actividades y los recursos son definidos y visualizados en cierto tiempo, es decir, es la etapa de planificación de la estrategia.

Para definir cuál es el problema central que afecta el sistema de amaranto primero se realizó una “lluvia de ideas” en la que se presentaron tanto las situaciones o elementos que fueron mencionados como problemas por los productores de amaranto de Tochimilco como las que por medio de la interacción con los actores sociales involucrados fueron identificadas por quienes realizaron el estudio. Posteriormente, de las situaciones o elementos problemas identificados, a juicio del grupo de investigadores involucrados, se define cual es el problema central y cuáles son sus causas y sus efectos.

Una vez identificadas las causas del problema central, es necesario determinar el encadenamiento lógico que tienen estas causas, tratando de llegar a las causales primarias e independientes entre sí que se piensa que están originando el problema (Crespo, 2010). Mientras más raíces se puedan detectar en el árbol de causas, más cerca se estará de las posibles soluciones que se deben

identificar para superar la condición restrictiva que se ha detectado (Ortegón *et al.*, 2005). Es decir, en la medida que se resuelvan las causales bases del encadenamiento, analíticamente, se está contribuyendo a superar el problema central y por ende sus efectos; los cuales, son los que ameritan la búsqueda de soluciones. Una vez identificados, el problema central sus causas y efectos se esquematizan en un “árbol de problemas” (Figura 6.1).

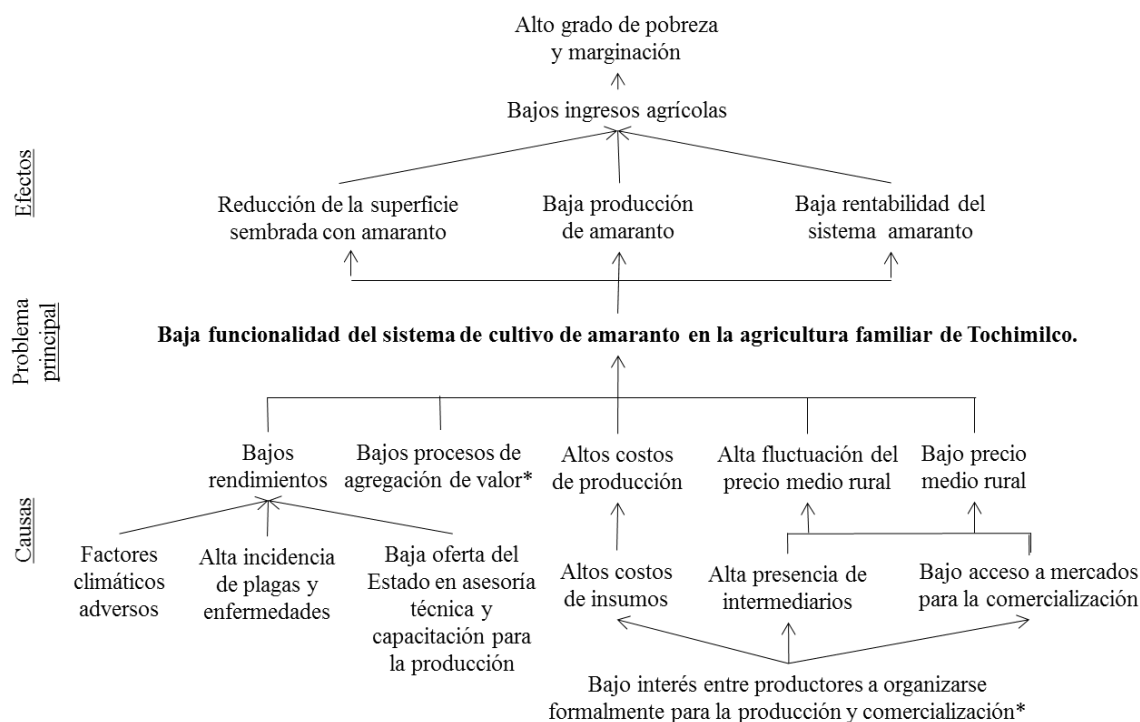


Figura 6.1. Árbol de problemas

Fuente: Elaboración propia con datos de campo. \*Problemas no mencionados directamente por los productores de amaranto de Tochimilco.

Una vez que se tiene el árbol de problemas las condiciones negativas se redefinen en condiciones positivas que sean deseadas y viables de ser alcanzadas (Crespo, 2010). Al hacer esto, todas las que eran causas en el árbol de problemas se convierten en medios, los que eran efectos se transforman en fines y lo que era el problema central se convierte en el objetivo central de la estrategia (Ortegón *et al.*, 2005). Así el árbol de problemas se transforma en el árbol de objetivos o de medios y fines (Figura 6.2). Basados en el árbol de medios y fines se deben formular líneas de acciones para lograr el objetivo central de la estrategia, el cual, en el caso de esta investigación es lograr la eficiencia del sistema de amaranto en la agricultura familiar de Tochimilco, Puebla.

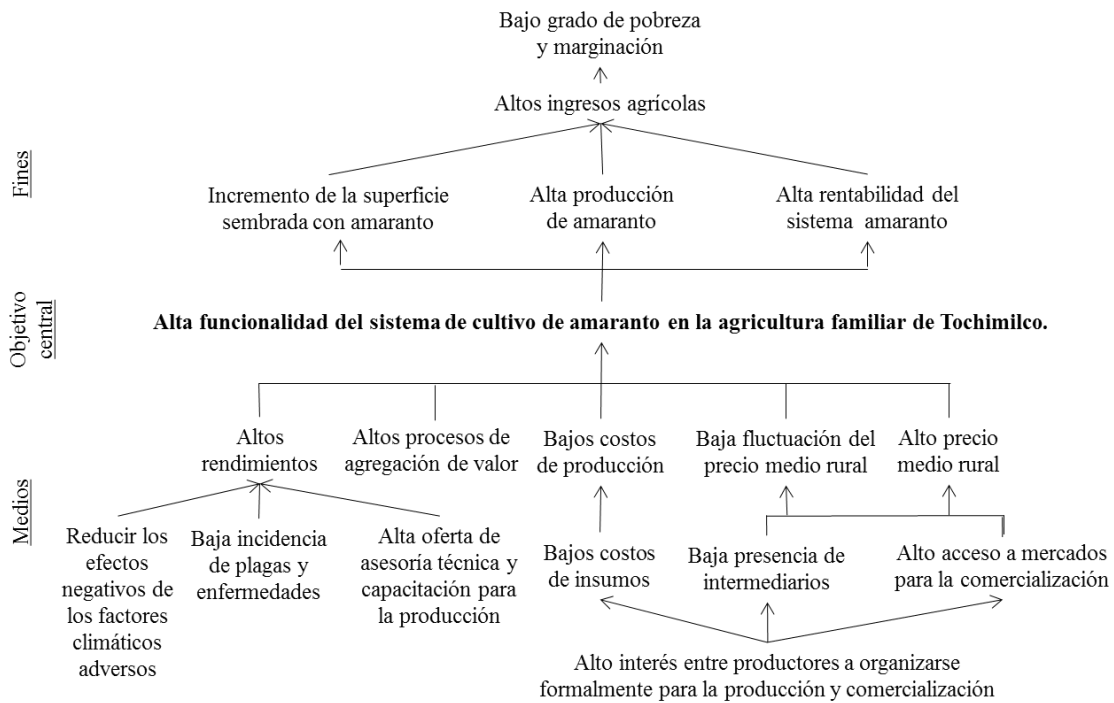


Figura 6.2. Árbol de medios y fines

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

Cada una de las líneas de acción propuestas debe ser factible y viable; y de acuerdo con la metodología del marco lógico, operacionalmente deben ser redactadas a nivel de fin, propósito, componentes y acciones con sus respectivos indicadores (Ortegón *et al.*, 2005).

El Fin de un proyecto es una descripción de la solución a problemas de nivel superior e importancia nacional, sectorial o regional que se han diagnosticado. El fin representa un objetivo de desarrollo que generalmente obedece a un nivel de políticas de desarrollo, y describe el impacto a largo plazo al cual el proyecto, se espera, va a contribuir. El propósito es el cambio que fomentará el proyecto; es una hipótesis sobre lo que debiera ocurrir a consecuencia de producir y utilizar los componentes.

Los componentes se definen como resultados, como obras terminadas, estudios terminados, capacitación terminada. Las acciones son aquellas que el actor social ejecutor tiene que llevar a cabo para producir cada componente e implican la utilización de recursos. Las acciones deben ser detalladas, ordenadas cronológicamente y agrupadas por componentes.

La matriz de marco lógico, se construye de forma tal que se examinar los vínculos causales de abajo hacia arriba entre los niveles de objetivos (Figura 6.3). Es decir, la matriz será válida sí: las actividades especificadas para cada componente son necesarias para producir el componente; cada componente es necesario para lograr el propósito; si se logra el propósito, contribuirá al logro del fin; el fin es una respuesta al problema más importante en el sector.



| Resumen Narrativo | Indicadores | Medios de verificación |
|-------------------|-------------|------------------------|
| Fin               |             |                        |
| Propósito         |             |                        |
| Objetivos         |             |                        |
| Actividades       |             |                        |

Figura 6.3. Lógica vertical de la matriz de marco lógico.

Fuente: Elaboración propia con datos de Ortegón *et al.*, 2005.

## 6.2. Líneas de acción y programación de la estrategia

Las líneas de acción de la estrategia para el logro del objetivo central son: 1) Acciones para hacer frente a los factores climáticos adversos (lluvias erráticas, granizo, fuertes vientos) en la producción de amaranto; 2) Acciones para reducir las afectaciones causadas por plagas y enfermedades del amaranto; 3) Acciones para promover organizaciones formales de productores para la producción y comercialización del amaranto; 4) Acciones para hacer frente al bajo apoyo del Estado en la oferta de asesoría técnica y capacitación en la producción de amaranto; 5) Acciones para hacer frente al bajo nivel de agregación de valor del amaranto. A continuación, se presentan las matrices de marco lógico para cada una de las actividades de las líneas de acción (Cuadros 6.1-6.6).



Cuadro 6.1. Acciones para hacer frente los factores climáticos adversos (lluvias erráticas, granizo, fuertes vientos) en la producción de amaranto en los SEF de Tochimilco.

|            | Resumen narrativo   | Indicadores  | Medios de verificación |
|------------|---|--|------------------------|
| Fin        | La siembra de variedades seleccionadas reduce los efectos negativos de los factores climáticos adversos en la producción de amaranto  | El 80% de los productores que siembran las variedades seleccionadas consideran que la producción de amaranto es menos vulnerable a los factores climáticos adversos  | Encuesta productores   |
| Propósito  | Las variedades seleccionadas serán utilizadas por los productores de amaranto   | El 80% de los productores que tienen semillas de las variedades seleccionadas las sembraron al siguiente ciclo de cultivo de haberlas recibido                       | Encuesta a productores |
| Componente | Obtener semillas de las variedades más resistentes a los factores climáticos adversos para difundirlas entre los productores  | El 80% de productores de amaranto entrevistados para esta investigación tienen semillas de las variedades seleccionadas seis meses después del periodo de evaluación | Encuesta a productores |
| Actividad  | Colectar y evaluar, en parcelas de agricultores cooperantes, diferentes variedades de amaranto para seleccionar los materiales más resistentes a los factores climáticos adversos | Diferencias estadísticamente significativas (Tukey, $P < 0.05$ ) en experimentos   | Análisis estadísticos  |

Actores encargados: Investigadores de instituciones de enseñanza-investigación con presencia en el municipio (Colegio de Postgraduados Campus Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Universidad de Tepeaca).

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 6.2. Acciones para reducir las afectaciones causadas por plagas y enfermedades del amaranto en los SEF de Tochimilco (Actividad 1).

|            | Resumen narrativo   | Indicadores  | Medios de verificación                        |
|------------|---|--|---|
| Fin        | Reducir la incidencia de plagas y enfermedades del amaranto en los sistemas de producción locales para disminuir pérdidas de grano  | El 80% de los productores que utilizan el manual de recomendaciones considera que se redujeron las pérdidas de grano durante tres ciclos de cultivo consecutivos                         | Encuesta a productores que utilizan el manual |
| Propósito  | El uso del manual de recomendaciones para el control de plagas y enfermedades del amaranto por parte de los productores de amaranto contribuirá a reducir la incidencia de estas especies indeseables | El 80% de los productores que utilizan el manual de recomendaciones considera que la incidencia de estas especies indeseables se ha reducido durante tres ciclos de cultivo consecutivos | Encuesta a productores que utilizan el manual |
| Componente | Elaborar un manual de recomendaciones para la prevención y control de plagas y enfermedades del amaranto  | Publicar un manual impreso de recomendaciones para la prevención y control de plagas y enfermedades en los seis meses después de concluidos los experimentos                             | Visual  |
| Actividad  | Determinar, en parcelas de productores cooperantes, cuál es el mejor método de prevención y control de plagas y enfermedades del amaranto   | Diferencias estadísticamente significativas (Tukey, $P < 0.05$ ) en experimentos   | Análisis estadísticos                         |

Actores encargados: Investigadores de instituciones de enseñanza-investigación con presencia en el municipio (Colegio de Postgraduados Campus Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Universidad de Tepeaca).

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 6.3. Acciones para reducir afectaciones causadas por plagas y enfermedades del amaranto en los SEF de Tochimilco (Actividad 2).

|            | Resumen narrativo   | Indicadores   | Medios de verificación  |
|------------|---|---|---|
| Fin        | Prevenir y reducir las afectaciones causadas por plagas y enfermedades en la producción de amaranto para incrementar rendimientos | El 80% de los productores que implementaron uno de los métodos de control de plagas y enfermedades considera que su rendimiento incrementó considerablemente durante tres ciclos agrícolas consecutivos al reducir las afectaciones por plagas y enfermedades | Encuesta a productores que implementaron métodos de prevención y control de plagas y enfermedades |
| Propósito  | Los productores de amaranto implementarán métodos de prevención y control de plagas y enfermedades                                | El 80% de los productores que asistieron a un curso de capacitación implementaron uno de los métodos de prevención y control de plagas y enfermedades en el ciclo agrícola posterior a la capacitación  | Encuesta a productores asistentes al curso  |
| Componente | Los productores de amaranto conocerán y aprenderán a prevenir y controlar las plagas y enfermedades del amaranto                  | El 80% de los productores que asistieron a un curso de capacitación aprendieron a prevenir y controlar plagas y enfermedades del amaranto al término del curso  |   |
| Actividad  | Generar cursos de capacitación para la prevención y control de plagas y enfermedades del amaranto                                 | El 100% de los productores entrevistados para esta investigación asistan a por lo menos un curso de capacitación sobre la prevención y control de plagas y enfermedades del amaranto en los siguientes seis meses   | Lista de asistentes al curso  |

Actores encargados: Investigadores de instituciones de enseñanza-investigación con presencia en el municipio (Colegio de Postgraduados Campus Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Universidad de Tepeaca).

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

Cuadro 6.4. Acciones para promover organizaciones formales de productores para la producción y comercialización de amaranto en los SEF de Tochimilco.

|            | Resumen narrativo  | Indicadores  | Medio de verificación  |
|------------|--|--|--|
| Fin        | Consolidar organizaciones de productores de amaranto para acceder a mejores canales de comercialización, mayor precio de venta y menores precios de insumos. | Un año después de la constitución de alguna de las organizaciones, el 80% de los miembros consideren que formar parte de la organización les ayudó a acceder a mejores canales de comercialización, mayor precio de venta y menores precios de insumos | Encuesta a productores de amaranto que forman parte de alguna organización |
| Propósito  | Incrementar el número de organizaciones de productores de amaranto   | En el municipio de Tochimilco, exista más de una organización de productores de amaranto un año después a la campaña de difusión.  | Encuesta a productores de amaranto   |
| Componente | Lograr mayor disposición entre los productores para organizarse formalmente para la producción y comercialización del amaranto                               | El 50% de los productores entrevistados estén dispuestos a organizarse formalmente en los seis meses posteriores a la campaña de difusión.   | Encuesta a productores de amaranto   |
| Actividad  | Generar una campaña de difusión de los beneficios de constituir organizaciones de agricultores   | El 100% de los productores de amaranto entrevistados para esta investigación conozcan los beneficios de constituir organizaciones de agricultores durante el primer semestre del próximo año.  | Encuesta a productores de amaranto   |

Actores encargados: Investigadores de instituciones de enseñanza-investigación con presencia en el municipio (Colegio de Postgraduados Campus Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Universidad de Tepeaca).

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 6.5. Acciones para hacer frente al bajo grado de asesoría técnica y capacitación para la producción de amaranto en los SEF de Tochimilco.

|            | Resumen narrativo   | Indicadores  | Medio de verificación                                       |
|------------|---|--|---|
| Fin        | El uso de nuevas tecnologías en la producción de amaranto contribuirá a alcanzar mayores rendimientos | El 80% de los productores que implementaron por lo menos una de las nuevas tecnologías considera que su rendimiento incrementó considerablemente durante tres ciclos agrícolas consecutivos con el uso de dicha tecnología | Encuesta a productores que implementaron nuevas tecnologías |
| Propósito  | Los productores implementarán el uso de nuevas tecnologías en la producción de amaranto               | El 50% de los productores que asistieron a un curso de capacitación implementaron alguna de las nuevas tecnologías en el ciclo agrícola posterior a la capacitación  | Encuesta a los productores asistentes                       |
| Componente | Los productores aprenderán el uso de nuevas tecnologías para la producción de amaranto                | El 80% de los productores que asistieron a un curso de capacitación aprendieron sobre el uso de nuevas tecnologías en la producción de amaranto al término del curso   | Encuesta a los productores asistentes                       |
| Actividad  | Impartir cursos de capacitación para el uso de nuevas tecnologías en la producción de amaranto        | El 100% de los productores entrevistados para esta investigación asistan a por lo menos un curso de capacitación sobre el uso de nuevas tecnologías para la producción de amaranto en los siguientes seis meses            | Lista de asistencia a los cursos                            |

Actores encargados: Investigadores de instituciones de enseñanza-investigación con presencia en el municipio (Colegio de Postgraduados Campus Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Universidad de Tepeaca).

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 6.6. Acciones para hacer frente al bajo nivel de agregación de valor del amaranto en los SEF de Tochimilco.

|            | Resumen narrativo   | Indicadores  | Medio de verificación  |
|------------|---|--|--|
| Fin        | La elaboración y comercialización de alimentos a base de amaranto contribuirá a agregar valor a la producción de amaranto, incrementando sus ingresos | El 80% de los familiares de los productores de amaranto que elaboran y comercializan alimentos de amaranto consideran que sus ingresos se incrementaron durante los seis meses posteriores al comienzo de esta nueva actividad | Encuesta a familiares de los productores de amaranto que elaboran y comercializan alimentos a base de amaranto |
| Propósito  | Las familias de los productores utilizarán una parte de su producción para la elaboración y comercializarán alimentos a base de amaranto              | El 50 % de los familiares de los productores que asistieron a uno de los cursos de capacitación elaborarán y comercializarán alimentos a base de amaranto en los tres meses posteriores al término del curso                   | Encuesta a asistentes al curso que elaboran y comercializan alimentos de amaranto                              |
| Componente | Las familias de los productores de amaranto aprendan a elaborar alimentos de amaranto   | El 80% de los familiares de los productores de amaranto que asistieron a un curso de capacitación aprendieron a elaborar alimentos a base de amaranto al término del curso   | Encuesta a asistentes al curso   |
| Actividad  | Impartir cursos de capacitación para la elaboración de alimentos a base de amaranto (galletas, panes, dulces, etc.)                                   | Por lo menos un integrante del 100% de las familias de los productores entrevistados asista a un curso de capacitación sobre la elaboración de alimentos de amaranto durante los próximos seis meses                           | Lista de asistencia a los cursos.  |

Actores encargados: Investigadores de instituciones de enseñanza-investigación con presencia en el municipio (Colegio de Postgraduados Campus Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Universidad de Tepeaca).

Fuente: Elaboración propia

Para llevar a cabo las actividades propuestas es necesario el interés y la participación conjunta de las familias de los productores de amaranto de Tochimilco, estudiantes e investigadores de las instituciones de enseñanza-investigación con presencia en el municipio como el Colegio de Postgraduados Campus Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Universidad de Tepeaca, y el ayuntamiento municipal en turno. Sin el trabajo conjunto de estos actores la conversión funcional del sistema de amaranto no podrá lograrse.

### **6.3. Literatura Citada**

Crespo, M. A. 2010. Guía de diseño de proyectos sociales comunitarios bajo el enfoque de marco lógico. Conceptos esenciales y aplicaciones. En línea: <https://ilcrobertschuman.files.wordpress.com/2013/07/libro-crespo.pdf> (18/10/2016).

Ortegón, E., Pacheco, J. F. y Prieto, A. 2005. Metodología del marco lógico. Para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas. Vol. 42. Publicación de la Naciones Unidas. Santiago de Chile. 126 p.

## CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES

El cultivo de amaranto es un componente estructural en la configuración y funcionamiento de los Sistemas Económicos Familiares (SEF) de Tochimilco, debido a que sus funciones son la generación de ingresos tanto por la venta del grano como por el empleo de la mano de obra familiar y no familiar; además de que contribuye al sostenimiento de la cultura agrícola del municipio.

Los SEF de Tochimilco son sistemas campesinos complejos de carácter pluriactivo, basados en el conocimiento tradicional, con énfasis en la producción agrícola de cultivos mesoamericanos (maíz, frijol y amaranto), y la generación de ingresos adicionales por medio de la producción pecuaria de diferentes especies.

Las principales limitantes para su desarrollo están relacionadas con: baja presencia institucional para la asistencia técnica y capacitación sobre la producción y comercialización agrícola y pecuaria, dificultad para acceder a fuentes de financiamiento, la erosión de los conocimientos tradicionales y recursos genéticos por causa de un elevado grado de envejecimiento de la población, baja agregación de valor de la producción agrícola, deficientes canales de comercialización y vías de comunicación en malas condiciones.

La conversión funcional del sistema de cultivo de amaranto puede lograrse por medio de una estrategia integral enfocada a nivel de SEF en:

- Implementar en la manera de lo posible las recomendaciones de fertilización mineral y orgánica-mineral y densidad de plantas de amaranto generadas con esta investigación, considerando el tipo de sistema de producción, y las características edáficas y climáticas locales.
- Incursionar en procesos de transformación del amaranto para generar valor agregado.



- Formar organizaciones formales de producción agrícola que les permita acceder a fuentes de financiamiento y a mejores mercados, para así reducir la venta a intermediarios quienes son los que deciden el precio pagado al productor.

En tanto que a nivel municipal la estrategia tiene que centrarse en:

- Destinar recursos para capacitar a los productores de amaranto en la generación de valor agregado de este cultivo ya sea por medio de: a). diferenciar la producción promoviendo técnicas alternativas como por ejemplo la agricultura orgánica, o agroecológica; b) la transformación del grano reventado de amaranto, por ejemplo: la elaboración de harina, palanquetas, galletas, botana, etc.
- Destinar recursos para capacitar a los productores de amaranto en la prevención y control de plagas y enfermedades que inciden negativamente en el rendimiento de amaranto.
- Fortalecer la producción pecuaria promoviendo tecnologías como el uso de gallineros, el composteo de las excretas del ganado, programas de vacunación, etc.
- Promover el arraigo de la población juvenil en las actividades agrícolas del municipio para esto se requiere incrementar el ingreso agrícola, además de proporcionar acceso a mayores niveles de educación, bienes y servicios.
- Mejorar las vías de comunicación, principalmente en las comunidades más cercanas al cráter del volcán Popocatepetl, las cuales a pesar de ser rutas de evacuación se encuentran en mal estado.

En este sentido, estas acciones están intrínsecamente relacionadas unas con otras ya que han sido propuestas desde una visión sistémica de totalidad. Para hacer posible el éxito de esta estrategia de desarrollo local es indispensable el interés y la participación conjunta de los actores presentes en el territorio: Integrantes de los SEF, instituciones de enseñanza e investigación desde un enfoque interdisciplinario y el ayuntamiento municipal en turno.

## CAPITULO VIII. ANEXOS

**Anexo A.** Cuestionario general para la colecta de información del Sistema Económico Familiar (SEF) de los productores de amaranto de Tochimilco, Puebla.



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

Los datos recabados con esta encuesta serán utilizados; estrictamente, para llevar a cabo una investigación científica, relacionada con la identificación de limitantes, potencialidades y oportunidades en la producción de amaranto en el municipio de Tochimilco, Puebla.

**Nombre del productor:**

**Sexo:** F M **Edad:**

**Domicilio:**

### A) Estructura socio-demográfica de la UPF

|        | 1). Personas que integran la UPF | 2) Sexo |   | 3). Edad de los integrantes de la UPF |       |       |       |       |       |     |
|--------|----------------------------------|---------|---|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
|        |                                  | F       | M | 0-10                                  | 11-20 | 21-30 | 31-40 | 41-50 | 51-60 | <60 |
| Número |                                  |         |   |                                       |       |       |       |       |       |     |

### 4). Nivel de escolaridad del entrevistado

### B) Actividades socioeconómicas de los miembros de la UPF

| Número de personas que se dedican a: |                           |                           |              |                        |                     |
|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------|------------------------|---------------------|
| 5). Estudio                          | 6). Actividades agrícolas | 7). Actividades Pecuarias | 8). Comercio | 9). Trabajo asalariado | 10). Otra actividad |
|                                      |                           |                           |              |                        |                     |

11). De las actividades anteriores, ¿Cuál considera que es la más importante para su familia? ¿Por qué?

| <b>C) Información sobre actividades pecuarias</b>   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| <b>12) ¿Qué tipo de animales cría?</b>  | <b>13). Número de cabezas que posee</b> | <b>14). Motivo por el que los cría (F1)</b> | <b>15). Sistema de producción (F2)</b> |
| a) Borregos ( )   |   |   |  |
| b) Cabras ( )   |   |   |  |
| c) Pollos de engorda ( )  |   |   |  |
| d) Gallinas ponedoras ( )   |   |   |  |
| e) Vacas ( )  |   |   |  |
| f) Toros ( )  |   |   |  |
| g) Cerdos ( )   |   |   |  |
| h) Otros:   |   |   |  |
| <b>Clave:</b><br><b>F1:</b> 1) Venta 2) Autoconsumo 3) Venta y autoconsumo 4) Otro<br><b>F2:</b> 1) Estabulado 2) Semi-estabulado 3) Pastoreo |   |   |  |

16) ¿Qué uso le da al estiércol de los animales estabulados y/o semi-estabulados?

17). De los animales que usted produce, ¿cuál considera que es el más importante? ¿Por qué?

**D) Actividades Agrícolas**

18) ¿Usted posee terrenos propios para la siembra?

a) Si ( ) b) No ( ) c) No, pero rento tierra para sembrar ( ) d) siembro a medias ( )

19) ¿Cuántos terrenos tiene y de que superficie?

| <b>20). Tipo de tenencia de la tierra</b> |        |                   |
|---|--------|-------------------|
|   | Ejidal | Propiedad Privada |
| Superficie                                |        |                   |

21) ¿Quién o quiénes son los responsables directo del cultivo de la tierra?

a. Abuelo ( ) c. Padre ( ) e. Hijos ( )

b. Abuela ( ) d. Madre ( ) f. Nietos ( )

| Información de cultivos                      |                               |  |                                    |                                     |                               |   |
|--|-------------------------------|--|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|---|
| 22) ¿Qué cultivos siembra actualmente ? (F1) | 23). Superficie Sembrada (ha) | 24). Rendimiento (ton/ha del último ciclo) | 25). Destino de la producción (F2) | 26). Cantidad para Autoconsumo (kg) | 27). Cantidad para venta (Kg) | 28). Lugar de venta de la producción (F3) |
|  |                               |  |                                    |                                     |                               |   |
|  |                               |  |                                    |                                     |                               |   |
|  |                               |  |                                    |                                     |                               |   |
|  |                               |  |                                    |                                     |                               |   |

**Clave:**  
**F1:** 1)Maíz; 2) Frijol; 3)Maíz-frijol; 4)Amaranto; 5)Chía; 6) Otro:  
**F2:** 1) Venta; 2) Autoconsumo; 3) Venta y autoconsumo; 4) Otro  
**F3:** 1) Pie de huerta; 2)Mercado Local; 3) Mercado de Atlixco; 4) Puebla; 5) Otros

29). De los cultivos anteriores, ¿cuál considera que es el más importante? ¿Por qué?

### E) Grado de tecnificación y uso de insumos

| Uso de Fertilizantes químicos, herbicidas y pesticidas. |                                  |   |  |
|---|----------------------------------|---|--|
| Cultivo   | 30) ¿Usa fertilizantes químicos? | 31) ¿Para el control de malezas usa herbicidas? | 32) ¿Para el control de plagas y enfermedades usa plaguicidas? |
| Maíz  | Si ( ) No ( )                    | Si ( ) No ( )                                   | Si ( ) No ( )  |
| Frijol  | Si ( ) No ( )                    | Si ( ) No ( )                                   | Si ( ) No ( )  |
| Maíz-frijol   | Si ( ) No ( )                    | Si ( ) No ( )                                   | Si ( ) No ( )  |
| Amaranto  | Si ( ) No ( )                    | Si ( ) No ( )                                   | Si ( ) No ( )  |

|        |   |   |   |
|--------|---|---|---|
| Chía   | Si ( ) No ( )                                   | Si ( ) No ( )                                   | Si ( ) No ( )                                   |
| Otros: | Si ( ) No ( )<br>Si ( ) No ( )<br>Si ( ) No ( ) | Si ( ) No ( )<br>Si ( ) No ( )<br>Si ( ) No ( ) | Si ( ) No ( )<br>Si ( ) No ( )<br>Si ( ) No ( ) |

| Uso de abonos orgánicos |   |                      |
|-------------------------|---|----------------------|
| Cultivo                 | 33) ¿Usa abonos orgánicos?                      | 34) ¿Cuáles utiliza? |
| Maíz                    | Si ( ) No ( )                                   |                      |
| Frijol                  | Si ( ) No ( )                                   |                      |
| Maíz-frijol             | Si ( ) No ( )                                   |                      |
| Amaranto                | Si ( ) No ( )                                   |                      |
| Chía                    | Si ( ) No ( )                                   |                      |
| Otros:                  | Si ( ) No ( )<br>Si ( ) No ( )<br>Si ( ) No ( ) |                      |

35) ¿Los abonos orgánicos que utiliza, los compra ( ) o los elabora usted mismo ( )?

36) De los siguientes abonos orgánicos, ¿cuáles conoce?

a) Composta Si ( ) No ( )

b) Lombricomposta Si ( ) No ( )

c) Bioles Si ( ) No ( )

d) Bocashi Si ( ) No ( )

e) Abonos verdes Si ( ) No ( )

| Grado de tecnificación                                     |               |  |               |
|--|---------------|--|---------------|
| 41) ¿Cuenta con animales de trabajo propios? Si ( ) No ( ) |               | 44) ¿Cuenta con maquinaria propia? Si ( ) No ( ) |               |
| 42) ¿Cuáles animales?                                      | 43) ¿Cuántos? | 45) ¿Cuál?                                       | 46) ¿Cuántos? |
| a) Bueyes Si ( ) No ( )                                    |               | a) Tractor Si ( ) No ( )                         |               |
| b) Mulas Si ( ) No ( )                                     |               | b) Arado Si ( ) No ( )                           |               |
| c) Burros Si ( ) No ( )                                    |               | c) Sembradora Si ( ) No ( )                      |               |
| d) Caballos Si ( ) No ( )                                  |               | d) Cosechadora Si ( ) No ( )                     |               |

47) ¿Contrata trabajadores eventuales para la realización de las actividades agrícolas?

Si ( ) No ( ) Lugar de donde provienen:

| 48) ¿Para cual cultivo?       | 49) ¿Para cuales labores?          |             | 50) ¿Cuántos? |
|-------------------------------|------------------------------------|-------------|---------------|
| a) Maíz<br>Si( ) No( )        | a)Preparación del terreno          | Si( ) No( ) |               |
|                               | b)Siembra                          | Si( ) No( ) |               |
|                               | c)Fertilización                    | Si( ) No( ) |               |
|                               | d)Labores del cultivo              | Si( ) No( ) |               |
|                               | e)Combate de plagas y enfermedades | Si( ) No( ) |               |
|                               | f)Cosecha                          | Si( ) No( ) |               |
| b) Frijol<br>Si( ) No( )      | a)Preparación del terreno          | Si( ) No( ) |               |
|                               | b)Siembra                          | Si( ) No( ) |               |
|                               | c)Fertilización                    | Si( ) No( ) |               |
|                               | d)Labores del cultivo              | Si( ) No( ) |               |
|                               | e)Combate de plagas y enfermedades | Si( ) No( ) |               |
|                               | f)Cosecha                          | Si( ) No( ) |               |
| c) Maíz-frijol<br>Si( ) No( ) | a)Preparación del terreno          | Si( ) No( ) |               |
|                               | b)Siembra                          | Si( ) No( ) |               |
|                               | c)Fertilización                    | Si( ) No( ) |               |
|                               | d)Labores del cultivo              | Si( ) No( ) |               |
|                               | e)Combate de plagas y enfermedades | Si( ) No( ) |               |
|                               | f)Cosecha                          | Si( ) No( ) |               |
| d) Amaranto<br>Si( ) No( )    | a)Preparación del terreno          | Si( ) No( ) |               |
|                               | b)Siembra                          | Si( ) No( ) |               |
|                               | c)Fertilización                    | Si( ) No( ) |               |
|                               | d)Labores del cultivo              | Si( ) No( ) |               |
|                               | e)Combate de plagas y enfermedades | Si( ) No( ) |               |
|                               | f)Cosecha                          | Si( ) No( ) |               |
| e) Chía<br>Si( ) No( )        | a)Preparación del terreno          | Si( ) No( ) |               |
|                               | b)Siembra                          | Si( ) No( ) |               |
|                               | c)Fertilización                    | Si( ) No( ) |               |
|                               | d)Labores del cultivo              | Si( ) No( ) |               |
|                               | e)Combate de plagas y enfermedades | Si( ) No( ) |               |
|                               | f)Cosecha                          | Si( ) No( ) |               |
| f) Otro:<br>Si( ) No( )       | a)Preparación del terreno          | Si( ) No( ) |               |
|                               | b)Siembra                          | Si( ) No( ) |               |
|                               | c)Fertilización                    | Si( ) No( ) |               |
|                               | d)Labores del cultivo              | Si( ) No( ) |               |
|                               | e)Combate de plagas y enfermedades | Si( ) No( ) |               |
|                               | f)Cosecha                          | Si( ) No( ) |               |

#### F) Información sobre asesoría técnica

37) ¿Ha recibido asesoría técnica? Si ( ) No ( )

38) ¿qué tipo de asesoría técnica ha recibido?

a) Privada ( ) b) Institución pública ( ) c) Prestador de servicio profesional ( )

|   |               |   |               |
|---|---------------|---|---------------|
| <b>39) ¿Para cual cultivo ha recibido asesoría técnica?</b> |               | <b>40) La asistencia técnica que ha recibido es para:</b> |               |
| a) Maíz   | Si ( ) No ( ) | a) Siembra  | Si ( ) No ( ) |
| b) Frijol   | Si ( ) No ( ) | b) Fertilización  | Si ( ) No ( ) |
| c) Amaranto   | Si ( ) No ( ) | c) Combate de plagas y enfermedades                       | Si ( ) No ( ) |
| d) Chía   | Si ( ) No ( ) | d) Cosecha  | Si ( ) No ( ) |
| e) Otros:   | Si ( ) No ( ) | e) Comercialización                                       | Si ( ) No ( ) |

### G) Costos de producción e itinerario técnico del cultivo de amaranto

| Concepto  | Fecha | Cantidad        | Costo | Observaciones |
|---|-------|-----------------|-------|---------------|
| <b>Preparación del terreno</b>                                |       |                 |       |               |
| <b>51). Barbecho</b>  |       | N. de jornales: |       |               |
| <b>52). Rastreo o Arado</b>                                   |       | N. de jornales: |       |               |
| <b>53). Surcado</b>   |       | N. de jornales: |       |               |
| <b>Siembra</b>  |       |                 |       |               |
| <b>54). Siembra</b>   |       | N. de jornales: |       |               |
| <b>55). Densidad de siembra:</b>                              |       | Kg/ha           |       |               |
| <b>56). Variedad:</b>   |       | Semillas/ha     |       |               |
| <b>57). Profundidad:</b><br>cm                                |       |                 |       |               |
| <b>58). Densidad de plantas:</b>                              |       | Plantas/ha      |       |               |
| <b>59). Método de siembra:</b><br>Chorrillo ( ) o Mateado ( ) |       |                 |       |               |
| <b>Nutrición del cultivo</b>                                  |       |                 |       |               |
| <b>60). Primera Fertilización</b>                             |       | N. de jornales: |       |               |
| <b>61). Fertilizantes utilizados:</b>                         |       |                 |       |               |
|   |       | Kg/ha           |       |               |
|   |       | Kg/ha           |       |               |
|   |       | Kg/ha           |       |               |
| <b>62). Segunda Fertilización</b>                             |       | N. de jornales: |       |               |
| <b>63). Fertilizantes Utilizados:</b>                         |       |                 |       |               |
|   |       | Kg/ha           |       |               |
|   |       | Kg/ha           |       |               |
|   |       | Kg/ha           |       |               |
| <b>64). Fertilización foliar:</b>                             |       |                 |       |               |
|   |       | L/ha            |       |               |
|   |       | L/ha            |       |               |
| <b>Labores del cultivo</b>                                    |       |                 |       |               |
| <b>65). Deshije o Raleo</b>                                   |       | N. de jornales: |       |               |

|  |                      |                             |   |             |
|--|----------------------|-----------------------------|---|-------------|
| <b>66).</b> Primera labor o aporque  |                      | N. de jornales:             |   |             |
| <b>67).</b> Segunda labor o cajón  |                      | N. de jornales:             |   |             |
| <b>Control de malezas</b>  |                      |                             |   |             |
| <b>68).</b> Tipo de control:   | Fecha                |                             | Costo                                   | Observación |
| Físico:  |                      | N. de jornales:             |   |             |
| Manual Si ( ) No ( )   |                      |                             |   |             |
| Mecánico Si ( ) No ( )   |                      |                             |   |             |
| Cultural Si ( ) No ( )   |                      |                             |   |             |
| Químico Si ( ) No ( )  |                      | N. de jornales:             |   |             |
| <b>69).</b> Producto utilizado:  |                      | <b>70).</b> Dosis           | <b>71).</b> Costo                       | Observación |
|  |                      | L/ha                        |   |             |
|  |                      | L/ha                        |   |             |
| <b>Control de plagas</b>   |                      |                             |   |             |
| <b>72).</b> Plaga  | <b>73).</b> Producto | <b>74).</b> Dosis           | <b>75).</b> Costo                       | Observación |
|  |                      | L/ha                        |   |             |
|  |                      | L/ha                        |   |             |
| <b>Control de enfermedades</b>   |                      |                             |   |             |
| <b>76).</b> Enfermedad   | <b>77).</b> Producto | <b>78).</b> Dosis           | <b>79).</b> Costo                       | Observación |
|  |                      | L/ha                        |   |             |
|  |                      | L/ha                        |   |             |
| <b>Cosecha</b>   |                      |                             |   |             |
|  | Fecha                |                             | Costo                                   | Observación |
| <b>80).</b> Siega de la panoja   |                      | N. de jornales:             |   |             |
| <b>81).</b> Secado   |                      | N. de jornales:             |   |             |
| <b>82).</b> Trilla   |                      | N. de jornales:             |   |             |
| <b>83).</b> Cribado  |                      | N. de jornales:             |   |             |
| <b>84).</b> Encostalado  |                      | N. de jornales:             |   |             |
| <b>85).</b> Rendimiento estimado:  |                      | <b>86).</b> Costo Total/ha: |   |             |
| <b>87)</b> ¿Qué hace con los residuos de cosecha?<br>1) Incorpora ( ) %: ____; 2) Vende ( ) % ____; 3) Alimenta a los animales ( ) % ____; 4) Otro: %: ____. |                      |                             |   |             |
| <b>88)</b> ¿Cómo vende el grano de amaranto?   | <b>89)</b> ¿Por qué? |                             | <b>90)</b> ¿Cuál es el precio de venta? |             |
| Sin reventar Si ( ) No ( )   |                      |                             | Sin reventar:                           |             |
| Reventado Si ( ) No ( )  |                      |                             | Reventado:                              |             |
| Procesado Si ( ) No ( )  |                      |                             | Procesado:                              |             |
| <b>91)</b> ¿Usted pertenece a alguna organización de productores de amaranto? Si ( ) No ( )<br>¿Por qué?   |                      |                             |   |             |

**92)** ¿Cuál considera que es el principal problema para la producción de amaranto?

**93)** ¿Cuál considera que es el principal problema para la comercialización del amaranto?



**Anexo B.** Relación beneficio/coto de la cadena productiva del cultivo de amaranto en Tochimilco, Puebla.

La cadena productiva de amaranto en Tochimilco, Puebla (Figura 8.1) se divide en tres fases: 1). Fase productiva. Incluye las labores de cultivo desde la preparación del terreno hasta la trilla siendo los actores principales los productores y sus familias. 2). Comercialización la cual es por medio de intermediarios, los cuales compran al pie de huerta el grano de amaranto sin reventar y lo revenden a empresas que elaboran productos a base de amaranto. 3) Transformación y venta al consumidor final. Empresas agroindustriales transforman la producción de amaranto en harina, dulces, botanas, palanquetas, etc.

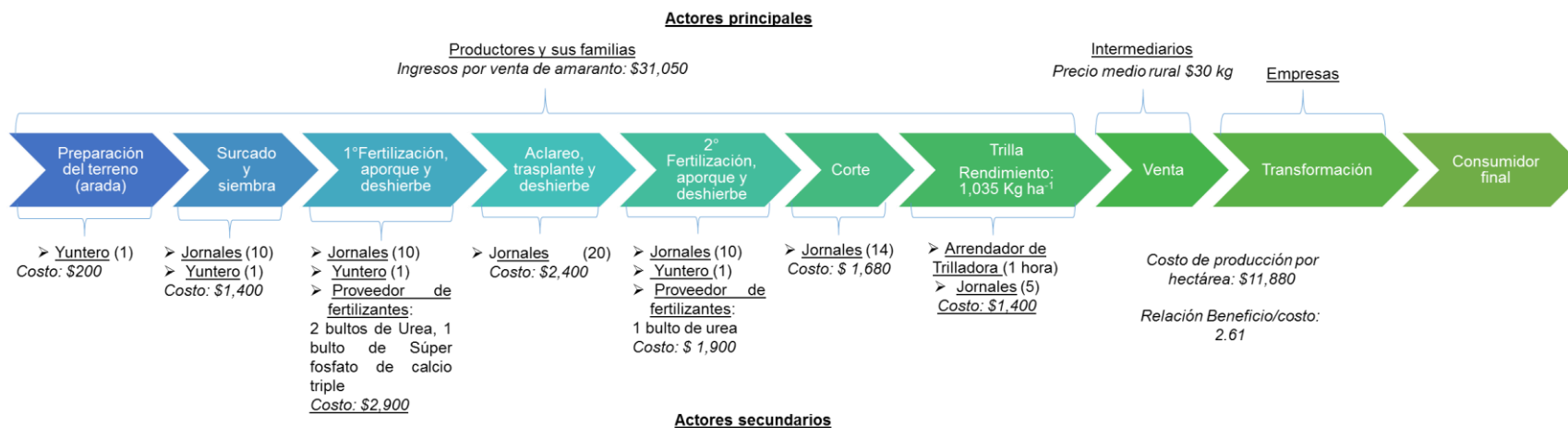


Figura 8.1. Cadena productiva y actores de la producción de amaranto en Tochimilco, Puebla.

Fuente: Elaboración propia. Número de jornales utilizados para el cultivo de una ha de amaranto en el sistema local de siembra directa. Precio de fertilizantes en el municipio de Atlixco, Puebla en el mes de julio de 2017 (1 bulto de Urea \$500, bulto de superfosfato de calcio triple \$500). Precio medio rural, costo de jornal (\$120), costo de un día de yunta (\$200) vigente en el mes de julio de 2017 en Tochimilco. Renta de una hora de trilladora (\$800) pagado en diciembre de 2016 en Tochimilco. Rendimiento promedio registrado en el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2016).

En este esquema de cadena productiva (Figura 8.1) los productores de amaranto son quienes obtienen menores ingresos; en consecuencia, para incrementar el ingreso por concepto de la venta de amaranto es necesario que los productores y sus familias sean quienes por medio de procesos de transformación agreguen valor a la producción y accedan directamente al consumidor final. Por ejemplo, si los productores incursionaran en la venta de grano de amaranto “reventado” o transformado en harina podrían obtener mayores ingresos y una mejor relación beneficio costo (Cuadro 8.1 y 8.2).

Cuadro 8.1. Costos de producción, ingreso y relación beneficio/costo de la venta de amaranto reventado en Tochimilco, Puebla.

| Concepto                                | Número requerido    | Costo unitario (\$) | Costo total (\$) |
|---|---------------------|---------------------|------------------|
| Jornales                                | 69                  | 120                 | 8,280            |
| Renta de yunta (3 días)                 | 3                   | 200                 | 600              |
| Bultos de urea                          | 2                   | 500                 | 1,000            |
| Bultos de superfosfato de calcio triple | 1                   | 500                 | 500              |
| Renta de trilladora (1 hora)            | 1                   | 500                 | 800              |
| Maquina reventadora                     | 1                   | 2,000               | 3,000            |
| Bascula electrónica (50kg)              | 1                   | 3,300               | 3,300            |
| Costo de producción                     |                     |                     | 17,480           |
|   | Kg ha <sup>-1</sup> | Precio Kg           | Ingreso          |
| Rendimiento de grano reventado          | 724.5               | 70                  | 50,715           |
| Relación beneficio/costo                |                     |                     | 2.9              |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo. Número de jornales para utilizados en el cultivo de una ha de amaranto con el sistema local de siembra directa. Precio de fertilizantes en el municipio de Atlixco, Puebla en el mes de julio de 2017. Costo de jornal, día de yunta, renta de trilladora vigente en el mes de julio de 2017 en Tochimilco. Precio de un kg de amaranto reventado en julio de 2017 en Tochimilco. El rendimiento de grano reventado se estimó restándole el 30% al rendimiento de grano no reventado (1,035 Kg ha<sup>-1</sup>)

Cuadro 8.2. Costos de producción, ingreso y relación beneficio/costo de la venta de harina de amaranto en Tochimilco, Puebla.

| Concepto                                | Número<br>requerido | Costo unitario<br>(\$) | Costo total<br>(\$) |
|---|---------------------|------------------------|---------------------|
| Jornales                                | 69                  | 120                    | 8,280               |
| Renta de yunta (3 días)                 | 3                   | 200                    | 600                 |
| Bultos de urea                          | 2                   | 500                    | 1,000               |
| Bultos de superfosfato de calcio triple | 1                   | 500                    | 500                 |
| Renta de trilladora (1 hora)            | 1                   | 500                    | 800                 |
| Maquina reventadora                     | 1                   | 2,000                  | 3,000               |
| Licuada industrial                      | 1                   | 11,319                 | 11,319              |
| Bascula electrónica (50kg)              | 1                   | 3,300                  | 3,300               |
| Costo de producción                     |                     |                        | 28,799              |
|   | Kg ha <sup>-1</sup> | Precio Kg              | Ingreso             |
| Rendimiento de harina                   | 724.5               | 150                    | 108,675             |
| Relación beneficio/costo                |                     |                        | 3.77                |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo. Número de jornales para utilizados en el cultivo de una ha de amaranto con el sistema local de siembra directa. Precio de fertilizantes en el municipio de Atlixco, Puebla en el mes de julio de 2017. Costo de jornal, día de yunta, renta de trilladora vigente en el mes de julio de 2017 en Tochimilco. El precio de un kg de harina de amaranto vigente en julio de 2017 en el municipio de Atlixco, Puebla. El rendimiento de harina se estimó a una relación 1:1 de un Kg de amaranto reventado.

## Anexo C. Ficha técnica del cultivo de amaranto bajo el sistema local de siembra directa.



El cultivo de amaranto tiene una serie de cualidades agronómicas y nutraceuticas que le confieren ventajas competitivas sobre otros cultivos, además, la demanda nacional e internacional de amaranto esta insatisfecha por lo que es un cultivo con gran proyección.

---

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Preparación del terreno | Se ara el suelo a inicios del mes de mayo, antes del inicio del temporal. Posteriormente, la primera semana de junio debe realizarse el surcado (ancho de surco 30 cm, distancia entre surco 70 cm)   |
| Siembra                 | La siembra se realiza la segunda o tercera semana de junio, depositando las semillas en lo alto del surco a una distancia de 30 cm entre mata.  |
| Fertilización           | Formula de fertilización orgánica-mineral N-P-K-Composta (t/ha): <u>80-20-00-1</u> aplicando la composta al momento de la siembra, 40N-20P veinte días después de la siembra (primer deshierbe), y 20N noventa días después de la siembra (segundo aporque).  |
|                         | Formula de fertilización química: N-P-K: <u>120-40-20</u> aplicando 80N-40P-20K veinte días después de la siembra (primer deshierbe) y 40N noventa días después de la siembra (segundo aporque).  |
| Deshije y trasplante    | Alrededor de los 60 días después de la siembra debe realizarse el deshije de plantas, procurando dejar cinco plantas por cada mata. De haber espacios donde no germinaron plantas se debe trasplantar las plantas que han sido arrancadas de otras matas, teniendo cuidado de que la raíz no se doble. El porcentaje de que las plantas trasplantadas enraícen dependerá principalmente del contenido de humedad del suelo al momento del trasplante. |

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| Corte de panoja                  | <p>El corte se realiza con una hoz la última semana de octubre o la primera semana de noviembre. Las panojas cortadas se depositen sobre el surco de manera perpendicular a este, y se recomienda que entre el surco y las panojas se coloque algún tipo de malla que permita la filtración de la precipitación pero que a la vez retenga el grano que se va desprendiendo durante el proceso de secado y durante el acarreo de las panojas al momento de la trilla para evitar la pérdida de grano.</p>   |
| Trilla                           | <p>La trilla se realiza generalmente a mediados de diciembre y puede ser manual o mecánica. La trilla manual consiste en pisar o azotar con varas, sobre mantas o lonas, las panojas secas para que se desprenda la semilla; posteriormente la semilla se cierne para retirar todo tipo de residuo conocido comúnmente como “tamo”. La trilla de una hectárea se realiza aproximadamente en una semana, dependiendo del número de jornales utilizados y de las condiciones climáticas, ya que en días nublados y con alta humedad relativa la semilla se desprende con mayor dificultad. Con la trilla mecánica se ahorra tiempo y trabajo; es más económica ya que solo ocupa algunos jornales para introducir manualmente la panoja seca en la maquina combinada y en encostalar el grano. Con la trilla mecánica se tiende a perder un alto porcentaje de semilla debido a que la maquinaria está diseñada para otros cultivos como el sorgo.</p> |
| Control de plagas y enfermedades | <p>Aplicar controles preventivos de tipo cultural y orgánico. En caso de alta infestación aplicar controles químicos sin exceder la dosis recomendada y con el uso de guantes y cubre bocas (Cuadro 8.3).</p>  |
| Comercialización                 | <p>Para obtener mayores ingresos se debe generar valor agregado a la producción de por medio dela diferenciación de la producción por medio del uso de técnicas de producción alternativas como la producción orgánica o agroecológica; o por medio de la elaboración de harina, palanquetas, galletas, botana etc.</p>  |

---

Fuente: Elaboración propia con información de campo.

Cuadro 8.3. Tipos de control de las principales plagas y enfermedades del cultivo de amaranto en Tochimilco, Puebla.

| Especie   | Control   |  |   |  |
|---|---|--|---|--|
|   | Cultural  | Biológico  | Químico   | Orgánico   |
| <i>A. abnormalis</i>                                | Rastreo y solarización  | <i>Bacillus thuringiensis</i>  |   | Extracto de Neem y ajo   |
| <i>A. fabae</i>                                     | Barbechos   | <i>Metharhizium anisopliae</i>   | Cipermetrina (1.5 l/ha)                                 | Extracto de Neem y ajo   |
| <i>P. ilhuicaminai</i>                              | Barbecho, rastreo, rotación de cultivos                                 | <i>Bauveria bassiana</i> ,<br><i>Metarhizium anisopliae</i> y<br><i>Bacillus popilliae</i> | Insecticidas granulados (Clorpirifos, teflutrina, etc.) |  |
| <i>S. purpurascense</i>                             | Barbechos y solarización  | <i>Metarhizium anisopliae</i>  | Diazinon 25% (1 l/ha)                                   | Extracto de Neem y ajo   |
| <i>Macrophoma</i> sp.<br>y<br><i>Thecaphora</i> sp. | Selección y desinfección de semilla (ceniza vegetal (4g/1kg de semilla) |  |   | Caldo sulfocalcico y caldo bordelés (10l/200l agua), hidróxido de cobre (Kocide 101, 2.5g/1l agua) |

Fuente: Elaboración propia con datos de CESAVEG (2007), Ruiz *et al.* (2012) y Suquilanda (2015).

**Anexo D.** Unidades edafoclimáticas y sistemas de producción de amaranto en Tochimilco, Puebla.

La producción de amaranto en Tochimilco se realiza en diferentes sistemas de cultivo los cuales se diferencian por factores edafoclimáticos (tipo de suelo, temperatura, precipitación) que condicionan el manejo de la producción, es decir, el número y la frecuencia de las labores que los agricultores realizan para obtener una producción. Por ejemplo, en las comunidades donde se registra mayor precipitación la presencia de hierbas no deseadas es mayor que en lugares con menor precipitación por lo que se requieren más labores de deshierbe.

En Tochimilco existen ocho tipos de suelo (Figura 8.2) y cuatro tipos de clima (Figura 8.3) por lo que en cada comunidad del municipio puede haber diferentes combinaciones de estos factores (Cuadro 8.4). Formando así diferentes tipos de unidades edafoclimáticas (UE) donde se produce amaranto y las cuales se caracterizarán por diferente tipo de manejo agronómico por parte de los agricultores.

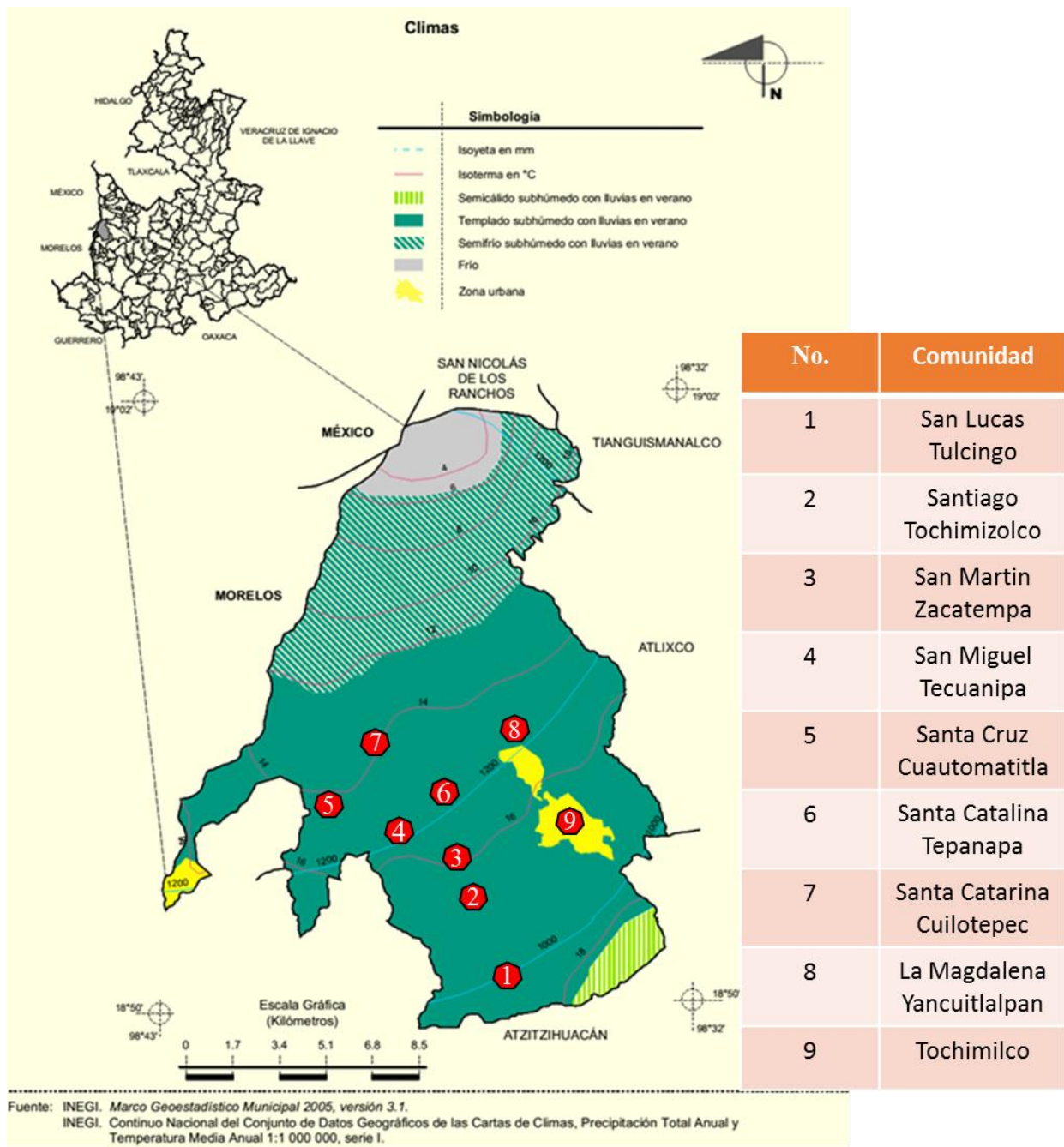


Figura 8.2. Tipos de clima presentes en las principales comunidades de Tochimilco.

Fuente: Modificado del Marco Geoestadístico Municipal (INEGI, 2005).



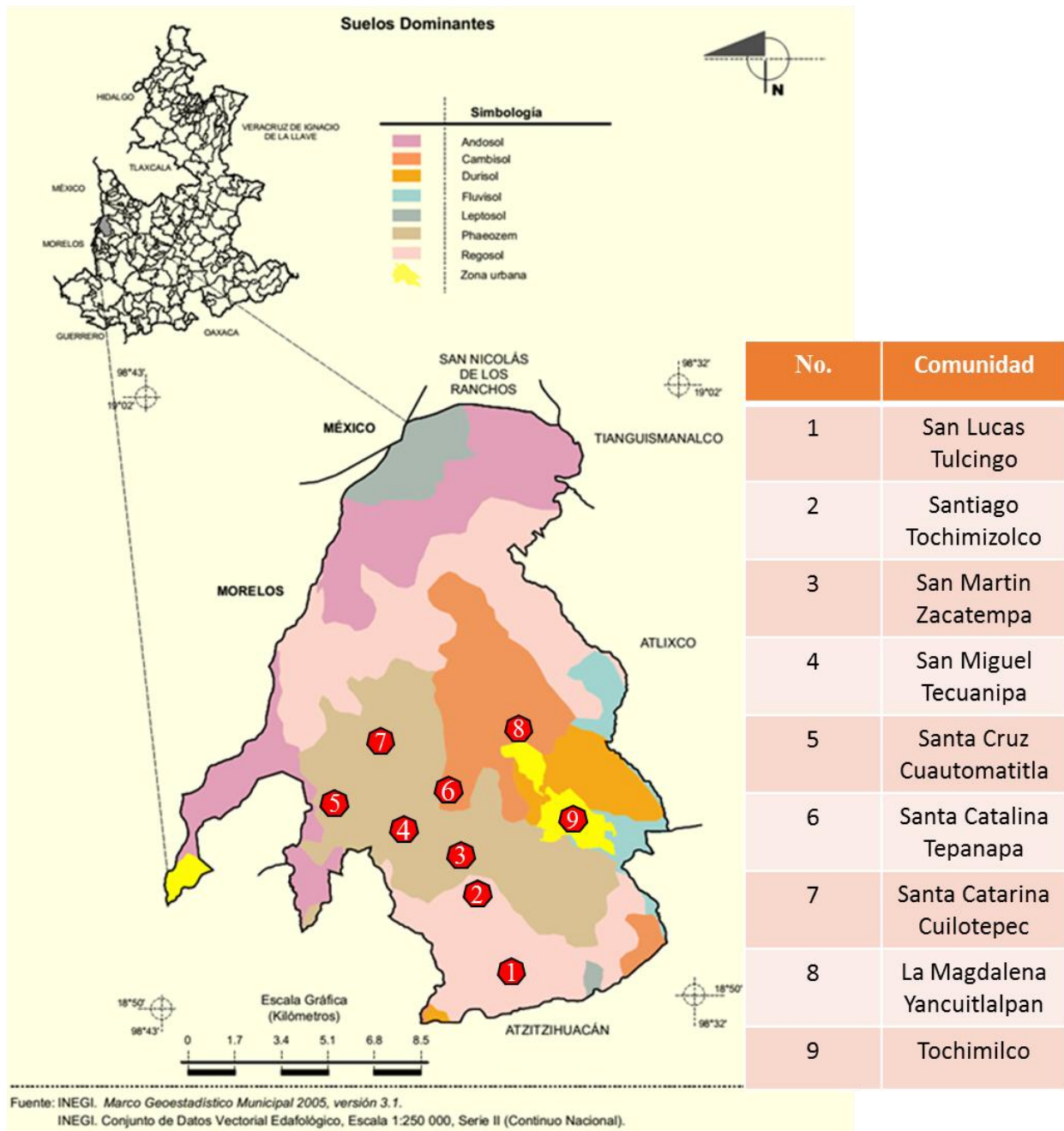


Figura 8.3. Tipos de suelo presentes en las principales comunidades de Tochimilco.

Fuente: Modificado del Marco Geoestadístico Municipal (INEGI, 2005).

Cuadro 8.4. Unidades edafoclimáticas presentes en las principales comunidades de Tochimilco, Puebla.

| UE | Tipo de suelo          | Tipo de clima | T (°C) | P (mm)    | Comunidad   |
|----|------------------------|---------------|--------|-----------|---|
| 1  | Phaeozem               | (A)C(w1)      | 14-16  | 1200      | S. Miguel Tecuanipa,                                  |
| 2  | Durisol                | (A)C(w1)      | 14-16  | 1200      | Sta. Cruz Cuautomatitla y<br>Sta. Catarina Cuilotepec |
| 3  | Phaeozem               | (A)C(w1)      | 16     | 1000-1200 | Sta. Catalina Tepanapa y                              |
| 4  | Cambisol y<br>fluvisol | (A)C(w1)      | 16 -18 | 1000-1200 | La Magdalena<br>Yancuitlalpan                         |
| 5  | Regosol                | (A)C(w1)      | 16 -18 | 1000-1200 | S. Martin Zacatempa                                   |

Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2005). UE= Unidad Edafoclimática. T=temperatura media anual. P=precipitación anual. (A)C(w1) = clima templado subhúmedo con lluvias en verano (Köppen, 1936).

Con base en la taxonomía de suelos de la USDA (2014) a continuación se presentan las características de los suelos que distinguen las UE:

Phaeozem. Se caracteriza por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes, y son de profundidad muy variable. Cuando son profundos se encuentran generalmente en terrenos planos y se utilizan para la agricultura con rendimientos altos. En laderas son de menor profundidad y presentan como principal limitante la roca o alguna cementación muy fuerte en el suelo, tienen rendimientos más bajos y se erosionan con más facilidad, sin embargo, pueden utilizarse para el pastoreo o la ganadería con resultados aceptables. El uso óptimo de estos suelos depende en muchas ocasiones de otras características del terreno y sobretodo de la disponibilidad de agua para riego.

Cambisol. Se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa con terrones que presentan vestigios del tipo de roca subyacente y que además puede tener pequeñas acumulaciones de arcilla, carbonato de calcio, fierro o manganeso. Se destinan a muchos usos y sus rendimientos son

variables pues dependen del clima donde se encuentre el suelo. Son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión.

Fluvisol. Son suelos muy poco desarrollados, medianamente profundos y presentan generalmente estructura suelta. Además, presentan capas alternadas de arena con piedras o gravas redondeadas, como efecto de la corriente y crecidas del agua en los ríos.

Regosol. Tienen poco desarrollo y por ello no presentan capas muy diferenciadas entre sí. En general son claros o pobres en materia orgánica. Frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su productividad está condicionada a la profundidad y pedregosidad.

Durisol. Caracterizado por la formación de horizontes endurecidos que suelen impedir la penetración del agua y las raíces. Su uso agrícola está limitado al pastoreo extensivo (praderas). En ambientes prístinos generalmente soportan suficiente vegetación para contener la erosión, pero en otras partes está muy extendida la erosión del suelo superficial. Los durisoles pueden cultivarse con algún éxito donde hay suficiente agua disponible para riego. Los niveles excesivos de sales solubles pueden afectarlos en áreas bajas.

Si a las unidades edafoclimáticas se les agrega el tipo de manejo se identifican cinco sistemas de producción, los cuales se caracterizarán por factores inmodificables como unidades de suelo, temperatura y precipitación; y por factores modificables de manejo como la fecha de siembra, razas de amaranto sembradas, fertilización y trilla (Cuadro 8.5).

Cuadro 8.5. Tipos de suelos, fecha de siembra, razas, fertilización y trilla utilizada en los sistemas de producción de amaranto de Tochimilco, Puebla.

| SP | Suelo                   | T (°C) | P (mm)        | Siembra        | Raza                | Fertilización         | Trilla              |
|----|-------------------------|--------|---------------|----------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| 1  | Phaeozem*               | 14-16  | 1200          | Mayo-<br>Junio | Mercado<br>y Azteca | Química y<br>Orgánica | Manual-<br>Mecánica |
| 2  | Durisol                 | 14-16  | 1200          | Mayo-<br>Junio | Mercado             | Química y<br>Orgánica | Manual-<br>Mecánica |
| 3  | Phaeozem                | 16     | 1000-<br>1200 | Mayo-<br>Junio | Mercado             | Química y<br>Orgánica | Manual-<br>Mecánica |
| 4  | Cambisol* y<br>fluvisol | 16 -18 | 1000-<br>1200 | Junio          | Mercado<br>y Azteca | Química y<br>Orgánica | Mecánica            |
| 5  | Regosol*                | 16 -18 | 1000-<br>1200 | Junio          | Mercado<br>y Azteca | Química y<br>Orgánica | Manual-<br>Mecánica |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo e INEGI (2005). SP= sistema de producción. Fertilización orgánica es por medio de aplicación de excretas de ganado. \*Suelos con mayor superficie en el municipio.

La incidencia de plagas y enfermedades en los sistemas de producción de amaranto del municipio puede variar dependiendo de factores como la precipitación, humedad relativa, temperatura, drenaje del suelo, malezas, nutrición del cultivo, etc. Lo cual explica por qué especies dañinas para el amaranto como *S. purpurascense* no haya sido reportada en todos los sistemas de producción o él porque las enfermedades causadas por *Macrophoma* sp. y *Thecaphora* sp. sean recurrentes en todos los sistemas (Cuadro 8.6).

Cuadro 8.6. Plagas y enfermedades del amaranto en los sistemas de producción de Tochimilco, Puebla.

| SP | Plagas   | Enfermedades                                  |
|----|--|---|
| 1  | <i>S. purpurascense</i> , <i>A. abnormalis</i> ,<br><i>P. ilhuicaminai</i> , <i>A. fabae</i> | <i>Macrophoma</i> sp. y <i>Thecaphora</i> sp. |
| 2  | <i>A. fabae</i> , <i>P. ilhuicaminai</i> , <i>A. abnormalis</i>                              | <i>Macrophoma</i> sp. y <i>Thecaphora</i> sp. |
| 3  | <i>A. fabae</i> , <i>A. abnormalis</i>   | <i>Macrophoma</i> sp. y <i>Thecaphora</i> sp. |
| 4  | <i>A. fabae</i> , <i>A. abnormalis</i> , <i>S. purpurascense</i>                             | <i>Macrophoma</i> sp. y <i>Thecaphora</i> sp. |
| 5  | <i>S. purpurascense</i> , <i>A. fabae</i> , <i>A. abnormalis</i> ,<br><i>P. ilhuicaminai</i> | <i>Macrophoma</i> sp. y <i>Thecaphora</i> sp. |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo. SP= Sistema de producción.

### 8.1. Literatura citada

CESAVEG (Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato). 2007. Campaña de manejo fitosanitario de cultivos básicos chapulín. En línea: [http://www.cesaveg.org.mx/html/folletos/folletos\\_07/folleto\\_chapulín\\_07.pdf](http://www.cesaveg.org.mx/html/folletos/folletos_07/folleto_chapulín_07.pdf) (29/06/2017).

Ruiz, V. J., Aquino, B. T., Silva, R. M., y Giron, P. S. 2012. Control integrado de la gallina ciega *Phyllophaga vetula* Horn (Coleoptera: Melolonthidae) con agentes entomopatógenos en Oaxaca, México. UDO Agrícola, 12(3): 609-616 p.

SIAP (Sistema de Información Agrícola y Pecuaria). 2015. Cierre de la producción agrícola por estado. En línea: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> (19/10/2016).

Suquilanda, B. M. 2015. Producción orgánica de amaranto (*Amaranthus caudatus*). Cultura orgánica. En línea: <http://www.culturaorganica.com/html/viewer.php?ID=50&IDPAG=33> (29/06/2017).

USDA (United States Department of Agriculture). 2014. Claves para la Taxonomía de Suelos. En línea: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/taxonomia-de-suelos-de-usda/es/> (20/07/17).