

00369



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

"CONDICIONES EDAFOCLIMATICAS OBSERVADAS
DURANTE EL DESARROLLO DEL CULTIVO DE
AMARANTO EN CHALCO, EDO. DE MEXICO"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE
MAESTRA EN CIENCIAS (EDAFOLOGIA)

P R E S E N T A :

MARIA ESTELA CARMONA JIMENEZ

DIRECTOR (A) DE TESIS: DRA. TERESA DE JESUS REYNA TRUJILLO

MEXICO, D. F.

FEBRERO 1994

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A TI. que has dado sentido a mi vida.

A MIS PADRES

HERMANOS

Y AMIGOS.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar sincero agradecimiento a todas aquellas personas e Instituciones que han intervenido en mi formación personal y profesional.

A la Dra. Teresa Rayna Trujillo por su apoyo y dirección de la presente. A los Snodales Dra. Margarita Collazo Ortega, M. en C. Nelly Diego Pérez, Dr. José López García Dra. Norma García Calderón, Dr. David Flores Román y Dra. María Engracia Hernández Cerda por sus valiosas observaciones y comentarios que enriquecieron el trabajo.

A las Instituciones que apoyaron el desarrollo de este proyecto. Instituto de Geografía y Programa Universitario de Alimentos de la UNAM.

Al personal del Laboratorio de Análisis Físicos y Químicos del Ambiente por el apoyo y asesoramiento en la realización de los análisis físicos y químicos de suelos, especialmente a la Biól. Rosa María Guzmán, M. en C. Francisco Bautista, M. en C. Irene Sommer, Q.F.B. Rocio Aranda, Q.F.B. Landy Ramírez, Elena Guzmán y Consuelo Molina.

Así mismo al personal del "Rancho San Francisco" y del Jardín Botánico, colaboradores del Proyecto de Amaranto, en particular a la M. en C. Cristina Mapes y Martha Gállegos.

Al Ing. Enrique Carmona y Biól. Fernando Ulises Salinas por su útil apoyo en la presentación e impresión final del trabajo. Al Dibujante Arturo Reséndiz por la elaboración de los mapas.

A los investigadores de Amaranto en Cuba Lic. Juan Manuel Fernández, Lic. Teresa López y Dra. Matilde Borroto. A María Eugenia Esparza por sus valiosos puntos de vista sobre el trabajo.

Y a todos aquellos que de una u otra forma colaboraron en la realización de esta tesis.

CONTENIDO

INDICE.....	i
RESUMEN.....	ii
I. INTRODUCCION.....	1
II. OBJETIVOS	
1. OBJETIVO GENERAL.....	2
2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	2
III. ANTECEDENTES	
1. GENERALIDADES DE AMARANTO	
1.1. TAXONOMIA Y DESCRIPCION BOTANICA.....	3
1.2. DESCRIPCION MORFOLOGICA.....	5
1.3. GENETICA.....	6
1.4. FISILOGIA.....	6
2. IMPORTANCIA Y PERSPECTIVAS DEL CULTIVO DE AMARANTO	
2.1. VALOR NUTRICIONAL.....	8
2.2. USO INTEGRAL.....	10
2.3. PRODUCCION E INDUSTRIALIZACION.....	10
3. ORIGEN Y DISTRIBUCION DEL AMARANTO	
3.1. MUNDIAL.....	11
3.2. EN MEXICO.....	13
4. CONDICIONES AMBIENTALES PARA EL DESARROLLO DEL AMARANTO	
4.1. TEMPERATURA.....	15
4.2. PRECIPITACION.....	15
4.3. INTENSIDAD LUMINOSA Y FOTOPERIODO.....	16
4.4. SUELO.....	16
4.5. MANEJO DEL CULTIVO.....	18
IV. MATERIALES Y METODOS	
1. TRABAJO DE CAMPO.....	20
2. TRABAJO DE LABORATORIO.....	20
3. RECOPIACION DE DATOS CLIMATICOS.....	23
4. INTERPRETACION INTEGRATIVA.....	24

V. GENERALIDADES SOBRE EL AREA DE ESTUDIO

1. LOCALIZACION.....	25
2. TOPOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA.....	25
3. HIDROLOGIA.....	25
4. GEOLOGIA.....	29
5. EDAFOLOGIA.....	29
6. CLIMATOLOGIA.....	33

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

1. SUELO Y AMARANTO.....	41
1.1. COLOR.....	41
1.2. TEXTURA.....	44
1.3. POROSIDAD, DENSIDAD APARENTE Y DENSIDAD REAL.....	44
1.4. REACCION DEL SUELO pH.....	45
1.5. MATERIA ORGANICA Y CARBONO ORGANICO.....	45
1.6. CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO.....	46
1.7. SATURACION DE BASES Y CATIONES DE INTERCAMBIO: Ca, Mg, Na y K.....	47
1.8. FOSFORO.....	48
2. CLIMA Y AMARANTO.....	49
2.1. TEMPERATURA.....	49
2.2. PRECIPITACION.....	57
2.3. GRANIZO.....	58
2.4. HELADAS.....	58
2.5. VIENTO.....	58
3. INTERACCIONES DEL SUELO, CLIMA Y AMARANTO.....	60

VII. CONCLUSIONES.....

72

VIII. LITERATURA CITADA.....

74

IX. ANEXO.....

84

X. INDICE DE CUADROS, MAPAS, FIGURAS, GRAFICAS Y ANEXO.....

88

RESUMEN.

El amaranto es una planta que posee una serie de características propias que pueden ser aprovechadas con diferentes fines, pero aún se necesita estudiar sobre ella aspectos desde el botánico y agrícola, hasta el industrial y comercial. La presente investigación participa en el conocimiento de aspectos edafoclimáticos.

El trabajo se realizó en el "Rancho San Francisco" en el municipio de Chalco, Edo. de México, durante los ciclos 1990 y 1991. Se analizaron las características del suelo, condiciones del tiempo y clima en relación con el cultivo, para determinar si ésta es una zona propicia para el establecimiento del cultivo, al final se hizo una interpretación de las posibles interacciones del suelo y clima con el amaranto.

De las características del suelo analizadas que más influyeron en el cultivo fueron la textura relacionada con la porosidad y el drenaje, y el contenido de materia orgánica aunada con la disponibilidad de nutrientes.

Color, textura y porosidad fueron características del suelo no modificadas en forma notoria durante el tiempo de estudio. El pH sufrió cambios significativos atribuidos en gran medida a la lixiviación de bases, sobre todo del sodio y potasio propiciada por la lluvia que aunque no fue excesiva la textura arenosa la favoreció. En general la materia orgánica, calcio, magnesio, sodio, potasio y fósforo tuvieron reducción a través del ciclo atribuidos a la lixiviación, fijación mineral, erosión y parte a la asimilación del cultivo, principalmente los dos últimos elementos, ya que las modificaciones fueron significativas a nivel superficial.

La temperatura, tanto la máxima como la mínima, la cantidad de precipitación recibida como su régimen, y la presencia de las primeras y las últimas heladas registradas en Chalco, fueron las condiciones del tiempo y clima que más repercutieron en el establecimiento y desarrollo del cultivo: en cambio la poca presencia de granizo y baja intensidad del viento no afectaron al cultivo.

De acuerdo a la respuesta cualitativa del cultivo de amaranto en el "Rancho San Francisco", las condiciones del suelo y del clima predominantes en la zona se considera una área propicia para el establecimiento de éste.

I. INTRODUCCION

El amaranto, planta que tiene una gran trascendencia histórica en México, fue en un momento dado casi olvidada, actualmente llama la atención de varios investigadores, no sólo del país, sino del mundo entero, porque posee una serie de características propias; una de ellas quizá la más importante, es su indiscutible valor nutricional tanto en cantidad como en calidad; además ofrece varias formas de uso, desde el alimenticio, forrajero, ornamental, y hasta recientemente el industrial, entre otros; garantiza una producción aceptable aun bajo condiciones en que otros cultivos no subsistirían.

Sin embargo, para obtener los mejores beneficios que brinda la planta, es necesario confrontar una serie de cuestiones, entre los que se encuentran el taxonómico, genético, fisiológico, prácticas de cultivo, industrialización, comercialización, así como las condiciones ambientales óptimas para su desarrollo, aspecto al cual se orienta esta investigación, específicamente al suelo y clima.

Cuando se trata de entender y explicar en forma independiente algo que es integrado, caso de los seres vivos y su medio ambiente, se genera una situación de cuidado, para no caer en interpretaciones erróneas, ya que cada uno de los elementos bióticos y abióticos que lo constituyen están actuando en dimensiones propias e inclusive interactuando entre ellos; situación que debe tomar en cuenta dicha investigación.

La integridad entre el cultivo de amaranto, y en general las plantas terrestres con el medio ambiente radica básicamente en las condiciones edafoclimáticas, es decir: situaciones prevalecientes del tiempo y clima; además de las características del suelo, donde desarrollan sus raíces, obtienen agua y nutrimentos para su crecimiento.

Entre las características de los suelos con mayor influencia en los cultivos son la profundidad, textura, porosidad, drenaje, reacción del suelo y grados de fertilidad, entre otras: varias de ellas con íntima relación entre sí, como es la textura, porosidad, densidad, drenaje y aeración; así como las prácticas de cultivo que se apliquen.

De los elementos del tiempo y clima que tienen importancia en el establecimiento de los cultivos, están la temperatura y la precipitación, y en relación con éstos, la presencia de fenómenos como el rocío, heladas y granizo, en menor grado, o sólo para determinados cultivos, como en el caso del amaranto, están la intensidad del viento y la luminosidad.

Los cambios que ocurren en el suelo durante los años de estudio son resultado de la contribución en menor o mayor grado del cultivo y condiciones del tiempo.

II. OBJETIVOS.

1. OBJETIVO GENERAL:

Contribuir al conocimiento edáfico y climático de los sitios donde se cultiva el amaranto.

2. OBJETIVOS ESPECIFICOS:

Determinar e interpretar las características físicas y químicas del suelo del área en estudio en relación con el cultivo del amaranto.

Analizar las condiciones del tiempo y del clima de la zona en estudio en relación con el cultivo de amaranto.

Determinar con el análisis de los resultados de suelo y clima; y la respuesta cualitativa del cultivo durante los ciclos 1990 y 1991, si la zona de estudio es propicia para el establecimiento del cultivo de amaranto.

Analizar las posibles interacciones del suelo, clima y cultivo del amaranto.

III. ANTECEDENTES.

I. GENERALIDADES DE AMARANTO.

I.1. TAXONOMÍA Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.

La taxonomía del género *Amaranthus* como señalan Sauer (1950) y Espitia (1986), es un problema complejo aún no resuelto en su totalidad a pesar de las diferentes investigaciones dedicadas al tema por especialistas. Situación confusa debido entre otras cosas por el número de especies que conforman el género: Sauer (1967), menciona 60 especies nativas de América y 15 de Europa, Asia, África y Australia; en tanto que Hunziker (1991), considera aproximadamente 90 especies distribuidas en todo el mundo. Además la sinonimia entre las especies del género es común, por ejemplo, *Amaranthus hypochondriacus* es clasificado como *A. flavus*, *A. fumentaceus*, *A. anardana*, *A. hybridus* var. *erythrachis*, *A. leucocarpus* y *A. leucospermus*; mientras que *A. cruentus* como *A. paniculatus*, *A. sanguineus* y *A. speciosus*; y *A. caudatus* como *A. sanguineus*, *A. mantegazzianus* y *A. edulis* (Sauer, 1967). Es todavía mayor la infinidad de nombres comunes que recibe una misma planta, dependiendo del lugar en que se encuentra, tal es el caso del *Amaranthus caudatus*, especie sudamericana a la cual Hunziker (1943) menciona que se le conoce como: millmi, chaclón, chaquillón, quinoa rosada, quinoa del valle, coini, cuime, cola de cardenal, carazapa, quihuicha, achitas, ckoitos, incapachaqui y sangorache, entre otros.

Hauptli et al. (1979), señalan la múltiple variabilidad genotípica y fenotípica en la población de una misma especie, problema que tienen que enfrentar los taxónomos, aunado a la dificultad de encontrar especies puras por la alta hibridación que presentan estas plantas.

Las escasas y tenues diferencias morfológicas de la parte vegetativa y reproductora entre las especies hacen difícil la tarea de diferenciarlas, por lo que, como indica Sauer (1950 y 1967), se han usado características poco estables, modificadas fácilmente por los factores ambientales como son: color, forma y tamaño de hojas, tallo y panoja; Espitia (1991), señala que el tamaño y forma de las brácteas, así como el tamaño, posición y proporción de la inflorescencia son características que deben tomarse con mayor énfasis para su clasificación y en general toda la parte floral.

Aún sin tener una total claridad en la taxonomía del género *Amaranthus*, en el cuadro I se presenta una sinopsis de ésta. Perteneció a la familia AMARANTHACEAE; según Mapes (1986) se divide en dos subgéneros: *Aemida* planta dioica con flores pentámeras estaminadas, e inflorescencia terminal compleja; y *Amaranthus* planta monoica, subgénero que a la vez citan Covas (1991). Pal (1972), se divide en dos secciones:

Sección *Blitopsis* Dumort, caracterizada por tener inflorescencia terminal tenue, con desarrollo más intenso en las partes axilares. flores dímeras o tetrámeras y utículo irregular indehiscente. Algunas especies de esta sección son: *A. graecizans*, *A. lividus*, *A. tricolor*, *A.*

CUADRO 1. CLASIFICACION DEL GENERO Acanthus.

GENERO	SUBGENERO	SECCION	ALTERNAS ESPECIES	VARIETADES	USOS NOFLOREOLÓGICOS
			A. arancicola		
			A. australis		
F	Acanth		A. canabifolius		
	Thioica		A. filipendula		
A			A. Palmeri	glomeratus	
			A. tuberculatus		
M			A. hirsutus		
			A. acutifolius		
			A. albus		
			A. blitoides		
			A. blitum		
A	Acanthus		A. gangeticus		
			A. gracilis		
			A. glaucifolius	glauca y polygamoides	
		Diitepis	A. litorea	ascendens, polygamoides y typicus	
			A. macrocarpus	melanocarpus, pallidus y rhodocarpus	
			A. melanobolus		
			A. oleraceus		
M			A. tricolor	lanceolatus, gangeticus, polygamus y tristis	
A	Acanthus				
	(venosus)		A. caudatus	maximus, semispicatus, gibberosus, sanguineus, purpureoantherus y luteus	"Edule", "Ornamental" y "Sudamericano"
			A. cruectus	albiflorus, sanguineus y alpicarpus	"Africano", "Mexicano" y "Guatemalteco"
			A. dubius	leptostachya, flammula y santhostachya	
			A. -dalis	spicatus y typicus	
		Acanthus	A. hybridus	petulus y typicus	"Prima", "Bangarache" y "Ornamental"
			A. hypochondriacus		Asiaca, "Mercado", "Nepal", "Pisco" y "Mixtaco"
			A. leucocarpus		
			A. paniculatus	chlorostachya	
			A. Powellii		
			A. quitensis	stueckertianus	
			A. petulus		
			A. retrofractus	petulus, genuinus y ciliol	
			A. spinosus		

Fuente: Aellen (1961); Pal (1972); Espino (1991); Madhusoodanan y Pal (1981); Mapes (1986); Covas (1991); Kauffman (1992); Reyna y Carmona (en prensa).

blitum, *A. gangeticus*, *A. viridis* y *A. albus*; las primeras cinco especies Madhosoodanan y Pal (1981), las citan como plantas cultivadas para uso de verdura y a las otras dos como malezas.

Sección *Amaranthus* Sauer, con inflorescencia terminal más desarrollada que las axilares, flores generalmente pentámeras y utrículo con dehiscencia transversal. Las especies de esta sección son más conocidas, debido a que en ellas se encuentran los amarantos domesticados para producción de semilla, verdura, forraje, ornato, además de malezas (Grubben, 1975 y Mapes, 1986), ejemplos de éstas son: *A. cruentus*, *A. hypochondriacus*, *A. caudatus*, *A. hybridus*, *A. quitensis* y *A. celtis*.

En algunas especies se reportan variedades, tipos, razas o grupos morfológicos, términos aún no bien definidos en el género, e inclusive como indica Sauer (1967), algunas variedades son sinonimia de otra especie del mismo género. El grupo morfológico, término utilizado en este trabajo, designa a las plantas de una misma especie con características fenotípicas similares (Kauffman, 1992).

El *Amaranthus hypochondriacus* de acuerdo al cuadro I, queda con la siguiente clasificación:

Familia: *Amaranthaceae*

Género: *Amaranthus*

Subgénero: *Amaranthus*

Sección: *Amaranthus*

Especie: *A. hypochondriacus*

Grupo morfológico: "Azteca", "Mercado", "Mixteco", y "Nepal"

1.2. DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA.

Las especies del género se caracterizan morfológicamente por ser plantas herbáceas anuales o perennes; monoicas, dioicas o polígamas; llegan a medir hasta 3 metros de altura; con gran diversidad de colores en tallos, hojas, flores y semillas, según Cyrus (1969), Burger (1983), Sánchez (1984) y Espitia (1991).

La raíz es tipo pivotante bien desarrollada con numerosas raíces secundarias y terciarias. El tallo es postrado o erecto, con ramificaciones de la base o parte superior; glabro o pubescente. Las hojas son alternas, pecioladas, enteras, de forma elíptica, lanceolada, rómbica y ovalada, con frecuencia mucronadas, venación pinnada, glabras o pubescentes. Las flores son numerosas, pequeñas, hermafroditas o unisexuales formando inflorescencias indeterminadas, dispuestas en densos glomérulos axilares en espiga, panoja o panícula; las flores unisexuales generalmente se desarrollan en la misma espiga (estaminadas y pistiladas); el perianto se divide generalmente en 5, aunque también puede ser de 1 a 3, tépalos, estambres filiformes y libres con anteras tetraloculares dehiscentes longitudinalmente; ovario de forma ovoide comprimido, unilocular con un óvulo solitario, placenta basal, estilo muy corto o ausente, estigma con 2 a 4 ramificaciones

filiformes. El fruto es seco piriforme, encerrado en una bráctea persistente y parte del perianto; utrículo con pared delgada formando una cápsula circunsésil transversal o en sacelo irregularmente, dehisciente o indehisciente. Semilla solitaria con embrión anular de forma lenticular, comprimida, lustrosa y lisa.

Las características morfológicas a nivel de especie se presentan en el cuadro II. Se aprecia que entre éstas la mayor similitud está en la forma de las hojas, la división del perianto en 5, el arreglo floral con una flor estaminada al inicio del glomérulo y las demás pistiladas, excepción hecha en *A. spinosus* que presenta glomérulos pistilados en la parte axilar y estaminados en la parte apical. También *A. spinosus* se distingue por tener dehiscencia del fruto en forma de sacelo, además de tener semillas muy pequeñas, de color negro, y la presencia de espinas en la parte axilar de las hojas. La característica con mayor variación entre las especies es la altura de la planta, el tamaño y forma de las brácteas, así como el tamaño, posición y proporción de la inflorescencia.

1.3. GENÉTICA.

El número cromosómico en las especies del género según Nieto (1989), es de 8 como número básico, considerando la presencia de poliploidía, debido a que el total encontrado es de 32 ó 34 cromosomas, e inclusive de 64 en *A. dubius*; mientras que Palomino y Rubí (1991), consideran 16 y 17 como número básico, dando un total de $2n = 32$ y 34 cromosomas respectivamente. Los mismos autores mencionan que los cromosomas se caracterizan por ser muy pequeños de 0.5 - 1.7 μ m, los hay metacéntricos, submetacéntricos, telocéntricos y subtelocéntricos.

Poggio y Greizerstein (1992), encuentran 32 y 34 cromosomas en ambas secciones del género, predominando el número 34 para la sección *Blitopsis*. El número cromosómico no se ha tomado en cuenta para la clasificación de las especies debido a que una misma especie presenta 32 y 34 cromosomas, como son *A. caudatus*, *A. hypochondriacus* y *A. cruentus* (Jain et al. 1979).

El carácter de amplia variabilidad genética existente entre las especies, dentro de una misma especie e inclusive dentro de un mismo tipo, favorece la selección y el mejoramiento de éstas, de acuerdo al interés y necesidades particulares (Kauffman, 1984). Entre los caracteres que recomienda Grubben (1975) y Espitia (1987), para hacer una selección con fines de producción de semilla son: tamaño de la planta y panoja, días a floración, madurez temprana y homogénea de la semilla.

1.4. FISILOGÍA.

La importancia fisiológica del amaranto radica en presentar el metabolismo del ácido dicarboxílico C4; característico de plantas de clima cálido, luz intensa y tolerancia al estrés hídrico (Sauer, 1977). Grubben (1975), menciona que la fotosíntesis neta óptima en las plantas

CUADRO II CARACTERÍSTICAS DE ALGUNAS ESPECIES DE ANANASSO.

CARACTERÍSTICAS	A. hybridus	A. cruentus	A. caudatus	A. hybridus	A. spinosus
TALLO					
Altura	Hasta 1 mts.	Hasta 2 mts.	Hasta 3 mts.	Hasta 1.85 mts	Hasta 2.70 mts.
Ranficaciones	Más de la parte media al ápice	Poca ramificación	Más de la parte media al ápice	Abundante desde la base	Abundante desde la base
HOJAS					
Forma	Lanceoladas, elípticas u ovado-oblonga	Elíptica, ovada y lanceolada	Lanceolada, oval-rondeada y romboides	Lanceoladas ovadas y fimbriado-ovadas	Redondo-ovadas y lanceoladas
FLORES					
Perianto	Dividido en 5	Dividido en 5	Dividido en 5	Dividido en 5	Dividido en 5
Brácteas	Puntiguadas de igual tamaño a las ramificaciones del estilo	Lanceoladas con Apice espiniforme, más pequeñas que las ramificaciones del estilo	Cortas más pequeñas que las ramificaciones del estilo	Apice espinoso más grande que el perianto y ramificaciones del estilo	Lanceoladas a subuladas, espinosas, igual o más cortas que el perianto
Arreglo floral	Una flor estaminada al inicio del glomerulo y las demás pistiladas	Flor inicial estaminada y las demás pistiladas	Flor inicial estaminada y las demás pistiladas	Glomerulo con flor inicial estaminada y las sucesivas pistiladas	Glomerulo pistilado en la parte axilar y el estaminado en la parte terminal
Inflorescencia	Dominante en posición apical en forma de roseta y axilares cerca de la parte apical	Apical dominante, pocas axilares en posición erecta	Forma de roseta en el ápice, flexibles en posición inclinada y pocas en la parte axilar	Terminales y axilares en igual proporción	Cortas en la parte apical y axilares
FRUTOS					
Dehiscencia	Circunscisal (traca-versal) con cápsula grande	Circunscisal	Circunscisal	Circunscisal	Sanctus (irregular)
SEMILLA					
Tamaño	----	1 cm	1 - 1.3 mm	1 - 1.5 mm	0.7 - 1 cm
Color	Bianco, dorado, café y negro	Bianco, café, amarillizo, rojo y negro	Bianco, blanco rosado, blanco amarillento y negro con bordes rojos	Bianco, café, rojo y negro	Negro
OTRAS CARACTERÍSTICAS					
	Inflorescencia espinosa		La inflorescencia se encorva en forma de cauda		Espinas estipulares rígidas en la parte axilar de las hojas

Fuente: Kunthier (1841); Sauer (1950); Pal (1972); Pal-Chi (1979); Jozzy (1979); Villarreal y Cmelso (1982); Espitia (1987).

C4, es -decir con alta tasa de asimilación de carbono- se presenta a los 30° y 47°C de temperatura ambiente, incrementándose con la intensidad luminosa; en tanto Ramamurthy (1986), señala que las pérdidas de carbono por fotorrespiración en estas plantas es poca, permitiendo una alta producción de materia seca por unidad de área en corto tiempo. Además la pérdida de agua durante el proceso de transpiración es baja, de aquí que las plantas C4 estén más adaptadas a condiciones de sequía que las C3.

Otro aspecto importante en la fisiología del amaranto, pero que, posteriormente será tratado con mayor énfasis es la longitud del día y efecto de sombra, influyendo en el ciclo de vida de la planta y específicamente en la floración.

2. IMPORTANCIA Y PERSPECTIVAS DEL CULTIVO DE AMARANTO.

2.1. VALOR NUTRICIONAL.

En los últimos años se le ha dado cierta atención al amaranto, no sólo en México sino a nivel mundial. El interés por esta planta radica básicamente por el alto valor nutritivo que tienen sus semillas y hojas, tanto en cantidad, como en calidad, comparativamente con otros cereales y hortalizas (Becker et al. 1981 y Sánchez, 1986), aunque sin superar los productos de origen animal (Bressani, 1988).

En el cuadro III, se presenta un resumen de los contenidos nutricionales de la semilla y follaje en el amaranto. Se puede apreciar que la semilla es buena fuente de proteínas (de 12 a 19 % en promedio), carbohidratos, lípidos, fósforo y vitaminas; mientras que el follaje lo es en fibra, calcio, fósforo, hierro, ácido ascórbico, carotenos y proteínas, éstos últimos en mayores proporciones en comparación con la semilla.

De acuerdo a lo recomendado por la FAO, y diversas investigaciones hechas al respecto, la calidad proteica en la semilla de amaranto se debe a la presencia de aminoácidos como lisina, triptofano, treonina, valina entre otros en cantidades aceptables, pero es deficiente en leucina, por lo que, como indican Pedersen et al. (1990) y Peggy (1984), para obtener mejores resultados nutricionales es necesario hacer una combinación con otros granos que suplan estas deficiencias. Para ello, se requieren investigaciones más precisas que determinen el tipo de grano o granos y porcentaje con los que debe darse la combinación.

Otro aspecto nutricional a favor del amaranto es la ausencia de gliadinas en sus proteínas, dando la posibilidad de incorporarse en la dieta de las personas que padecen la enfermedad conocida como "celiaquia" (Bertoni, 1992).

Sin embargo, debe revisarse con más detenimiento el aspecto de la digestibilidad ya que como señalan Imeri et al. (1987), se considera baja con 79 - 81%, aumentando ligeramente la calidad nutricional en forma cocida: por lo que se tiene un factor antinutricional termoestable que

CUADRO III. CONTENIDO NUTRICIONAL EN SEMILLA Y FOLLAJE DE AMARANTO

NUTRIMENTO	SEMILLA	FOLLAJE TALLO Y HOJAS
PROTEINA (%)	12.0 - 19.0	14.0 - 33.0
CARBOHIDRATOS (%)	50.0 - 71.8	19.4 - 55.3
LIPIDOS (%)	4.0 - 10.0	1.0 - 4.7
FIBRA (%)	3.2 - 8.0	5.3 - 17.0
HUMEDAD (%)	6.2 - 10.7	4.5 - 6.6
CALCIO (mg/100g)	130.0 - 154.0	1042.0 - 2776.0
FOSFORO (mg/100g)	530.0	497.0 - 760.0
HIERRO (mg/100g)	6.3 - 12.8	7.0 - 57.1
AC. ASCORBICO (mg/100g)	1.5 - 4.9	64.0 - 693.0
TIAMINA (mg/100g)	0.09 - 0.90	
CAROTENOS (mg/100g)	0.07 - 0.10	18.3 - 33.7
NIACINA (mg/100g)	1.0 - 2.1	
RIBOFLAVINA (mg/100g)	0.03 - 0.32	

Fuente: Carlsson (1979); Marderosian et al. (1979); Becker et al. (1981); Saunders (1984); Peggy (1984); Bourges (1986); Alfaro et al. (1987); Bressani (1988); Nieto (1989).

CUADRO IV. ALGUNAS ESPECIES DE AMARANTO Y SUS USOS.

USOS	ESPECIES DE AMARANTO
SEMILLA	<i>A. hypochondriacus</i> , <i>A. cruentus</i> , <i>A. caudatus</i> y <i>A. hybridus</i>
VERDURA Y FORRAJE	<i>A. hypochondriacus</i> , <i>A. cruentus</i> , <i>A. caudatus</i> , <i>A. hybridus</i> , <i>A. quitensis</i> , <i>A. tricolor</i> , <i>A. viridis</i> , <i>A. oleraceus</i> , <i>A. palmeri</i> , <i>A. paniculatus</i> , <i>A. dubius</i> y <i>A. retroflexus</i> .
ORNAMENTAL	<i>A. tricolor</i> , <i>A. caudatus</i> y <i>A. cruentus</i>
MEDICINAL	<i>A. hybridus</i> , <i>A. spinosus</i> y <i>A. paniculatus</i>
MALEZA	<i>A. hybridus</i> , <i>A. quitensis</i> , <i>A. retroflexus</i> , <i>A. palmeri</i> y <i>A. spinosus</i> y <i>A. viridis</i>

Fuente: Hunziker (1943); Sauer (1950); Grubben (1975); Espitia (1986).

impide la digestibilidad total de las proteínas. También es pertinente mencionar la presencia de nitratos y oxalatos en el follaje, que en niveles altos son tóxicos (Cervantes, 1986).

2.2. USO INTEGRAL.

El uso integral de la planta de amaranto es un aspecto importante, ya que se aprovechan las hojas, tallo, flores y semillas, desde la etapa germinativa, planta tierna, madura y seca; en diversas formas de uso (Hauptli et al. 1979; Suárez, 1986 y Grubben, 1975). En el cuadro IV. se presentan algunas especies de amaranto y el uso que se les da, notándose que como semilla están las especies *A. hypochondriacus*, *A. cruentus*, *A. caudatus* y aunque en menor proporción se consideran *A. hybridus*, entre otras.

En México la semilla se emplea principalmente para la elaboración del dulce tradicional conocido como "alegría" (Feine, 1979 y Early, 1977); últimamente se está fabricando harina para enriquecer pan, tortillas, galletas, pastas, tamales, atoles y pinole entre otros; la semilla reventada se usa como cereal y granola; aunque poco, se destina a la alimentación de animales domésticos. Muy recientemente en Argentina se está experimentando para el uso como enriquecedor de medios de cultivo (Grassano et al. 1992 y Lorda et al. 1992).

El tallo y hojas frescas en estado tierno se usan como verdura, la planta madura se emplea como forraje, y seca como paja. En el cuadro IV se citan a 12 especies como las más comunes con estos fines.

Por la forma y colorido que presenta la planta es utilizada como ornato, sobre todo las especies *A. tricolor* y *A. caudatus*.

El color rojo tan intenso que presentan algunas plantas, se debe al pigmento amarantina, que es extraído para usarse como colorante, pero como señala Peggy (1984), éste es inestable al exponerse a la luz.

Aunque poco, también se cita el uso como planta medicinal, para curar enfermedades como úlcera, ictericia, disenteria, bubas, bronquitis, fiebre, entre otras (Gary, 1979 y Sandoval, 1989). Entre las más utilizadas al respecto están el *A. hybridus* y *A. spinosus*.

También se cuenta con varias especies de amaranto que ocasionan ciertos perjuicios a los cultivos. llamadas malezas; entre las más citadas en México están el *A. hybridus* y *A. spinosus*.

2.3. PRODUCCION E INDUSTRIALIZACION.

Se cita que el nivel de producción del cultivo de amaranto, aún bajo condiciones ambientales desfavorables es aceptable en comparación con otros cultivos (Alejandro y Gómez.

1986 y Loza, 1991). Bajo buenas condiciones de suelo, clima y manejo adecuado llegan a producir hasta 4 ton/ha de semilla, y 3 ton/ha de forraje.

Seguramente esta producción puede verse beneficiada si se superan ciertos problemas que afectan al cultivo, como son la pérdida de semilla durante la maduración y cosecha (Jain et al. 1984), además que como señala Suárez (1986), ésta se hace en forma manual, siendo muy laboriosa y costosa. Alejandro (1986) considera que la presencia de acame es otro problema que abate la producción, frecuente en lugares con fuertes vientos, plantas altas, panoja exuberante, tallo débil y raíz superficial. Lo mismo ocurre con la aparición de enfermedades y plagas, muchas veces no identificadas, por lo que no se da la atención y control adecuado (España, 1986 y Sánchez, 1990); el control de malezas también es un problema que no ha sido superado satisfactoriamente.

Además como indica Duncan y Volak (1979) y Jain et al. (1984), es necesario hacer una detenida selección de especies y variedades con características específicas, dependiendo del interés que se persiga.

Una vez "superados" estos problemas, paralelamente debe considerarse la forma como debe impulsarse al amaranto: aunque son importantes todos los usos que tradicionalmente se le ha venido dando, también debe pensarse en su industrialización y comercialización a niveles mayores, aspecto que algunos investigadores, ya han iniciado, caso de Lazcano et al. (1986). Espinoza y Janovitz (1991), Sánchez (1992), entre otros; pero aún hay mucho por investigar al respecto

3. ORIGEN Y DISTRIBUCION DEL AMARANTO.

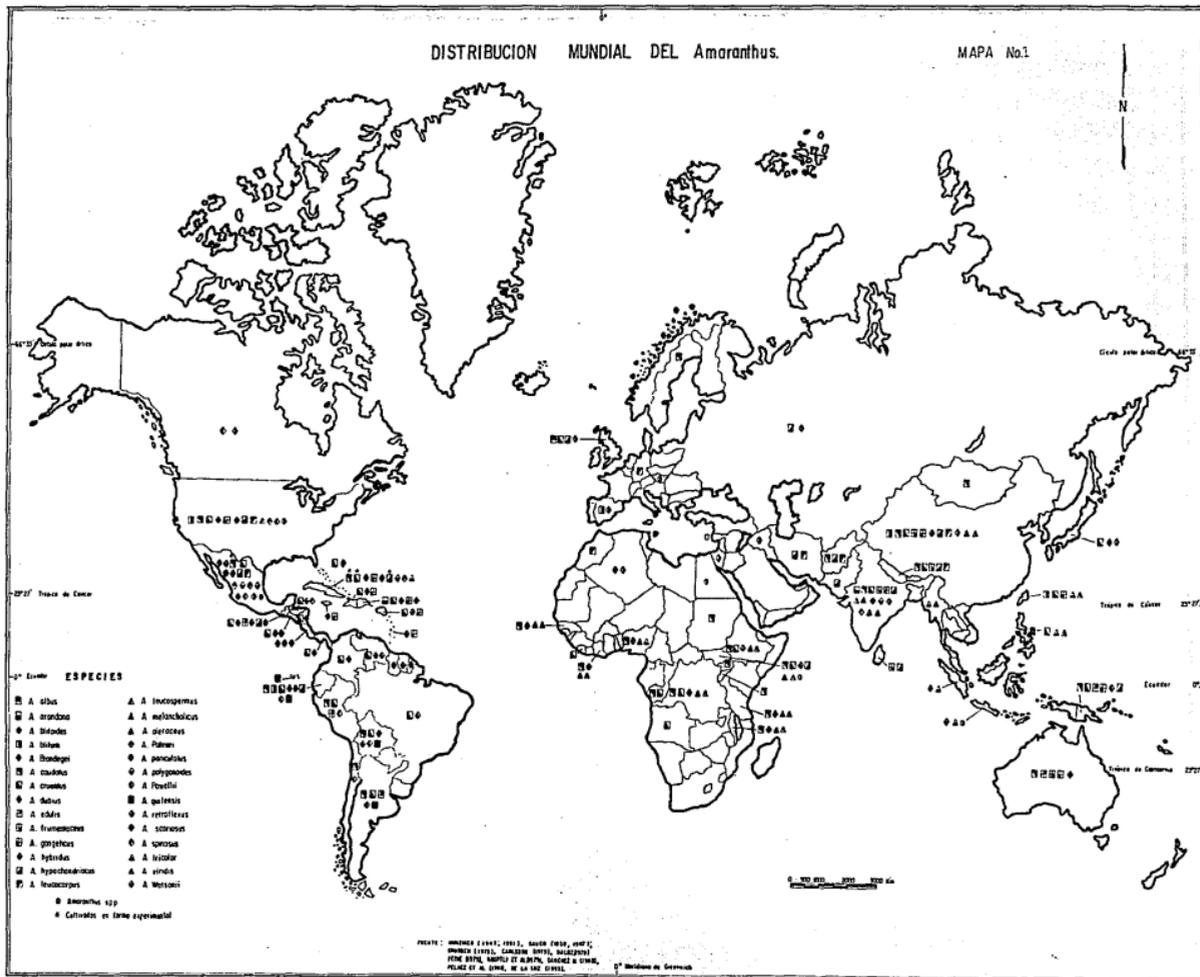
3.1. MUNDIAL

Actualmente el sitio o sitios de origen del amaranto está en duda. Sauer (1967) y Early (1990), mencionan al amaranto de grano originario de América, sobre todo de las regiones templadas, donde tiene mayor uso y distribución; en tanto Feine (1979), especifica a México como uno de los centros de origen de este tipo de amaranto. Sauer (1977), señala a *A. hypochondriacus* como domesticado en México y Estados Unidos, y coincidiendo con Fauplí et al. (1979), indican que *A. cruentus* pudo ser originario de América Central, mientras que *A. caudatus* de la región andina.

El amaranto de uso para verdura y ornato es más común en el viejo mundo, sobre todo en los lugares con clima tropical, por lo que Grubben (1975), considera a estos sitios como los más probables para su origen. Sauer (1950 y 1977), cita a *A. tricolor*, *A. gangeticus* y *A. mangostanus* como nativos de Asia.

DISTRIBUCION MUNDIAL DEL Amaranthus.

MAPA No.1



ESPECIES

- | | |
|----------------------|---------------------|
| ■ A. albus | ▲ A. tricolor |
| ■ A. arundinaceus | ▲ A. melanocephalus |
| ● A. birotundus | ▲ A. peruvianus |
| ■ A. birotundus | ● A. patens |
| ● A. birotundus | ● A. paniculatus |
| ■ A. caudatus | ● A. polygamus |
| ■ A. crinitus | ● A. retrofractus |
| ● A. deflexus | ■ A. quitensis |
| ■ A. echinatus | ● A. retrofractus |
| ■ A. frutescens | ● A. retrofractus |
| ■ A. gangeticus | ● A. spinosus |
| ● A. hybridus | ▲ A. tricolor |
| ■ A. hypochondriacus | ▲ A. viridis |
| ● A. leucostachyus | ● A. watsonii |
- Amaranthus sp.
● Crotalaria ex forma approximalis

PREPARED BY: AMERICAN BUREAU OF PLANT GEOGRAPHY, HARVARD UNIVERSITY, CAMBRIDGE, MASSACHUSETTS, U.S.A.
 FROM DATA SUPPLIED BY: AMERICAN BUREAU OF PLANT GEOGRAPHY, HARVARD UNIVERSITY, CAMBRIDGE, MASSACHUSETTS, U.S.A.
 PUBLISHED BY: AMERICAN BUREAU OF PLANT GEOGRAPHY, HARVARD UNIVERSITY, CAMBRIDGE, MASSACHUSETTS, U.S.A.

Lo que sí es bien conocido es que actualmente se encuentra distribuido en casi todo el mundo (mapa 1). Sauer (1950, 1967), Hunziker (1943 y 1991), entre otros, reportan que en el continente Americano está ampliamente distribuido, con un alto número de especies representativas, de las 28 registradas en dicho mapa América cuenta con 22; en Europa se tiene poca información, se reporta en España, Suecia, Alemania e Inglaterra; lo mismo sucede en Oceanía encontrándose en Australia, Filipinas, Indonesia y Nueva Guinea; mientras que en Asia su distribución es alta, principalmente en China e India, así con el número de especies representativas; en Africa también se tiene amplia distribución tanto en área como en número de especies.

3.2. EN MEXICO

La distribución y diversidad del amaranto en México como puede apreciarse en los mapas 1 y 2, es amplia, ya que en las investigaciones consultadas se registran hasta 15 diferentes especies con distribución en casi todas las entidades del país. Entre las especies que tienen mayor distribución están *A. cruentus* y *A. hypochondriacus* que son especies cultivadas, y *A. hybridus* y *A. Powellii* como malezas. Cabe mencionar que los sitios con mayor importancia en el cultivo de esta planta se localizan al centro del país, sólo por citar algunos están: Tulyehualco, Xochimilco y Milpa Alta en el D.F.; Huazulco, Temoac y Amilcingo en Morelos; Opopeo y Tzintzuntzan en Michoacán; Tlaxcala y San Miguel del Milagro en Tlaxcala.

4. CONDICIONES AMBIENTALES PARA EL DESARROLLO DEL AMARANTO.

Debido a la amplia distribución mundial que tiene el amaranto, es de esperarse que las condiciones ambientales también sean diversas. Sauer (1967), indica que se encuentra en montañas, planicies, desiertos, ribera de ríos, orilla de lagos, playas y pantanos; en altitudes que van desde el nivel del mar en Cuyutlán, Colima, y Ensenada, Baja California en México (Reyna y Carmona, en prensa), hasta los 3,400 msnm en Huaraz, Perú (Hauptli et al. 1979), o más de 3,500 msnm en los Himalayas (Sauer, 1950).

Las condiciones climáticas son también diversas: Carlsson (1979), lo cita en climas fríos y cálidos; Sauer (1967), considera que predomina en zonas templadas y tropicales, coincidiendo con Reyna (1986), quien reporta que en México se encuentra en los climas templados y cálidos, además de los secos o áridos.

En los sitios con clima tropical y subtropical caracterizados por presentar temperaturas superiores a los 18 °C y alto porcentaje de humedad, se desarrolla amaranto con uso de verdura y ornato. Según Sauer (1950), Daloz (1979) y Nieto (1989), se encuentran desde el ecuador hasta los trópicos de los continentes africano, asiático y americano; en México bajo estos climas el cultivo de amaranto parece no tener gran importancia, se reporta sólo en sitios cálidos de Veracruz, Chiapas y Campeche.

DISTRIBUCION DEL *Amarantus* EN MEXICO

MAPA No.2



En lugares con clima templado, el desarrollo del cultivo de amaranto en México y en general en el continente Americano tiene mayor ímpetu, sobre todo para el uso de semilla, (Sauer, 1950). En este clima la humedad es abundante, pero la temperatura es menor de 18 °C y con estacionalidad definida.

En los climas secos o áridos donde la humedad es escasa, Jain et al. (1979), citan que el amaranto se usa como semilla, caso del norte de México y sur de Estados Unidos. Un experimento realizado por Martineau (1984), demuestra que el amaranto responde satisfactoriamente bajo condiciones desérticas, pero requiere de muchos cuidados.

Es menos frecuente encontrarlo en zonas frías o semifrías, al menos es lo que parecen indicar las investigaciones consultadas. Carlsson (1979), menciona que *A. cruentus* y *A. tricolor* se desarrollan en Sweden. Suecia con clima frío pero su ciclo de vida es retardado. Daloz (1979), cita a *A. dubius* como especie tolerante al frío. En México no se tiene hasta el momento información que indiquen su distribución en lugares con clima frío.

4.1. TEMPERATURA.

La temperatura es una condición muy importante durante todo el ciclo de vida de las plantas. Torres (1983) y Ortiz (1984), consideran que en general las plantas sobreviven entre los 0° y 50°C, variando de una especie a otra y también durante sus diferentes etapas de desarrollo.

Poloni et al. (1992), reporta que el amaranto germina favorablemente entre los 19° y 29°C, llegando a tolerar los 9° y 34°C. González y Sánchez (1989), consideran que la temperatura más propicia para el desarrollo del amaranto oscila entre los 16° y 35°C, aunque el crecimiento se detiene a los 8°C, si la temperatura disminuye a 4°C la planta sufre daños. Particularmente en México, Reyna et al. (1988), señala que el cultivo de amaranto se desarrolla en forma favorable tanto en zonas cálidas como Atoyac, Gro. con 28.9°C, como en lugares templados e inclusive con problemas de heladas, caso de Tulyehualco y Milpa Alta, D.F. con 14° y 13.7°C respectivamente; estas últimas cifras no entran en el gradiente considerado como el más propicio para el cultivo (16° a 35°C).

Fisiológicamente por ser una planta C4, Grubben (1975), indica que la temperatura óptima para realizar la máxima fotosíntesis es entre los 30° y 47°C.

4.2. PRECIPITACION.

Cuando la agricultura es básicamente de temporal, como es el caso de las zonas donde se cultiva el amaranto en el país, es necesario conocer el régimen pluviométrico. Aunque como señala García (1989), la precipitación es uno de los elementos del clima más inconstantes e impredecibles.

El requerimiento de agua para el amaranto es variable. Va desde muy bajo, detectable en el amaranto silvestre que con la aparición de las primeras lluvias germina y establece sin problemas (Villegas 1969); hasta muy altos creciendo inclusive en orillas de lagos, playas, riveras de ríos y pantanos (Sauer, 1967). Cuando la planta es de cultivo, requiere de buena humedad en el suelo durante la germinación y crecimiento inicial, pero una vez establecida puede soportar deficiencias de ésta, sin verse afectada en gran medida su producción (Nieto, 1989), pero cuando la lluvia es abundante y el suelo no presenta buen drenaje el cultivo es afectado seriamente (Oliver et al. 1991 y Turriza et al 1991). Reyna y Carmona (en prensa), citan que en México se cultiva en sitios con menos de 400 mm de precipitación anual, hasta en aquellos con más de 2.000 mm, ambos con producción aceptable; también mencionan que lugares como Chiconcuac, Edo. de México, Tzintzuntzan, Mich., Amilcingo, Mor., Temoac, Mor., San Miguel del Milagro, Tlax., entre otros, reconocidos por tener importancia en producción de amaranto, presentan el fenómeno llamado "canícula" o sequía de medio verano, el cual parece no afectar severamente al cultivo.

4.3. INTENSIDAD LUMINOSA Y FOTOPERIODO.

La radiación solar es un elemento climático que influye en el desarrollo de las plantas, tanto por el tiempo de duración o fotoperiodo, como por su intensidad y calidad, sobre todo en ciertas plantas, caso del amaranto.

La intensidad luminosa requerida por el amaranto para lograr la máxima fotosíntesis es alta, con sol pleno, debido a que es una planta C4. (Grubben, 1975 y Nieto, 1989).

Aunque en general se reporta al amaranto como una planta de día corto, varias investigaciones parecen no estar totalmente de acuerdo con esto ya que se han encontrado amarantos con floración muy temprana, tardía y variable en diferentes especies, y aún en una misma especie bajo las mismas condiciones de luz, temperatura y precipitación. Rai-Chi (1979), encontró a *A. spinosus*, *A. dubius* y *A. viridis* con floración muy temprana; a *A. mangostanus*, *A. tricolor* y *A. blitum* con floración temprana; *A. caudatus*, *A. hypochondriacus* y *A. cruentus* con floración tardía, y variable a *A. retroflexus*. En tanto Daloz (1979), observó que *A. tricolor* responde en forma variable a la floración, con tendencia a días cortos. Mallika (1988), reporta que con fotoperiodo largo *A. hypochondriacus*, *A. dubius* y *A. spinosus* presentan una floración temprana; bajo las mismas condiciones en *A. caudatus* y *A. tricolor* la floración fue tardía y sin respuesta al fotoperiodo *A. cruentus* y *A. viridis*.

4.4. SUELO.

El suelo es un elemento muy importante para el desarrollo del amaranto, de él obtiene básicamente todos los nutrientes y el abastecimiento de agua, además de ser el sitio de desarrollo radical, por lo que sus características son de suma importancia para el establecimiento no sólo del amaranto, sino de las plantas en general.

Las características del suelo en donde se desarrolla el amaranto son diversas. De acuerdo a su fertilidad Grubben (1975), indica un aceptable desarrollo y producción en suelos pobres, aunque como señala Daloz (1979), tiene una mejor adaptación en suelos fértiles.

A nivel experimental Alejandro y Gómez (1986), Sumar (1986) y Trinidad et al. (1986), han demostrado que el cultivo de amaranto tiene una excelente respuesta a la aplicación de nitrógeno, influyendo principalmente en la producción de semilla, área foliar, altura de la planta y contenido protéico de las semillas y hojas. Sobre la respuesta al fósforo, Sumar (1986) y Morales (1989), encuentran que es favorable siempre y cuando no haya interacción con el nitrógeno, incrementando la producción de semilla y altura de la planta. En tanto la respuesta al potasio no es significativa, aunque como señalan Sumar et al. (1984), depende en gran medida del tipo de suelo, ya que si se aplica en suelos ricos en este elemento, como son los de arido, no se verá una respuesta significativa.

Está ampliamente comprobado que la aplicación de abono orgánico favorece a la emergencia y rendimiento del amaranto (Morales, 1989 y Sumar et al. 1984); también como indican Velasco (1971) y Unger et al. (1990), este material favorece ciertas características del suelo como son aireación, estructura y drenaje, además de ser fuente de macro y micronutrientes.

El pH del suelo para el desarrollo del cultivo de amaranto parece no ser limitante, encontrándose en suelos ácidos, desde 5.5 y 5.6 en Chiapas y Morelos, Méx. respectivamente (Rodríguez, 1987 y Oliver et al. 1991), como en alcalinos con pH de 8.8 en Guatemala (Tujab y Martínez, 1987); aunque el mayor desarrollo se da en suelos neutros.

Nieto (1989), señala que algunas especies son tolerantes a la salinidad; según Borroto et al. (1993), el amaranto puede tolerar hasta 6.000 ppm de sales solubles totales con rendimientos superiores a 1 ton/ha.

La textura del suelo es de suma importancia para el cultivo del amaranto, por tener estricta relación con condiciones de drenaje y aireación en éste. Aunque el amaranto requiere de buena humedad, ésta no debe acumularse y permitir el desarrollo de enfermedades que pudran la raíz (Daloz, 1979), por lo que se adapta mejor en suelos francos y arenosos, con buen drenaje y aireación; pues aunque también se cultiva en suelos de textura arcillosa, como Amilcingo, Mor. (Oliver et al. 1991), éste frecuentemente se enfrenta a problemas de inundación durante la época lluviosa, viéndose seriamente afectada la producción, lo mismo sucede en Campeche (Turriza et al. 1991). En la región ocupada por vertisoles en Cuba, se ha observado disminución en el crecimiento y rendimiento del cultivo cuando ocurre acumulación de agua en el sistema radical de éste (Borroto et al. 1992).

Otra condición del suelo, importante para el cultivo del amaranto es la profundidad, se recomienda que sea como mínimo de 20 cm para evitar deficiencias en el desarrollo radical y reducir problemas de acame frecuente en el cultivo (González y Sánchez, 1989).

Con respecto a las unidades taxonómicas del suelo y desarrollo del amaranto poco se conoce, y las unidades reportadas presentan características muy diversas. Según Morales et al. (1986), se desarrolla en Fluvisoles, son suelos aluviales de formación reciente, y en Cambisoles caracterizados por ser poco desarrollados, con cambios de consistencia y estructura en sus horizontes. Turriza et al. (1991), reportan su presencia en Luvisoles, suelos ligeramente ácidos y con acumulación iluvial de arcilla en el subsuelo. Valverde y Trinidad (1991), lo encuentran en Feozems, ricos en materia orgánica y nutrientes. Sumar (1986), lo reporta en Andosoles, suelos derivados de ceniza volcánica, ricos en materia orgánica y potasio. Oliver et al. (1991), lo mencionan en Regosoles que son suelos poco desarrollados sobre material no consolidado encima de roca dura, y en Vertisoles, caracterizados por tener altos contenidos de arcilla y muy fértiles con manejo adecuado.

De acuerdo a las características de los suelos y requerimientos del cultivo antes citadas, se puede decir que el desarrollo del amaranto no tendrá problemas en Andosol, Fluvisol y Feozem; el Luvisol y sobre todo el Vertisol presentarán problemas en deficiencia de drenaje, si no se tiene el manejo adecuado; mientras que el Regosol no es propicio para el desarrollo del cultivo.

4.5. MANEJO DEL CULTIVO.

En general, el cultivo del amaranto es de temporal; en el país la siembra se hace cuando aparecen las primeras lluvias de verano, sólo cuando la siembra es antes, se da riego inicial hasta que se establecen las plantas o aparecen las lluvias.

En México el fin principal es obtener producción de grano y en pocas ocasiones para forraje y/o verdura, se le encuentra como monocultivo o bien como policultivo acompañado con frijol, tomate, chile y maíz (Early 1977).

El sistema de siembra es directa o por trasplante. La siembra directa es la más común, preparando el terreno días antes de ésta, con barbecho y surcado. La siembra por trasplante es sólo ejercida en Tulyehualco y Xochimilco, D.F. con prácticas de cultivo similares a la siembra directa, sólo que la germinación se hace en almácigo, siguiendo las técnicas de chinampa, y trasplantando hasta el momento que se establecen las lluvias (Espitia, 1986; Gómez, 1986; Granados y López, 1986).

En México se siembra de abril a junio, periodo en que se inician las lluvias de verano (Gómez, 1986). Cuando la plántula tiene de 3 a 7 días se hace un aclareo y escarda, dejando las plantas más vigorosas, si es necesario se hacen varias escardas. Una práctica común cuando la planta tiene aproximadamente 1 m de altura, es el aporque, ayudando a evitar el acame (Alejandre y Gómez, 1986). La cosecha para grano se realiza una vez que la planta comienza a secarse (de octubre a enero), cortando la panoja o planta completa, dejándola secar completamente para facilitar el desprendimiento de las semillas, ésta es a base de trillado o apaleo (Feine, 1979); si el cultivo es de verdura o forraje la cosecha se realiza antes del periodo

de floración (de julio a septiembre), y bajo un manejo adecuado se pueden tener varios cortes (Alfaro et al. 1987).

La fertilización, sea química u orgánica, y la densidad de siembra, son prácticas de cultivo importantes para incrementar la producción del *amaranto* (Duncan y Volak, 1979; Sumar et al. 1984). Como ya se discutió anteriormente responde favorablemente a la aplicación de nitrógeno y fósforo, no así al potasio. El incremento de la densidad de siembra hasta cierto grado es positiva, siempre y cuando no se tengan deficiencias de humedad y nutrimentos.

IV. MATERIALES Y METODOS.

1. TRABAJO DE CAMPO.

Se realizó en el "Rancho San Francisco", campo experimental de la Facultad de Veterinaria y Zootecnia, UNAM, del Municipio de Chalco, Edo. de México, durante los ciclos 1990 y 1991. La siembra del amaranto se hizo en concordancia con investigadores del Jardín Botánico, UNAM, siguiendo los criterios para establecer un Jardín de Introducción.

Las labores de cultivo realizadas en ambos ciclos fueron: barbecho, rastreo, cruz y aplicación de abono orgánico una semana antes de la siembra. La siembra se hizo en las primeras semanas de mayo para el ciclo 1990 y segunda semana de mayo para 1991, ésta fue directa, colocando varias semillas a 80 cm de distancia y cubriéndolas con suelo superficialmente; dos semanas después se hizo el deshierbe y aclareo manual, dejando 100 plantas por parcela a 80 cm de distancia como se observa en la figura c; cuando las plantas tenían aproximadamente un metro de altura se hizo el aporque. La cosecha se realizó en diciembre, una vez que la planta estaba casi totalmente seca.

En la figura a, se presentan las dimensiones y distribución de las especies de amaranto cultivadas en el ciclo 1990, y la ubicación de las 4 parcelas muestreadas en dos ocasiones durante dicho ciclo. El primero muestreo se realizó cuando el cultivo se encontraba en la etapa fenológica de floración y formación de semilla (27 de agosto de 1990) y el segundo después de la cosecha (6 de mayo de 1991).

Los pozos muestreados para ambos ciclos fueron a profundidad de 60 cm, tomando tres muestras en cada uno de ellos, de 0 - 25 cm, 25 - 45 cm y 45 - 60 cm.

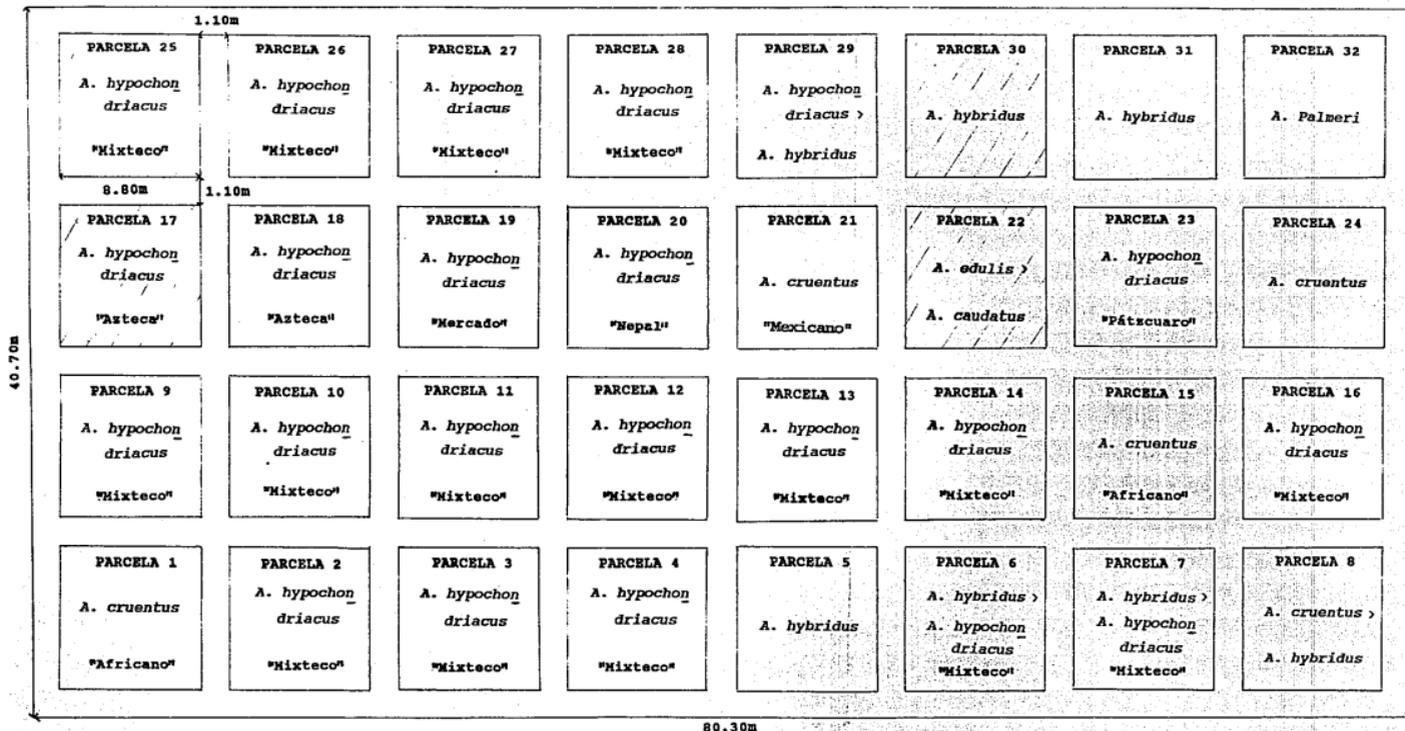
Las dimensiones, distribución de las especies de amaranto y ubicación de las 3 parcelas muestreadas durante el ciclo 1991 (sitio diferente al del ciclo 1990), se presentan en la figura b. En este ciclo también se hicieron dos muestreos: antes de la siembra (6 de mayo de 1991) y durante la cosecha (4 de diciembre de 1991).

Durante el desarrollo del cultivo se hicieron varias visitas al campo experimental para conocer cualitativamente la situación del cultivo. Las características observadas fueron: respuesta a la germinación, establecimiento de las plántulas, terminación del ciclo de vida, síntomas de deficiencia de nutrimentos y presencia de enfermedades como son clorosis, necrosis, marchitamiento, defoliación, acame y crecimiento anormal.

2. TRABAJO DE LABORATORIO.

Los análisis físicos y químicos aplicados a cada una de las muestras antes señaladas con tres repeticiones, después de haberse secado y tamizado con la malla de 2 mm fueron:

FIGURA a. DIMENSIONES Y DISTRIBUCION DE LAS ESPECIES DE AMARANTO EN EL CICLO 1990.



 PUNTOS DE MUESTREO

3268.21m²

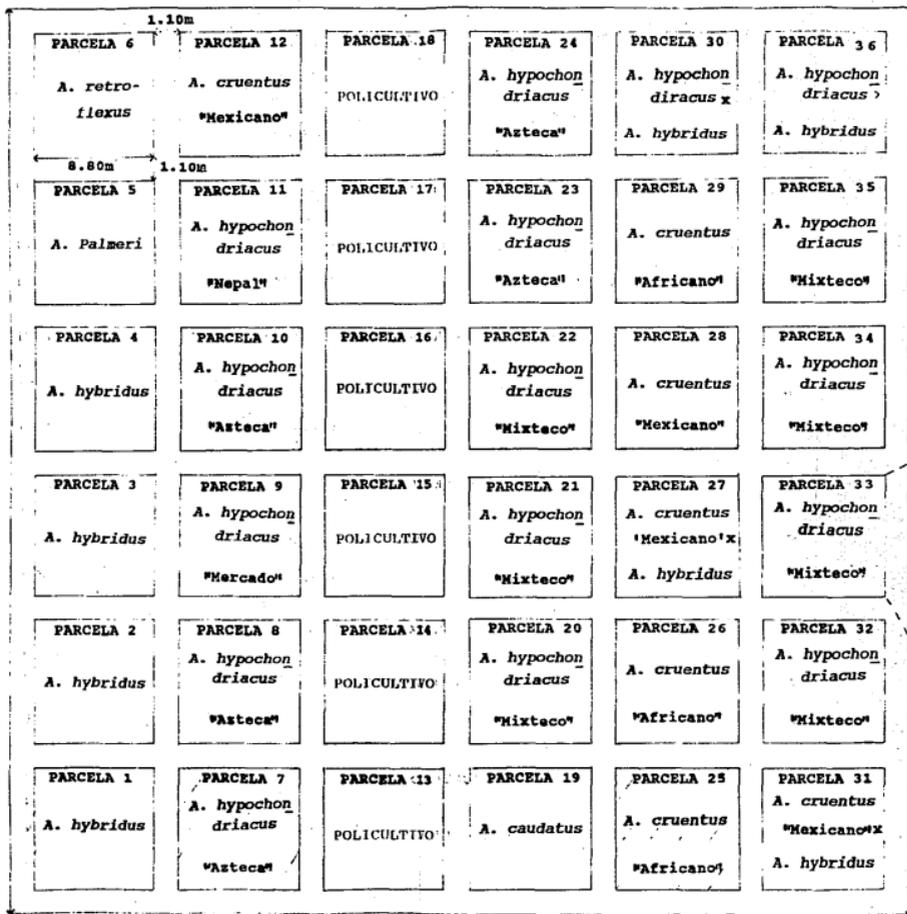
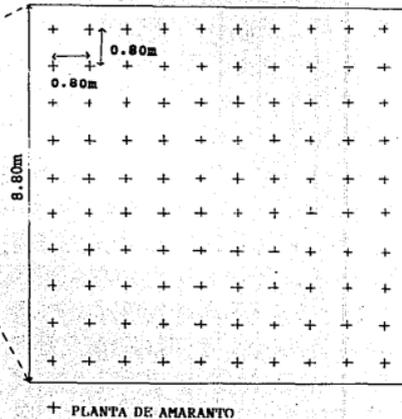


FIGURA b. DIMENSIONES Y DISTRIBUCION DE LAS ESPECIES DE AMARANTO EN EL CICLO 1991.

FIGURA c. DISTRIBUCION DE LAS PLANTAS DE AMARANTO EN LAS PARCELAS.



PUNTOS DE MUESTREO

- Color en seco y húmedo. Por comparación con las Cartas de Color Munsell (1954)
- Textura. Método del hidrómetro de Bouyoucos (1962).
- Densidad aparente. Método de la probeta (Baver, 1956).
- Densidad real. Método del picnómetro (Baver, 1956).
- Porosidad. Por relación de la densidad real y densidad aparente.
- Reacción del suelo pH. Método del potenciómetro, con agua, relación 1:5.
- % de materia orgánica. Método de Walkley y Black (citado por Houba et al. 1988).
- % de carbono orgánico. Cálculos a partir de la M.O.
- C.I.C. Método de Bascomb a pH 8.1, por titulación (citado por Houba et al. 1988).
- Cationes de intercambio. Método de Bascomb a pH 8.1; Ca y Mg por absorción atómica; Na y K con espectrofotómetro de flama (citado por Houba et al. 1988).
- % de saturación de bases totales. Cálculos a partir de CIC y cationes de intercambio.
- % de saturación de bases: Ca, Mg, Na y K. Cálculos a partir de cationes de intercambio y CIC.
- Fósforo extraíble. Método de Olsen (citado por Houba et al. 1988).

A las repeticiones y muestreos por profundidades de los dos ciclos se les calculó promedio, valores máximos y mínimos con los cuales se elaboraron cuadros y gráficas para su mejor interpretación.

3. RECOPIACION DE DATOS CLIMATICOS.

Debido a que el "Rancho San Francisco" no cuenta con una estación meteorológica propia, se analizaron los datos de la estación más cercana, que es la estación de Chalco localizada a escasos 2 kilómetros del Rancho. Para tener una mayor información de las condiciones ambientales de la zona, también se obtuvo información de las estaciones Amecameca, Los Reyes de la Paz, San Gregorio Atlapulco, Tacubaya y Milpa Alta, las dos primeras del Estado de México y las demás del Distrito Federal, estaciones que fueron reportados en generalidades del área en estudio. El periodo recabado fue de 1961 a 1985 a nivel mensual, mientras que de 1986 a 1992 fue a nivel diario.

La información se recopiló del Servicio Meteorológico Nacional, Universidad Autónoma de Chapingo y la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Los parámetros analizados fueron:

- Temperatura media.
- Temperatura máxima promedio.
- Temperatura mínima promedio.
- Precipitación total.
- Días con granizo.
- Días con helada.
- Fechas de la primera y última helada.
- Viento dominante.

Los datos fueron procesados y cuantificados para su mejor interpretación elaborando cuadros, gráficas y mapa. El mapa correspondiente se hizo en base a la Carta de climas publicado por la Secretaría de la Presidencia, CETENAL e I.G., UNAM (1970) y modificado con la información reciente.

4. INTERACCIONES DEL SUELO, CLIMA Y AMARANTO.

A los resultados de los diferentes pozos de suelo muestreados, profundidades y periodos de muestreo, se les calculó promedios, rango de variación (desviación estandar) y aplicó el método estadístico de análisis de varianza de dos factores, permitiendo conocer los cambios significativos que ocurrieron en los suelos durante los muestreos y ciclos, dándoles una interpretación acorde con el "clima", o mejor dicho condiciones del tiempo y el cultivo de amaranto.

V. GENERALIDADES SOBRE EL AREA DE ESTUDIO.

1. LOCALIZACION.

El sitio en estudio, está ubicado en el "Rancho San Francisco", de la Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia, UNAM, al sureste de la Cuenca de México, dentro de la Llanura Lacustre de Chalco, delimitada por la cota altitudinal de 2 300 msnm. Las coordenadas de dicho rancho son: 19° 14' 16" y 19° 14' 46" de Latitud Norte, 98° 54' 37" y 98° 55' 12" Longitud Oeste (mapa 3).

En el mapa 3.B. se observa que la Llanura Lacustre de Chalco, esta rodeada por una serie de cerros y volcanes, con elevaciones mayores a los 2 500 msnm, a excepción de la parte oeste, limitada por la planicie que conforma la zona de chinampas; al norte están los volcanes Yuhualixqui, Xaltepec, Guadalupe y Caldera y los cerros Tetecon. El Pino, Tejolote Chico, Cuetlapanca y Telapón; al este la rodean los cerros Tenayo, Tlapipi, Tejolote y Tezoyo; al sur se tienen los volcanes Teuhtli, y San Miguel y los cerros Ayaqueme y Chinconquia.

2. TOPOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA.

La Llanura tiene en su mayor parte una altitud entre 2 200 y 2 300 msnm (mapa 4) encontrándose al centro el Volcán de Xico y Xico Viejo con 20° de pendiente y 2 320 msnm, a escasos 3 km de éstos se encuentra el "Rancho San Francisco" con una altitud de 2 238 msnm; al norte del Rancho se localiza el Cerro El Elefante con 2 440 msnm; y al sureste Cocotitlán con 2 420 msnm, y pendiente menor de 30° (Cervantes, 1983).

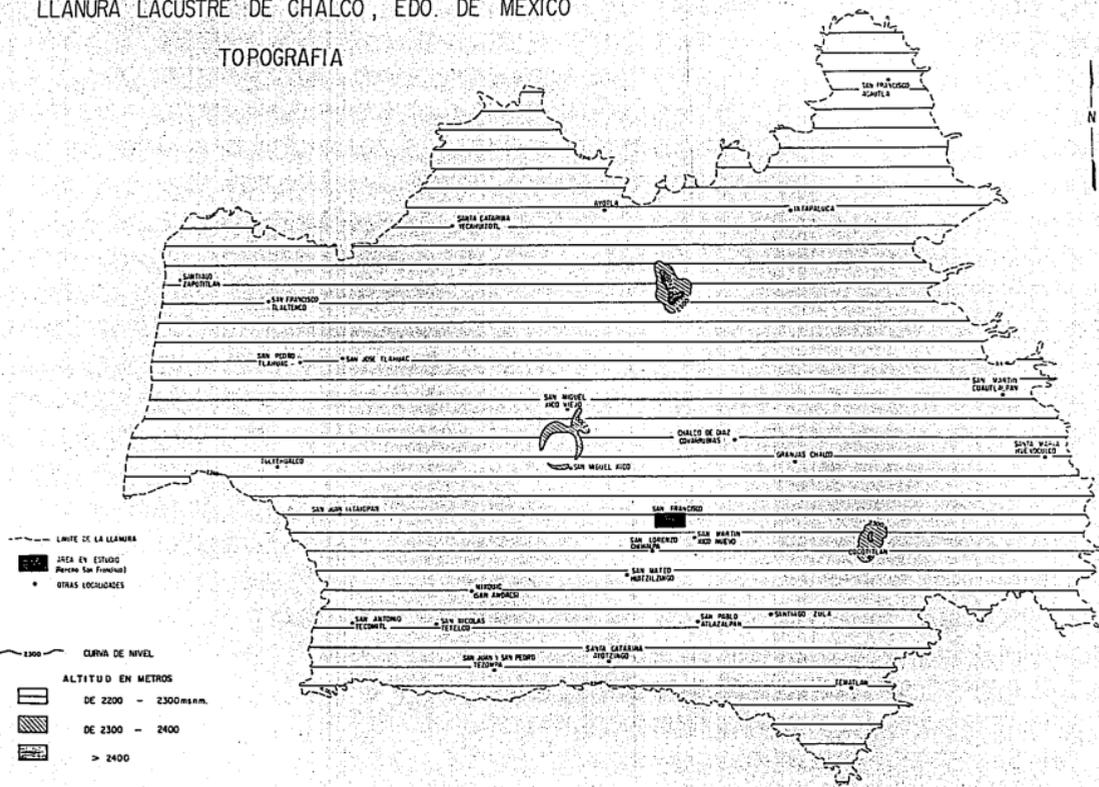
Lugo (1984), cita que estas elevaciones aunadas a la serie de cerros y volcanes que rodean la Llanura forman lomas, cañadas y barrancas de origen exógeno, del tipo fluvial y lacustre. Montaña (1987), menciona un relieve erosivo fluvial originado en las partes elevadas y acumulativo lacustre en las zonas bajas; es decir, los sedimentos lacustres provienen en gran medida de acarreo de las corrientes montañosas, además de las explosiones de piroclastos de los volcanes jóvenes de la Cuenca de México, condiciones que son reflejadas en la formación del suelo.

3. HIDROLOGIA.

La Llanura Lacustre de Chalco (mapa 5) recibe circundantemente una serie de corrientes temporales formadas en las partes altas. De acuerdo con Ortíz y Cuanalo (1976), Montaña (1987), y Cartas Topográficas de DETENAL, las corrientes permanentes las constituyen el Río La Campaña, originado al sureste de la Llanura, con numerosos afluentes intermitentes de la Sierra Nevada, formados principalmente en los volcanes Popocatepetl e Iztaccihuatl, y los ríos San Rafael, Xaltocan, Santo Domingo y San Francisco, cruzan buena parte de la porción noreste,

LLANURA LACUSTRE DE CHALCO, EDO. DE MEXICO

TOPOGRAFIA



desembocando en el "Lago de Chalco", del cual se tiene el proyecto de recuperar, permaneciendo inundada una buena área en época de lluvias (zona que no se marca en el mapa por falta de información precisa). Al sur está el Río Amecameca, formado en la Sierra del Ajusco, recorre la región suroeste de la Llanura y rodea la parte norte del "Rancho San Francisco".

Artificialmente esta zona comprende una serie de canales y acueductos utilizados en las prácticas agrícolas, entre los más importantes se encuentran el Canal General, el Canal Amecameca que recoge las afluentes del Río del mismo nombre y el Canal de Chalco

4. GEOLOGIA.

La mayor parte de la Llanura Lacustre de Chalco presenta depósitos lacustres y aluviales de material no consolidado, de origen erosivo reciente y ceniza volcánica de tipo básico e intermedio, de edades Cuaternaria y Terciaria del Cenozoico.

De acuerdo al mapa 6, el "Rancho San Francisco" se encuentra en una zona con depósitos lacustres y muy cercano a éste se tienen depósitos aluviales; ambos depósitos cubren la mayor área de dicha Llanura, sobre todo en la parte central.

El noreste de la Llanura presenta rocas sedimentarias de brecha, hacia el norte hay predominancia de rocas ígneas con tobas basálticas y andesíticas, también al norte el Cerro El Elefante está formado por rocas ígneas andesíticas. Las demás elevaciones y el resto de la periferia de la Llanura presentan rocas ígneas de brechas volcánicas y brechas volcánicas basálticas.

5. EDAFOLOGIA.

De acuerdo a las Cartas Edafológicas de DETENAL (clasificación FAO) la Llanura presenta seis grupos de suelos, siendo los Feozem, Fluvisol, Solonchak y Gleysol los más representativos (mapa 7).

Específicamente el "Rancho San Francisco" es reportado en una zona transicional con Fluvisol éutrico y Gleysol mólico. De acuerdo a las características de los grupos que a continuación se describen y las encontradas en los muestreos realizados, se asemejan más al Fluvisol que al Gleysol.

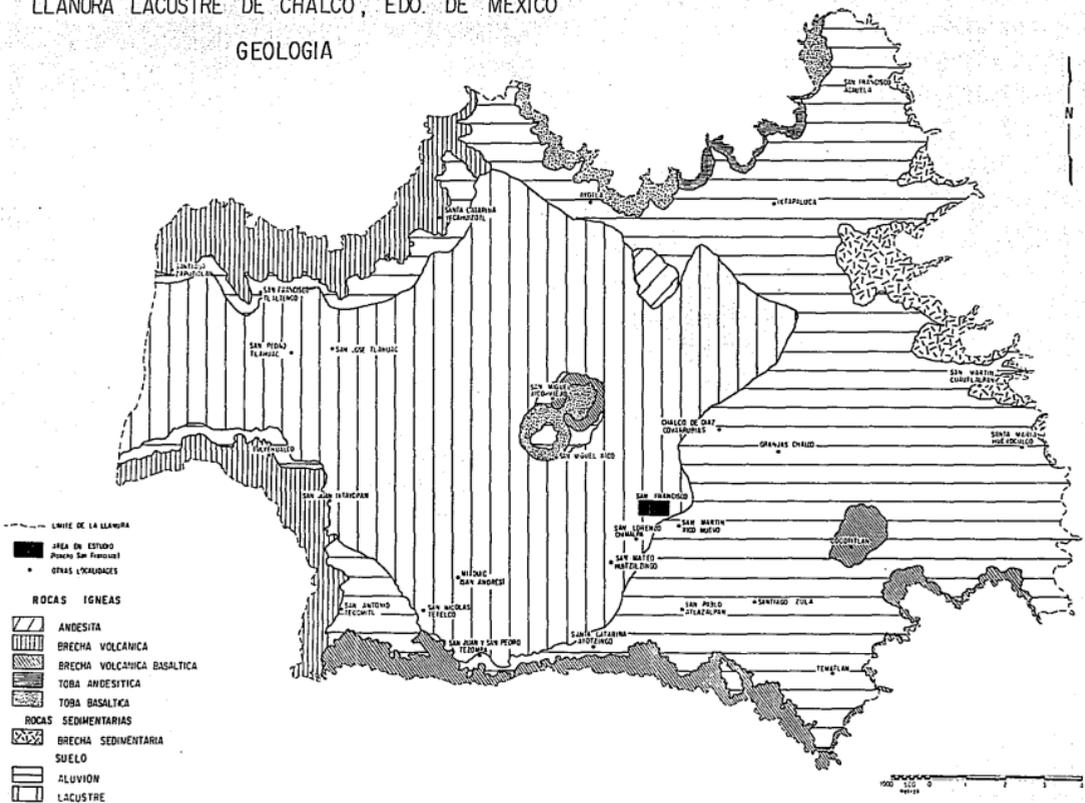
Feozem (gléyco y háplico). Cubren gran parte del noreste, oeste y pequeñas porciones al sur de la Llanura. Se caracterizan por tener un horizonte A mólico, capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y nutrientes, sin propiedades sálicas.

Fluvisol éutrico. Presente en casi todo el sureste y pequeña porción del suroeste, incluyendo la zona este del Rancho. El suelo se caracteriza por tener propiedades flúvicas

LLANURA LACUSTRE DE CHALCO, EDO. DE MEXICO

GEOLOGIA

MAPA No. 6



--- LIMITE DE LA LLANURA
 ■ AREA DE ESTUDIO
 (Punto San Francisco)
 * OTRAS LOCALIDADES

ROCAS IGNEAS

- [Diagonal lines /] ANDESITA
- [Diagonal lines \] BRECHA VOLCANICA
- [Cross-hatch] BRECHA VOLCANICA BASALTICA
- [Stippled] TOBA ANDESITICA
- [Dotted] TOBA BASALTICA

ROCAS SEDIMENTARIAS

- [Cross-hatch] BRECHA SEDIMENTARIA
- [Horizontal lines] SUELO
- [Vertical lines] ALUVION
- [White box] LACUSTRE

1000 METROS

formado por sedimentos fluviales y lacustres; profundo o somero aunque no menor a 20 cm, poco desarrollado, presentando muchas veces capas alternas de arena, arcilla o grava, producto del acarreo fluvial, es fértil en función del material que lo formó.

Gleysol mólico. Además de reportarse en la parte oeste del Rancho, cubre la zona suroeste y centro de la Llanura. Como su nombre lo indica es un suelo con propiedades gléicas, ubicado en zonas donde hay acumulación y estancamiento de agua durante un período o todo el año, sobre todo en las partes más bajas y planas de la Llanura.

Solonchak (gléico y mólico). Se localizan en la parte centro y norte de la Llanura. Presentan propiedades salinas, es decir, con alto contenido de sales y pH alcalino.

Como se puede apreciar en el mapa correspondiente el Litosol y el Regosol éutrico son suelos poco representados en la zona, están en la periferia y áreas elevadas de la Llanura como Xico y Cocotitlán.

Ortiz y Cuanalo (1976), realizaron un levantamiento de suelos de la Cuenca de Chalco, en el cual el "Rancho San Francisco" se encuentra entre las asociaciones:

Huitzilzingo-San Mateo. Caracterizada por estar en terrenos planos, profundos, con textura media a gruesa, discontinuidad litológica, poca diferenciación de horizontes y alto contenido de sales, siendo éste la principal limitante agrícola.

Zula-Acatizhuayan. Presente también en zonas planas con textura arenosa en la parte superficial o en todo el perfil, profundos y discontinuidad litológica. Los problemas agrícolas se dan por la baja fertilidad natural y poca retención de humedad. Estos suelos han demostrado una respuesta muy satisfactoria a la aplicación de abono orgánico.

Ayotla-Xico. Se encuentran en la planicie lacustre con problemas de drenaje, acumulación de sales, carbonatos y pH muy alcalino.

Otras de las asociaciones encontradas en la Llanura son:

Mixquic-Tetelco. Localizada en las laderas y planicies adyacentes, presenta amplia variabilidad en color, pH, textura, materia orgánica y profundidad.

Cuahutzingo-Tlapala-Temamatla. Son suelos muy productivos por estar en terrenos con ligera pendiente, profundos a ligeramente profundos, textura media, fertilidad natural alta y drenaje moderado.

Canutillo-Huxtoco. Se encuentra en zonas casi planas con poca diferenciación de horizontes, fertilidad media a alta y buena retención de humedad.

Santa Cruz-terrenos escarpados. Son suelos de poco uso agrícola por estar en zonas con pendiente considerable, baja fertilidad y poca retención de humedad.

Dichas asociaciones de suelos aunque no coinciden delimitadamente con las unidades de la FAO, sí concuerdan en las características descritas; caso de la parte noreste con Feozem de acuerdo con la FAO y asociación Canutillo-Huxtoco según Ortiz y Cuanalo (1976), las características comunes son la coloración oscura de las capas superficiales, contenido medio a alto de materia orgánica, lo mismo que en fertilidad. En la parte noroeste con Sblonchak y asociación Ayotla-Xico, las características en común son la presencia de concreciones de carbonatos, pH alcalino, mal drenaje, baja fertilidad y en ocasiones con altos contenidos de materia orgánica.

Núñez (1991), realizó un estudio en dicho Rancho con enfoque a la diagnóstico y evaluación de los suelos salinos-sódicos, encontró que la textura fue arenosa en la parte superficial, el limo y la arcilla aumentaron con la profundidad provocando un drenaje deficiente en las capas profundas, acumulación de sales de Na y SO₄ en las capas superficiales, pH alcalino, baja capacidad de intercambio catiónico, contenido medio en materia orgánica, nitrógeno total y fósforo asimilable; estos tres últimos parámetros, así como la textura no presentaron una continuidad con respecto a la profundidad, característica típica de los Fluvisols.

6. CLIMATOLOGIA.

Las condiciones del tiempo y clima están dadas principalmente por la temperatura y precipitación, elementos que en ocasiones no son muy constantes a través del año y de los años (García, 1989).

Con la finalidad de tener una mayor información del clima que prevalece en el "Rancho San Francisco" y debido a que éste no cuenta con una estación climatológica propia, se analizan seis estaciones aledañas a éste, incluyendo la estación de Chalco a escasos 2 km al noreste de dicho Rancho (mapa 8).

De acuerdo con García (1966 y 1988), Vázquez (1966), Reyna (1989) y Cartas de Clima de CETENAL, el clima en esta zona está definido por su situación geográfica, es decir por su altitud, latitud y topografía. Al encontrarse a una altitud mayor a los 2 000 msnm, manifiesta las características propias de las regiones templadas, aunque latitudinalmente está dentro de las zonas tropicales, lo cual se ve reflejado en la poca oscilación térmica anual, influencia de ciclones tropicales y vientos del Este, con predominio de alisios a mitad del año. Por su topografía ofrece una gradación de la temperatura y precipitación, manifestando climas templados a semifríos y semisecos a subhúmedos.

La temperatura media anual en la estación de Chalco, seguramente muy similar a la registrada en el Rancho por razones antes discutidas es de 14.9°C. La fluctuación en las zonas

colindantes es entre 13.8° y 16.3°C, registradas en Amecameca y Los Reyes de la Paz respectivamente (cuadro V).

Como puede apreciarse en las gráficas A - F el comportamiento de la temperatura en todas las estaciones analizadas es semejante. Con un rápido ascenso de marzo a mayo, mes en que se presentan las temperaturas más altas; posteriormente hay un ligero descenso en julio, debido a la presencia definida de las lluvias; estabilizándose hasta septiembre, situación totalmente notoria en la estación de Amecameca con 15.1°C (cuadro V y gráfica C); después comienza a disminuir la temperatura reportando los valores más bajos en diciembre o enero. La estación de Chalco registra el valor más alto de temperatura en mayo con 17.7°C y el mínimo en diciembre y enero con 11.5 °C (gráfica A).

El tipo de precipitación más frecuente en la zona es la lluvia, muy raramente y sobre todo en las partes más elevadas como nieve o granizo (García, 1966; Vázquez, 1966 y Reyna, 1989). Su distribución es irregular tanto en tiempo como en espacio; sin embargo en promedio, como puede observarse en las gráficas A - F, se concentra en verano, de junio a septiembre, aunque también ocurren con menor intensidad en los meses de mayo y octubre; mientras que en invierno es escasa, siempre menores al 5% de la total anual. La precipitación total anual en la zona va de 553.9 a 925.4 mm en Los Reyes de la Paz y Amecameca respectivamente (cuadro V); en esta última estación se presenta el fenómeno llamado "canicula" o sequía de medio verano, es decir, se da un primer máximo de lluvia en julio, un ligero descenso en agosto, y un nuevo ascenso en septiembre (gráfica C). Específicamente la estación de Chalco registra un promedio anual de 615.4 mm, teniendo la mayor concentración en julio con 133.6 mm y la más baja en diciembre con 5.5 mm.

La precipitación por granizo en la zona es muy baja, como se puede analizar en el cuadro V, el promedio anual es entre 0.4 % en Los Reyes de la Paz y 9.1% en Tacubaya; para Chalco es de 1.6%, presentándose con mayor frecuencia durante el periodo de mayo a agosto.

Un fenómeno que es más frecuente y que ocasiona serios problemas agrícolas en la zona, es la presencia de heladas, manifestándose principalmente de noviembre a febrero; sin embargo el único mes que escapa del fenómeno en todas las estaciones analizadas es julio, aunque en estaciones como Los Reyes de la Paz y Tacubaya el periodo totalmente libre de heladas es de abril a septiembre. Particularmente Chalco presenta un promedio de 72.5 días con heladas repartidas de septiembre a junio; es decir los únicos meses que durante 1961 a 1992 no registraron heladas son julio y agosto, los meses con mayor frecuencia al fenómeno son de noviembre a marzo.

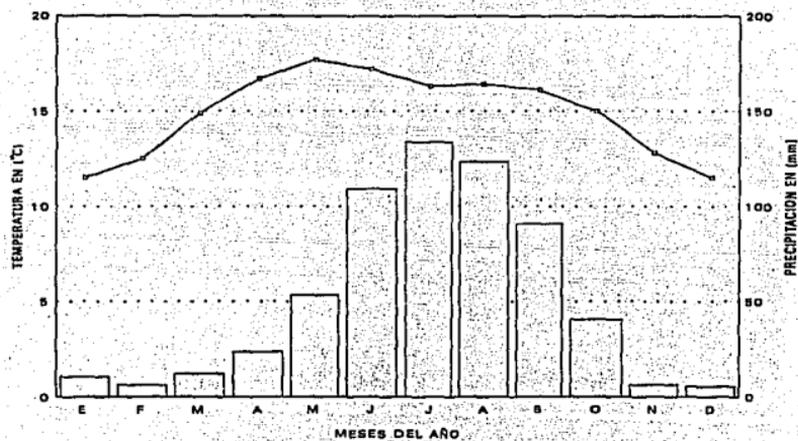
De acuerdo a las características climáticas prevalecientes en la zona y según la clasificación climática de Köppen modificada por García (1988), se tienen los siguientes tipos de clima:

BS₁kw(w)(i)g. Templado semiseco con temperatura media anual entre 12 y 18°C, marcha de la temperatura tipo ganges (temperatura más alta antes de junio), y poca oscilación en ésta;

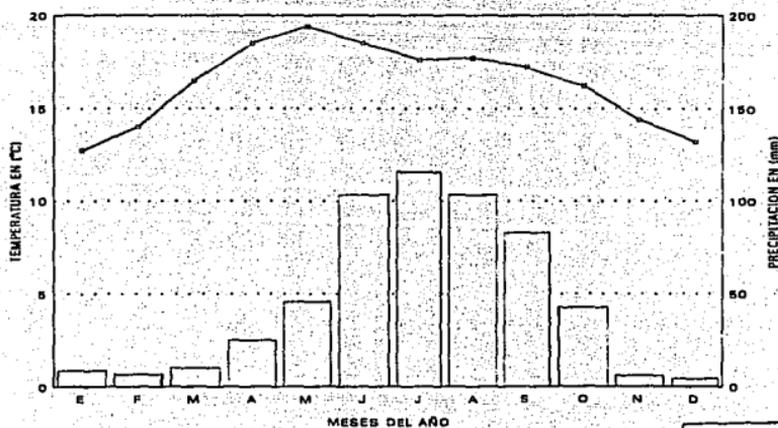
CUADRO V. TEMPERATURA, PRECIPITACION Y CLASIFICACION CLIMATICA.

PARAMETRO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
CHALCO, EDO. DE MEXICO.													
TEMPERATURA MEDIA (°C)	11.5	12.5	14.9	16.7	17.7	17.2	16.3	16.4	16.1	15.0	12.8	11.5	14.9
PRECIPITACION TOTAL (mm)	19.6	6.3	12.3	21.6	51.1	109.2	131.6	121.2	90.8	40.6	6.4	5.5	615.4
NO. DE DIAS CON GRANIZO EN PROMEDIO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.4	0.1	0.1	0.0	0.0	1.6
NO. DE DIAS CON HELADAS EN PROMEDIO	20.1	13.7	5.2	0.5	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	1.4	11.1	18.4	72.5
CLIMA: CU(11)(6)(17)													
LOS REYES DE LA PAZ, EDO. DE MEXICO.													
TEMPERATURA MEDIA (°C)	12.7	14.0	16.6	18.5	19.4	18.5	17.6	17.7	17.2	16.2	14.4	11.2	16.1
PRECIPITACION TOTAL (mm)	8.7	4.6	10.2	24.0	45.6	103.3	115.6	103.3	82.9	32.6	6.0	4.2	561.9
NO. DE DIAS CON GRANIZO EN PROMEDIO	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
NO. DE DIAS CON HELADAS EN PROMEDIO	7.0	3.2	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	4.1	18.4
CLIMA: BS(12)(6)(17)													
AMECAMECA, EDO. DE MEXICO.													
TEMPERATURA MEDIA (°C)	10.5	11.6	13.1	15.2	16.1	16.0	15.1	15.1	15.1	13.9	12.3	11.1	11.8
PRECIPITACION TOTAL (mm)	11.7	11.7	15.5	34.3	87.9	158.8	176.2	161.3	184.7	62.2	13.3	6.1	829.4
NO. DE DIAS CON GRANIZO EN PROMEDIO	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
NO. DE DIAS CON HELADAS EN PROMEDIO	23.5	15.8	9.8	1.4	0.2	0.2	0.0	0.0	0.7	2.6	11.8	17.5	81.1
CLIMA: CU(12)(6)(17)w													
SAN GREGORIO ATLAPULCO (XOCHIMI) CO., D.F.													
TEMPERATURA MEDIA (°C)	11.6	13.8	16.7	18.3	19.4	18.8	18.2	18.1	17.1	16.2	11.7	12.1	16.2
PRECIPITACION TOTAL (mm)	13.6	9.3	11.8	29.3	72.2	130.2	157.1	135.8	113.7	52.1	5.9	6.9	711.8
NO. DE DIAS CON GRANIZO EN PROMEDIO	0.0	0.0	0.2	0.4	0.6	0.1	0.6	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1
NO. DE DIAS CON HELADAS EN PROMEDIO	15.9	8.2	2.0	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	5.0	7.1	41.1
CLIMA: CU(11)(6)(17)													
MILPA ALTA, D.F.													
TEMPERATURA MEDIA (°C)	13.3	14.3	16.6	17.2	18.4	17.7	16.6	16.6	16.4	15.7	14.5	13.6	15.9
PRECIPITACION TOTAL (mm)	14.4	7.9	12.2	26.5	68.8	114.9	148.7	131.8	103.6	42.8	8.7	6.1	886.1
NO. DE DIAS CON GRANIZO EN PROMEDIO	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
NO. DE DIAS CON HELADAS EN PROMEDIO	7.5	4.6	0.9	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.9	1.2	3.3	1.9	23.6
CLIMA: CU(11)(6)(17)													
TACUBAYA, D.F.													
TEMPERATURA MEDIA (°C)	13.3	14.7	16.8	18.0	18.6	17.6	16.2	16.4	16.3	15.5	14.7	13.7	16.0
PRECIPITACION TOTAL (mm)	7.5	6.6	11.7	26.1	57.7	153.2	193.3	171.9	139.3	60.1	5.8	7.8	831.0
NO. DE DIAS CON GRANIZO EN PROMEDIO	0.0	0.2	0.4	0.5	1.1	1.2	1.7	2.1	1.2	0.6	0.0	0.1	9.1
NO. DE DIAS CON HELADAS EN PROMEDIO	2.5	1.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	1.0	6.1
CLIMA: CU(11)(6)(17)													

GRAFICA A. CHALCO, EDO. MEXICO.

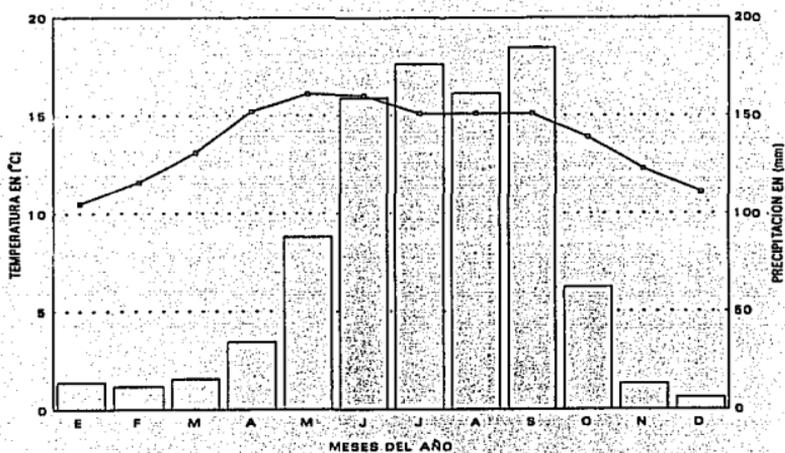


GRAFICA B. REYES LA PAZ, EDO. DE MEXICO.

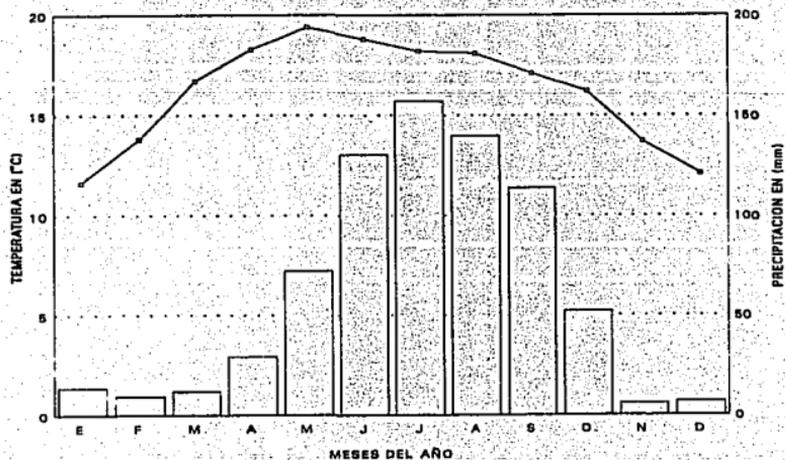


— T. MEDIA
 ☐ PRECIPITACION

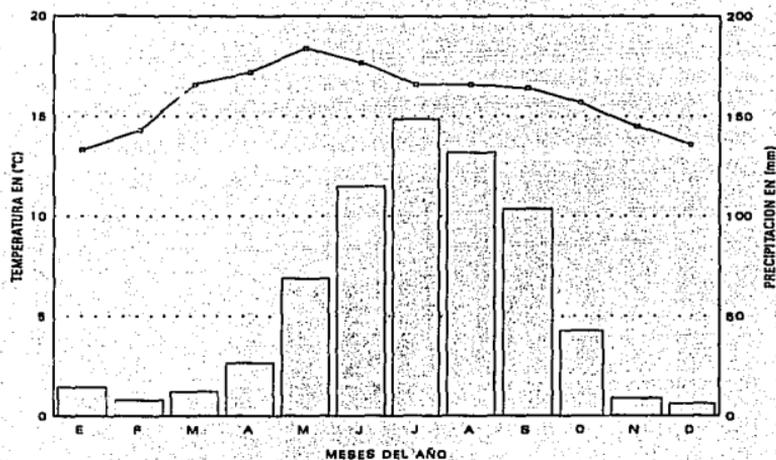
GRAFICA C. AMECAMECA, EDO. DE MEXICO.



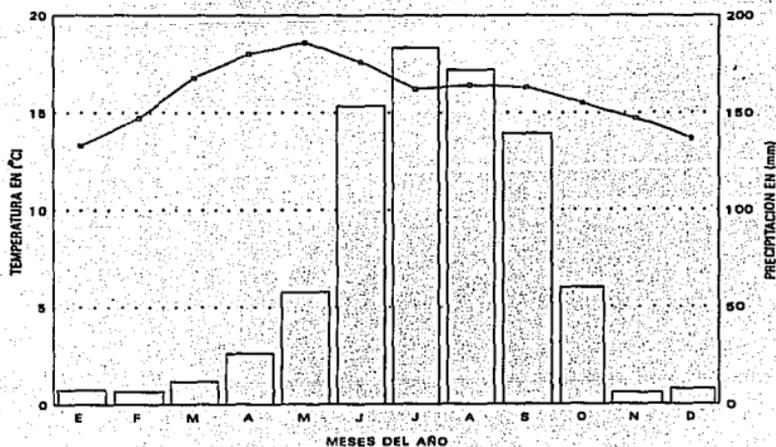
GRAFICA D. SAN GREGORIO ATLAPULCO, D.F.



GRAFICA E. MILPA ALTA, D.F.



GRAFICA F. TACUBAYA, D.F.



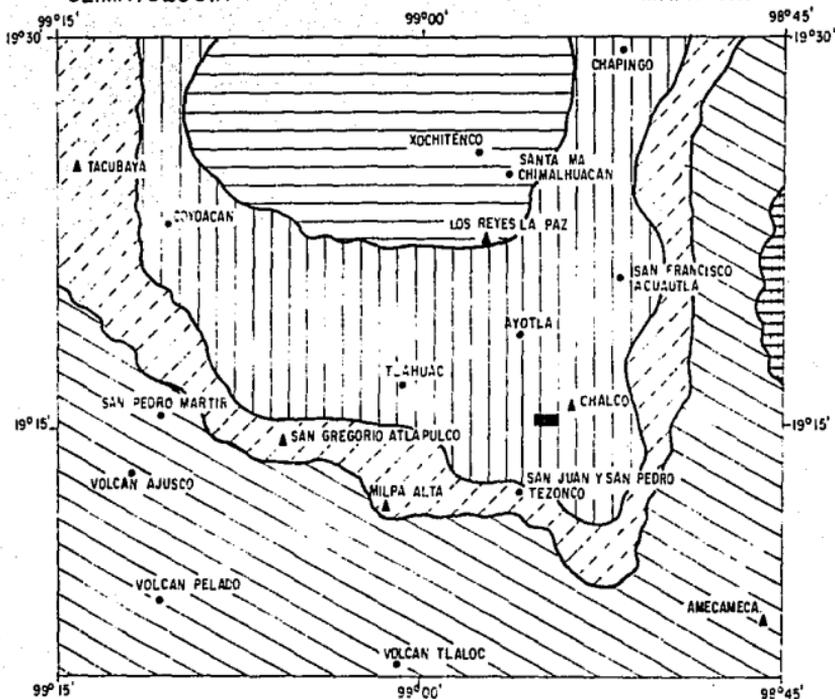
régimen de lluvias de verano, precipitación invernal menor al 5% de la total anual, índice P/T mayor a 22.9. Como puede apreciarse en el mapa 8, se presenta al norte de la zona analizada, comprendiendo a la estación de Los Reyes de la Paz, Edo. de México.

$Cb(w_0)(w)(i)g$, $Cb(w_1)(w)(i)g$ y $Cb(w_2)(w)(i)g$. Templados subhúmedos, la diferencia entre estos tres climas es la humedad, siendo más seco el (w_0) y más húmedo el (w_2); las lluvias son en verano, el cual es fresco, la precipitación invernal es menor al 5% de la total anual; la temperatura tiene un comportamiento similar al templado semiseco. En el mapa correspondiente se aprecia que cubren la mayor área de la zona analizada, inclusive abarcan la zona donde esta el "Rancho San Francisco". Específicamente la estación de Chalco presenta el clima $Cb(w_0)(w)(i)g$, que es el más seco de los templados subhúmedos, con lluvias de verano, temperatura entre 12° y 18°C, con poca oscilación térmica y marcha de la temperatura tipo ganges.

$C(b')(w_2)(w)ig$. Semifrio subhúmedo, presenta las mismas características de lluvia que los climas templados subhúmedos; pero con verano fresco largo, temperatura media anual entre 5° y 12°C, e isotermal. Se presenta en las partes elevadas, mayores a los 3 000 msnm, como se aprecia en el mapa 8, cubre sólo una pequeña parte hacia el este.

CLIMATOLOGIA

MAPA No. 8



- ▲ ESTACIONES METEOROLOGICAS
- OTRAS LOCALIDADES



■ AREA EN ESTUDIO
Rancho San Francisco

CLIMAS

POR SU GRADO DE HUMEDAD POR S. TEMPERATURA	SEMISECOS		SUB HUMEDOS	
	TEMPLADOS	 BS ₁ kw (w)	 Cb(w ₂) (w)	 Cb(w ₁) (w)
SEMIFRIOS				 C(b*)(w ₂)(w)

VI. RESULTADOS Y DISCUSION.

Los factores y elementos del suelo y del clima actúan de forma específica en el desarrollo del amaranto, dando finalmente una respuesta conjunta entre éstos parámetros: suelo-clima-amaranto. Para tener una mejor información de como interactuaron se analizó cada una de las características del suelo y del clima en relación con el amaranto, y finalmente se hizo una interpretación general.

1. SUELO Y AMARANTO.

De acuerdo a los antecedentes, el suelo en el cual se encuentra el "Rancho San Francisco" es Fluvisol éutrico y/o Gleysol mólico; pero aunque no se realizó perfil para la clasificación de éste, de acuerdo a las características que a continuación se describen corresponden mejor con los Fluvisoles; suelos en los que Morales et al. (1986), encontraron un aceptable desarrollo del amaranto.

Para la categorización de las condiciones del suelo se tomaron como referencia los criterios de interpretación reportados en el anexo 1, propuestos por diferentes autores; especificando que son cifras generales, y como indican Cortes y Malagón (1984), éstas varían de acuerdo a los casos específicos, por lo que sin duda serán modificadas por estudios posteriores y en forma particular para el cultivo de amaranto.

1.1. COLOR.

Los factores que interactúan para dar el color de un suelo no siempre son indicadores del grado de fertilidad de los mismos, así que para tener una interpretación más certera es necesario tomar en cuenta las demás características de éstos.

El color del suelo en estudio para el ciclo 1990 (cuadro VI), fué 10YR 4/2 y 10YR 5/2 pardo grisáceo en seco, y 10YR 3/1 gris muy oscuro en húmedo. Los suelos pardos y grisáceos tienen su origen en roca madre clara, grado de descomposición y acumulación de materia orgánica moderada, presencia aunque escasa de compuestos de Fe y superposición de colores pedogenéticamente, son suelos de regiones templadas, situación que coincide con el clima del lugar. Los colores negro 10YR 2/1, y gris oscuro 10YR 3/2 y 10YR 3/1, predominantes en suelos del ciclo 1991 (cuadro VII), indican mayor cantidad de materia orgánica y grado de descomposición avanzada.

Los colores pardo grisáceo, gris oscuro y negro de estos suelos indicaron no ser desfavorables para el desarrollo del cultivo de amaranto, aunque los del ciclo 1991 fueron mejores que los del ciclo 1990, sobre todo por el mayor contenido de materia orgánica, condición que posteriormente se corroboró al hacer los análisis correspondientes.

CUADRO VI. VALORES MÁXIMOS, MÍNIMOS Y PROMEDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS SUELOS. CICLO 1990.

PROP. RANGO (cm)	C O L O R*		TEXTURA (%)		POROS. D.A. D.R.		pH 1:5	M.O.	C	C.I.C.	Ca	Mg	Na	K	PORCENTAJE DE SATURACION				pH _e			
	SECO	HUMEDAD	ARENA	LILO	ARCILLA (%)	(g/cc)									(AGUA) (%)	(%)	(meq/ 100g suelo)	BASES		Ca	Mg	Na
0 - 10	MAX.		86.0	15.6	8.2	46.18	1.48	2.68	8.23	1.38	0.80	15.67	5.80	3.39	1.59	2.98	89.67	37.56	24.15	10.55	21.25	98.12
	MIN.		78.0	11.6	2.4	43.02	1.41	2.57	7.31	1.02	0.59	12.15	3.83	1.96	0.84	1.52	69.62	30.91	16.13	6.08	17.27	25.84
	PROM. 10YR 4/2 10YR 1/1	PARDO GRIS MUY GRISACEO OSCURO	ARENA MIGAJOSA	81.2	14.1	4.8	44.68	1.45	2.62	7.71	1.19	0.69	13.92	4.62	2.69	1.20	2.23	77.42	33.28	19.46	8.60	16.10
10 - 20	MAX.		85.6	20.0	5.0	46.33	1.48	2.72	8.51	1.17	0.68	17.95	6.56	3.34	1.51	3.04	84.90	60.03	23.79	11.71	24.90	58.75
	MIN.		75.6	11.6	2.4	44.36	1.39	2.59	7.22	0.46	0.26	11.31	2.69	1.50	0.79	1.18	56.67	23.78	13.29	6.48	8.41	26.75
	PROM. 10YR 4/2 10YR 1/1	PARDO GRIS MUY GRISACEO OSCURO	ARENA MIGAJOSA	80.4	15.9	3.8	45.51	1.44	2.64	7.77	0.87	0.51	14.45	4.60	2.57	1.27	1.90	71.15	31.50	17.76	8.83	14.38
20 - 30	MAX.		82.2	24.6	5.8	49.81	1.43	2.71	8.56	0.92	0.51	18.51	7.14	4.09	1.71	3.30	98.07	42.45	35.59	16.15	14.14	51.20
	MIN.		69.6	14.6	2.4	46.01	1.30	2.58	7.98	0.43	0.25	9.38	3.11	1.34	0.77	1.37	58.31	24.74	12.65	5.71	8.38	7.03
	PROM. 10YR 5/2 10YR 1/1	CAFE GRIS MUY GRISACEO OSCURO	ARENA MIGAJOSA	78.5	17.9	3.6	47.79	1.39	2.65	8.29	0.63	0.37	13.84	4.76	2.99	1.25	2.02	80.46	14.65	21.19	9.44	15.84

* VALOR MAS FRECUENTE.

CUADRO VII. VALORES MAXIMOS, MINIMOS Y PROMEDIO DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LOS SUELOS. CICLO 1991.

PROP. RANGO (cm)	C O L O R *		TEXTURA (%)		POROS. D.A. D.R.		pH 1:5	M.O.	C	C.I.C.	Ca	Mg	Na	K	PORCENTAJE DE SATURACION					P (ppm)		
	SECO	HIJEDO	ARENA	LIJO	ARCILLA (%)	(g/cc)									(AGUA) (%)	(%)	(mg/ 100g suelo)	BASES	Ca		Mg	Na
MAX.			74.4	21.8	5.8	48.85	1.39	2.63	8.16	2.10	1.22	25.92	7.49	4.82	1.61	4.66	116.8 ⁶	17.11	30.31	10.13	29.31	172.09
MIN.			72.4	19.8	5.8	46.24	1.33	2.52	7.45	1.28	0.74	15.53	4.39	3.18	0.90	2.92	65.35	24.31	16.59	4.98	16.46	71.80
PROM.	10YR 3/2	10YR 2/1	73.4	20.8	5.8	47.40	1.36	2.57	7.81	1.68	0.97	18.80	5.80	1.91	1.32	3.70	80.28	11.74	21.29	7.17	20.10	109.84
	GRIS																					
	OSCURO	NEGRO	MIGAJON ARENOSA																			
MAX.			76.4	20.8	4.8	49.62	1.40	2.65	8.12	1.42	0.82	19.57	6.68	4.19	1.44	3.67	87.14	37.00	22.97	8.05	20.61	117.62
MIN.			74.4	20.6	3.0	45.31	1.33	2.56	7.50	0.98	0.57	16.37	4.78	3.94	1.04	3.14	70.55	26.41	19.56	6.35	16.66	56.7
PROM.	10YR 3/2	10YR 2/1	75.4	20.7	3.9	48.39	1.35	2.62	7.84	1.21	0.70	17.96	5.80	3.81	1.31	3.41	79.82	12.27	21.22	7.28	19.02	91.11
	GRIS																					
	OSCURO	NEGRO	MIGAJON ARENOSA																			
MAX.			70.4	26.8	5.8	51.48	1.40	2.70	8.30	0.74	0.43	18.72	4.91	4.13	1.82	3.39	116.35	44.20	36.23	14.74	28.93	52.31
MIN.			68.4	23.8	4.8	47.17	1.31	2.62	7.78	0.43	0.24	9.23	3.46	2.77	1.12	1.47	60.29	26.13	17.50	6.60	9.95	17.44
PROM.	10YR 3/2	10YR 2/1	69.4	25.3	5.3	49.33	1.35	2.66	8.11	0.56	0.33	13.02	4.20	3.44	1.38	2.61	93.72	33.58	27.62	13.15	21.37	39.54
	GRIS																					
	OSCURO	NEGRO	MIGAJON ARENOSA																			

* VALOR MAS FRECUENTE

1.2. TEXTURA.

Galvande (1982) y Aguilera (1989), entre otros, consideran que en general un suelo agrícola es mejor si contiene una buena proporción de los tres elementos texturales; sin embargo se ha visto que determinados cultivos se adaptan mejor bajo predominio de cierto tamaño de partículas, situación que puede considerarse para el amaranto, pues aunque se ha encontrado en suelos arcillosos, francos y arenosos, los dos últimos son en donde mejor se desarrollan, debido principalmente al excelente drenaje, porosidad y aireación que le proporcionan, además del fácil desarrollo radical, reduciendo de esta forma los problemas de pudrición de raíz y acame.

La textura de los suelos en estudio, fue típicamente arenosa (cuadros VI y VII), sobre todo los del ciclo 1990, con porcentajes de arena entre 69.6 % y 86 %, sufriendo un ligero decremento con la profundidad y acumulación respectivo de limo; en tanto que la arcilla fue baja en las tres profundidades, no mayor al 8.2 %; la clasificación textural correspondiente fue arena y arena migajosa. Para los suelos el ciclo 1991, aunque siguen teniendo predominio en arena lo fueron en menor proporción; su clasificación textural fue arena migajosa y migajón arenoso; el valor máximo de arena fue de 76.4 % y el menor de 68.4 %, el contenido de limo estuvo en el orden de 26.8 % y 19.8 % en tanto la arcilla menor al 5.8 %.

Las texturas arena migajosa y migajón arenosa que tienen estos suelos, no presentaron problemas de drenaje, ya que como se analizará en los resultados climáticos, setuvieron semanas con precipitaciones mayores a los 70 mm, y aún así no hubo acumulación de agua. En este tiempo algunas plantas manifestaron pudrición en el nudo que une el tallo con la raíz, aunque sin severidad, caso de *A. cruentus* > *A. hybridus*, *A. edulis* > *A. caudatus* y *A. hypochondriacus* "Mercado" (parcelas 8 y 22 del ciclo 1990, y 9 del ciclo 1991, fig. a y b).

En general, el desarrollo radical no presentó problemas, creciendo las raíces a profundidades de hasta 50 cm, no detectándose serios problema de acame, a excepción del *A. cruentus* "Mexicano" (parcela 21 del ciclo 1990, fig. a) quien tenía un desarrollo muy exuberante de follaje e inflorescencia.

1.3. POROSIDAD, DENSIDAD APARENTE Y DENSIDAD REAL.

La porosidad de un suelo está en íntima relación con las densidades. De acuerdo con Gaucher (1971), es afectada por la materia orgánica, textura y estructura. El espacio poroso es ocupado por agua y aire: el balance adecuado entre estos dos elementos junto con la parte mineral del suelo son determinantes en el desarrollo de las plantas (Aguilera, 1989).

En los cuadros VI y VII, se observa que el promedio de la porosidad de los suelos analizados fue entre 44.68 % y 49.33 %, siendo ligeramente más altos los del ciclo 1991, aunque no mayores a 51.48 %. En general, entran en los rangos de porosidad de los suelos arenosos, baja en comparación con los suelos francos, arcillosos y humíferos.

A pesar de ser baja la porosidad, estos suelos no presentaron problemas de drenaje y aireación, debido a que tienen más macroporos que microporos, permitiendo el flujo rápido de agua y el intercambio de gases, sobre todo de oxígeno y bióxido de carbono; por lo que al igual que en el caso de la textura, el cultivo fue beneficiado, evitando el encharcamiento del suelo y el fácil intercambio de gases en éste.

1.4. REACCION DEL SUELO pH.

El pH en los suelos es de suma importancia, ya que interviene en procesos edáficos, así como en la actividad microbiana y el desarrollo vegetal. sobre todo en estos dos últimos, por que permite la disponibilidad de nutrimentos (Fassbender, 1975 y Velasco, 1975). Ortega et al. (1988), encuentran que las formas asimilables del Mn, Fe, Cu y Zn están fuertemente influenciadas por el pH, es decir, que interviene en los niveles de fertilidad de los suelos.

La mayoría de los suelos en estudio, tanto del ciclo 1990 como de 1991, tuvieron pH alcalino (cuadro VI y VII), característicos de lugares sin demasiada precipitación, poca pérdida de sales, contenidos altos de Ca, Mg, Na y K, propiciando a que se presente un alto grado de saturación de bases. Cuando la concentración de sodio es alta, varios cultivos se ven seriamente afectados, aunque cabe recordar que Nieto (1989) y Borroto et al. 1991, señalan que el amaranto es tolerante a la salinidad.

La fertilidad de los suelos en relación con el pH radica fundamentalmente en las formas asimilables de los nutrimentos. Cuando el pH es ligeramente alcalino a fuertemente alcalino de 7.22 a 8.56, valores en los cuales fluctuaron los suelos en estudio, el hierro, manganeso, cobre y zinc presentan problemas de asimilación, ya que estos tienen mayor disponibilidad a pH ácidos; el fósforo, tendrá restricciones a pH mayores de 7.5; el nitrógeno si es mayor a 8; en tanto que el calcio, magnesio, potasio y azufre no presentan problema alguno. De aquí que a pH mayores a 7.5 y sobre todo superiores a 8, el amaranto puede ser afectado, al disminuir las posibilidades de asimilación de fósforo y nitrógeno, elementos de gran importancia para el cultivo; sin embargo, en general el cultivo no manifestó clorosis, necrosis, marchitamiento, crecimiento lento, es decir, no presentó síntomas visibles de deficiencia en estos nutrimentos.

1.5. MATERIA ORGANICA Y CARBONO ORGANICO.

Velasco (1971), Cortes y Malagón (1984), consideran que el contenido de materia y carbono orgánico en los suelos permiten hacer inferencias sobre su fertilidad; ya que como señala Velasco (1981), la materia orgánica es fuente de nitrógeno, fósforo y azufre, además de oligoelementos, de aquí el considerarse importante para el desarrollo no sólo del amaranto, y plantas en general, sino también de los microorganismos del suelo, los cuales a la vez intervienen en la degradación de ésta.

La productividad en los cultivos, incluyendo al amaranto, es favorecida con el incremento de la materia orgánica, pues además del suministro de nutrimentos, proporciona estabilidad de agregados al suelo (Unger et al. 1990), consecuentemente mejora la porosidad, permeabilidad, retención de humedad y desarrollo radical, tanto en suelos arenosos como arcillosos.

Sin embargo, como puede analizarse en los cuadros VI y VII y características propuestas en el anexo I, el contenido promedio de materia orgánica de los suelos en estudio, van de extremadamente pobres, con 0.56 %, presentes en la profundidad 45-60 cm del ciclo 1991; pobres en las tres profundidades del ciclo 1990, oscilando entre 0.63 y 1.19 %; a medianamente pobres, en las profundidades 0 - 25 y 25 - 45 cm del ciclo 1991, con 1.21 y 1.68 % respectivamente. Como consecuencia, el contenido de carbono orgánico en general fue muy bajo, pues para los suelos del ciclo 1990 fluctuó entre 0.25 y 0.80 %, en tanto que para el ciclo 1991 fue de 0.24 a 1.22 %.

En ambos ciclos, el contenido de materia orgánica disminuyó con la profundidad, comportamiento que tienen en general los suelos.

Aunque con los contenidos bajos de materia orgánica de estos suelos no se haya propiciado aspectos negativos visuales en el cultivo, es importante incrementar su contenido al suministrar abono orgánico, beneficiando no sólo al cultivo por el aporte de nitrógeno, fósforo y otros nutrimentos, sino que además contrarrestaría algunos problemas de los suelos arenosos y muy alcalinos, como son los del área de estudio.

1.6. CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) depende básicamente de las partículas coloidales del suelo. Manrique et al. (1991), encuentran que está altamente influenciada por el contenido de arcilla, carbono orgánico y pH. En tanto Chapman y Pratt (1983), señalan que es un indicador de la fertilidad de los suelos.

En los cuadros correspondientes se aprecia que en promedio la CIC en los suelos del ciclo 1990 fue de 13.82 a 14.45 m.eq./100g s. y en los de 1991 entre 13.02 y 18.80 m.eq./100g s., valores considerados como medios de acuerdo con el anexo 1; contenidos que no fueron muy beneficios, pero tampoco problemáticos al cultivo de amaranto.

Parece indicar que en estos suelos el contenido de materia orgánica, incidió sobre la CIC, ya que el valor máximo registrado (25.92 m.eq./100g s.) coincide también con el valor máximo de materia orgánica (2.10 %), y similar comportamiento presentaron los valores mínimos. Es importante nuevamente señalar, si la CIC es reflejo del contenido de la materia orgánica, y ambas de la fertilidad de los suelos, es necesario incrementar la cantidad de materia orgánica en éstos.

1.7. SATURACION DE BASES Y CATIONES DE INTERCAMBIO: Ca, Mg, Na y K.

El nivel de fertilidad inferido por la CIC se comprende mejor si se relaciona con los cationes de intercambio, es decir, la saturación de bases; ya que como señalan Cortes y Malagón (1984), a medida que la saturación sigue la relación $Ca > Mg > K > Na$, la fertilidad será mayor.

De acuerdo a la clasificación propuesta en el anexo 1, en general los suelos en estudio presentaron porcentajes de saturación de bases muy altos, ligeramente mayores en los suelos del ciclo 1991 (cuadros VI y VII), estos altos porcentajes fueron dados por los valores altos a muy altos de calcio, magnesio y potasio, y cantidades medias a altas del sodio.

En este caso, la relación de los porcentajes de saturación de cada uno de los cationes, fue la que indica una mejor fertilidad, es decir el calcio en mayor proporción que el magnesio, éste, mayor que el potasio, y el sodio fue el de menor proporción. Bajo estas condiciones, en ambos ciclos, el cultivo de amaranto no presentó problemas de fertilidad.

La interpretación en base a la cantidad neta de cada uno de los cationes, indica que el calcio con valores promedio de 4.20 a 5.80 m.eq./100g s. estuvo de niveles bajos a medios, siendo ligeramente mayor en los suelos del ciclo 1991; esto puede ser un problema para el cultivo, ya que como indican los valores bromatológicos, el calcio es un elemento asimilado en cantidad considerable, sin embargo, no se manifestaron síntomas visibles de deficiencia al respecto.

El magnesio para el ciclo 1990 estuvo en valores medios, con promedios de 2.57 a 2.99 m.eq./100g s.; y altos para el ciclo 1991 con 3.44 a 3.91 m.eq./100g s., situación que favoreció al cultivo de amaranto.

El sodio presentó valores promedio entre 1.2 y 1.27 m.eq./100g s. para el ciclo 1990, considerados como altos; en la misma categoría entran los suelos del ciclo 1991, aunque éstos fueron ligeramente más elevados con 1.31 a 1.38 m.eq./100g s., en estas condiciones el cultivo no manifestó síntomas visuales de toxicidad.

En ambos ciclos, el potasio fue muy alto con promedio de 1.90 a 3.70 m.eq./100g s.; aunque la bromatología indica que el amaranto lo asimila en altas cantidades, los niveles altos en el suelo parecen beneficiarlo.

Al comparar la cantidad neta y el porcentaje de saturación de cada uno de los cationes, indican cierta controversia para el calcio y sodio, pues mientras que el porcentaje de saturación de calcio fue alto, el contenido neto fue bajo; situación contraria que tuvo el sodio.

1.8. FOSFORO.

El fósforo es uno de los elementos esenciales para el buen desarrollo de las plantas, interviene en el establecimiento de los cultivos, acelera el tiempo de madurez de éstos y estimula la floración y formación de semilla (Ortiz y Ortiz 1990).

Los contenidos altos a muy altos en fósforo (cuadro VI y VII) en los suelos tanto del ciclo 1990 como de 1991, tuvieron que ser reflejo del aceptable desarrollo del cultivo de amaranto en éstos.

Los suelos del ciclo 1990 reportaron promedios de 31.81 a 55.49 ppm, la cantidad fue mayor para los del ciclo 1991 con 30.59 a 109.84 ppm; en ambos ciclos el contenido de fósforo disminuyó con la profundidad.

2. CLIMA Y AMARANTO.

Como se mencionó anteriormente, el "Rancho San Francisco" no cuenta con una estación meteorológica, por lo que la información analizada corresponde a la estación de Chalco (mapa 8).

Por ser el clima un promedio de las características ambientales prevalecientes de un sitio, y para conocer con mayor especificidad la influencia de éstas en el cultivo durante 1990 y 1991, se analizaron con mayor detenimiento estos años; aunque como puede apreciarse en el cuadro VIII y gráficas G y H, el comportamiento de dichos años no presentan grandes diferencias con el promedio (1961 - 1992).

2.1. TEMPERATURA.

Uno de los elementos del tiempo y clima que son determinantes en el establecimiento de los cultivos es la temperatura. Ortiz (1984), indica que se tienen temperaturas críticas de desarrollo, incluyendo una mínima bajo la cual la planta sufre serios daños o puede ocasionarle la muerte y una máxima con los mismos efectos que la mínima.

Cabe mencionar que las temperaturas críticas de desarrollo en el amaranto están poco estudiadas, por lo que la discusión se hizo en base a las escasas investigaciones hechas al respecto.

Poloni et al. (1992), encuentran que la germinación es óptima entre los 19° y 29° C, tolerando los 9° y 34°. La temperatura media anual de Chalco (14.9°C) fue inferior a la óptima, inclusive mayo, mes en que generalmente se siembra el amaranto fue de sólo 17.7°C (cuadro VIII y gráfica G). Si bien, ambas temperaturas no entran en las óptimas citadas, tampoco salen de las tolerables. Al analizar las temperaturas máximas y mínimas ante las cuales la planta realmente se enfrentó, en el mes de mayo fueron de 26.4° la máxima, entrando en el rango aceptable, y 9.0° la mínima, quedando al límite del rango tolerable.

Al revisar las condiciones de temperatura durante la primer y segunda semana de mayo de 1990 (cuadro IX y gráficas I y K), fecha en que se realizó la siembra en este ciclo, se registraron temperaturas medias de 17.3° y 16.5°; máximas de 25.1° y 23.0°; en tanto que las mínimas de 9.5° y 9.9°C.

Para el ciclo 1991 (cuadro X y gráficas J y L), la siembra se realizó en la segunda y tercer semana de mayo, tiempo en que comenzó a registrarse las temperaturas más elevadas; las medias fueron entre 16.3° y 18.0°; las máximas entre 23.2° y 25.4°; y las mínimas de 9.3° y 10.6°. Temperaturas que al igual que para el ciclo 1990 son consideradas, en cierto grado, favorables para la germinación del cultivo de amaranto ya que no salen del rango tolerable. Dicha situación se ratificó con las observaciones hechas en el experimento, puesto que la respuesta a la germinación no mostró problemas exceptó *A. hybridus* de la parcela 3 del ciclo 1991 (fig b).

CUADRO VIII. CLIMA Y PARAMETROS CLIMATICOS DE CHALCO, ESTIMADOS POR MES, 1961 - 1991.

PARAMETRO	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGUSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
TEMPERATURA MAXIMA PROMEDIO (°C)*	21.8	22.7	24.7	26.2	26.4	21.0	22.6	22.8	22.1	22.9	22.0	21.0	21.1
TEMPERATURA MINIMA PROMEDIO (°C)*	1.2	2.7	4.8	7.1	9.0	13.4	9.9	9.9	9.7	7.1	3.6	2.1	6.5
TEMPERATURA MEDIA (°C)*	11.5	12.5	14.9	16.7	17.7	17.2	16.3	16.4	16.1	15.0	12.8	11.5	14.9
OSCILACION ENTRE LA T. MAX. Y MIN. PROM. (°C)*	20.6	20.0	19.9	19.1	17.4	13.6	12.7	12.9	12.7	15.8	18.4	18.9	16.8
PRECIPITACION TOTAL (cm)	100.6	6.3	12.3	23.6	53.3	109.2	133.6	123.2	90.8	40.6	6.4	5.5	615.4
No. DE DIAS CON GRANIZO DURANTE EL PERIODO	0	1	1	1	6	9	10	12	4	3	0	1	50
No. DE DIAS CON GRANIZO EN PROMEDIO	0	0.03	0.03	0.03	0.26	0.29	0.32	0.39	0.13	0.09	0	0.03	1.61
No. DE DIAS CON HELADAS DURANTE EL PERIODO	623	4100	162	16	4	2	0	0	5	104	50	505	2249
No. DE DIAS CON HELADAS EN PROMEDIO	20.1	13.2	5.2	0.5	0.1	0.06	0	0	0.1	3.4	11.3	18.4	72.5
VIENTO DOMINANTE	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	E1	N1	S1	S1	S1

INDICE P/T = 41.3

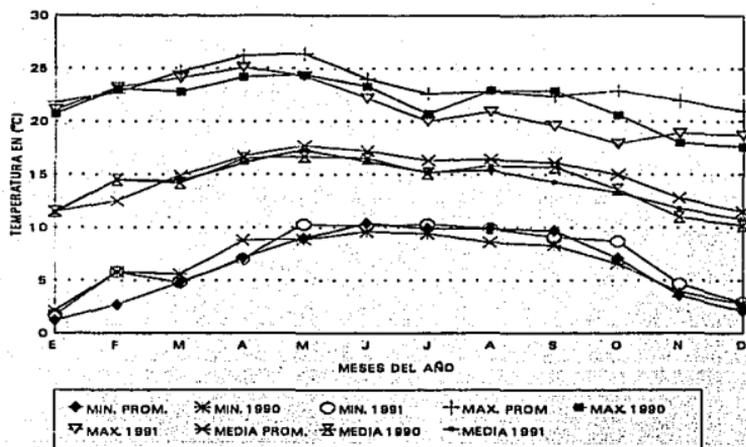
OSCILACION ANUAL = 6.2 °C

PRECIPITACION RECIBIDA DURANTE EL DESARROLLO DEL CULTIVO = 91.42 %

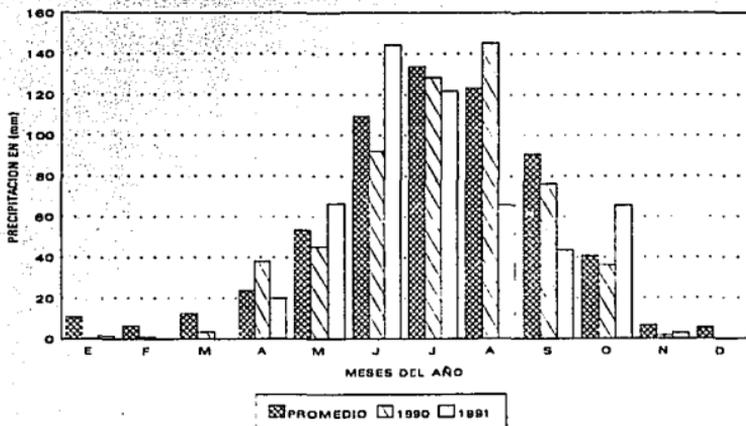
TIPO DE CLIMA: Cb(wo)(w)(l)lg

* PERIODO ESTIMADO DE 1967 - 1991.

GRAFICA G. COMPARACION DE TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES, MAXIMAS Y MINIMAS PROMEDIO (PROMEDIO, 1990 Y 1991) DE CHALCO.



GRAFICA H. COMPARACION DE LAS PRECIPITACIONES TOTALES MENSUALES (PROMEDIO, 1990 Y 1991) DE CHALCO.



CUADRO IX. PARAMETROS CLIMATICOS DE CHALCO, ESTIMADOS POR SEMANA 1946.

PARAMETRO	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO											
	1°	2°	3°	4° P.M.	1	2	3	4° P.M.	1	2	3	4° P.M.	1	2	3	4° P.M.	1	2	3	4° P.M.	1	2	3	4° P.M.								
TEMP. MAXIMA PROM. (°C)	28.4	21.5	19.7	21.3	20.7	21.6	21.6	23.7	23.1	23.4	23.4	21.4	22.6	24.6	23.9	24.2	25.1	23.0	25.7	23.9	24.4	26.1	23.1	23.1	20.5	21.1						
TEMP. MINIMA PROM. (°C)	0.7	1.8	2.2	3.8	3.1	4.6	5.8	6.9	4.2	5.0	5.7	4.8	5.4	6.3	5.6	10.6	11.8	5.8	6.9	8.0	9.5	8.9	9.9	4.4	4.9	5.2	9.4	9.1	12.6	3.4		
TEMPERATURA MEDIA (°C)	10.6	11.7	11.0	12.5	11.5	13.1	14.5	15.3	14.9	14.5	14.6	14.6	13.9	14.2	17.6	17.9	15.3	15.4	16.5	17.3	16.5	17.9	15.2	16.7	17.0	16.3	16.1	15.6	16.5			
OSCILACION TERMICA (°C)	19.7	19.7	17.5	17.4	16.6	17.0	18.2	16.8	17.4	17.4	18.9	18.0	15.1	17.3	14.0	12.1	18.6	17.0	15.4	15.6	12.1	15.9	17.5	15.5	17.1	11.7	14.0	5.9	13.7			
PRECIPITACION TOTAL (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	3.3	0.0	1.3	11.2	24.7	38.0	24.2	13.0	0.0	6.7	45.3	11.4	16.6	13.5	10.7	92.3	
NO. DE DIAS CON GRANIZO	--	--	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
NO. DE DIAS CON NEBLADAS	--	--	5	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
WINDO DOMINANTE	--	--	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1

PARAMETRO	JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ANUAL							
	1	2	3	4° P.M.	1	2	3	4° P.M.	1	2	3	4° P.M.	1°	2°	3°	4° P.M.	1	2	3	4° P.M.	1	2	3°	4° P.M.								
TEMP. MAXIMA PROM. (°C)	28.4	18.3	21.9	22.0	20.7	22.9	22.1	23.7	22.6	22.9	22.1	21.6	23.3	24.4	22.9	20.3	20.0	21.2	20.8	20.4	15.9	11.0	22.7	22.2	18.0	14.9	12.6	20.1	22.6	17.6	21.6	
TEMP. MINIMA PROM. (°C)	13.2	9.4	9.4	8.6	9.6	8.6	6.6	8.0	8.4	8.6	8.4	7.4	8.6	8.0	8.7	7.8	7.8	5.7	6.9	8.6	6.3	2.1	3.9	3.1	1.9	4.9	6.4	1.5	0.5	2.4	4.7	
TEMPERATURA MEDIA (°C)	15.3	14.0	15.7	15.3	15.2	15.7	15.4	16.3	15.6	15.8	15.3	14.9	15.7	14.2	16.0	14.4	13.7	14.1	13.9	13.5	12.9	13.6	11.1	6.6	11.2	12.0	11.0	9.9	8.5	10.8	13.6	10.2
OSCILACION TERMICA (°C)	15.2	9.1	12.5	13.4	11.3	14.5	13.5	16.9	14.4	14.3	13.7	14.2	14.7	15.6	14.6	12.8	12.3	13.5	15.9	14.0	9.6	8.9	18.8	16.4	14.1	10.0	8.2	18.4	23.0	14.7	--	
PRECIPITACION TOTAL (mm)	12.1	73.8	22.2	0.5	130.3	3.7	78.1	0.0	41.3	145.1	22.3	26.5	11.9	15.6	76.8	19.8	9.4	8.4	2.7	36.3	0.1	0.0	0.0	1.4	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	347.1	
NO. DE DIAS CON GRANIZO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
NO. DE DIAS CON NEBLADAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	--	--	--	5	0	0	0	--	--	0	
WINDO DOMINANTE	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1	SE1

* DATOS ESTIMADOS POR PROMEDIO (1946 - 1952).

P.M. = PROMEDIO DEL MES

CUADRO 2. PARAMETROS CLIMATICOS DE CHALCO, ESTIMADOS POR EDADIA, 1991.

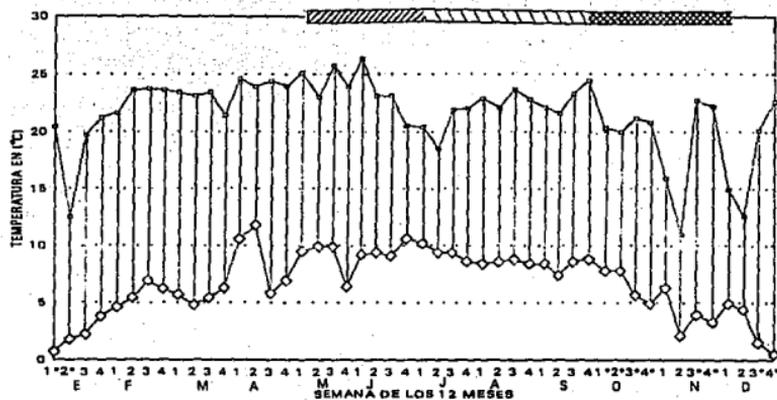
PARAMETRO	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO								
	1*	2*	3*	4* P.M.	1	2	3	4 P.M.	1	2	3	4 P.M.	1*	2*	3*	4* P.M.	1	2	3	4 P.M.	1	2	3	4 P.M.					
TEMP. MAXIMA PROM. (°C)	20.6	21.2	22.0	20.3	21.1	21.0	21.6	21.7	22.4	21.3	22.4	22.3	22.4	20.7	22.4	22.5	24.1	22.5	22.5	22.5	22.1	22.1	22.4	22.4	22.5	22.1	21.9	19.2	22.2
TEMP. MINIMA PROM. (°C)	0.7	1.0	1.0	1.1	1.1	1.6	1.6	1.9	1.2	1.0	1.4	1.1	1.4	1.1	1.0	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	
TEMPERATURA MEDIA (°C)	10.8	11.5	12.5	10.8	11.4	11.2	14.5	11.5	14.9	14.5	15.0	12.4	15.4	14.9	14.4	15.9	14.3	14.0	14.1	14.3	13.7	14.5	14.0	14.0	14.0	14.0	13.7	11.0	15.4
OSCILACION TERMICA (°C)	12.0	13.4	14.0	19.0	19.4	17.2	18.2	16.4	17.4	17.4	21.2	16.4	20.0	19.4	19.3	18.0	17.5	14.2	13.7	18.1	12.2	11.9	11.9	15.2	14.0	14.2	13.0	12.9	8.1
PRECIPITACION TOTAL (mm)	0.0	0.0	1.5	0.6	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	2.4	3.0	11.7	19.0	11.5	9.1	1.0	17.8	66.5	1.0	29.0	36.4	
NO. DE DIAS CON GRANIZO	--	--	--	--	--	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
NO. DE DIAS CON HELADAS	--	--	--	--	--	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
WINDO DOMINANTE	--	--	--	--	--	NE	NE	NE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	
						SE				SE																			

PARAMETRO	JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ANUAL				
	1	2	3	4 P.M.	1	2	3	4 P.M.	1	2	3	4 P.M.	1	2	3	4 P.M.	1	2	3	4 P.M.	1	2	3*	4* P.M.					
TEMP. MAXIMA PROM. (°C)	17.4	16.1	21.1	21.1	20.0	21.4	19.4	20.0	21.9	20.9	20.0	20.3	18.3	18.4	19.6	19.1	19.4	16.4	20.1	17.9	21.0	17.0	19.5	16.0	18.9	17.1	15.4	21.5	22.4
TEMP. MINIMA PROM. (°C)	10.3	10.2	10.5	10.1	10.7	8.9	9.1	10.5	9.9	9.2	9.0	9.3	8.0	9.1	9.5	9.2	6.9	8.0	8.7	6.6	1.4	4.4	3.9	4.7	1.5	0.5	2.4	1.1	
TEMPERATURA MEDIA (°C)	13.9	13.2	15.9	15.7	15.2	14.3	14.3	16.9	16.2	15.4	14.4	14.7	14.3	13.7	14.3	14.5	12.4	13.0	14.5	13.2	11.2	11.1	11.0	11.1	9.2	11.4	11.6	10.8	
OSCILACION TERMICA (°C)	7.4	9.9	10.8	10.8	9.7	10.7	10.7	11.5	11.4	11.1	10.0	11.3	10.0	9.0	10.5	11.2	6.4	9.7	11.3	9.2	14.4	11.4	14.6	14.1	14.2	12.1	6.9	20.2	
PRECIPITACION TOTAL (mm)	16.9	27.0	32.7	45.2	121.6	23.1	2.1	15.4	24.4	66.8	4.0	11.4	11.9	11.4	43.4	13.5	6.5	11.2	12.7	65.6	1.4	1.2	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	
NO. DE DIAS CON GRANIZO	0	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
NO. DE DIAS CON HELADAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
WINDO DOMINANTE	SE	NE	SE	NE	NE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	
	SE				SE				SE				SE				SE				SE								

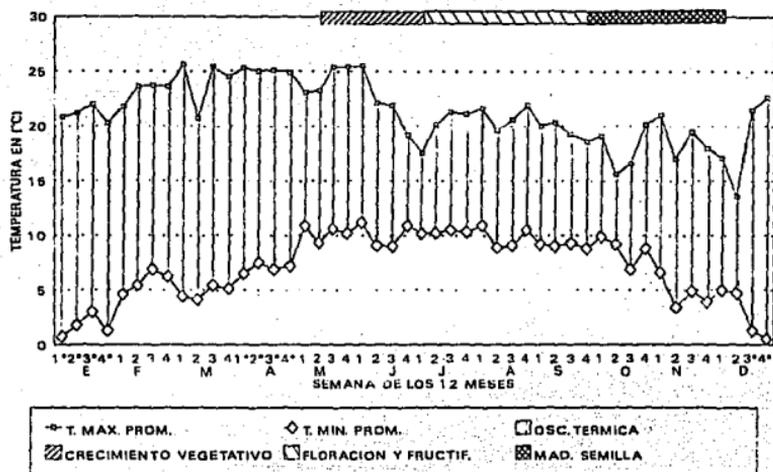
* DATOS ESTIMADOS POR PROMEDIO 1956 - 1992.

P.M. = PROMEDIO DEL MES

TEMPERATURAS MAXIMAS Y MINIMAS PROM., OSCILACION TERMICA
Y ETAPAS DEL CULTIVO POR SEMANA.
GRAFICA I. CICLO 1990.

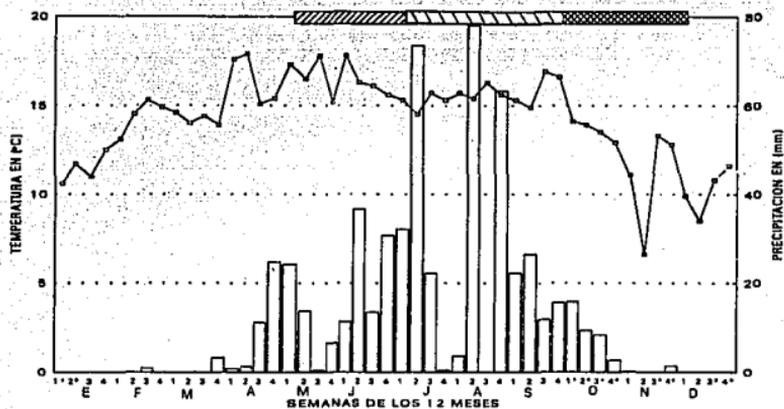


GRAFICA J. CICLO 1991.

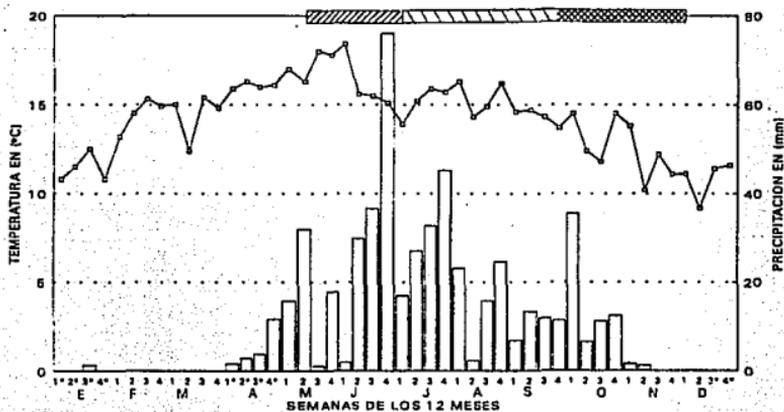


* DATO ESTIMADO

TEMPERATURA MEDIA, PRECIPITACION Y ETAPAS DEL CULTIVO POR SEMANA
 GRAFICA K. CICLO 1990.



GRAFICA L. CICLO 1991



T. MEDIA PRECIPITACION CRECIMIENTO VEGETATIVO FLORACION Y FRUCTIF. MAD. SEMILLA

* DATO ESTIMADO

En general, el periodo de desarrollo del cultivo abarca de mayo a noviembre o diciembre estos últimos dependiendo del tiempo de cosecha. En Chalco estos meses presentaron temperaturas medias entre 17.7° y 11.5° (cuadro VIII), como puede observarse en la gráfica G, la mayor corresponde a mayo y la menor a diciembre, durante este periodo en general la temperatura tiende a disminuir, estabilizándose de julio a septiembre, con aproximadamente 16.3° periodo en que se inicia la floración y formación de la semilla. El comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas (gráfica G) tienen similar comportamiento que las medias, con valores que van de 26.4° a 21.0° para las máximas, y 10.4° a 2.1° en las mínimas. Esta serie de temperaturas son relativamente bajas de acuerdo a las temperaturas óptimas que consideran González y Sánchez (1989), entre 16° y 35°; sin embargo, los mismos autores consideran que sólo a menos de los 4°C la planta padece daños. Las temperaturas registradas por debajo de los 4°C (temperaturas mínimas promedio) se presentaron de noviembre a febrero, periodo que en general no representan graves problemas al cultivo de amaranto, ya que la planta o está ya madura o aún no se ha sembrado.

Al respecto, Reyna et al. (1988), reportan sitios con producción aceptable con temperaturas medias de hasta 13.7°; sobre la que Chalco la supera con 1.2°C.

Durante el ciclo 1990 (cuadro IX y gráfica K), de mayo a julio, fase en que principalmente la planta tuvo crecimiento vegetativo, la temperatura media fluctuó entre 16.7° y 15.1°, la última correspondiendo a julio, ésta ligera disminución fue debido a que como se verá posteriormente, en la segunda semana de julio se registró un considerable aumento de la precipitación, siendo afectada principalmente la temperatura máxima (gráfica I).

En esta misma fase, durante el ciclo 1991 (cuadro X y gráficas J y L) el comportamiento de la temperatura fue similar al de 1990, aunque ligeramente más elevadas con 17.3° y 15.2° de temperaturas medias. Sin embargo, *A. retroflexus* de la parcela 6 (fig.b), presentó ciertos problemas de establecimiento.

En ambos años, durante el periodo de floración y fructificación (aproximadamente de julio a septiembre) la temperatura permaneció relativamente constante, sobre todo las mínimas. En cambio de octubre a diciembre (etapa de maduración de la semilla) las temperaturas comenzaron a disminuir y fluctuar más drásticamente, llegando a registrar en 1990 temperaturas medias desde 6.6° en la segunda semana de noviembre, misma fecha que empezó a registrarse las temperaturas mínimas inferiores a 4°C. Para el ciclo 1991 (cuadro X) las temperaturas fueron más benignas, con valores medios entre 9.2° en la segunda semana de diciembre; pero al igual que en 1990, las temperaturas mínimas inferiores a los 4° se registraron a partir de la segunda semana de noviembre; por lo que se considera ser el tiempo más propicio para programar la cosecha de amaranto en Chalco.

Otro aspecto importante del comportamiento de la temperatura de Chalco a favor del cultivo de amaranto fue la poca oscilación entre la temperatura máxima y la mínima durante su desarrollo, por lo que la planta no se vió expuesta a cambios tan bruscos de temperatura (gráficas I y J).

2.2. PRECIPITACION.

La precipitación es otro de los elementos del tiempo y clima de gran importancia para el establecimiento de los cultivos, sobre todo cuando son de temporal, por ser la fuente principal de humedad ambiental y del suelo.

El rango de precipitación anual en que el amaranto se cultiva en México son entre 400 mm y hasta más de 2 000 mm (Reyna y Carmona, en prensa).

La precipitación total anual en Chalco fue de 615.4 mm (cuadro VIII), de la cual el 91.4% se presentó durante el tiempo de desarrollo del cultivo. En 1990 (cuadro IX), la precipitación acumulada fue de 567.1 mm y para 1991 (cuadro X), alcanzó 530.3 mm; en ambos años el porcentaje de precipitación recibida durante el desarrollo del cultivo fue mayor al 90%.

El régimen de precipitación tanto en promedio como para los años 1990 y 1991, fue de verano, con escasa precipitación de enero a marzo, iniciando las lluvias en abril pero estableciéndose con mayor cantidad y frecuencia de junio a septiembre, retirándose en octubre y noviembre: periodo que en general el cultivo de amaranto no es afectado, a excepción de las plantas tardías como *A. hypochondriacus* "Azteca", de las parcelas 17 y 18 del ciclo 1990 (fig. a). Aunque el *A. hypochondriacus* "Mixteco" de las parcelas 2, 9 a 13, también fueron tardías no se considera un problema ya que son utilizadas como verdura.

El comportamiento semanal de la lluvia para 1990 se presenta en el cuadro IX y gráfica K, en los que se observa que en la semana 1 y 2 de mayo (periodo de siembra) se registraron 24.2 mm y 13.8 mm de lluvia respectivamente, inclusive una semana antes de la siembra se recibió 24.7 mm beneficiando al cultivo al humedecer anticipadamente el suelo. Posteriormente se tuvo ascenso de la lluvia, presentándose las máximas registradas en julio y agosto con 73.5 mm y 78.1 mm respectivamente, interrumpidas por semanas con casi nula precipitación. La lluvia empezó a descender paulatinamente en septiembre, ausentándose en la segunda semana de noviembre.

Se considera que estas fluctuaciones de precipitación fueron más perjudiciales cuando la lluvia fue intensa, que cuando disminuyó, al manifestarse aunque no con severidad, enfermedades fungosas en *A. hypochondriacus* "Pátzcuaro", *A. cruentus* "Mexicano" y *A. cruentus* > *A. hybridus* de las parcelas 8, 23 y 24 respectivamente (fig.a). Cuando hubo reducción o ausencia de lluvia durante el desarrollo del cultivo fue en un lapso de tiempo corto, no mayor a una semana, permitiendo a que no se diera un ambiente de sequía riguroso.

El comportamiento de la precipitación durante 1991 (cuadro X y gráfica L), fue más regular; la lluvia se registró de abril a la segunda semana de noviembre, alcanzando en la cuarta semana de junio la máxima acumulación con 76.0 mm. Sin embargo, *A. hypochondriacus* "Mercado" (parcela 9, fig. b), presentó el desarrollo de hongos.

2.3. GRANIZO.

El granizo es una forma de precipitación poco frecuente en la zona. El promedio anual a ocurrir es de 1,6 días (cuadro VIII), teniendo mayor probabilidad de registrarse de mayo a agosto, sobre todo en este último mes, en donde en 30 años 12 días manifestaron el fenómeno. Es importante señalar que es el período en que el amaranto está estableciéndose; sin embargo, el mayor problema del fenómeno no es la frecuencia con que se presente sino la intensidad o severidad con que se manifieste, información de la que no se dispone.

En el año 1990 (cuadro IX) estuvo ausente el fenómeno; mientras que en 1991 (cuadro X), se presentó un día de la segunda semana de julio y otro en la tercera del mismo mes, los cuales no tuvieron trascendencia drástica en el cultivo.

2.4. HELADAS.

Las heladas en Chalco son siniestros climáticos que tienen mayor importancia, sobre todo por los daños que llegan a ocasionar en la agricultura al presentarse en forma temprana o tardía. El cuadro VIII indica que en promedio anual se presenta en 72,5 días. Los meses con mayor frecuencia son de noviembre a febrero, aún presentándose en octubre, marzo y abril, y muy raramente en septiembre, mayo y junio, pero siendo estas últimas fechas las que registren las heladas de mayor peligro para el cultivo debido a que es el tiempo en que el amaranto está en desarrollo; julio y agosto son meses que al menos en 30 años no manifestaron el fenómeno.

Al analizar este factor para 1990 (cuadro IX), fue difícil de establecer el número de heladas registradas y fecha precisa de la aparición de la primer helada por no contar con la información completa en los meses con mayor probabilidad de presentarse el fenómeno; lo que sí se puede señalar es que la helada tardía no afectó al cultivo por registrarse en la cuarta semana de marzo.

Para el año 1991 (cuadro X), tampoco se tuvo la información completa que permitiera conocer el total de heladas registradas en éste, ni fecha de la última helada, ya que no se cuenta información de abril. En este año la helada temprana se presentó en la segunda semana de noviembre, la cual afectó a las especies tardías de amaranto, generalmente de grano.

2.5. VIENTO.

La baja intensidad del viento que prevalece en Chalco parece tener poca influencia con respecto al problema de acame que frecuentemente afecta al amaranto, ocasionado principalmente por la presencia de vientos fuertes. Como se observa en el cuadro VIII el promedio de la intensidad fue baja o débil (indicado con el número 1 a la derecha de la dirección) con dirección sur, y sólo en septiembre y octubre fue con dirección norte. Sin embargo, el beneficio que recibió

el cultivo con esta baja intensidad fue en función a facilitar la polinización de la planta, ya que ésta es anemófila.

Durante 1990 (cuadro IX) la dirección predominante fue sureste y suroeste con baja intensidad, aunque el *A. cruentus* "Mexicano" parcela 21 (fig.a) presentó acame, éste coincidió con el desarrollo exuberante de la panoja, además de la presencia de una enfermedad (no identificada) en el tallo, causas que favorecieron el acame.

En 1991 (cuadro X) durante mayo y junio predominó la calma, y de julio a diciembre el viento corrió con dirección sur, oeste y suroeste, nuevamente con intensidad débil. En este ciclo tampoco se manifestaron problemas serios de acame.

3. INTERACCIONES DEL SUELO, CLIMA Y AMARANTO.

Esta se hizo básicamente a partir de los cambios que ocurrieron en el suelo durante los ciclos de cultivo del amaranto en 1990 y 1991.

En el cuadro XI se presentan los datos promedio y desviación estandar de las características de los suelos durante los muestreos. Para el ciclo 1990 el primer muestreo se realizó en la cuarta semana de agosto, el cultivo estaba en etapa de floración y fructificación y las condiciones del tiempo con temperatura media de 15.6° y 63.3 mm de precipitación total semanal. El segundo se realizó en la primera semana de mayo, cuando el suelo se encontraba en descenso (5 meses después de la cosecha), la temperatura media era de 17° y la precipitación total de 15.8 mm. Las parcelas muestreadas en este ciclo fueron la 17, 22, 25 y 30 sembradas con *A. hypochondriacus* "Azteca", *A. edulis* > *A. caudatus*, *A. hypochondriacus* "Mixteco" y *A. hybridus*, respectivamente, las dos primeras especies eran de grano y las otras ruderales (fig. a y anexo 2).

En el ciclo 1991, el primer muestreo se efectuó antes de realizar las labores de siembra, en la primera semana de mayo con 17° de temperatura media semanal y 15.8 mm de precipitación. El segundo se realizó durante la primera semana de diciembre, coincidiendo con la cosecha del cultivo; cuando ya no se registraba lluvias dos semanas antes y la temperatura media era de 9.9°. En este caso, las parcelas muestreadas fueron la 1, 7 y 25, con *A. hybridus* planta ruderal, *A. hypochondriacus* "Azteca" de grano y *A. cruentus* "Africano" de verdura (fig. b y anexo 3).

Durante dichos muestreos algunas características de los suelos presentaron modificaciones, las que se pueden observar claramente en las gráficas M a V. Para tener la certeza si fueron o no estadísticamente significativas se aplicó un análisis de varianza de 2 factores (cuadro XII). Dichas modificaciones pueden ser atribuidas a diversos aspectos entre ellos el cultivo, aporte de humedad, evaporación, lixiviación, fijación mineral, erosión, etc.

En los suelos tanto del ciclo 1990 como 1991 se tuvieron pequeñas modificaciones en los porcentajes texturales a través de los muestreos (gráfica M). Estas diferencias se atribuyen más bien a variaciones del método de medición, que a procesos edáficos o por el cultivo, ya que se requiere de un tiempo mayor para que estos cambios sean notorios. Scharpenseel et al. (1990), consideran que éstos son registrados hasta después de 30 años; Millar et al. (1975), reportan que ciertas prácticas de cultivo afectan la textura de los suelos agrícolas.

El color de los suelos tampoco sufrió cambios durante el tiempo de estudio, pues al igual que para la textura, requieren de un tiempo mayor para ser registrados. Estos son causados principalmente por modificaciones en el tipo y cantidad considerable de materia orgánica y procesos de hidromorfismo, condiciones que no se presentaron en este caso.

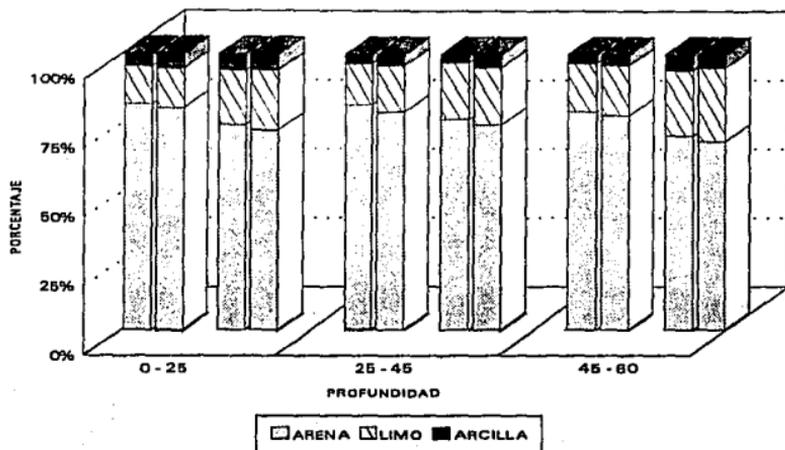
La porosidad fue otro parámetro que tuvo pocos cambios durante el tiempo de experimentación y fueron estadísticamente no significativos (cuadro XII). Como se aprecia en la

CUADRO XI. PROMEDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS MUESTRAS DE SUELOS Y DESVIACION ESTÁNDAR. CICLOS 1990 Y 1991.

PROF. (cm)	C O L O R		T E X T U R A (S) POROS. D. A. D. R. pH ± 5 H. O. C C.I.C.				Ca++	Mg++	Na+	K+	BASES INT	P						
	SECO	HUMEDO	ARENA	LILO	ARCILLA (S)	(g/cc)							(AGUA) (S)	(S)	[m e q / 1 0 0 g S U E L O]	(S)	(ppm)	
CICLO 1990. PRIMER MUESTREO. DURANTE LA FLOREACION Y FRUCTIFICACION DEL CULTIVO. (AGOSTO 1990).																		
0 - 25	10YR 4/2	10YR 3/1	81.8	13.8	4.4	45.27	1.43	2.62	7.89	1.22	0.71	13.69	4.79	2.49	1.31	2.37	79.85	71.23
						(0.64)			(0.34)	(0.13)		(1.17)	(0.68)	(0.47)	(0.21)	(0.49)	(7.13)	(18.23)
25 - 45	10YR 4/2	10YR 3/1	81.7	14.8	3.5	45.70	1.44	2.64	8.08	0.76	0.44	14.06	4.51	2.21	1.28	1.86	70.19	38.92
						(0.16)			(0.31)	(0.18)		(2.47)	(1.63)	(0.62)	(0.19)	(0.72)	(6.02)	(16.20)
45 - 60	10YR 5/2	10YR 3/1	79.2	17.6	3.3	46.92	1.40	2.63	8.41	0.68	0.39	13.15	4.78	2.61	1.46	1.99	82.76	30.42
						(0.95)			(0.09)	(0.17)		(3.54)	(1.60)	(1.20)	(0.28)	(0.76)	(4.03)	(12.36)
CICLO 1990. SEGUNDO MUESTREO. DESPUES DE COSECHA. (MAYO 1991).																		
0 - 25	10YR 4/2	10YR 3/1	80.5	14.3	5.2	44.08	1.47	2.62	7.53	1.15	0.66	13.95	4.44	2.89	1.09	2.08	75.05	39.75
						(0.93)			(0.13)	(0.10)		(1.16)	(0.44)	(0.30)	(0.27)	(0.36)	(1.58)	(15.42)
25 - 45	10YR 4/2	10YR 3/1	79.1	16.9	4.1	45.31	1.44	2.64	7.45	0.98	0.57	14.83	4.68	2.92	1.35	1.93	72.74	37.81
						(0.71)			(0.28)	(0.13)		(1.95)	(0.69)	(0.28)	(0.23)	(0.50)	(8.94)	(12.73)
45 - 60	10YR 4/2	10YR 3/1	77.8	18.3	3.9	48.64	1.37	2.67	8.16	0.58	0.34	14.53	4.74	3.26	1.05	2.04	79.47	33.39
						(0.69)			(0.29)	(0.07)		(2.80)	(0.69)	(1.05)	(0.23)	(0.44)	(17.38)	(15.28)
CICLO 1991. PRIMER MUESTREO. ANTES DE LA SIEMBRA. (MAYO 1991).																		
0 - 25	10YR 3/2	10YR 2/1	74.4	19.8	5.8	47.22	1.35	2.56	7.64	1.82	1.05	20.82	6.54	4.39	1.57	4.30	84.76	128.74
						(1.10)			(0.19)	(0.30)		(4.09)	(0.86)	(0.32)	(0.04)	(0.30)	(22.86)	(30.80)
25 - 45	10YR 3/2	10YR 2/1	76.4	20.6	3.0	47.48	1.36	2.60	7.63	1.30	0.75	18.54	6.29	4.03	1.39	3.51	82.12	91.78
						(1.58)			(0.12)	(0.08)		(0.74)	(0.52)	(0.14)	(0.03)	(0.17)	(3.69)	(15.40)
45 - 60	10YR 3/2	10YR 2/1	70.4	23.8	5.8	49.86	1.34	2.68	8.05	0.57	0.33	14.10	4.29	3.83	1.47	2.32	89.53	28.53
						(1.66)			(0.23)	(0.13)		(3.35)	(0.61)	(0.37)	(0.24)	(0.34)	(21.12)	(18.25)
CICLO 1991. SEGUNDO MUESTREO. DURANTE LA COSECHA. (DICIEMBRE 1991).																		
0 - 25	10YR 3/2	10YR 2/1	72.4	21.8	5.8	47.47	1.36	2.59	7.97	1.54	0.89	16.78	5.06	3.43	1.07	3.09	75.83	90.94
						(1.01)			(0.15)	(0.19)		(1.03)	(0.47)	(0.25)	(0.19)	(0.19)	(7.46)	(13.55)
25 - 45	10YR 3/2	10YR 2/1	74.4	20.8	4.8	49.30	1.34	2.64	8.05	1.11	0.64	17.37	5.32	3.58	1.22	3.30	77.44	90.43
						(0.32)			(0.06)	(0.10)		(0.73)	(0.38)	(0.05)	(0.15)	(0.17)	(4.94)	(25.68)
45 - 60	10YR 3/2	10YR 2/1	68.4	26.8	4.8	48.79	1.35	2.63	8.16	0.55	0.32	11.93	4.10	3.04	1.29	2.89	97.93	32.64
						(0.32)			(0.10)	(0.05)		(2.10)	(0.16)	(0.31)	(0.17)	(0.35)	(18.33)	(13.90)

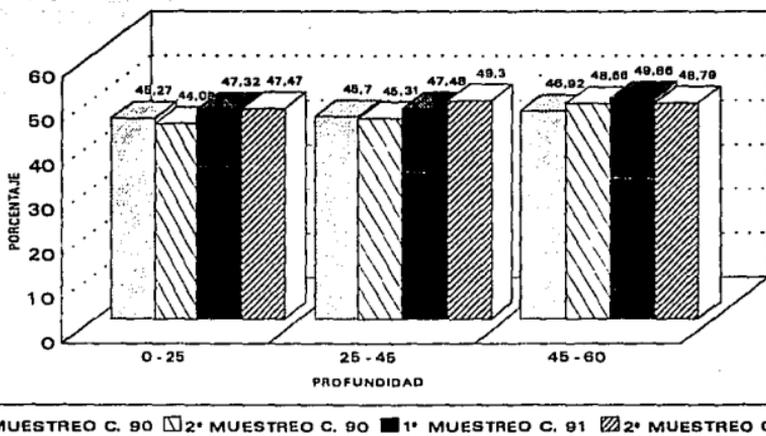
() DESVIACION ESTÁNDAR

GRAFICA M. COMPARACION DE LOS ELEMENTOS TEXTURALES.



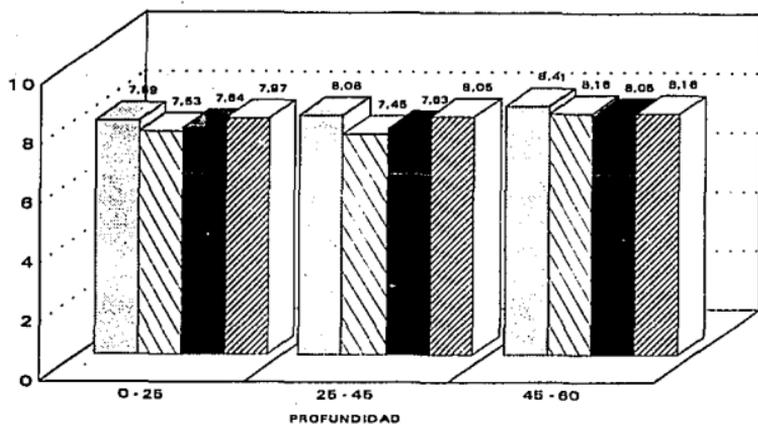
LAS BARRAS SIGUEN EL ORDEN DE TIEMPO DE MUESTREO.

GRAFICA N. COMPARACION DE LA POROSIDAD

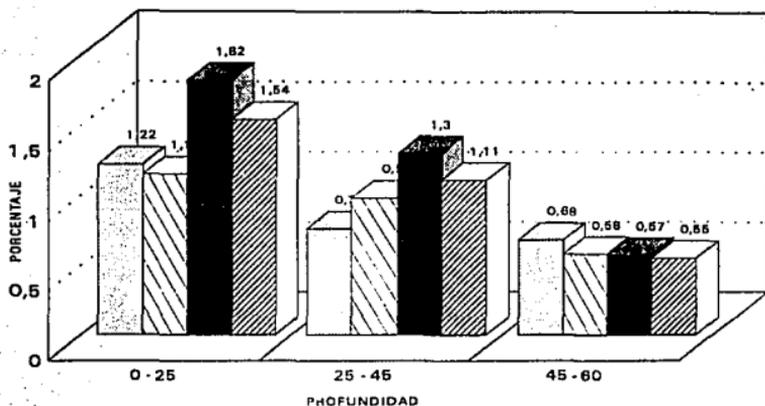


CICLO 1990. 1º MUESTREO DURANTE LA FLORACION Y FRUCTIFICACION, 2º MUESTREO DESPUES DE LA COSECHA.
CICLO 1991. 1º MUESTREO ANTES DE LA SIEMBRA, 2º MUESTREO DURANTE LA COSECHA.

GRAFICA N. COMPARACION DEL pH.



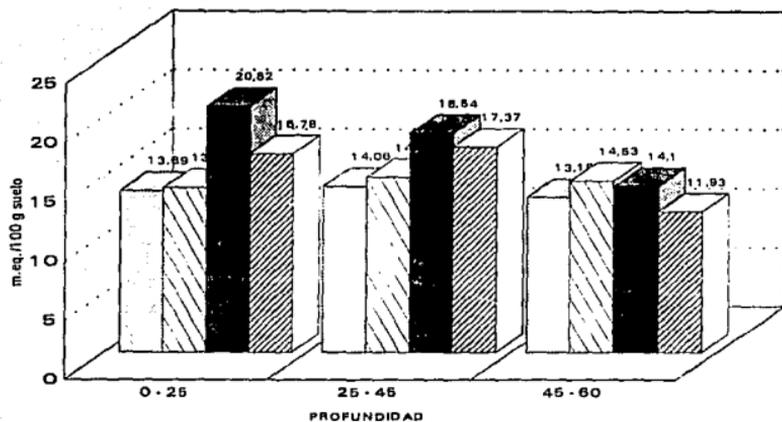
GRAFICA O. COMPARACION DE LA MATERIA ORGANICA



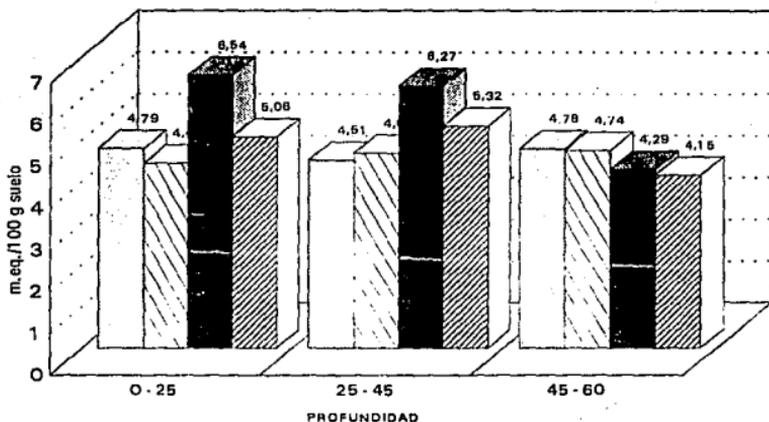
□ 1º MUESTRO C. 90 ▨ 2º MUESTRO C. 90 ■ 1º MUESTRO C. 91 ▩ 2º MUESTRO C. 91

CICLO 1990. 1º MUESTRO DURANTE LA FLORACION Y FRUCTIFICACION, 2º MUESTRO DESPUES DE LA COSECHA.
CICLO 1991. 1º MUESTRO ANTES DE LA SIEMBRA, 2º MUESTRO DURANTE LA COSECHA.

GRAFICA P. COMPARACION DE LA C.I.C.



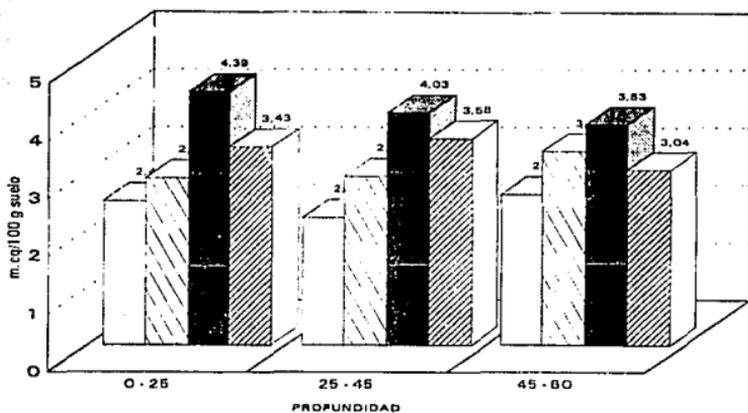
GRAFICA Q. COMPARACION DEL CALCIO



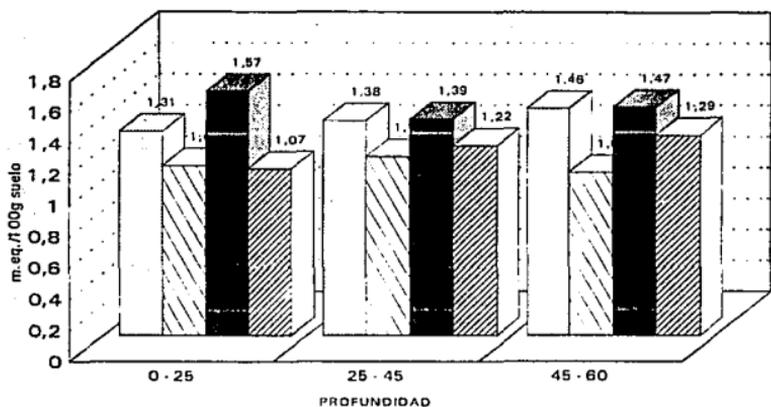
□ 1° MUESTREO C. 90 □ 2° MUESTREO C. 90 ■ 1° MUESTREO C. 91 ▨ 2° MUESTREO C. 91

CICLO 1990. 1° MUESTREO DURANTE LA FLORACION Y FRUCTIFICACION, 2° MUESTREO DESPUES DE LA COSECHA.
CICLO 1991. 1° MUESTREO ANTES DE LA SIEMBRA, 2° MUESTREO DURANTE LA COSECHA.

GRAFICA R. COMPARACION DEL MAGNESIO



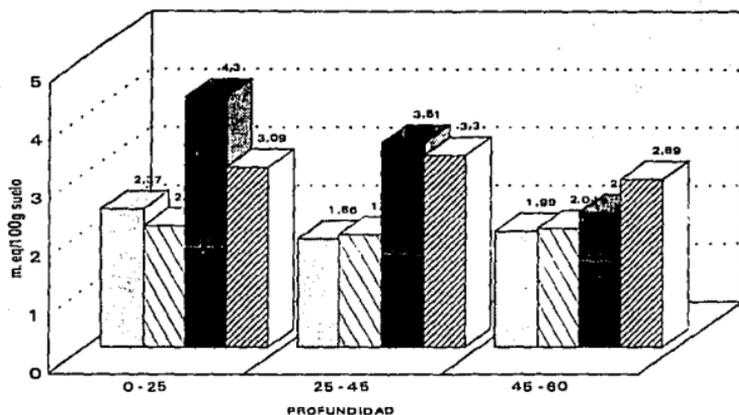
GRAFICA S. COMPARACION DEL SODIO



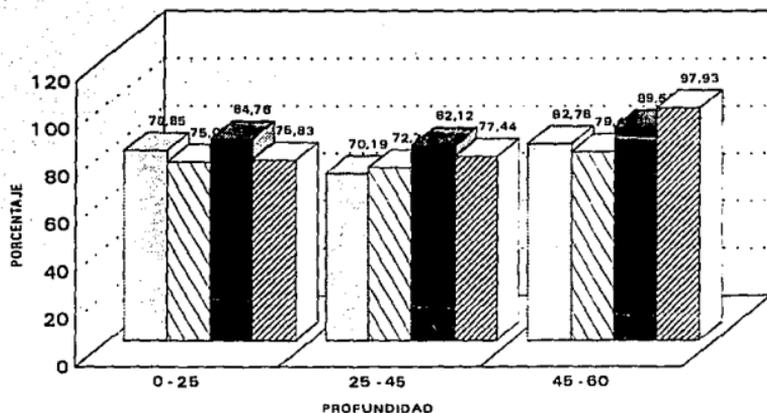
1- MUESTREO C. 90 2- MUESTREO C. 90 1- MUESTREO C. 91 2- MUESTREO C. 91

CICLO 1990. 1^o MUESTREO DURANTE LA FLORACION Y FRUCTIFICACION, 2^o MUESTREO DESPUES DE LA COSECHA.
CICLO 1991. 1^o MUESTREO ANTES DE LA SIEMBRA, 2^o MUESTREO DURANTE LA COSECHA.

GRAFICA T. COMPARACION DEL POTASIO



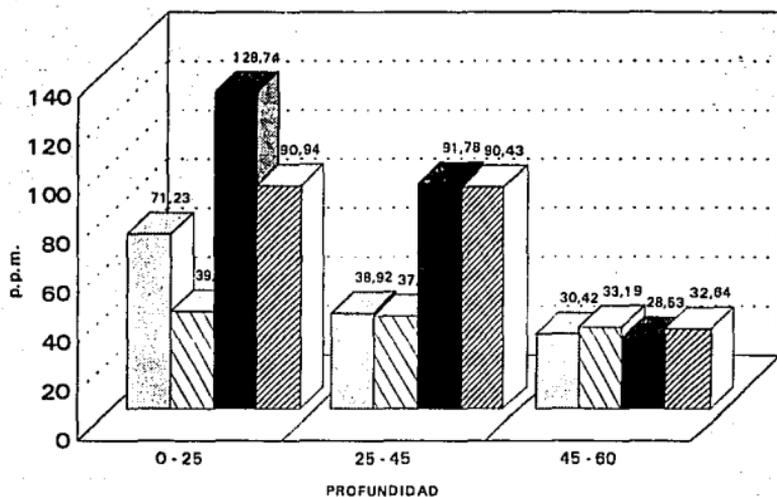
GRAFICA U. COMPARACION DE PORCENTAJE DE SATURACION DE BASES.



□ 1ª MUESTREO C. 90 ▨ 2ª MUESTREO C. 90 ■ 1ª MUESTREO C. 91 ▩ 2ª MUESTREO C. 91

CICLO 1990. 1ª MUESTREO DURANTE LA FLORACION Y FRUCTIFICACION, 2ª MUESTREO DESPUES DE LA COSECHA.
 CICLO 1991. 1ª MUESTREO ANTES DE LA SIEMBRA, 2ª MUESTREO DURANTE LA COSECHA.

GRAFICA V. COMPARACION DEL FOSFORO



1° MUESTREO C. 90 2° MUESTREO C. 90 1° MUESTREO C. 91 2° MUESTREO C. 91

CICLO 1990. 1° MUESTREO DURANTE LA FLORACION Y FRUCTIFICACION. 2° MUESTREO DESPUES DE LA COSECHA.
 CICLO 1991. 1° MUESTREO ANTES DE LA SIEMBRA, 2° MUESTREO DURANTE LA COSECHA.

CUADRO XII. DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS,
ENTRE EL PRIMER Y SEGUNDO MUESTREO, CICLOS 1990 Y 1991.

CARACTERISTICA	CICLO 1990	CICLO 1991
POROSIDAD	SIN DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	SIN DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
pH	CON DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	CON DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
MATERIA ORGANICA	SIN DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	SIN DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
C. I. C.	SIN DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	SIN DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
CALCIO	SIN DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	CON DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
MAGNESIO	SIN DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	CON DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
SODIO	CON DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	CON DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
POTASIO	SIN DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	SIN DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
‡ SATURACION DE BASES	SIN DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	SIN DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
POSFORO	SIN DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	SIN DIFERENCIA SIGNIFICATIVA

gráfica N, las modificaciones no siguieron un patrón definido, lo que sí fue notorio es el incremento de la porosidad con respecto a la profundidad, relacionado principalmente con el contenido mayor de partículas finas sobre todo de limo en las capas profundas (45 - 60cm); aunque también este efecto puede ser explicado por los procesos que ocurren al usar maquinaria pesada durante las labores de cultivo (Millar et al. 1975, y Abbott et al. 1979)

Los cambios de pH ocurridos tanto en el ciclo 1990 como 1991 fueron estadísticamente significativos (cuadro XII). En la gráfica N se aprecia que en el ciclo 1990 hubo reducción, en tanto que durante 1991 incrementó. Dicha situación al relacionarla con la humedad del suelo y el porcentaje de saturación de bases, a mayor humedad el pH como la saturación de bases disminuyeron, situación contraria a menor humedad (Aguilera, 1989 y Scharpenseel et al. 1990). Se observó que para 1991, donde hubo reducción de la humedad entre los muestreos el pH si cumplió con lo estipulado, pero no lo fue el porcentaje de saturación de bases. Para 1990 donde también hubo reducción de humedad entre el primer y segundo muestreo, se presentó disminución del pH y también del porcentaje de saturación de bases (gráfica U); es importante señalar que en este ciclo, el pH tendió a disminuir sin importar la cantidad de humedad del suelo ya que una medición previa al experimento (segunda semana de febrero de 1990) con 0.0 mm de precipitación, el pH era aún mayor, este comportamiento es atribuido a la textura muy arenosa del suelo, la cual facilita el lavado de las bases, principalmente del sodio, calcio y potasio; la influencia del cultivo en éste sentido, aunque se considera debe ser poca, favorece a la acidificación al extraer iones básicos dejando cargas negativas libres ocupadas por iones hidrógeno (Ortiz y Ortiz, 1990).

Los cambios en el porcentaje de materia orgánica en los suelos de ambos ciclos no fueron estadísticamente significativas (cuadro XII). Como se observa en la gráfica O, estos cambios fueron en función de reducción, a excepción de la profundidad 25-45cm del ciclo 1990. La disminución se debe en parte a la absorción de nutrientes por el cultivo como son nitrógeno, azufre, calcio, magnesio, potasio y fósforo disponible durante el proceso de desintegración de la materia orgánica; cabe recordar que el amaranto responde favorablemente a la aplicación de abono orgánico y en gran medida se debe a la disponibilidad de estos nutrimentos

Otro factor importante en la pérdida de la materia orgánica en estos suelos fue la lixiviación, favorecida por la textura del suelo, permitiendo una acumulación en las capas inferiores. Esta situación ocurrió en las capas 25-45cm del ciclo 1990. Se considera que también la erosión influyó en la pérdida de la materia orgánica de las capas superficiales de estos suelos.

Scharpenseel et al. (1990), Tivy (1990), Briggs y Courtney (1991), consideran que las modificaciones al contenido de materia orgánica son procesos rápidos, acelerándose aún más en suelos agrícolas, dependiendo también de las características de éstos, aplicación de labores de cultivo e intensidad del cultivo.

En la gráfica P, se observa que la CIC en el ciclo 1990 tuvo un aumento leve no significativo a través de los muestreos. En tanto, los suelos del ciclo 1991 tuvieron una disminución notable, aunque tampoco estadísticamente significativas (cuadro XII). De acuerdo

con Briggs y Courtney (1991), la disminución de la CIC está en relación con el decremento de materia orgánica. Es importante mencionar que los valores mínimos de la CIC coinciden con los mínimos de la materia orgánica (cuadros VI y VII), lo mismo sucede con los valores máximos; considerando de esta forma que la materia orgánica ejerce una influencia importante en la CIC (García, 1984).

De manera general, en los suelos tanto del ciclo 1990 como 1991, el calcio, magnesio, sodio, potasio y fósforo presentaron decremento. Las causas principales se atribuyen a la lixiviación favorecida por la textura arenosa, lluvia recibida en dichos suelos y pérdida misma con la materia orgánica; además de la asimilación en menor o mayor grado de estos elementos por el cultivo.

Los cambios en el potasio y fósforo (gráficas T y V) en ambos ciclos aunque no resultaron ser estadísticamente significativos (cuadro XII) son notorios a nivel superficial (profundidad 0-25cm). Esto debido en parte a la asimilación del cultivo, por ser macronutrientes esenciales y reportados en cantidades considerables en la bromatología del amaranto. También la lixiviación jugó un papel importante, observándose un aumento en las capas inferiores, coincidiendo en este supuesto con Tivy (1990), quien señala además que estos elementos se pierden por erosión y fijación mineral; aunque no con Briggs y Courtney (1991), quienes reportan al fósforo como un elemento difícil de lixiviar; pero si es frecuente su fijación en suelos con influencia de cenizas volcánicas (Aguilera, 1963).

El calcio aunque también es un macronutriente, las plantas en general lo asimilan en menor cantidad; sin embargo el amaranto por ser fuente importante de calcio, tanto en semilla como en follaje, es de considerar que parte de esta disminución en los suelos se debió a la asimilación hecha por el cultivo y parte a la lixiviación, pues inclusive para el ciclo 1991, el cambio fue estadísticamente significativo.

La gráfica R y cuadro XII muestran que el comportamiento del magnesio fue inverso entre los dos ciclos ya que en 1990 aumentó no significativamente, pero en 1991 redujo en forma significativa, este último caso se atribuye así mismo a la lixiviación y parte a la asimilación por el cultivo, por ser también un macronutriente presente en buena cantidad en las semillas de amaranto; en tanto que al aumento en el ciclo 1990 no se encuentra explicación y tampoco hay una relación con los demás parámetros del suelo estudiados.

El sodio tendió a disminuir en ambos ciclos y en las tres profundidades en forma significativa (cuadro XII y gráfica S). Estos cambios se atribuyen en mínima parte a la absorción por el cultivo, ya que los reportes bromatológicos (Becker et al. 1981), indican que las semillas de amaranto contienen de 160 a 480 ppm. Pero el mayor cambio se debe a la lixiviación, por ser un ión junto con el potasio y calcio fácilmente substituidos por el ión hidrógeno en condiciones de humedad (Tivy, 1990).

Al analizar el comportamiento de los suelos de acuerdo al tipo de amaranto que sustentan, se observa que las parcelas con *A. hypochondriacus* "Azteca", *A. Edulis* > *A. caudatus* y *A.*

cruentus destinados a producción de grano o verdura, favorecieron la reducción de materia orgánica, calcio, magnesio, potasio y fósforo (anexo 2 y 3). En tanto, los suelos con *A. hypochondriacus* "Mixteco" y *A. hybridus* plantas ruderales, no registraron un patrón definido de modificaciones en dichos parámetros. Esto puede indicar, como señalan Tivy (1990) y Briggs y Courtney (1991), que dependiendo del tipo de cultivo se tienen diferentes cambios en el suelo, pues el requerimiento de nutrimentos es diferente en cada uno de ellos, siendo en este caso mayor en los destinados a producción de grano o verdura.

Otras formas como se puede contribuir a las modificaciones del suelo, de las cuales se requieren de investigaciones más específicas y/o con mayor tiempo de observación para conocer el grado de influencia e interacción al respecto, son:

Aporte de nutrientes y sustancias tóxicas por la lluvia y tormentas eléctricas tales como nitrógeno, potasio, calcio, magnesio y azufre, entre otros (Kellman, 1980).

Pérdida del suelo en ciertas zonas y acumulación en otras, por el efecto de erosión, contribuyendo a esto la lluvia, viento, pendiente, prácticas de cultivo, entre otros.

Velasco (1975), considera que los cultivos además de absorber nutrientes del suelo también los aportan en cierto grado, al dejar residuos sobre todo de raíces y favorecen la actividad biológica que a su vez aumenta la reserva de nutrientes. Millar et al. (1975), Briggs y Courtney (1991), reportan que los cultivos contribuyen en la modificación de la humedad del suelo principalmente por efecto de evapotranspiración e infiltración. También participan en cambios de estructura, compactación y porosidad.

El material parental junto con el proceso de intemperismo contribuyen en modificaciones del pH y contenido mineral del suelo (Ortiz y Ortiz, 1990, Scharpenseel et al. 1990).

VII. CONCLUSIONES.

De acuerdo a los objetivos planteados y resultados obtenidos en el presente trabajo se han llegado a las siguientes conclusiones:

- La textura arenosa en relación con la porosidad y buen drenaje evitaron acumulación excesiva de humedad en el suelo, reduciendo la posibilidad de desarrollo de enfermedades fungosas en el cultivo. Estos parámetros del suelo al igual que el color y densidades no sufrieron modificaciones de consideración durante el tiempo de estudio.

- Con pH ligeramente alcalino a fuertemente alcalino y contenidos altos en sodio, el cultivo no manifestó visualmente problemas de toxicidad por salinidad, ni deficiencia de N y P, afectados a pH altos. El pH y el sodio sufrieron cambios estadísticamente significativos con tendencia a reducción, provocados principalmente por procesos de lixiviación.

- El contenido de mediano a extremadamente pobre en materia y carbono orgánico no manifestaron aparentemente problemas al cultivo; pero al término de cada ciclo tuvieron disminución notable, entre las causas principales se consideran la lixiviación, erosión, tipo y manejo del cultivo.

- La cantidad de calcio, magnesio, potasio y fósforo, porcentajes altos de saturación de bases con relación $Ca > Mg > K > Na$, favorecieron la fertilidad de los suelos y de esta forma al desarrollo del cultivo, no manifestando síntomas visibles de deficiencia al respecto. La pérdida de estos elementos a través de los muestreos se atribuye a la lixiviación, erosión, fijación mineral y asimilación en mayor o menor grado por el cultivo.

- La temperatura media anual de Chalco (14.9° C) fue inferior al rango óptimo citado para el cultivo (16° a 35° C), aunque tampoco salió del tolerable (< 8° C). Durante 1990 y 1991, la temperatura como precipitación y demás elementos climáticos tuvieron un comportamiento similar al promedio de 1961 a 1992.

- Las temperaturas medias y máximas promedio más altas (17.7° y 26.4° C respectivamente) registradas en mayo favorecieron la germinación y establecimiento del cultivo.

- La oscilación térmica entre las temperaturas máximas y mínimas promedio, registraron los valores más bajos cuando la planta estaba en la etapa de floración y formación de semilla.

- Las temperaturas que dañan al amaranto (<4° C) se presentaron a partir de noviembre, coincidiendo con la ausencia de las lluvias, por lo que se considera ser el tiempo más propicio para programar la cosecha de amaranto en este lugar.

- La precipitación total anual en Chalco, tanto en los años de estudio como en promedio (entre 530 y 615 mm) fue favorable al cultivo de amaranto, sobre todo al registrar más del 90% de ésta, durante su desarrollo. Sin embargo, las fluctuaciones de precipitación registradas durante 1990 fueron perjudiciales cuando la lluvia fue alta, al propiciar la manifestación de enfermedades fungosas en *A. hypochondriacus* "Pátzcuaro", *A. cruentus* "Mexicano" y *A. cruentus* > *A. hybridus*.

- El amaranto no tuvo afecciones de trascendencia por granizo durante 1990 y 1991. La frecuencia de registrarse en Chalco es baja.

- Durante los años de estudio las heladas tampoco afectaron severamente al cultivo por presentarse las heladas tardías hasta marzo y las tempranas a partir de noviembre. Para Chalco la mayor frecuencia se registra de octubre a marzo, pudiendo afectar a las especies tardías de amaranto.

- La baja intensidad del viento predominante en esta zona, benefició al cultivo asegurando la polinización de la planta por ser ésta anemófila y no llegó a presentar problemas de acame.

- De acuerdo a la respuesta cualitativa del cultivo de amaranto en el "Rancho San Francisco", condiciones del suelo y del clima predominantes en la zona, se considera una área propicia para el establecimiento de éste.

VIII. LITERATURA CITADA.

- Abbott I., C.A. Parker y I.D. Sills.** 1979. Changes in the abundance of large soil animals and physical properties of soils following cultivation. En: *Aust. J. Soil Res.* 17. p 343-353.
- Aellen P.** 1961. Die Amaranthaceen Mitteleuropas. En: G. Hegi, *Illustrierte Flora Von Mitteleuropa.* 3(2). p. 461-535.
- Aguilera H. N.** 1963. Algunas consideraciones, características, génesis y clasificación de los suelos de ando. En: Primer Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. p. 233-247.
- Aguilera H. N.** 1989. Tratado de edafología en México. I. UNAM, México. 222 p.
- Alejandro I.G.** 1986. El cultivo del amaranto en México. Dirección de difusión cultural, Dep. de Zonas Aridas UACH. Agronomía. 245p.
- Alejandro I. G. y Gómez L. F.** 1986. Ensayo sobre fertilización y densidad de población en amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.). En: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México. p.125-140.
- Alfaro M.A., Martínez A., Ramírez R. y Bressani R.** 1987. Rendimiento y composición química de las partes vegetativas del amaranto (*A. hypochondriacus* L.) en diferentes etapas fisiológicas. En: *Arch. Latin. de Nutr.* 37(1). Guatemala. p. 109-121.
- Avila F.I., Suárez, R.G. y Calderón, M.C.I.** 1987. Estudios comparativos de oxalatos y nitratos en seis genotipos de Amaranto (*A. hypochondriacus* L.) en Pedro Escobedo, Querétaro. En: Coloquio Nacional del Amaranto en México. Querétaro, Qro. México. IDEAS-Gobierno del Estado de Querétaro. p. 193-203.
- Baver L.D.** 1956. *Soil physics.* New York, Wiley. 489p.
- Becker R., E.L. Wheeler, K. Lorenz, A.E. Stafford, O.K. Grosjean, A.A. Betscharty R.M. Saunders.** 1981. A compositional study of Amaranth grain. En: *J. Food Sci.* 46. p. 1175-1180.
- Bertoni M.H.** 1992. Composición química y aspectos nutricionales de harinas de extracción de semillas de amaranto y quinoa y de follaje de amaranto. En: II Simposio Nacional de Cultivos Estratégicos de Valor Alimenticio: Quinoa y Amaranto. S.S. de Jujuy, Argentina. SCTN, SPNCE. Univ. Nac. de Jujuy. p. 47.
- Borroto M., Borges O., Gel P. y Saiz.** 1992. Desarrollo del cultivo del amaranto en diferentes suelos Cubanos. En: VII Forum Nacional de Ciencia y Técnica. Instituto de Suelos, Cuba. 6 p.
- Borroto M., Borges O., Gel P. y Saiz J.** 1993. Tecnología agrícola del cultivo del amaranto en Cuba. En: VIII Forum Nacional de Ciencia y Técnica. Instituto de Suelos, Cuba. 10 p.

- Bourges R.** 1986. Perfil bromatológico del amaranto. En: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México. p. 331-343.
- Bressani R.** 1988. Las proteínas del grano de amaranto. En: Investigaciones recientes sobre amaranto. Coord. T. Reyna T. Inst. Geografía, UNAM. México. p. 23-44.
- Briggs D.J. y F.M. Courtney.** 1991. Agriculture and environment. The physical geography of temperate agricultural systems. Longman Scientific & Technical. 281 p.
- Burger W.** 1983. Family 64. Amaranthaceae. In Burger W. (Ed.). Flora costaricensis. Fieldiana Bot. 13. p. 142-180.
- Carlsson R.** 1979. Quantity and quality of *Amaranthus* grain from plants in temperate, cold and hot, and subtropical climates. En: Proceedings of the Second Amaranth Conference. Rodale Press. Emmaus, PA. p 48-58.
- Cervantes B.J.F.** 1983. Génesis, morfología y clasificación de los suelos de la Cuenca de México. Tesis. UNAM. 441 p.
- Cervantes, J.M.** 1986. El amaranto como alimento para animales. En: Primer Seminario Nacional del Amaranto, Chapingo, México. p. 354-356.
- Chapman H. D. y Pratt P.F.** 1983. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. Ed. Trillas. México. p. 27-40.
- Coleman D.C., Malcolm O.J. y Uehara G.** 1989. Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. Ed. Nifitol. Hawaii. 249 p.
- Cortes L.A. y Malagón C.D.** 1984. Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples. Universidad de Bogotá. 309 p.
- Covas G.** 1991. Cuatro cultivares de amarantos graníferos (*Amaranthus* spp.) adaptados a las condiciones ambientales de la región semiárida pampeana de la República Argentina. En: Primer Congreso Internacional del Amaranto. Oaxtepec, Mor. México. p.31
- Cyrus L.** 1969. Flora of Texas. Texas Research Fundation, Renner, Texas. 2. p. 92-114.
- Daloz Ch.** 1979. Amaranth as a leaf vegetable: Horticultural observation in a temperate climate. En: Proceedings of the Second Amaranth Conference. Rodale Press. Emmaus, PA. p. 68-73.
- De la Luz M.** 1983. Especies de *Amaranthus* presentes en Cuba. En: IV Simposio de Botánica. La Habana, Cuba. p. 120.

DETENAL 1978 - 1985. Cartas: E14A39 (Cd. México), E14A49 (Milpa Alta), E14B31 (Chalco), E14B41 (Amecameca). Topográfica, Geológica y Edafológica. Esc. 1:50 000

Duncan E.A. y Volak B. 1979. Grain Amaranth: optimization of field population density. En: Proceedings of the Second Amaranth Conference. Rodale Press. Emmaus, PA. p. 91-94.

Early D.K. 1977. Cultivation and uses of amaranth in contemporary Mexico. En: Proceedings of the First Amaranth Seminar. Rodale Press. Emmaus, PA. p. 39-58.

Early K.D. 1990. Amaranth production in Mexico and Peru. En: Proceedings of the First National Symposium New Crops: Research, Development, Economics Indianapolis, Indiana. Timber Press. Portland, Oregon. p. 140-142.

Elenes B. S. y Castellanos V.A. 1991. Análisis de crecimiento en cinco especies de amaranto. En: Primer Congreso Internacional del Amaranto. Oaxtepec, Mor. México. p. 28.

Espinoza C.M.G. y Janovitz K.A. 1991. Elaboración y estudio de una barra crujiente a base de amaranto (*A. hypochondriacus*). En: Primer Congreso Internacional del Amaranto, Oaxtepec. Mor. México. p. 113.

Espitia R.E. 1986. Situación actual y problemática del cultivo del amaranto en México. En: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México. p. 101-109.

Espitia R.E. 1987. Evaluación de 30 genotipos de amaranto en cuatro localidades de la Mesa Central. En: Coloquio Nacional del Amaranto. IDEAS-Gobierno del Edo. Querétaro. México. p. 74-88.

Espitia R.E. 1991. Variabilidad genética e interrelaciones del rendimiento y sus componentes en alegría (*Amaranthus* spp). Tesis. C.P. México. 104 p.

Fassbender W. H. 1975. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. IICA. Costa Rica. p. 67-358.

Feine L.B. 1979. An ethnobotanical observation and collection of grain amaranth in México. En: Proceedings of the Second Amaranth Conference. Rodale Press. Emmaus, PA. p. 111-116.

García C. N. E. 1984. Estudio bioquímico, mineralógico y fisicoquímico de diversos andosoles de México. Tesis. Fac. Cienc. Biol. Univ. Computense de Madrid. 322 p.

García E. 1966. Los climas del Valle de México según el sistema de clasificación climática de Köppen modificado por la autora. En: Simposio sobre el Valle y la Ciudad de México. p. 27-48.

García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen. Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Offset Larios. 217 p.

- García E.** 1989. Apuntes de climatología. Offset Larios. México. 115 p.
- Gary P. N.** 1979. Amaranth cultivation in the U. S. southwest and northwest Mexico. En: Proceedings of the Second Amaranth Conference. Rodale Press. Emmaus, PA. p. 129-134.
- Gaucher G.** 1971. El suelo y sus características agronómicas. Ed. Omega. Barcelona. p. 127-340.
- Gavande A.S.** 1982. Física de suelos principios y aplicaciones. Ed. Limusa. México. p. 33-47.
- Gómez L.F.** 1986. Cultivo del amaranto en México. En: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México. p. 90-100.
- González C. E. y Sánchez S.L.J.** 1989. Zonas geográficas factibles para la inducción del *A. hypochondriacus* L. y sus posibles beneficios socioeconómicos en el Edo. Morelos. Tesis. UAEM. 134 p.
- Granados S.D. y López R.G.** 1986. Chinampas: historia y etnobotánica de la "alegría" (*A. hypochondriacus* L.) domesticación de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) y romerillo (*Suaeda diffusa* Wats). En: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México. p. 23-55.
- Granjeno C.A., Taboada S.M. y Reyna T.T.** 1993. Distribución de amarantos no cultivados en el Estado de Morelos, México. En: IV Simposio de Botánica. La Habana, Cuba. p. 156.
- Grassano A., A. Ronchi., M. Alcaraz y A. Balatti.** 1992. Obtención de biomasa celular empleando amaranto. En: II Simposio Nacional de Cultivos Estratégicos de Valor Alimenticio: Quinoa y Amarantos. SCTN y Univ. Nac. de Jujuy. S.S.Jujuy. p. 4.
- Grubben G. J. H.** 1975. La culture de l' amarate, légume feuilles tropical. Avec référence spéciale au Sud-Dahomey. Hveenman & Zonen. Wageningen. p. 44-153.
- Gutiérrez R.M.E.** 1982. Estudio del contenido de iones inorgánicos y sus interacciones en suelos y plantas de los Distritos de Riego 03 y 88. Tesis. UNAM. México. 251 p.
- Hauptli H., R.L. Lutz y S.K. Jain.** 1979. Germoplasm exploration in Central and South America. En: Proceedings of the Second Amaranth Conference. Rodale Press. Emmaus, PA. p. 117-122.
- Honeycutt C.W., Heil R.D. y Cole C.V.** 1990. Climatic and topographic relations of three great plains soils: II. Carbon, Nitrogen and Phosphorus. En: Soil Sci. Am. J. 54. p. 476-483.
- Houba V.J.G., Van der Lee J.J., Novozansky I. e Walinga I.** 1988. Soil and plant analysis a series of syllabi. Part 5. Soil analysis procedures. Dep. of Soil Science and Plant Nutrition. Wageningen Agricultural University. Wageningen. p. 4.10-8.8.

Hunziker A. T. 1943. Las especies alimenticias de *Amaranthus* y *Chenopodium* cultivadas por los indios de América. Rev. Argentina de Agronomía. 10(4) Buenos Aires. p. 297-354.

Hunziker A.T. 1991. Sinopsis de las especies silvestres de *Amaranthus* del continente americano, con especial referencia a las monoicas. En: Primer Congreso Internacional del Amarantho. Oaxtepec, Morelos, México. p. 22.

Imeri A., González J.M., Flores R., Eñás L.G. y Bressani R. 1987. Variabilidad genética y correlaciones entre rendimiento, tamaño del grano, composición química y cantidad de la proteína de 25 variedades de amaranto (*A. caudatus*). En: Arch. Latin. de Nutr. 37(1) p. 133-146.

Jain S.K., K.R. Vaidya y D. Joshi. 1979. Collection and evaluation of Indian grain. En: Proceedings of the Second Amaranth Conference. Rodale Press. Emmaus, PA. p. 123-128.

Jain S.K., P.A. Kulakow y Peters I. 1984. Genetics and breeding of grain amaranth. Some research issues and findings. En: Proceedings of the Third Amaranth Conference. Rodale Press. Pennsylvania, USA. p. 174-191.

Kauffman C.S. 1984. Thoughts on the development of improved varieties of grain amaranth. En: Proceedings of the Third Amaranth Conference. Rodale Press. Pennsylvania, USA. p. 168-173.

Kauffman C.S. 1992. The status of grain amaranth for the 1990s. En: Food Reviews International 8(1). Marcel Dekker, Inc. New York. p. 165-184.

Kellman M. 1980. La atmósfera como fuente de nutrientes para la silvicultura y la agricultura en los trópicos. En: Biótica 5(2), p. 57-62.

Lazcano S.M., Morales L. y Rico N. 1988. Desarrollo de un alimento tipo pure, para infantes, con base en amaranto. En: Investigaciones recientes sobre amaranto. Coord. T.Reyna T. Instituto de Geografía, UNAM. p. 93-95.

Lorda G., Pastor M.D. y Balatti A.P. 1992. Producción de xantano en medios con amaranto. En: II Simposio Nacional de Cultivos Estratégicos de Valor Alimenticio: Quinoa y Amarantos. SCTN y Univ. Nac. de Jujuy. S.S. Jujuy. p. 20.

Loza P.A. 1991. Rentabilidad del amaranto (*A. hypochondriacus*) comparado con otros cultivos en el Estado de Tlaxcala, México. En: Primer Congreso Internacional del Amarantho, Oaxtepec, Mor. México, p. 116 y 117.

Lugo H.J. 1984. Geomorfología del sur de la Cuenca de México. Serie Varia. Instituto de Geografía. 1(8), 95 p.

Madhusoodanan & Pal. 1981. Cytology of vegetable *Amaranthus*. Bot. J. of the Linnean Soc. 82. p. 61-68.

Mallika, V. K. 1988. Análisis del genoma en el género *Amaranthus*. En: El amaranto y su potencial. Arch. Latin. de Nutr. 3. p. 11.

Manrique L. A. Jones C. A. y Dyke P. T. 1991. Predicting cation exchange capacity from soil physical and chemical properties. En: Soil Sci. Soc. Am. J. 55 p. 789-794.

Mapes C. 1986. Una revisión sobre la utilización del género *Amaranthus* en México. En: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México. p. 65-76.

Marderosian A.D., J. Beutler, W. Pfendner, J. Chambers, R. Yoder, E. Winsteiger y J. Senft. 1979. Nitrate and oxalate content of vegetable amaranth. En: Proceedings of the Second Amaranth Conference. Rodale Press, Emmaus, PA. p. 31-40.

Martineau J.R. 1984. Grain amaranth yield trials in the arid west. En: Proceedings of the Third Amaranth Conference. Rodale Press, Pennsylvania, USA. p. 212-214.

Millar C.E., Turk L.M. y Foth H.D. 1982. Fundamentos de la ciencia del suelo. CECSA. México. 527 p.

Montaño F.J.R. 1987. Estudio geohidrológico regional de la zona de Chalco y Amecameca, Estado de México. Tesis. UNAM. México. 81 p.

Morales P. J., Granados S. D. y Martínez H.J.J. 1986. Respuesta del amaranto (*A. hypochondriacus* L.) a la fertilización química y orgánica en condiciones de temporal en dos áreas del Estado de Tlaxcala. En: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, México. p. 152-174.

Morales P.J.T. 1989. Respuesta del amaranto (*A. hypochondriacus* L.) a la fertilización química y orgánica bajo diferentes densidades de siembra en el Edo. de Tlaxcala. Tesis. UACH. México. 115 p.

Morales R. M., Treviño R. J. E., Rodríguez F. H. y Aldape B. J. 1991. Estudio del comportamiento de ocho genotipos de amaranto (*A. hypochondriacus* y *A. cruentus* L.) en dos fechas de siembra, ciclo temporal 1988, en Marín, Nuevo León. En: Primer Congreso Internacional del Amaranto. Oaxtepec, Mor. México. p. 35.

Moreno D.R. 1970. Clasificación tentativa de suelos. Departamento de suelos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. México. 5 p.

Nieto C.C. 1989. El cultivo de amaranto *Amaranthus* spp. Una alternativa agronómica para Ecuador. INIAP. Publicaciones Miscelánea. 52. Ecuador. 24 p.

Núñez C. H. 1991. Diagnóstico y evaluación de los suelos salinos-sódicos de una zona templada de Chalco, Estado de México. Tesis. UNAM. México. 71 p.

Oliver G.R., Reyna T.T., Taboada S.M. y Cruz O.A. 1991. Algunos aspectos edáficos del cultivo de amaranto en Temoac, Morelos, México. En: Primer Congreso Internacional del Amaranto. Oaxtepec, Morelos. México. p. 68.

Ortega, B.C., Ortega M.C. y Heras J.G. 1988. Influencia de diferentes factores del suelo sobre su contenido en microelementos asimilables, Mn, Fe, Cu y Zn. En: An. Edaf. Agrotiol. 47(5-6) p. 659-668.

Ortiz B. V. y Ortiz S. C. A. 1990. Edafología. UACH. Dep. Suelos. México. 393 p.

Ortiz S.C.A. y Cuanalo C.H.E. 1976. Levantamiento de suelos de la Cuenca de Chalco, Chapingo. México. 71 p.

Ortiz S. C. 1984. Elementos de agrometeorología cuantitativa con aplicaciones en la República Mexicana. En: Dep. Suelos UACH. México. 235 p.

Pai'-Chi H. 1979. A study of the Taxonomy of Edible Amaranth: An Investigation of Amaranth both of botanical and horticultural characteristics. En: Proceedings of the Second Amaranth Conference. Rodale Press. Emmaus, PA. p. 142-150.

Pal M. 1972. Evolution and improvement of cultivated *Amaranthus*. I. Breeding system and inflorescence structure. Proc. Indian, Nat. Sci. Acad. 38B (4). p. 29.

Palomino G. y Rubí R. 1991. Diferencias cromosómicas entre algunas especies y tipos del género *Amaranthus* distribuidas en México. En: Primer Congreso Internacional del Amaranto. Oaxtepec, Mor. México. p. 24.

Pedersen B., Knudsen K.E.B. y Eggum B.O. 1990. The nutritive value of amaranth grain (*A. caudatus*). En: Plant Foods for Human Nutrition. 40. Kluwer Acad. Netherland. p. 61-71.

Peggy W.H. 1979. The rodale amaranth germ plasm collection. En: Proceedings of the Second Amaranth Conference. Rodale Press. Emmaus, PA. p. 135-141.

Peggy W.H. 1984. Nutrition discussion group. En: Proceedings of the Third Amaranth Conference. Rodale Press. Pennsylvania, USA. p. 63-68.

Peláez I., Soto E., Bejottes M., Herrera R. y Collazo M. 1991. Aspectos fisiológicos del amaranto en Cuba I. Características bioquímicas y nutricionales. En: Primer Congreso Internacional del Amaranto. Oaxtepec, Morelos. México. p. 80.

Poggio L. y E. Greizerstein. 1992. Recientes adelantos en citogenética evolutiva en el género *Amaranthus*. En: II Simposio Nacional de Cultivos Estratégicos de Valor Alimenticio: Quinoa y Amarantos. SCTN y Univ. Nac. de Jujuy. S.S. Jujuy. p. 43-46.

Poloni N., Peiretti G., Gesumaria J. y Bottin R. 1992. Efecto de la temperatura en la germinación de introducciones de *Amaranthus cruentus* L. En: II Simposio Nacional de Cultivos Estratégicos de Valor Alimenticio: Quinoa y Amarantos. S.S. de Jujuy, Argentina. SCTN, SPNCE. Universidad Nacional Jujuy. p. 6.

Ramamurthy N.K. 1986. Metabolismo del carbón fotosintético del amaranto de grano (*A. hypochondriacus* L.) bajo diferentes niveles de agua. En: El amaranto y su potencial. Arch. Latin de Nutr. s/p

Reyna T.T. 1986. Requerimientos climáticos para el cultivo de amaranto (*Amaranthus* spp.) en México. En: Primer Seminario del Amaranto. Chapingo, México. p. 81-89.

Reyna T.T., Suárez R.G. y Cervantes S.J.M. 1988. Amaranto (*Amaranthus* L.). En: Rev. de Geografía 11(3). México. p. 99-107.

Reyna T.T. 1989. Aspectos climáticos de la Cuenca del Valle de México. En: Ecología Urbana Volumen especial. CONACYT, SESIC, SEP, UNAM, SEDUE, UAM. p. 25-39.

Reyna T.T. y Carmona J. E. (en prensa). Caracterización pluviométrica y distribución del *Amaranthus* spp. en México.

Reyna T.T. y Fernández J.M. (en prensa). Distribución de *Amaranthus* en la península de Yucatán.

Rodríguez C. E. 1987. Aclimatación y observación de amaranto (*A. hypochondriacus* L.) en los municipios de Tuxtla Chico y Huehuetlán, Chis. En: Coloquio Nacional del Amaranto en México. Querétaro, Qro. México. IDEAS-Gobierno del Edo. Querétaro. p. 11-17.

Sánchez E.M.C. 1990. Etiología e incidencia de la mancha negra del tallo en *Amaranthus* spp. y otras enfermedades. Tesis. C.P. México. 72 p.

Sánchez M. A. 1980. Potencialidad agroindustrial del amaranto. Centro de estudios económicos y sociales del tercer mundo. México. 173 p.

Sánchez M. A. 1986. Perspectivas biotecnológicas del sistema amaranto. En: Primer Seminario del Amaranto. Chapingo. México. p. 554-553.

Sánchez M. A. 1992. Nuevos productos comerciales de amaranto en México. En: II Simposio Nacional de Cultivos Estratégicos de Valor Alimenticio: Quinoa y Amarantos. SCTN y Univ. Nac. de Jujuy. S.S. de Jujuy. p. 27.

Sánchez S. O. 1984. La flora del Valle de México. Ed. Herrero. México. 519 p.

Sandoval A. Z. 1989. Amarantos y chías. Un estudio etnohistórico. Tesis. INAH-SEP. México. 125 p.

Sauer J.D. 1950. The grain amarantus: a survey of their history and classification. En: Ann. Missouri Bot. Gard. 37. p. 561-617.

Sauer J.D. 1967. The grain amarantus and their relatives: A revised taxonomic and geographic survey. En: Ann. Missouri Bot. Gard. 54(2) p. 103-137.

Sauer J.D. 1977. The history of grain amarantus and their use and cultivation around the world. En: Proceedings of the First Amaranth Seminar. Rodale Press. Emmaus, PA. p. 9-15

Saunders R.M. 1984. Nutritional and starch composition studies with grain amaranth. En: Proceeding of the Third Amaranth Conference. Rodale Press. Pennsylvania, USA. p. 46-62.

Scharpenseel H. W., Schomaker M. y Ayoub A. 1990. Soils on a warmer earth. Effects of expected climate change on soil processes, with emphasis on the tropics and subtropics. UNEP. Elsevier. Amsterdam. 274 p.

Secretaría de la Presidencia-CETENAL-Instituto de Geografía, UNAM. 1970. Carta de Climas. Hojas 14QV y 14QVII. Esc. 1:500,000. México.

Suárez R.G. 1986. Importancia de los estudios morfológicos, anatómicos y fisiológicos del amaranto. En: Primer Seminario del amaranto. Chapingo. México. p. 77-80.

Suárez R.G. y Cervantes S.J.M. 1987. Estudio morfológico y evaluación de rendimiento en *A. cruentus* bajo condiciones de riego y temporal en Querétaro. En: Coloquio Nacional del Amaranto en México. Querétaro, Qro. México. IDEAS-Gobierno del Estado de Querétaro.

Suniar K.L., J. Pacheco y J. Aguirre. 1984. Chemical VS organic fertilization of grain amaranth. En: Proceedings of the Third Amaranth Conference. Rodale Press. Pennsylvania, USA. p. 125-132.

Sumar K.L. 1986. Avances en el programa de investigación de *Amaranthus* del CICA-Cusco. Perú. En: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo. México. p. 141-151.

Tivy J. 1990. Agricultural Ecology. Longman Scientific & Technical. New York. p. 63-89.

Torres R.E. 1983. Agrometeorología. Ed. Diana. México. 150 p.

Trinidad S.A., Kleber M.E. y Vera M.F. 1986. Utilización de fertilizantes en el cultivo del amaranto (*Amaranthus* spp.) En: Primer Seminario del Amaranto. Chapingo, México. p. 110-117.

Tujab M. H. L. y Martínez A. 1987. Evaluación del rendimiento de semilla en cinco cultivos de amaranto (*Amaranthus* spp) en Guatemala. En: El amaranto y su potencial. Arch. Latin. de Nutr.(3). p. 4-7.

Turriza E. L., Burgos C. M., Rodríguez A.H., Gutiérrez M.R. y Naal R.M. 1991. Adaptación de cuatro variedades de amaranto de grano (*A. hypochondriacus* y *A. cruentus* L.) en el Estado de Campeche. En: Primer Congreso Internacional del Amaranto. Oaxtepec, Mor. México. p. 37.

Unger P.W., Larry J.F. y Ordie R.J. 1990. Land-leveling effects on soil texture, organic matter content and aggregate stability. En: J. Soil and Water Conservation. 45(3) p. 412-414.

Valverde F.M. y Trinidad S.A. 1991. Efecto del nitrógeno y potasio en el desarrollo y rendimiento de amaranto (*A. hypochondriacus* L.) tipo mercado. En: Primer Congreso Internacional del Amaranto. Oaxtepec, Morelos. México. p. 46.

Vázquez Z.P. 1966. Climas del Valle de México. En: Simposio sobre el Valle y la Ciudad de México. 4. p. 49-59.

Velasco F. 1971. La materia orgánica en los suelos agrícolas españoles y sus necesidades previsible. En: Medicamenta. 38(283) p.5.

Velasco F. 1975. Estado actual de las investigaciones sobre la influencia de la vegetación en diversos procesos edáficos. En: Anal. Inst. Bot. Cavanilles. 32(2) p. 1131-1153.

Velasco F. 1981. El humus y las investigaciones sobre fertilización orgánico-mineral. En: Rev. Agricultura. 587. p. 388-400.

Velasco M.H. 1988. Uso y manejo de suelos. Ed. Limusa. México. 188p.

Villareal P.L.M. y Ornelas U.R. 1983. El género *Amaranthus*. Universidad de Guadalajara. Cuadernos de divulgación. 13. 25 p.

Villegas D.M. 1969. Estudio florístico y ecológico de las plantas arvenses de la parte meridional de la Cuenca de México. En: An. Esc. Nac. Cienc. Biol. 18. p. 17-89.

ANEXO 1. INTERPRETACION DE LAS CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LOS SUELOS.

CARACTERISTICAS

	MUY ACIDO	ACIDO	LIG. ACIDO	NEUTRO	LIG. ALCALINO	ALCALINO	FUERT. ALCAL.
pH 1:5 (H ₂ O)	< 5.0	5.0 - 6.0	6.1 - 6.7	6.8 - 7.2	7.3 - 7.8	7.9 - 8.4	> 8.4
MATERIA ORGANICA (%)	EXT. POBRE	POBRE	MEDIAN. POBRE	MEDIO	MEDIAN. RICO	RICO	EXTREM. RICO
CARBONO ORGANICO (%)	< 0.6	0.60-1.10	1.21-1.80	1.81-2.40	2.41-3.00	3.01-4.20	> 4.2
C. I. C. (m.eq./100g s.)	MUY BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	
CALCIO (m.eq./100g s.)	< 1.0	1.0 - 1.4	1.5 - 2.5	2.5 - 4.0	4.0 - 10.0	> 10.0	
MAGNESIO (m.eq./100g s.)	MUY BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	
SODIO (m.eq./100g s.)	< 0.1	0.1 - 0.29	0.3 - 0.7	0.71 - 2.0	2.0 - 15.0	> 15.0	
POTASIO (m.eq./100g s.)	MUY BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	
FOSFORO (OLSEN) p.p.m.	< 0.2	0.2 - 0.29	0.3 - 0.6	0.61 - 1.2	1.2 - 15.0	> 15.0	
SATURACION DE BASES (%)	MUY BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	
CALCIO (%)	< 6.0	6.0 - 11.9	12.0 - 18.0	18.1 - 22.0	22.0 - 60.0	> 60.0	
MAGNESIO (%)	MUY BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	
SODIO (%)	< 5.0	5.1 - 9.9	10.0 - 10.0	10.1 - 60.0	60.0 - 100.0	> 100.0	
SATURACION DE MAGNESIO (%)	MUY BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	
SATURACION DE SODIO (%)	< 1.0	1.0 - 4.9	5.0 - 10.0	10.1 - 20.0	20.1 - 40.0	> 40.0	
SATURACION DE POTASIO (%)	MUY BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	
	< 0.5	0.5 - 0.9	1.0 - 3.0	3.1 - 5.0	5.0 - 15.0	> 15.0	

FUENTE: Moreno (1970); Cortes y Halogón (1984); Velasco (1988); Aguilera (1989) y Gutiérrez (1982).

ANEXO 2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS MUESTREOS DE SUELOS POR PARCELAS. CICLO 1990.

MUESTREO	PROP.	C O L O R		T E X T U R A (%)		POROS D. A. D. R. pH 1:5 M. D.				C	C.I.C.		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	BASES INT P		
	(cm)	SECO	HUMEDO	ARENA	LIMO	ARCILLA	(%)	(g/cc)	(AGUA)	(%)	(%)	(u e q / 1 0 0 g S U E L O)		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(ppm)
PARCELA 17. <i>A. hypochondriacus</i> "Arteca"																			
PRIMERO	0 - 25	10YR 4/2	10YR 3/1	80.0	15.6	4.4	44.75	1.42	2.57	8.15	1.17	0.67	15.44	5.80	2.51	1.59	2.30	79.02	56.73
	25 - 45	10YR 4/2	10YR 3/1	82.0	15.6	2.4	45.80	1.42	2.62	8.25	0.85	0.49	14.24	5.59	2.83	1.46	1.34	78.79	39.49
	45 - 60	10YR 5/2	10YR 3/1	80.0	17.6	2.4	46.01	1.42	2.63	8.42	0.69	0.40	14.10	5.35	2.93	1.46	1.56	80.14	20.67
SEGUNDO	0 - 25	10YR 4/2	10YR 3/1	79.6	15.6	4.6	45.21	1.43	2.61	7.64	1.13	0.64	15.67	5.06	3.39	1.53	2.00	76.45	34.81
	25 - 45	10YR 4/2	10YR 3/1	75.6	19.8	4.6	46.33	1.39	2.59	7.93	0.84	0.49	14.04	5.62	3.34	1.42	1.53	84.83	26.73
	45 - 60	10YR 4/2	10YR 3/1	69.6	24.6	5.8	49.81	1.30	2.59	8.56	0.65	0.38	14.02	5.03	4.99	1.28	2.49	98.36	7.09
PARCELA 22. <i>A. edulis</i> > <i>A. caudatus</i>																			
PRIMERO	0 - 25	10YR 4/2	10YR 3/1	83.2	14.0	2.8	45.63	1.43	2.63	7.82	1.28	0.80	13.46	4.82	3.25	1.42	2.58	89.67	98.42
	25 - 45	10YR 4/2	10YR 3/1	85.2	12.0	2.8	45.49	1.45	2.66	7.86	0.78	0.45	12.72	3.21	1.69	1.49	3.04	74.14	35.70
	45 - 60	10YR 4/2	10YR 3/1	81.2	16.0	2.8	46.21	1.42	2.64	8.35	0.46	0.38	10.59	3.53	1.34	1.71	3.20	93.30	51.20
SEGUNDO	0 - 25	10YR 4/2	10YR 3/1	83.6	13.8	2.6	43.02	1.47	2.58	7.66	1.31	0.76	13.81	4.33	2.77	0.84	2.34	74.44	65.24
	25 - 45	10YR 4/2	10YR 3/1	85.6	11.8	2.6	45.07	1.45	2.64	7.41	0.94	0.55	12.20	3.76	2.55	0.79	2.33	77.30	38.60
	45 - 60	10YR 5/2	10YR 3/1	81.6	15.6	2.8	47.97	1.41	2.71	7.98	0.57	0.33	10.46	4.44	2.26	0.77	2.47	95.03	41.48
PARCELA 25. <i>A. hypochondriacus</i> "Mixteco"																			
PRIMERO	0 - 25	10YR 4/2	10YR 3/1	78.0	14.0	8.0	46.18	1.41	2.62	8.23	1.32	0.76	13.70	4.48	2.24	1.21	2.98	81.09	77.15
	25 - 45	10YR 4/2	10YR 3/1	75.6	20.0	4.4	45.91	1.39	2.57	8.51	0.96	0.56	17.95	6.56	2.83	1.51	1.47	71.14	51.53
	45 - 60	10YR 5/3	10YR 3/1	81.6	15.0	3.4	48.83	1.32	2.58	8.56	0.92	0.53	18.51	7.14	4.44	1.61	1.71	80.50	28.35
SEGUNDO	0 - 25	10YR 4/2	10YR 3/1	78.4	13.4	8.2	43.29	1.48	2.61	7.50	1.14	0.66	13.92	4.52	2.60	1.07	2.46	76.60	35.07
	25 - 45	10YR 4/2	10YR 3/1	76.0	19.0	5.0	45.49	1.45	2.66	7.24	1.17	0.68	17.50	6.99	2.95	1.28	2.50	66.97	58.29
	45 - 60	10YR 5/2	10YR 3/1	82.2	14.6	3.2	48.33	1.39	2.69	7.79	0.47	0.27	15.40	3.81	2.61	0.88	1.68	58.31	38.43
PARCELA 30. <i>A. hybridus</i>																			
PRIMERO	0 - 25	10YR 4/2	10YR 3/1	86	11.6	2.4	44.53	1.47	2.65	7.36	1.02	0.59	12.15	3.86	1.96	1.02	1.62	69.58	52.63
	25 - 45	10YR 4/2	10YR 3/1	84.0	11.6	4.4	45.59	1.48	2.72	7.70	0.46	0.26	11.31	2.69	1.50	1.04	1.18	56.68	28.95
	45 - 60	10YR 5/2	10YR 3/1	74.0	21.6	4.4	46.64	1.43	2.68	8.30	0.43	0.25	9.38	3.11	1.72	1.04	1.37	77.19	21.44
SEGUNDO	0 - 25	10YR 4/2	10YR 3/1				44.78	1.48	2.68	7.31	1.02	0.59	12.39	3.83	2.78	0.88	1.52	72.72	23.84
	25 - 45	10YR 4/2	10YR 3/1				44.26	1.48	2.66	7.22	0.97	0.56	15.57	4.13	2.85	1.11	1.34	61.85	27.62
	45 - 60	10YR 5/2	10YR 3/1				48.51	1.38	2.68	8.31	0.63	0.36	18.25	5.68	3.59	1.28	1.53	64.14	45.74

ANEXO 3. CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LOS MUESTREOS DE SUELOS POR PARCELAS. CICLO 1991.

MUESTREO	PROP.	COLOR	TEXTURA (%)			POROS. (%)	D. A.	D. R.	pH	1:5	M. O.	C	C.I.U.	Ca++	Mg++	Na+	K+	BASES INT P	
			ARENAS	ARCILLA	LIPO													(%)	(g/cc)
PARCELA 1. A. hybridus																			
	0 - 25	10YR 3/2	10YR 2/1	74.4	19.8	5.8	46.87	1.36	2.56	7.45	1.39	0.90	20.63	5.40	4.04	1.51	3.92	72.08	103.27
PRIMERO	25 - 45	10YR 3/2	10YR 2/1	76.4	20.6	3.0	45.31	1.40	2.56	7.59	1.21	0.70	18.24	5.53	4.19	1.44	3.60	80.92	82.78
	45 - 60	10YR 3/2	10YR 2/1	70.4	23.8	5.8	47.17	1.40	2.65	7.78	0.74	0.43	18.79	4.91	3.30	1.25	1.67	60.30	37.62
PARCELA 2. A. hybridus																			
	0 - 25	10YR 3/2	10YR 2/1	72.4	21.8	5.8	46.42	1.35	2.52	7.79	1.62	0.94	18.06	4.39	3.78	0.90	2.99	66.76	99.58
SEGUNDO	25 - 45	10YR 3/2	10YR 2/1	74.4	20.8	4.8	49.43	1.34	2.65	7.97	1.23	0.71	18.10	4.78	3.54	1.21	3.23	70.50	117.02
	45 - 60	10YR 3/2	10YR 2/1	68.40	26.80	4.80	48.47	1.35	2.62	8.20	0.63	0.37	14.38	3.91	2.46	1.12	2.61	71.02	52.44
PARCELA 7. A. hypochondricus "Ateca"																			
	0 - 25	10YR 3/2	10YR 2/1				46.24	1.36	2.53	7.56	2.10	1.22	25.92	6.73	1.30	1.59	4.32	65.35	110.40
PRIMERO	25 - 45	10YR 3/2	10YR 2/1				48.09	1.36	2.62	7.50	1.28	0.74	19.57	6.68	4.02	1.36	3.26	78.28	79.10
	45 - 60	10YR 3/2	10YR 2/1				51.48	1.31	2.70	8.08	0.54	0.31	11.15	4.52	4.05	1.34	2.30	109.51	30.33
PARCELA 8. A. hypochondricus "Ateca"																			
	0 - 25	10YR 3/2	10YR 2/1				47.15	1.39	2.63	8.16	1.28	0.74	16.75	5.45	3.32	0.98	2.92	75.64	71.80
SEGUNDO	25 - 45	10YR 3/2	10YR 2/1				49.62	1.33	2.64	8.05	1.12	0.65	16.37	5.51	3.66	1.04	3.14	81.55	55.71
	45 - 60	10YR 3/2	10YR 2/1				49.24	1.34	2.64	8.27	0.52	0.30	9.23	4.08	2.77	1.21	2.67	116.25	22.74
PARCELA 25. A. crumbeus "Africano"																			
	0 - 25	10YR 3/2	10YR 2/1				48.84	1.33	2.60	7.91	1.97	1.14	15.90	7.49	4.82	1.61	4.66	116.86	172.09
PRIMERO	25 - 45	10YR 3/2	10YR 2/1				49.04	1.33	2.61	7.80	1.42	0.82	17.81	6.59	3.86	1.38	3.67	87.14	113.47
	45 - 60	10YR 3/2	10YR 2/1				50.92	1.32	2.69	8.30	0.42	0.24	12.35	3.45	4.13	1.82	2.80	98.79	17.63
PARCELA 26. A. crumbeus "Africano"																			
	0 - 25	10YR 3/2	10YR 2/1				48.85	1.34	2.62	7.95	1.73	1.00	15.53	5.33	3.18	1.34	3.36	85.06	101.45
SEGUNDO	25 - 45	10YR 3/2	10YR 2/1				48.85	1.34	2.62	8.12	0.88	0.57	17.65	5.66	3.55	1.42	3.54	80.26	98.57
	45 - 60	10YR 3/2	10YR 2/1				48.67	1.35	2.63	8.02	0.50	0.29	12.17	4.32	3.48	1.53	3.39	104.52	22.87

ANEXO 4. CALCULO DE LAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS EN LAS CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS, ENTRE EL 1° Y 2° MUESTREO, CICLOS 1990 Y 1991.

	F calculada	F tab. (0.05)	HIPOTESIS	DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS
PCROSIDAD				
1990	0.01872	< 4.414	Ho	SIN DIF. SIGNIFICATIVAS
1991	0.19303	< 4.747	Ho	SIN DIF. SIGNIFICATIVAS
pH				
1990	11.08243	> 4.414	HI	CON DIF. SIGNIFICATIVAS
1991	13.59257	> 4.747	HI	CON DIF. SIGNIFICATIVAS
MATERIA ORGANICA				
1990	0.05303	< 4.414	Ho	SIN DIF. SIGNIFICATIVAS
1991	2.77443	< 4.747	Ho	SIN DIF. SIGNIFICATIVAS
C. I. C.				
1990	0.53165	< 4.414	Ho	SIN DIF. SIGNIFICATIVAS
1991	3.14071	< 4.747	Ho	SIN DIF. SIGNIFICATIVAS
CALCIO				
1990	0.02439	< 4.414	Ho	SIN DIF. SIGNIFICATIVAS
1991	7.64492	> 4.747	HI	CON DIF. SIGNIFICATIVAS
MAGNESIO				
1990	3.07912	< 4.414	Ho	SIN DIF. SIGNIFICATIVAS
1991	21.86016	> 4.747	HI	CON DIF. SIGNIFICATIVAS
SODIO				
1990	6.55239	> 4.414	HI	CON DIF. SIGNIFICATIVAS
1991	9.34093	> 4.747	HI	CON DIF. SIGNIFICATIVAS
POTASIO				
1990	0.04202	< 4.414	Ho	SIN DIF. SIGNIFICATIVAS
1991	3.14009	< 4.747	Ho	SIN DIF. SIGNIFICATIVAS
% SAT. DE BASES				
1990	0.16999	< 4.414	Ho	SIN DIF. SIGNIFICATIVAS
1991	0.03888	< 4.747	Ho	SIN DIF. SIGNIFICATIVAS
FOSFORO				
1990	2.24921	< 4.414	Ho	SIN DIF. SIGNIFICATIVAS
1991	1.07108	< 4.747	Ho	SIN DIF. SIGNIFICATIVAS

X. INDICE DE CUADROS, MAPAS, FIGURAS, GRAFICAS Y ANEXO.

INDICE DE CUADROS

I. CLASIFICACION DEL GENERO <i>Amaranthus</i>	4
II. CARACTERISTICAS DE ALGUNAS ESPECIES DE AMARANTO.....	7
III. CONTENIDO NUTRICIONAL EN SEMILLA Y FOLLAJE DE AMARANTO.....	9
IV. ALGUNAS ESPECIES DE AMARANTO Y SUS USOS.....	9
V. TEMPERATURA, PRECIPITACION Y CLASIFICACION CLIMATICA.....	35
VI. VALORES MAXIMOS, MINIMOS Y PROMEDIO DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LOS SUELOS. CICLO 1990.....	42
VII. VALORES MAXIMOS, MINIMOS Y PROMEDIO DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LOS SUELOS. CICLO 1991.....	43
VIII. CLIMA Y PARAMETROS CLIMATICOS DE CHALCO, ESTIMADOS POR MES. 1961-1991.....	50
IX. PARAMETROS CLIMATICOS DE CHALCO, ESTIMADOS POR SEMANA DURANTE 1990.....	52
X. PARAMETROS CLIMATICOS DE CHALCO, ESTIMADOS POR SEMANA DURANTE 1991.....	53
XI. PROMEDIO DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LOS MUESTREOS DE SUELOS Y DESVIACION ESTANDAR. CICLOS 1990 Y 1991.....	61
XII. DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS ENTRE EL 1º Y 2º MUESTREO, CICLOS 1990 Y 1991.....	68

INDICE DE MAPAS

1. DISTRIBUCION MUNDIAL DEL <i>Amaranthus</i>	12
2. DISTRIBUCION DEL <i>Amaranthus</i> EN MEXICO.....	14
3. LOCALIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO A. CUENCA DE MEXICO.....	26
B. LLANURA LACUSTRE DE CHALCO.....	26
4. TOPOGRAFIA.....	27
5. HIDROLOGIA.....	28
6. GEOLOGIA.....	30
7. EDAFOLOGIA.....	31
8. CLIMATOLOGIA.....	40

INDICE DE FIGURAS

a. DIMENSIONES Y DISTRIBUCION DE LAS ESPECIES DE AMARANTO EN EL CICLO 1990.....	21
b. DIMENSIONES Y DISTRIBUCION DE LAS ESPECIES DE AMARANTO EN EL CICLO 1991.....	22
c. DISTRIBUCION DE LAS PLANTAS DE AMARANTO EN LAS PARCELAS.....	2

INDICE DE GRAFICAS

A. TEMPERATURA MEDIA Y PRECIPITACION TOTAL MENSUAL DE CHALCO, EDO. MEXICO.....	36
B. TEMPERATURA MEDIA Y PRECIPITACION TOTAL MENSUAL DE LOS REYES DE LA PAZ, EDO. MEXICO.....	36
C. TEMPERATURA MEDIA Y PRECIPITACION TOTAL MENSUAL DE AMECAMECA, EDO. MEXICO.....	37
D. TEMPERATURA MEDIA Y PRECIPITACION TOTAL MENSUAL DE SAN GREGORIO ATLAPULCO, D.F.....	37
E. TEMPERATURA MEDIA Y PRECIPITACION TOTAL MENSUAL DE MILPA ALTA, D.F.....	38
F. TEMPERATURA MEDIA Y PRECIPITACION TOTAL MENSUAL DE TACUBAYA, D.F.....	38
G. COMPARACION DE TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES, MAXIMAS Y MINIMAS PROMEDIO (PROMEDIO, 1990 Y 1991) DE CHALCO.....	51
H. COMPARACION DE LAS PRECIPITACIONES TOTALES MENSUALES (PROMEDIO, 1990 Y 1991) DE CHALCO.....	51
I. TEMPERATURAS MAXIMAS Y MINIMAS PROMEDIO, OSCILACION TERMICA Y ETAPAS DEL CULTIVO POR SEMANA. CICLO 1990.....	54
J. TEMPERATURAS MAXIMAS Y MINIMAS PROMEDIO, OSCILACION TERMICA Y ETAPAS DEL CULTIVO POR SEMANA. CICLO 1991.....	54
K. TEMPERATURA MEDIA, PRECIPITACION Y ETAPAS DEL CULTIVO POR SEMANA. CICLO 1990.....	55
L. TEMPERATURA MEDIA, PRECIPITACION Y ETAPAS DEL CULTIVO POR SEMANA. CICLO 1991.....	55
M. COMPARACION DE LOS ELEMENTOS TEXTURALES.....	62
N. COMPARACION DE LA POROSIDAD.....	62
Ñ. COMPARACION DEL pH.....	63
O. COMPARACION DE LA MATERIA ORGANICA.....	63
P. COMPARACION DE LA C.I.C.....	64
Q. COMPARACION DEL CALCIO.....	64
R. COMPARACION DEL MAGNESIO.....	65
S. COMPARACION DEL SODIO.....	65
T. COMPARACION DEL POTASIO.....	66

U. COMPARACION DEL PORCENTAJE DE SATURACION DE BASES.....	66
V. COMPARACION DEL FOSFORO.....	67

ANEXO

1. INTERPRETACION DE LAS CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LOS SUELOS ..	84
2. CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LOS MUESTREOS POR PARCELA. CICLO 1990.....	85
3. CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LOS MUESTREOS DE SUELOS POR PARCELAS. CICLO 1991.....	86
4. CALCULOS DE LAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS DE LAS CARACTERISTICAS EN LOS SUELOS. ENTRE EL 1º Y 2º MUESTREO. CICLOS 1990 Y 1991.....	87