

"Enseñar la explotación de la
tierra, no la del hombre"

Universidad Autónoma Chapingo



Departamento de Fitotecnia

Instituto de Horticultura

COLECTA, CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y ANÁLISIS
DE CRECIMIENTO DE CHILE DE AGUA (*Capsicum annuum* L.)

TESIS

Que como requisito parcial
para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESENTA:

DAVID MARTÍNEZ SÁNCHEZ

Mayo de 2010
Chapingo, Estado de México

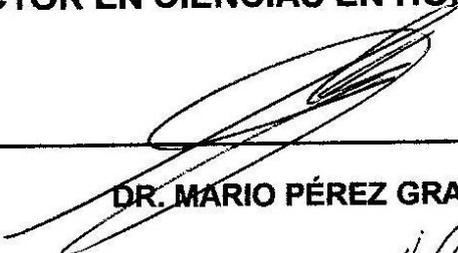


**COLECTA, CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y ANÁLISIS DE
CRECIMIENTO DE CHILE DE AGUA (*Capsicum annuum* L.)**

**TESIS REALIZADA POR MARTÍNEZ SÁNCHEZ DAVID BAJO LA
DIRECCION DEL COMITÉ ASESOR INDICADO, APROBADA POR EL
MISMO Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO DE:**

DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR



DR. MARIO PÉREZ GRAJALES

ASESOR



DR. JUAN ENRIQUE RODRÍGUEZ PÉREZ

ASESOR



DRA MARIA TERESA MARTINEZ DAMIÁN

ASESOR



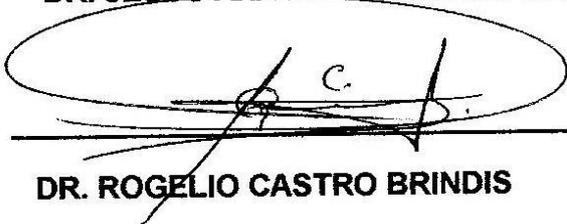
DR. JUAN PORFIRIO LEGARIA SOLANO

ASESOR



DR. JESÚS AXACAYACATL CUEVAS SÁNCHEZ

LECTOR EXTERNO



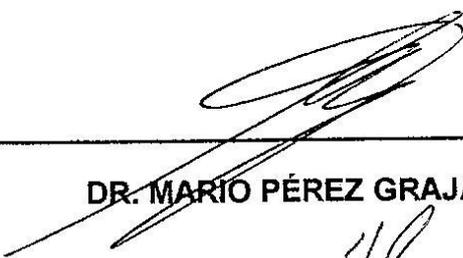
DR. ROGELIO CASTRO BRINDIS

Chapingo, México, Mayo de 2010

**COLECTA, CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y ANÁLISIS DE
CRECIMIENTO DE CHILE DE AGUA (*Capsicum annuum* L.)**

**EL JURADO QUE REVISÓ Y APROBÓ EL EXÁMEN DE GRADO DE
MARTÍNEZ SÁNCHEZ DAVID AUTOR DE LA PRESENTE TESIS DE
DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA ESTUVO CON-TITUIDO
POR:**

DIRECTOR



DR. MARIO PÉREZ GRAJALES

ASESOR



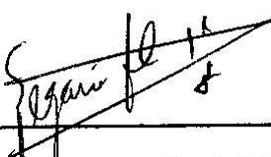
DR. JUAN ENRIQUE RODRÍGUEZ PÉREZ

ASESOR



DRA. MARIA TERESA MARTÍNEZ DAMIÁN

ASESOR



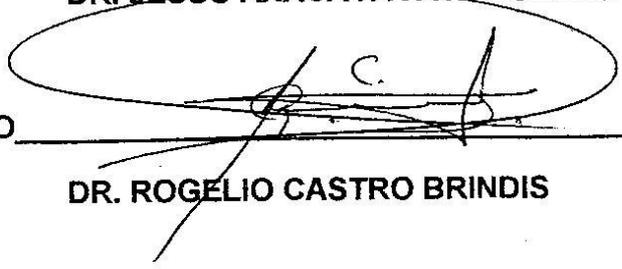
DR. JUAN PORFIRIO LEGARIA SOLANO

ASESOR



DR. JESÚS AXACAYACATL CUEVAS SÁNCHEZ

LECTOR EXTERNO



DR. ROGELIO CASTRO BRINDIS

Chapingo, México, Mayo de 2010

AGRADECIMIENTOS

Al **Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo** por haberme brindado la oportunidad de seguir desarrollándome como persona y como profesionista.

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

Al **INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL** y AL **CIIDIR-IPN-UNIDAD OAXACA** por otorgarme las facilidades laborales para realizar mis estudios de Doctorado.

Al **Dr. Mario Pérez Grajales, al Dr. J. Enrique Rodríguez Pérez, Dr. Jesús A. Cuevas Sánchez, Dr. J. Porfirio Legaria Solano, Dra. Ma. Teresa Martínez Damián, Dr. Rogelio Castro Brindis** por su amistad, apoyo incondicional y sus valiosas aportaciones y sugerencias que ayudaron a mejorar de forma significativa el presente trabajo.

A todos mis colegas de la generación 2005 del programa de Horticultura quienes me apoyaron incondicionalmente en la fase experimental de la investigación, y por su gran amistad y comprensión.

Sinceramente:

M en C. David Martínez Sánchez

DEDICATORIA

El presente trabajo es la culminación de un largo camino lleno de esfuerzos y entrega, y lo dedico especialmente a:

A MIS PADRES

Por su gran amor y sacrificio, con respeto y gratitud eterna, porque sus valiosos consejos me han guiado por el buen camino y porque han sido y seguirán siendo por y para siempre la razón de mi existencia y el estímulo para seguir superándome día con día.

A MIS HERMANOS

Por todo el apoyo brindado durante el tiempo que hemos compartido y que espero sigamos unidos siempre.

A MI ESPOSA

Por confiar en mí y alentarme en los momentos difíciles de nuestras vidas

A MIS HIJOS

De quienes espero sean lo mejor en sus profesiones y vida futura.

A MIS AMIGOS

Manuel Mandujano, Juan Ayala, Manuel Madrigal, Néstor Pérez, Fernando Arce, Rafael Pérez, Gonzalo Flores, Inocencio Rodríguez, Teodulfo Aquino, Jaime Ruíz y a todos los que por el poco espacio no alcanzo a nombrar.

Sinceramente:

M en C. David Martínez Sánchez

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor de la presente Tesis, nació en el Municipio del Espíritu Santo, Tamazulápan del Distrito, Mixe, Oaxaca, el 6 de Octubre de 1956. En el mismo Municipio inició sus estudios en la Escuela Primaria “Generación Futura” y culminados en la escuela Primaria “Vicente Guerrero ” de la ciudad de Oaxaca de Juárez, los estudios a nivel secundario en la Escuela Secundaria Técnica “Moisés Sáenz” de Reyes Mantecón, Oaxaca. El Bachillerato y Normal en Tixtla, Gro En 1978 ingresó a Universidad Autónoma Chapingo, donde realizó sus estudios de Licenciatura. En el año de 1984 obtuvo el Título de Ingeniero Agrónomo especialista en Suelos en dicha Universidad. De 1983 a 1985 realizó sus estudios de Maestría en Ciencias en el Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca Núm. 23. De 1984 a 1986 fue catedrático del Colegio de Bachilleres no. 1, Pueblo Nuevo, y de la facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca. De 1986 a la fecha, se desempeña como profesor investigador del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. CIIDIR-IPN-Unidad Oaxaca, en el programa de Producción y Protección Vegetal. En el 2005 ingresó a la Universidad Autónoma Chapingo, donde realizó estudios de Doctorado en Ciencias en Horticultura, en el Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia de la misma Universidad.

RESUMEN GENERAL

COLECTA, CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE CHILE DE AGUA (*Capsicum annuum* L.)

David Martínez Sánchez, Doctor en Ciencias en Horticultura. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Director de Tesis: Dr. Mario Pérez Grajales.

El estado de Oaxaca, México, tiene zonas productoras de 'Chile de Agua', (*Capsicum annuum* L.) que se diferencian por sus características fisiográficas y agroecológicas. Este tipo de chile poco conocido, con escasa información técnica científica y amplio uso en la cocina oaxaqueña, ha ido divulgándose. Con el objetivo de generar conocimiento que contribuya a la conservación y mejoramiento genético del potencial productivo de esta especie, en ocho zonas, se colectó germoplasma y caracterizó *in situ* durante 2006 y 2007 bajo un esquema de muestreo completamente aleatorio con dos localidades por zona y diez plantas por localidad; para lo cual se empleó la guía del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Durante 2008, para disminuir el efecto ambiental, se llevó a cabo una caracterización morfológica *ex situ*, el análisis de crecimiento y distribución de biomasa de la planta en condiciones de invernadero; para ello las ocho colectas (360 plantas) fueron cultivadas bajo un sistema intensivo en hidroponía, en un diseño experimental completamente al azar; la

información se obtuvo de ocho muestreos efectuados cada quince días, en los cuales se identificaron descriptores de raíz, tallo, flor, fruto y semilla, que permitieron diferenciar (selección de variables) las colectas e identificarlas en tres grupos (análisis de agrupamiento de mínima varianza de Ward) y describir las características responsables de la agrupación (análisis de componentes principales). El germoplasma de Ocotlán, Oaxaca, resultó promisorio para un proceso de mejoramiento genético por presentar los frutos con los caracteres más deseables por el mercado, mayor acumulación de materia seca, mayor rendimiento (322 g por planta), 29 frutos y 321 semillas por fruto. El mayor número de frutos y ramificación se encontraron en la parte media de la planta. El índice de cosecha fue de 62 %, así como la Tasa Absoluta de Crecimiento de 0.60 g.día^{-1} , Tasa Relativa de Crecimiento de $0.16 \text{ g.g}^{-1}.\text{día}^{-1}$ y la Tasa de Asimilación Neta de $0.004 \text{ g.cm}^2.\text{día}^{-1}$. La distribución de biomasa en los diferentes órganos de la planta fue estadísticamente diferente entre colectas y el promedio de todos ellos fue de 5.5, 36.8, 27.3 y 30.4 % para raíz, tallo, hojas y frutos, respectivamente.

Palabras clave: *Capsicum annuum*, acumulación de biomasa, caracterización morfológica, área foliar, índices fisiológicos, tasas de crecimiento.

GENERAL ABSTRACT

COLLECTION, CHARACTERIZATION MORPHOLOGIC AND ANALYSIS OF GROWTH OF 'WATER CHILLI' PEPPER (*Capsicum annuum* L.)

David Martínez Sánchez, Ph.D. in Horticulture. Department of Crop Science, Universidad Autonoma Chapingo. Thesis Director: Dr. Mario Pérez Grajales.

The state of Oaxaca, Mexico, is producing zones 'Water Chilli' Pepper (*Capsicum annuum* L.) that differ in their physiographic and agro-ecological characteristics. This little-known type of pepper, with little scientific and technical information widely used in Oaxaca cuisine, has been disclosed. In order to generate knowledge that contributes to the conservation and genetic improvement of the productive potential of this species in eight zones were collected and characterized *in situ* germplasm during 2006 and 2007 under a completely random sampling scheme with two locations in area and ten plants per locality which was using the International Plant Genetic Resources Institute guide. During 2008, to avoid the environmental impact was carried out *ex situ* morphological characterization, analysis of growth and distribution of plant biomass in greenhouse conditions, to do eight collections (360 plants) were grown under an intensive system in hydroponics, in a completely randomized design, information was obtained from eight samples taken every fifteen days, which were identified descriptors of root, stem, flower, fruit and seed, which allowed the

differentiation (selection variables) collections and identify them into three groups (cluster analysis by Ward minimum variance) and describe the characteristics of the group responsible (principal component analysis). The Germplasm Ocotlan, Oaxaca, was promising for breeding process by presenting the results with more desirable characteristics by the market, higher dry matter accumulation, higher yield (322 g per plant), 29 fruits and 321 seeds per fruit. The largest number of fruits and branching were found in the middle of the plant. The harvest index was 62% and the absolute growth rate of 0.60 g.day^{-1} , relative growth rate of $0.16 \text{ g.g}^{-1}.\text{day}^{-1}$ and net assimilation rate of $0.004 \text{ g.cm}^2.\text{day}^{-1}$. La biomass distribution in different plant organs was statistically different between groups and the average of all of them was 5.5, 36.8, 27.3 and 30.4% for root, stem, leaves and fruits, respectively.

Keywords: *Capsicum annuum*, biomass accumulation, morphological characterization, leaf area, physiological indices, growth rates.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PÁG

AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
DATOS BIOGRAFICOS.....	v
RESUMEN GENERAL.....	vi
GENERAL ABSTRACT.....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	x
ÍNDICE DE CUADROS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
ÍNDICE DE CUADROS APÉNDICE.....	xviii
1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
2. COLECTAY CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE 'CHILE DE AGUA' (<i>Capsicum annuum L.</i>).....	5
2.1 RESUMEN.....	6
2.2 ABSTRACT	7
2.3 INTRODUCCIÓN.....	8

	PAG
2.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
2.6 CONCLUSIONES.....	28
2.7 LITERATURA CITADA.....	29
3. CARATERIZACION MORFOLÓGICA Y DE CALIDAD DE FRUTOS DE CHILE DE AGUA (<i>Capsicum annuum</i> L.).....	31
3.1 RESUMEN.....	32
3.2 ABSTRACT.....	34
3.3 INTRODUCCIÓN.....	35
3.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
3.6 CONCLUSIONES.....	63
3.7 LITERATURA CITADA.....	65
4. ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE OCHO COLECTAS DE 'CHILE DE AGUA' (<i>Capsicum annuum</i> L.) PROCEDENTES DE OAXACA, MÉXICO.....	68
4.1 RESUMEN.....	69

	PAG
4.2 ABSTRACT.....	70
4.3 INTRODUCCION.....	72
4.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	74
4.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	79
4.6 CONCLUSIONES.....	96
4.7 LITERATURA CITADA.....	98
5. DISCUSIÓN GENERAL.....	101
6. CONCLUSIONES GENERALES.....	112
7. PERSPECTIVAS.....	115
8. LITERATURA CITADA GENERAL.....	116
9. APÉNDICE.....	123

ÍNDICE DE CUADROS

CAPÍTULO 2	PAG
CUADRO 1. Características climáticas, estación de crecimiento y fecha de colecta de 'chile de agua', en las localidades de ocho zonas de los Valles Centrales y Sierra sur de Oaxaca.....	14
CUADRO 2. Caracteres constantes o altamente heredables en la descripción <i>in situ</i> de colectas de 'chile de agua' en Oaxaca, México, de acuerdo a IPGRI (1995).....	16
CUADRO 3. Caracteres morfológicos de 'chile de agua' seleccionados a partir del análisis Stepdisc con el Stepwise (por pasos).....	17
CUADRO 4. Valores propios y proporción explicada de cuatro componentes principales obtenidos a partir de 15 caracteres morfológicos de 'chile de agua'.....	19
CUADRO 5. Vectores propios de cuatro componentes principales de 15 caracteres de 'chile de agua' en evaluación <i>ex situ</i>	20
CUADRO 6. Medias de los caracteres morfométricos de 'chile de agua' (<i>Capsicum annuum L.</i>) generado por el análisis de agrupamiento y corroborado con el dendrograma, así como por la prueba de Tukey.....	26

CAPÍTULO 3	PAG
CUADRO 1. Datos de pasaporte de ocho colectas de 'chile de agua' del estado de Oaxaca, México.....	38
CUADRO 2. Valores propios y proporción explicada de cuatro componentes principales obtenidos a partir de 15 caracteres de frutos y semillas de 'chile de agua'.....	46
CUADRO 3. Proporción de la varianza global, vectores y valores propios de los tres primeros componentes principales del fruto y semilla de 8 colectas de 'chile de agua' de Oaxaca, México.....	47
CUADRO 4. Medias de los caracteres morfométricos de fruto y semilla de 'chile de agua' (<i>Capsicum annuum</i> L.) generado por el análisis de agrupamiento y corroborado con el dendrograma y prueba de Tukey.....	51
CUADRO 5. Rendimiento y número de frutos por planta en ocho colectas de 'chile de agua'.....	55
CUADRO 6. Comparación de medias de peso de fruto, largo, ancho, volumen de fruto y grosor de pericarpio en colectas de 'chile de agua' de Oaxaca, México.....	57
CUADRO 7. Porcentaje de ácido cítrico, contenido de Vitamina C y concentración de clorofila total en frutos verdes de chile de agua de ocho colectas de Oaxaca, México.....	60
CUADRO 8. Contenido de sólidos solubles y grado de firmeza obtenida en frutos de ocho colectas de 'chile de agua' de Valles Centrales y Sierra Sur de Oaxaca, México.....	61
CUADRO 9. Valores de Hue, Chroma y Brillantez de colectas de 'chile de agua' de Oaxaca, México.....	62

CAPÍTULO 4	PAG
CUADRO 1. Datos de pasaporte de ocho colectas de 'chile de agua' de Valles Centrales y Sierra Sur de Oaxaca, México.....	75
CUADRO 2. Caracteres y modelos matemáticos con los que se estimaron los datos observados en el experimento de 'chile de agua' (<i>Capsicum annuum</i>).....	80
CUADRO 3. Comparación de medias de materia seca en los diferentes órganos de la planta de 'chile de agua' y en los diferentes muestreos durante el ciclo de producción del cultivo.....	85
CUADRO 4. Comparación de medias de datos de crecimiento de caracteres tomados en diferentes periodos de tiempo después del trasplante, de ocho colectas de 'chile de agua' de Oaxaca, México.....	95
CUADRO 5. Comparación de medias de datos de crecimiento de caracteres de ocho colectas de 'chile de agua' de Oaxaca, México.	96

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 2		PAG
FIGURA 1.	Ubicación geográfica de las zonas de colecta del 'chile de agua' en los Valles Centrales de Oaxaca y Sierra Sur.....	13
FIGURA 2.	Dendrograma jerárquico de 8 colectas de 'chile de agua' obtenido mediante el método de Ward y el uso de distancias Euclidianas cuadradas. La línea indica la altura de corte y el número de grupos formados.....	18
FIGURA 3.	Diagrama de dispersión de ocho colectas de 'chile de agua' con base en los componentes principales 1 y 2..	22
FIGURA 4.	Distribución de materia seca por órgano en las ocho colectas de 'chile de agua'. Secciones horizontales de la barra con la misma letra son iguales ($P \leq 0.05$) de acuerdo a la prueba de Tukey.....	27
CAPÍTULO 3		
FIGURA 1.	Dendrograma jerárquico de frutos y semillas de ocho colectas de 'chile de agua' obtenido mediante el método de Ward y el uso de distancias Euclidianas cuadradas. La línea indica la altura de corte y el número de grupos formados.....	45
FIGURA 2.	Diagrama de dispersión de frutos de ocho colectas de 'chile de agua' con base en los componentes principales 1 y 2.....	49
FIGURA 3.	Diagrama de dispersión de frutos de ocho colectas de 'chile de agua' con base en los componentes principales 1 y 3.....	50

FIGURA 1.	Comportamiento de 8 colectas de ‘chile de agua’ de Oaxaca, México en (a) altura de planta, (b) diámetro de tallo, (c) altura primera bifurcación del tallo principal (d) número de bifurcaciones (e), número de hojas (f) número de frutos (g) área foliar, a través del tiempo. (g) T: Trasplante PB:Primera bifurcación del tallo principal; IFI: Inicio floración; ACFR: Amarre y crecimiento del fruto; MC: Madurez comercial.....	83
FIGURA 2.	Distribución de biomasa aérea por órgano a través del desarrollo fenológico del cultivo de ‘chile de agua’ de 8 colectas . a). hoja. b). tallo. c). fruto. d). materia seca total.....	86
FIGURA 3.	Tasa absoluta de crecimiento (TAC) de 8 colectas de ‘chile de agua’ de Oaxaca, México en (a) peso seco de hoja, (b) peso seco de tallo, (c) peso seco de fruto, (d) materia seca total, a través del tiempo. PB: Primera bifurcación del tallo principal; IFI: Inicio de floración; ACFR: Amarre y crecimiento del fruto MC: Madurez comercial.....	88
FIGURA 4.	Tasa Relativa de Crecimiento (TRC) de 8 colectas de ‘chile de agua’ de Oaxaca, México en (a) peso seco de hoja, (b) peso seco de tallo, (c) peso seco de fruto, (d) materia seca total, a través del tiempo. PB: Primera bifurcación del tallo principal; IFI: Inicio de floración; ACFR: Amarre y crecimiento del fruto MC:Madurez comercial.....	91
FIGURA 5.	Tasa Asimilación Neta (TAN) de de 8 colectas de ‘chile de agua’ de Oaxaca, México en (a) peso seco de fruto (b) materia seca total, a través del tiempo. PB: Primera bifurcación del tallo principal; IFI: Inicio de floración; ACFR: Amarre y crecimiento del fruto MC:Madurez comercial.....	93

INDICE DE APÉNDICE

	PAG
APÉNDICE 1A. Variables cuantificadas en frutos y semillas de acuerdo con los descriptores IPGRI, (1985), en ocho colectas de 'chile de agua' de Oaxaca, México.....	123
APÉNDICE 2A. Valores obtenidos de parámetros para el modelo logístico de 13 variables en ocho colectas de 'chile de agua' de Oaxaca.....	126

1. INTRODUCCION GENERAL

En México las hortalizas que más se consumen en la alimentación son el chile (*Capsicum annuum* L.) y el tomate (*Solanum lycopersicum*). En los últimos años se ha incrementado los usos del chile en las tradicionales salsas picantes, en la industria de chiles enlatados, moles o en polvo como materia prima para extracción de capsaicina en la industria de alimentos. Dentro de la amplia colección de chiles de México y su diversidad en usos, el ‘chile de agua’ (*Capsicum annuum* L.), nombre regional con que se le conoce a un tipo de chile similar al chile ancho poblano, pero más pequeño y con un color verde claro, abunda en Oaxaca. El ‘chile de agua’, es una de las alternativas económicas en zonas de minifundios de los Valles Centrales y Sierra Sur del estado de Oaxaca, por ser una especie de período vegetativo corto, alta demanda en su consumo y de alta rentabilidad, permite obtener altos ingresos aún en pequeñas parcelas de cultivo.

El ‘chile de agua’ (*Capsicum annuum* L.) en Valles Centrales de Oaxaca, se viene cultivando desde el siglo pasado y actualmente se cuenta con ecotipos criollos heterogéneos, que se han adaptado a elevaciones de 1400 m a 2000 m con climas templados.

La superficie cultivada es de aproximadamente 250 ha y su rendimiento promedio es de $6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ de chile verde (SAGARPA, 1998), que beneficia económicamente a más de 500 familias campesinas, su cultivo se realiza sin tecnología adecuada que eleve el rendimiento. El fruto de 'chile de agua' es común adquirirlo en los mercados locales de los Valles Centrales de Oaxaca, y su uso es típico en la cocina oaxaqueña.

El alto empleo de mano de obra, más de 130 jornales por hectárea (INEGI, 2008) hacen de su cultivo una alternativa importante para el desarrollo socioeconómico regional. Los rendimientos de 'chile de agua' se consideran bajos, lo cual se debe a que la producción se establece con genotipos criollos, la mayoría con bajos rendimientos cuya semilla se obtiene en forma artesanal por los propios productores, en predios donde predomina la mezcla de tipos y subtipos de chile.

Los sistemas agrícolas tradicionales han permitido que exista diversidad genética en este tipo de chile debido a la cantidad de años que lleva cultivándose, por lo cual se tiene variabilidad en cuanto a tipo de planta, ciclo vegetativo, forma, tamaño, color y número de frutos por planta. Esta situación ocasiona variabilidad en la calidad del fruto y en la capacidad productiva de la planta, lo que se manifiesta en bajo rendimiento.

Las condiciones ecológicas requeridas para su producción son suelos con textura migajón arenoso, clima con rangos de temperatura entre 18 y 24 °C y normalmente cultivado bajo condiciones de riego. La producción bajo invernadero en los últimos años se ha incrementado, sin embargo, la heterogeneidad de los frutos, producto de la cruce de diferentes tipos entre los diferentes sitios o localidades, y la falta de mejoramiento genético en este tipo de chile tiene como consecuencia que dentro de la misma parcela se encuentren poblaciones de plantas con frutos que varían ampliamente en su color, forma, tamaño y picor.

Por lo tanto, es necesario generar variedades mejoradas con la calidad requerida por los productores y consumidores. Al respecto, Pérez y Castro (1998) mencionan que para generar variedades con atributos superiores al de las poblaciones criollas de chile empleadas por los productores, se requiere su caracterización genética, fisiológica y agronómica. Esto permitirá identificar progenitores para la obtención de variedades selectas e híbridos con mayor uniformidad, calidad y rendimiento de fruto.

Por ello, en el presente estudio se propone generar conocimiento que contribuya a la conservación y mejoramiento genético de chile de agua en Oaxaca, por lo que se colectó y caracterizó morfológicamente *in situ* el germoplasma de diferentes localidades y, para reducir el efecto ambiental de los sitios de colecta se llevó a cabo, bajo condiciones de invernadero, la

caracterización morfológica *ex situ* de la planta completa, fruto y semilla. También se determinó el patrón de crecimiento y se definieron las principales etapas fenológicas y su relación con algunos índices de medición de eficiencia fotosintética, bajo la hipótesis de que existe variabilidad genética que permite la distinción de colectas en características morfológicas y en acumulación de materia seca. La información que se presenta en este documento, está organizado en tres artículos científicos, una discusión y conclusiones generales, así como, de la literatura general citada.

2. COLECTA Y CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE 'CHILE DE AGUA'
(*Capsicum annuum* L.)

2.1 RESUMEN

El estado de Oaxaca, México, tiene zonas productoras de 'Chile de Agua', (*Capsicum annuum* L.) que se diferencian por sus características fisiográficas y agroecológicas. Con el objetivo de generar conocimiento que contribuya a la conservación y mejoramiento genético del potencial productivo de esta especie, en ocho zonas, se colectó germoplasma y caracterizó *in situ* durante 2006 y 2007 bajo un esquema de muestreo completamente aleatorio con dos localidades por zona y diez plantas por localidad; para lo cual se empleó la guía del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Durante 2008, para reducir el efecto ambiental, se llevó a cabo una caracterización morfológica *ex situ* y el estudio de la distribución de biomasa de la planta en condiciones de invernadero; para ello las ocho colectas (360 plantas) fueron cultivadas bajo un sistema intensivo en hidroponía, en un diseño experimental completamente al azar; la información se obtuvo de ocho muestreos en tres plantas efectuados cada quince días, en los cuales se identificaron descriptores de raíz, tallo, flor, fruto y semilla, que permitieron diferenciar (selección de variables) las colectas e identificarlas en tres grupos (análisis de agrupamiento de mínima varianza de Ward) y describir las características responsables de la agrupación (análisis de componentes principales). El germoplasma de la zona de Ocotlán, Oaxaca, resultó promisorio para un proceso de mejoramiento genético por presentar los

frutos con los caracteres más deseables por el mercado y mayor acumulación de materia seca. La distribución de biomasa en los diferentes órganos de la planta fue estadísticamente diferente entre colectas y el promedio de todos ellos fue de 5.5, 36.8, 27.3 y 30.4 % para raíz, tallo, hojas y frutos, respectivamente.

Palabras clave adicionales: Morfología, descriptores de *Capsicum*, germoplasma, análisis multivariado.

2.2 ABSTRACT

COLLECTION AND MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF 'WATER CHILLI' PEPPER (*Capsicum annuum* L.)

Oaxaca state of Mexico has a number of zones with 'water chilli' pepper, (*Capsicum annuum* L.) which differ in their physiographic and agro-ecological characteristics. With the objective of to generate knowledge that contributes to the conservation and genetic improvement of the productive potential of this species of chilli, in eight zones, germplasm was collected and characterized *in situ* during 2006 and 2007 under a completely random sampling using two locations and ten plants per location, by using the International Plant Genetic Resources Institute guide. To avoid the environmental effect of the collection sites, the experiment was carried out *ex situ* morphological characterization,

during 2008, under greenhouse conditions, and also the study of plant biomass distribution, therefore the eight collections (360 plants) were grown under an intensive system in hydroponics, in a design completely randomized, the information was collected in sampling intervals of 15 days during life cycle of the plant. From analysis of variance and covariance were identified descriptors root, stem, flower, fruit and seed, to distinguish collections. From cluster and principal components analysis were identified three groups and germplasm obtained of Ocotlan as promising for a process of genetic improvement by to present the fruit with the characteristics most desirable for the market and greater accumulation of dry matter. The distribution of biomass in the different organs of the plant was statistically different between collects and the averages were 5.5 %, 36.8%, 27.3 % and 30.4% for root, stem, leaves and fruits, respectively.

Additional key words: Morphology, *Capsicum* descriptors, germplasm, multivariate analysis.

2.3 INTRODUCCIÓN

El 'chile de agua' (*Capsicum annuum* L.) es una hortaliza que tiene importancia económica y social en los Valles Centrales de Oaxaca (VCO), donde se le cultiva y consume ampliamente (López y Castro, 1999; Velasco *et al.*, 1998). Los sistemas agrícolas tradicionales han permitido diversidad morfológica de

este tipo de chile, el cual tiene ciclo biológico de aproximadamente cuatro meses y su fruto es apreciado por su sabor y picor en la preparación de platillos típicos. No obstante, en su cultivo, el rendimiento y calidad de fruto es limitado por la falta de variedades mejoradas e incipiente desarrollo tecnológico. El mejoramiento de este tipo de chile ha sido a través de la selección que los productores han llevado a cabo en sus propios cultivos; así, los materiales obtenidos presentan alta variabilidad, la cual en dicha región no se encuentra aún caracterizada, condición necesaria para iniciar un proceso formal de mejoramiento genético, de mediano y largo plazo, que genere variedades propias para la región (López y Castro, 1999).

Por ello, con el objetivo de generar conocimiento que contribuya a la conservación y mejoramiento genético de chile de agua en Oaxaca, se colectó y caracterizó morfológicamente *in situ* el germoplasma de diferentes localidades y, para disminuir el efecto ambiental de los sitios de colecta, se llevó a cabo la caracterización morfológica *ex situ* en condiciones de invernadero y también la distribución de biomasa de la planta. Bajo la hipótesis de que existe variabilidad genética que permite la distinción de colectas en características morfológicas y en acumulación de materia seca.

2.4 MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta de germoplasma

Durante 2006 y 2007 se efectuaron recorridos de campo, en localidades con tradición en el cultivo de ‘chile de agua’, las cuales por sus características fisiográficas y agroecológicas se agruparon en diferentes zonas (INEGI, 2008). En dos localidades de cada zona elegida se colectaron dos frutos maduros de diez plantas, seleccionadas mediante muestreo completamente aleatorio. La ubicación geográfica de las zonas de colecta, así como sus características de clima y fecha de la estación de crecimiento favorable para el cultivo de chile de agua se presenta como parte de los resultados de este estudio; y el resguardo de semillas se llevó a cabo en el Banco Nacional de Germoplasma Vegetal de la Universidad Autónoma Chapingo-Fitotecnia.

Caracterización morfológica *in situ*

Diez plantas de dos localidades de cada una de las ocho zonas elegidas, fueron caracterizadas *in situ* de acuerdo a la guía de descriptores de *Capsicum spp* (IPGRI, 1995), donde se consideraron 70 caracteres, cuantitativos y cualitativos. Aquellos caracteres constantes no fueron incluidos en el análisis de

caracterización, por lo que sólo se exploraron para este fin 46 variables en una caracterización *ex situ* posterior.

Caracterización morfológica *ex situ*

Con el fin de evitar la interacción ambiental se realizó esta caracterización morfológica, donde se empleó la mezcla de las semillas colectadas de las dos localidades, de cada una de las ocho zonas. El estudio se llevó a cabo de junio a septiembre de 2008 en un invernadero de cristal, en la Universidad Autónoma Chapingo, donde la condición promedio de temperatura, humedad relativa y radiación fue 21° C, 69.5 %, y 950 $\mu\text{moles de fotones m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, respectivamente. El cultivo se realizó en bolsas de polietileno negro calibre 600, espuma volcánica como sustrato, sistema de tutoreo, sistema de fertigación con solución nutritiva de Steiner (1984), control de plagas con trampas adherentes de color (amarillo y azul), y el de enfermedades con fungicidas preventivos (Ruíz y Medina, 2001).

Se establecieron las ocho colectas bajo el diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Cada repetición consistió de once plantas por colecta (352 plantas). Los descriptores empleados para la caracterización fueron 46, identificados en el estudio *in situ* como variables, de acuerdo con la guía del IPGRI (1995). Se realizó una selección de caracteres que permitieron la

discriminación de colectas mediante análisis de varianza y covarianza sucesivas (Johnson, 2000). Posteriormente con las variables elegidas se efectuó un análisis de agrupamiento mediante el uso de distancia euclidiana al cuadrado y la técnica de mínima varianza de Ward, la altura de corte fue determinada mediante el criterio cúbico de agrupamiento (CCC), la pseudoestadística T cuadrada de Hotelling (PST^2) y la pseudo F (Johnson, 2000). Un análisis de Componentes Principales (CP) se aplicó para corroborar la agrupación obtenida y determinar los caracteres responsables de ésta. Se empleó el paquete estadístico SAS V. 9.0.

Distribución de materia seca

Para determinar los patrones de distribución de biomasa, se empleó una planta por unidad experimental y se cuantificó el contenido de biomasa seca en la planta, al final del ciclo de cultivo. Para ello las plantas fueron disecadas en raíz, tallo, hojas y frutos; el secado de cada órgano, se realizó en estufa de aire forzado, a 60° C durante 72 horas y se determinó el peso en gramos; a los datos obtenidos se les aplicó análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Localidades productoras de ‘chile de agua’

La ubicación geográfica de las zonas de colecta del ‘chile de agua’ se muestra en la Figura 1 y las características climáticas, así como los periodos de cultivo y fechas de colecta en el Cuadro 1. Se observan (Figura 1) dos grandes regiones con el cultivo de ‘chile de agua’; los Valles Centrales de Oaxaca con seis zonas y la Sierra Sur con dos.

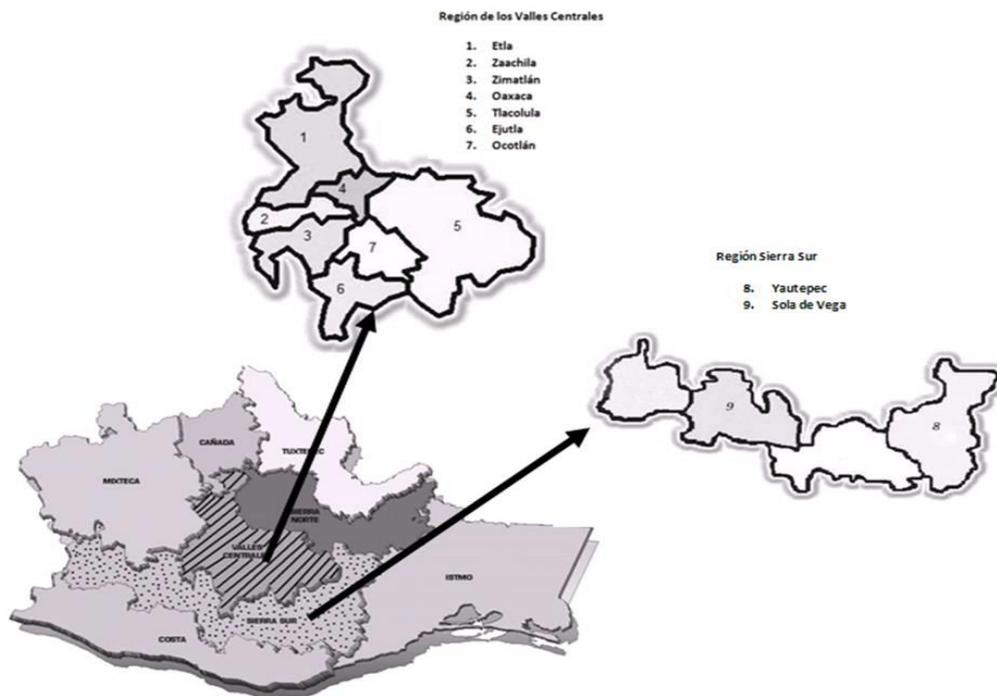


FIGURA 1. Ubicación geográfica de las zonas de colecta del ‘chile de agua’ en los Valles Centrales de Oaxaca y Sierra Sur.

CUADRO 1. Características climáticas, estación de crecimiento y fecha de colecta de 'chile de agua', en las localidades de ocho zonas de los Valles Centrales y Sierra sur de Oaxaca.

Zona	Localidad	Elevación (msnm)	Clima	T ^z (°C)	PP ^y (mm)	Estación de crecimiento	Fecha colecta
Zimatlán	Zimatlán, San Pablo Huixtepec, La Cienega, San Bernardo Mixtepec.	1500	Templado subhúmedo	16.4	1247	Febrero a Junio	Mayo
Zaachila	Zaachila, Cuilapam, La Raya.	1490	Templado Subhúmedo	16.2	751	Marzo a Julio	Julio
Sola de Vega	Sola de Vega, San Jacinto Tlacotepec, Santa C. Zenzontepec.	1143	Semicálido subhúmedo	18.2	751	Mayo a Octubre	Octubre
Etla	Jalapa del Valle, Santiaguito, San Lorenzo, Cacaotepec.	1660	Semicálido subhúmedo	18.9	1409	Febrero a Julio	Mayo
Oaxaca	Santa Cruz Xoxocotlán, Santa Ma. Atzompa y San Sebastián Tutla	1560	Semicálido subhúmedo	20.7	746	Marzo a Julio	Julio
Tlacolula	Tlacoahuaya, Abasolo, Lachigoloo.	1600	Seco semicálido	20.6	645	Febrero a Julio	Junio
Ocotlán	Ejutla de Crespo, Santa Marta, Ocotlán, San Antonino.	1460	Seco semicálido	21.8	614	Abril a Septiembre	Sep
Yautepec	El Camarón, San Carlos Yautepec.	940	Seco cálido	25.2	595	Agosto a Febrero	Enero

^zT = Temperatura promedio anual; ^yPP = Precipitación promedio anual.

Fuente: INEGI, 2008. Anuario estadístico del estado de Oaxaca.

Dentro de la primer región las zonas que cuentan con temperaturas entre 18 a 24 °C poseen las condiciones ambientales para el mejor desarrollo del cultivo, dado que éste se lleva a cabo en condiciones de riego, el factor limitante en los climas y zonas mencionados es la temperatura, por lo que al aprovechar la estación de crecimiento favorable por temperatura en cada zona, es posible tener el producto comercial de este tipo de chile durante todas las épocas del año; sólo que la oferta del producto es más restrictiva para los meses de abril y mayo, ya que sólo las localidades del Camarón y San Carlos Yautepec son las que cuentan con temperatura favorable en los meses de Agosto a Febrero (López y Castro, 1999).

Caracterización morfológica *in situ*

Según lo indicado por el IPGRI (1995) y González (2001) en la caracterización morfológica se deben registrar aquellas características altamente heredables, que pueden ser fácilmente evaluadas a simple vista y se expresan en todos los ambientes. En 'chile de agua', los caracteres constantes en todas las colectas fueron los que se indican en el Cuadro 2 donde se observan 21 que pueden ser considerados de herencia simple y, por lo tanto, empleados como marcadores en este tipo de chile.

Este tipo de chile presenta frutos con ápice redondo, agudo o hendido, incluso en la misma planta. De igual manera se pueden encontrar frutos con crecimiento erecto, que presentan pedúnculos con inclinación de 0° a 45°, 46 a

90° y mayores de 90° con respecto al nudo de bifurcación del tallo, esta descripción coincide con lo mencionado para esta especie por López y Castro (1999).

CUADRO 2. Caracteres constantes o altamente heredables en la descripción *in situ* de colectas de chile de agua en Oaxaca, México, de acuerdo a IPGRI, (1995).

Caracteres altamente heredables	Descripción	Caracteres altamente heredables	Descripción
Hábito de crecimiento	Erecto	Forma de la corola	Acampanulada
Color del tallo	Verde claro	Color de las anteras	Azul
Pubescencia del tallo	Escasa	Color del filamento	Blanco
Forma del tallo	Cilíndrico	Esterilidad masculina	Ausente
Color de la hoja	Verde	Color del fruto en estado intermedio	Verde claro
Forma de la hoja	Ovalada	Color del fruto en estado maduro	Rojo
Margen de la lámina foliar	Entera	Persistencia del fruto maduro	Persistente
Pubescencia de la hoja	Escasa	Color de la semilla	Marrón
Número de flores por axila	Una	Superficie de la semilla	Lisa
Posición de la flor	Erecta	Tamaño de las semillas	Mediano
Color de la corola	Blanca		

Caracterización morfológica *ex situ*

Mediante análisis de covarianza sucesivas fueron seleccionados los caracteres que presentaron variabilidad (Jhonson, 2000), (Cuadro 3). El criterio de selección se basó en conservar aquellos caracteres que presentan variabilidad

que permita la discriminación efectiva de colectas y eliminar aquellos cuya variación estén altamente correlacionadas con las que son conservadas. Así, de 46 caracteres fueron elegidos once y por pertinencia para el presente estudio se agregaron cuatro variables considerados importantes para la caracterización del chile de agua.

Cuadro. 3. Caracteres morfológicos seleccionados para la caracterización de ocho colectas de chile de agua de Oaxaca, Mexico.

Caracter	ASCC
Longitud de la hoja cotiledonea	0.3436**
Longitud del hipocotilo	0.6630**
Altura de la planta	0.3729**
Diámetro del tallo	- ^z
Densidad de ramificación	0.4251**
Días a la floración	0,2397**
Longitud de la corola	0.5463**
Ancho de la corola	0.4670**
Longitud de la antera	- ^z
Excursión del estigma	0.1353**
Días a la fructificación	- ^z
Longitud del fruto	- ^z
Número de frutos por planta	0.6343**
Longitud de hoja/longitud de peciolo	0.6113**
Diámetro del fruto/grosor del pericarpio	0.5041**

** **Significancia al 1%** ASCC: Correlación canónica promedio elevado al cuadrado.

-^z variables considerados importantes para la caracterización del chile de agua

Análisis de agrupamiento

El análisis de agrupamiento, que incluyó las 15 variables seleccionadas generó el dendrograma de la Figura 2. De acuerdo con el criterio cúbico de agrupamiento (CCC) y la pseudoestadística T cuadrada de Hotelling (PST^2) (Johnson, 2000) determinaron que tres grupos fueron los adecuados, con una altura de corte de 0.16 r^2 semiparcial.

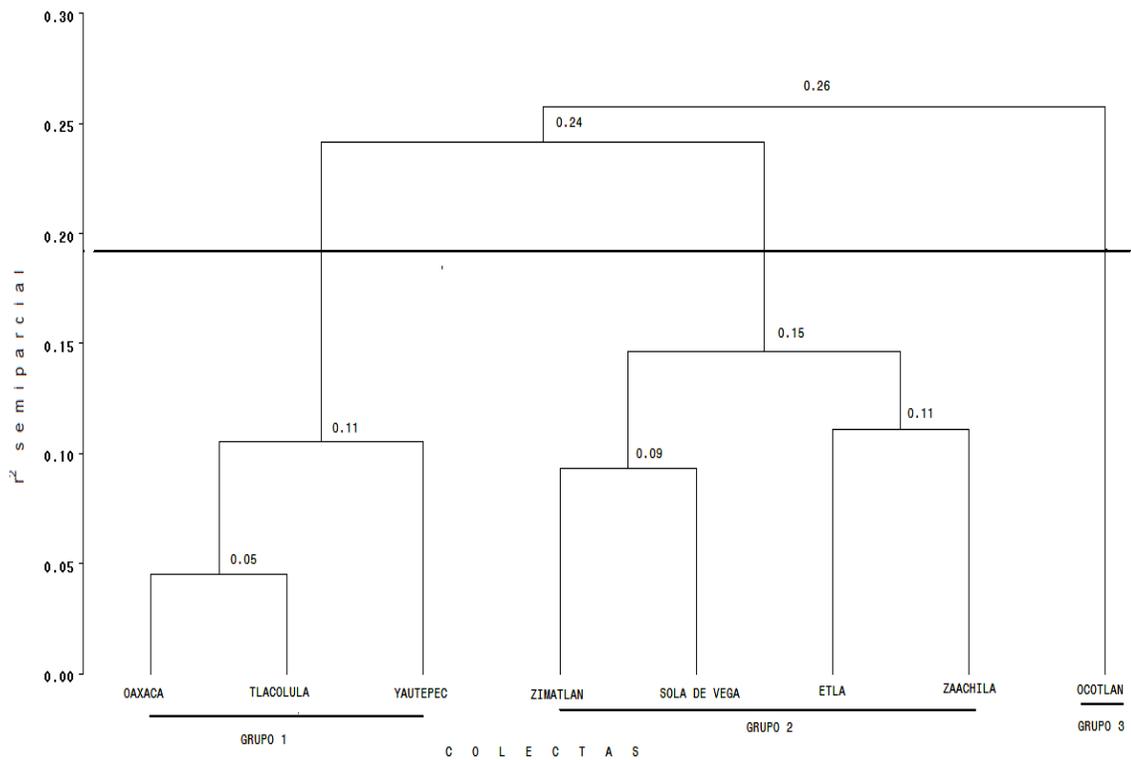


Figura 2. Dendrograma jerárquico de 8 colectas de chile de agua obtenido mediante el método de Ward y el uso de distancias Euclidianas cuadradas. La línea indica la altura de corte y el número de grupos formados

Componentes principales

Con el propósito de determinar los caracteres responsables de la agrupación obtenida, se realizó el Análisis de Componentes Principales (ACP). En el Cuadro 4, se observan los valores propios, la proporción absoluta y acumulada de cuatro componentes principales (CP) necesarios para explicar 85% de la variabilidad de los datos.

Cuadro 4. Valores propios y proporción explicada de cuatro componentes principales obtenidos a partir de 15 caracteres evaluados en 'chile de agua'.

CP	Valor propio	Diferencia	Proporción	Proporción acumulada
1	4.80	0.77	0.32	0.32
2	4.04	1.77	0.27	0.59
3	2.27	0.64	0.15	0.74
4	1.63	0.46	0.11	0.85

CP: Componente principal

En el cuadro 5 se presentan los vectores propios de cuatro componentes principales (CP), donde el primero (32 % de la variabilidad total) representa a los caracteres días a la floración, días a la fructificación y densidad de ramificación, al componente principal 2 (27 % de variación) corresponden las variables: longitud de la hoja cotiledonea, la relación diámetro del fruto/grosor del pericarpio y longitud de la corola. En el componente principal 3 (15 % de la

variabilidad), las variables ancho de la corola, longitud de la antera y longitud de fruto son las que se asocian a éste y el componente principal 4 (explica 11 % de variación) representa a longitud del hipocotilo y la excursión del estigma.

La dispersión de las colectas se presentan en un plano bidimensional formado por los componentes principales 1 y 2 (59 % de la variabilidad total), Figura 3.

Cuadro 5. Vectores propios de cuatro componentes principales de 15 caracteres de chile de agua en evaluación *ex situ*.

Variables	CP1	CP2	CP3	CP4
Longitud de la hoja cotiledonea	-0.13	0.44	-0.09	0.15
Longitud del hipocotilo	0.23	0.08	-0.11	0.58
Altura de la planta	-0.25	0.25	-0.19	0.35
Diámetro del tallo	0.30	-0.23	-0.13	0.14
Densidad de ramificación	0.37	0.25	-0.02	0.08
Días a la floración	0.39	0.14	0.23	-0.10
Longitud de la corola	0.08	-0.38	0.02	0.42
Ancho de la corola	-0.05	0.06	0.57	0.27
Longitud de la antera	-0.25	0.11	0.42	-0.19
Excursión del estigma	0.27	0.11	-0.27	-0.39
Días a la fructificación	0.38	0.20	0.20	-0.13
Longitud del fruto	0.11	0.31	-0.40	0.03
Número de frutos por planta	0.26	0.31	0.31	0.13
Longitud de hoja/longitud de peciolo	0.24	-0.22	0.08	-0.01
Diámetro del fruto/grosor del pericarpio	-0.23	0.39	-0.01	0.03

CP= Componente principal 1,2,3 y 4.

Donde esta dispersión de las colectas de 'chile de agua', corresponden con los tres grupos generados por el análisis de agrupamiento. El grupo 1 incluye a las colectas 1, 7 y 8 (Oaxaca, Tlacolula y Yautepec) son precoces, con poca densidad de ramificación, hojas cotiledonares cortas, pericarpio grueso y corolas largas.

El grupo 2 contiene cuatro colectas de las cuales la 4 y 6 (Etna y Sola de Vega) son tardías, con mayor ramificación, hojas cotiledonares largas, pericarpio delgado y corola corta, la colecta 5 (Zaachila) es tardía, con mayor ramificación, hoja cotiledonea corta, pericarpio grueso, corola larga. La colecta 2 (Zimatlán) no presenta los caracteres distintivos de este grupo, considerando los componentes principales 1 y 2, debido a que los caracteres longitud del hipocotilo, longitud del fruto, la relación hoja del fruto / longitud del peciolo posiblemente presenten valores muy altos en alguno de los grupos, que los alejan de la media y que se asocian y relacionan en los componentes principales 3 y 4. En el grupo 3, la colecta 3, es precoz con poca ramificación, hoja cotiledonar larga, pericarpio grueso y corola corta. Las características ambientales de las zonas de origen de las colectas no influyeron sobre la caracterización morfológica realizada con las variables empleadas en la presente investigación.

Estos resultados se asemejan a los reportados por Latournerie *et al.* (2002), Chávez y Castillo (1999), González y Bosland (1991), quienes para diversas especies de *Capsicum* encontraron que los tres primeros componentes explicaron el mayor porcentaje de la variabilidad y los descriptores de fruto

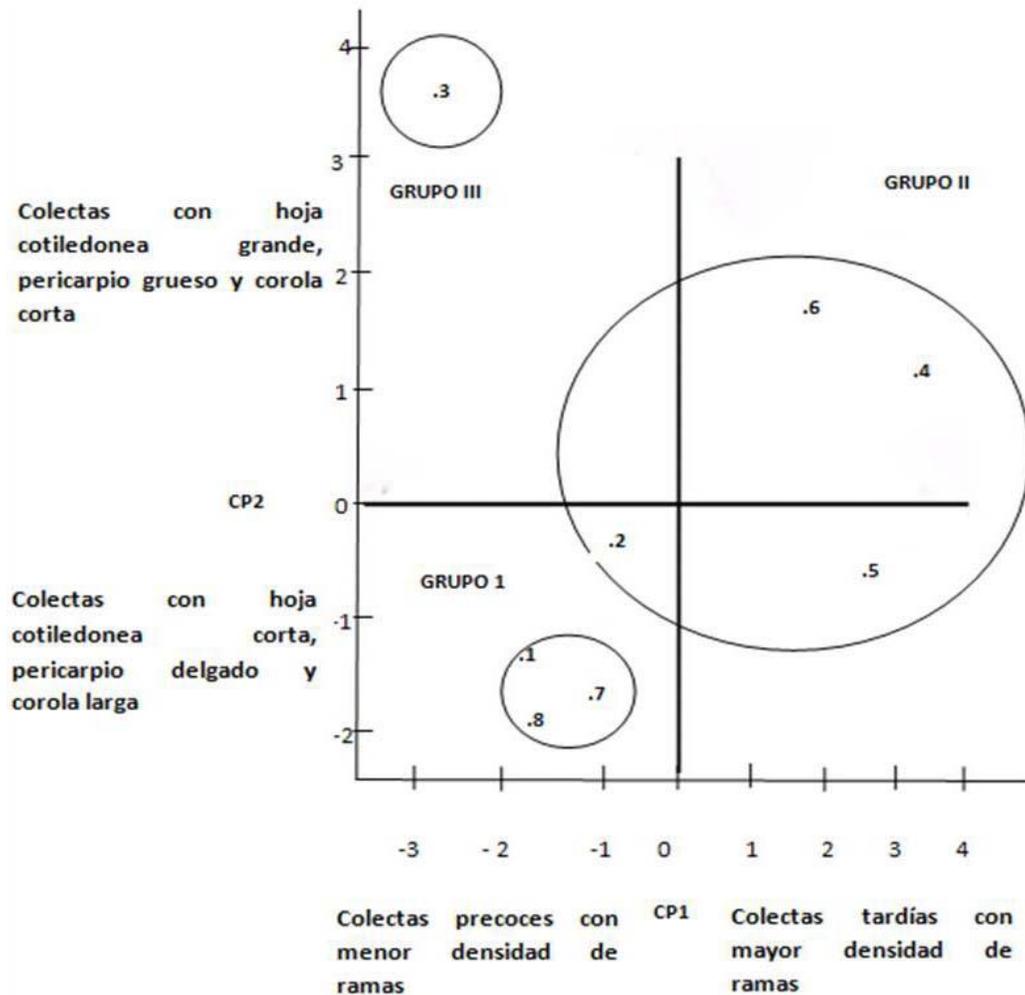


Figura 3. Diagrama de dispersión de 8 colectas de chile de agua con base en los componentes principales 1 y 2.

fueron los más importantes debido principalmente a las prácticas tradicionales de cultivo, a la recombinación genética y a la selección natural. López y Castro, (1999) en colectas nativas de Oaxaca determinaron que los caracteres longitud del limbo, ancho del limbo, longitud del pedúnculo de la hoja, longitud del fruto, ancho de fruto y el diámetro de la semilla presentaron una mayor contribución a la varianza global.

Análisis de varianza

Con fines de determinar las diferencias estadísticas entre grupos se realizó Análisis de Varianza donde se detectaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) en todos los caracteres evaluados. En el Cuadro 6 se presentan las medias de los caracteres por grupo, el nivel de significancia de las variables dentro de cada grupo, medias generales y los coeficientes de variación por descriptor.

La información obtenida muestra que los caracteres longitud del hipocotilo con valores entre 2.61 y 3.50 mm, densidad de ramificación con variación entre 5.24 y 6.00 (intermedia), el ancho de la corola con fluctuación entre 1.96 y 2.14 mm, el número de frutos por planta que osciló entre 17.24 y 18.84, no presentaron diferencia significativa entre grupos (Tukey, $P < 0.05$). Los valores obtenidos para estos caracteres concuerdan con los reportados por López y Castro (1999), donde mencionan que la densidad de ramificación predominante

para este cultivo es intermedia y que está relacionada con su hábito de crecimiento erecto, tallos de forma cilíndrica y dicotómica.

La longitud de la hoja cotiledonea con valores que variaron entre 9.0 y 16 mm, el diámetro del tallo con valores entre 8.54 y 10.13 mm, la longitud de la corola con fluctuaciones entre 0.88 y 1.03 mm y la relación diámetro de fruto/grosor de pericarpio, entre 13.32 y 18.57, mostraron diferencia significativa (Tukey $P < 0.05$) entre el grupo 3 contra los grupos 1 y 2 los cuales no mostraron variación entre ellos. Estos resultados contrastan con algunos de los obtenidos por López y Castro (1999) para diversas colectas de chiles nativos de Oaxaca, en los que mencionan que los caracteres cuantitativos longitud de limbo, ancho de limbo, longitud hasta la primera ramificación, longitud del pedúnculo de la hoja y la longitud del fruto, presentaron los coeficientes de variación de mayor magnitud e intervalos de 4.6 a 11 cm., 2.8 a 8.5 cm., 1 a 14 cm., 2 a 10.5 cm. y de 1 a 8.5 cm., respectivamente.

La altura de la planta con valores que fluctuaron entre 108 y 118 cm, la exserción del estigma donde los valores cambiaron entre 5.08 y 6.60, la longitud del fruto de 9.14 a 10.40 cm y en la relación longitud de hoja/longitud de peciolo entre 1.66 y 2.41, mostraron diferencia significativa (Tukey $P < 0.05$) entre los tres grupos. Los valores de altura de la planta son mayores a los reportados por López y Castro (1999) quienes encontraron en condiciones de

campo promedios de altura 64.53 cm, 64.31cm, 56.55 cm, 56.93 cm. La diferencia entre alturas de la planta se debe a que en condiciones de cultivo en invernadero existe un mayor control en los factores ambientales y manejo del cultivo que influye en el crecimiento y desarrollo. Perera y Poulus (1993) al evaluar la posición del estigma en 17 colectas de Chile encontraron el estigma arriba, abajo y al mismo nivel de las anteras lo cual atribuyeron a la heterogeneidad de las plantas, mencionan también que en la longitud del pistilo y los estambres influye el efecto del ambiente. Muñoz y Pinto (1966) mencionan que en las formas cultivadas, el estilo generalmente tiene mayor longitud que los filamentos, y el estigma sobresale de las anteras; esta postura tiende a favorecer la polinización cruzada. Francescheti (1971) por su parte comenta que flores con estilo corto son más fértiles, ya que no hay fallas en la caída de polen sobre el estigma.

Para el carácter días a la floración donde los valores fluctuaron entre 43.20 y 47.20, la longitud de la antera con valores que oscilaron entre 1.84 y 2.00 mm, en días a la fructificación el rango de variación estuvo entre 63.48 y 67.90, presentaron diferencia significativa (Tukey $P < 0.05$) entre el grupo 2 contra los grupos 1 y 3 que no mostraron variación entre ellos. Estos datos concuerdan con los reportados por Ruíz y Medina (2001) en diversas colectas de Chile de agua donde obtuvieron, para días a floración promedio de 37.8 para colectas precoces y 49.5 para colectas tardías, y también mencionan un promedio de 75 días para cosecha.

CUADRO 6. Medias de los caracteres morfométricos de chile de agua (*Capsicum annuum* L.) generado por el análisis de agrupamiento y corroborado con el dendrograma, así como la prueba de Tukey.

GRUPO	LHC	LH	AP	DT	DR	DFL	LC	AC
1	9.0 b ²	2.61 a	108 ab	9.84 a	5.24 a	44.16 b	1.02 a	2.14 a
2	9.5 b	3.50 a	103 b	10.13 a	6.00 a	47.20 a	1.03 a	1.96 a
3	16.0 a	2.98 a	118 a	8.54 b	5.40 a	43.20 b	0.88 b	2.10 a
DMSH	1.89	1.15	14.70	1.19	1.32	3.03	0.11	0.24
Media	10.00	2.88	107.78	9.75	5.45	44.80	1.01	2.09
CV(%)	16.31	34.37	11.73	10.50	20.85	5.82	9.71	9.89
GRUPO	LA	EE	DFR	LF	NFXP	RLH/LP	RDF/GP	
1	1.84 a	5.08 b	63.48 b	9.14 b	17.24 a	1.94 ab	14.08 b	
2	1.45 b	6.60 a	67.90 a	9.91 ab	18.20 a	2.41 a	13.32 b	
3	2.00 a	5.40 ab	63.60 b	10.40 a	18.80 a	1.66 b	18.57 a	
DMSH	0.36	1.40	4.08	1.11	8.52	0.47	2.37	
Media	1.76	5.50	64.60	9.49	17.68	2.02	14.45	
CV(%)	17.66	21.85	5.43	10.02	41.48	19.81	14.09	

²Valores con igual letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMSH: Diferencia mínima significativa. CV: Coeficiente de variación. LHC: longitud de la hoja cotiledonea; LH: longitud hipocotilo; AP: altura de planta; DT: Diámetro de tallo; DR: densidad de ramificación; DFR: días a fructificación; LC: longitud de la corola; AC: ancho de la corola; LA: longitud de la antera; EE: excursión del estigma; DFL: días a floración; LF: longitud de fruto; NFXP: número de frutos por planta; RLH/LP: relación longitud de hoja/longitud de peciolo; RDFR/GP: relación diámetro de fruto/grosor de pericarpio.

Distribución de biomasa

En las comparaciones de medias (Figura 4), la colecta con el menor peso seco total en raíz fue Zaachila. El peso seco total de raíz en el primer grupo de significancia (a) varió de 0.07 a 0.49 g. En el peso seco total en tallo, la colecta con el menor valor fue Tlacolula, los demás genotipos se ubicaron en el primer

grupo de significancia (a) con variaciones de 22.50 a 13.23 g. En el peso seco total de hojas el menor valor se presentó en Zaachila los demás en el primer grupo de significancia (a) y presentaron variaciones entre 11.47 a 18.57. En el peso seco total de fruto el menor valor se obtuvo en Tlacolula los demás se ubicaron en el primer grupo de significancia (a) y presentaron variaciones entre 22.81 a 36.19.

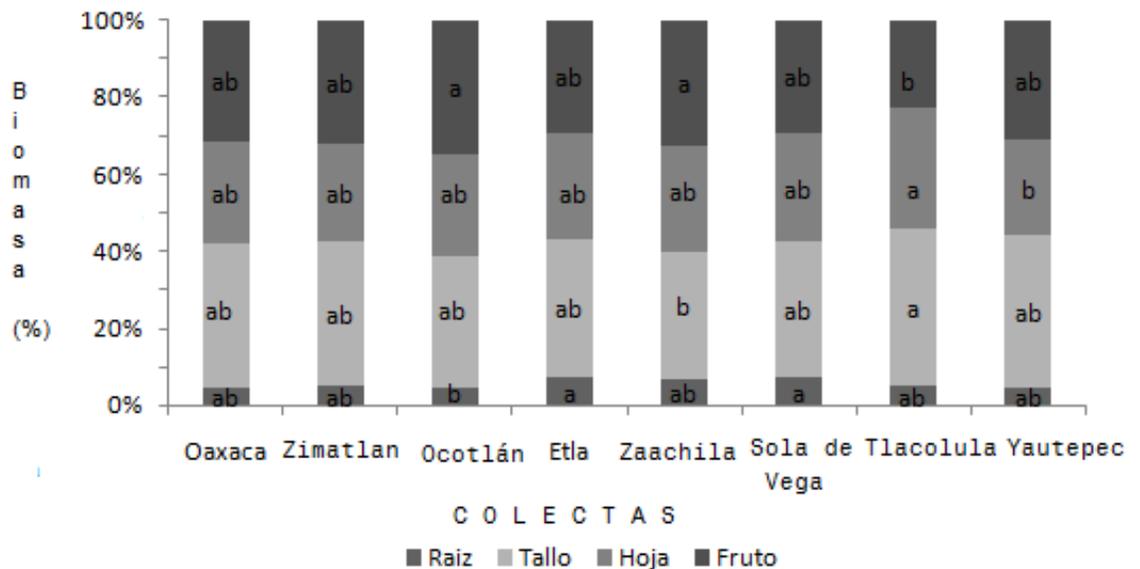


Figura 4. Distribución de materia seca por órgano en las ocho colectas de ‘chile de agua’. Secciones horizontales de la barra con la misma letra son iguales ($P \leq 0.05$) de acuerdo a la prueba de Tukey.

La distribución de biomasa en la planta fue estadísticamente diferente entre genotipos y el promedio de todos ellos fue de 5.5 %, 36.8 %, 27.3 % y 30.4 % para raíz, tallo, hojas y frutos, respectivamente. Esta información concuerda con la obtenida en otras hortalizas como en chile jalapeño donde Azofeifa y Moreira (2004), establecen que la distribución de la biomasa está ligada a la

fenología de la planta, especialmente, a la floración y la fructificación y que hay mayor materia seca alojada de forma prioritaria en tallos y frutos, con relación a hojas y raíz, y a medida que aumenta el peso seco de tallos, disminuye el peso seco de fruto y en consecuencia el índice de cosecha.

2.6 CONCLUSIONES

Para cada zona de Valles Centrales y Sierra Sur de Oaxaca existe una época del año en la que se puede coleccionar germoplasma de 'chile de agua' (*Capsicum annuum* L.) debido a las condiciones distintas de clima, suelo y sistemas productivos.

La información obtenida a través de la caracterización morfológica *in situ* y *ex situ* realizada en estas colectas mostró 21 caracteres sin variación y que pueden ser considerados de herencia simple y 46 que registraron variabilidad.

Los caracteres morfológicos seleccionados con análisis de covarianza y evaluados a través de análisis de componentes principales identificaron cuatro componentes principales (CP) que explican el 85 % de la variación total, la cual es atribuida a 15 caracteres morfológicos.

El análisis de conglomerados con los caracteres morfológicos evaluados, permitió agrupar las colectas en tres grupos y distinguir el germoplasma de Ocotlán como promisorio para un proceso de mejoramiento genético por presentar los frutos con los caracteres más deseables para el mercado local y mayor acumulación de materia seca. La cual fue estadísticamente diferente entre colectas y el promedio de todos ellos fue de 5.5 %, 36.8 %, 27.3 % y 30.4 % para raíz, tallo, hojas y frutos, respectivamente.

2.7 LITERATURA CITADA

- AZOFEIFA, A.; MOREIRA M. A. 2004. Análisis de crecimiento del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. Hot), en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 28(1): 57-67.
- CHAVÉZ, S.J.L.; CASTILLO, G.F. 1999. Variabilidad en caracteres morfológicos de colectas de chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P). *Rev. Fitotec. Mex.* 22:27-41.
- FRANCESCHETTI, V. 1971. Natural cross pollination in pepper (*Capsicum annuum* L.) Eucarpia Meeting on Genetics and Breeding of *Capsicum*, Turin: 346-353.
- GONZÁLEZ, A. F. 2001. Caracterización morfológica. *In: Conservación y caracterización de recursos fitogenéticos.* González-Andrés, F.; Pita-Villamil, J.M. Ed. Publicaciones I.N.E.A. Valladolid, España. 279 p.
- GONZALEZ, M. M; BOSLAND, P. W. 1991. Germoplasma de *Capsicum* en las Americas En: Diversity. Vol. 7, Nos. 1 & 2. p 57 – 59.
- INEGI. 2008. Sistema para la consulta del Anuario estadístico del estado de Oaxaca. México en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenido/español/sistemas/aeo3/estatal/oax/index.htm>

- IPGRI. 1995. Descriptors for *Capsicum spp.* Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Secretariat, Rome, Italy. 32 p.
- JOHNSON D. E. 2000. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. Traducido por Pérez Castellanos H. Internacional Thomson Editores. México. 566 p.
- LATOURNERIE, M. L.; CHÁVEZ, S. J. L.; PÉREZ, P. M.; CASTAÑÓN, N. G.; RODRÍGUEZ, H. S. A.; ARIAS, R. L. M.; RAMÍREZ, V. P. 2002. Valoración *in situ* de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum annuum* L. y *Capsicum chinense* Jacq) en Yaxcaba, Yucatán. Rev. Fitotec. Mex. 25 (1): 25-33.
- LÓPEZ, L. P. S.; CASTRO, G. F. H. 1999. Al rescate de la diversidad del chile (*Capsicum spp*) en Oaxaca. Publicación especial. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. INIFAP, Oaxaca. México. 7 p.
- RUÍZ, V. J.; MEDINA, Z. J. 2001. Avances en el manejo integrado de *Bemisia tabaci* en tomate y chile en Oaxaca, México. Manejo Integrado de plagas (Costa Rica) 59:32-38.
- MUÑOZ, F.; PINTO, C.B. 1966. Taxonomía y distribución geográfica de los chiles cultivados en México. Folleto misceláneo Num. 15. Secretaria de Agricultura y Ganadería. México. D.F. 23 p.
- PERERA, O.; POULUS. J. M. 1993. Studies on stigma position of seventeen pepper accessions. Capsicum and Eggplant Newsletter 12:44-46.
- PÉREZ, G. M.; GONZÁLEZ, H. V. A.; MENDOZA, C. M. C.; PEÑA, V. C. 2004. Physiological characterization of manzano hot pepper (*Capsicum pubescens* R & P) landraces. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 129(1):88-92.
- STEINER, A. 1984. The Universal Nutrient Solution. *In*: Proceedings of the 6th International Congress on Soilles Culture. ISOSC. Wageningen, The Netherlands. pp. 633–649.
- VELASCO, V. V. A.; TRINIDAD S. A.; TIRADO, T. J. L.; TÉLIZ, O. D.; MARTÍNEZ, G. A.; CADENA, H.M. 1998 Efecto de algunos nutrimentos en plantas de chile de agua infectadas con virus. Terra. 16(4): 317-324.

**3. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y DE CALIDAD DE FRUTOS DE
´CHILE DE AGUA´ (*Capsicum annuum* L)**

3.1 RESUMEN

Con el propósito de conocer la variabilidad y calidad de frutos de ´chile de agua´ (*Capsicum annum* L.) , se caracterizó morfológicamente y se determinaron parámetros de calidad de ocho colectas procedentes del estado de Oaxaca, México. Se registraron 30 caracteres del fruto, de acuerdo con la metodología del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI, 1995) y técnicas de laboratorio descritas por AOAC (1990). Se efectuó una selección de caracteres que permitieron la discriminación de frutos de las colectas, mediante análisis de varianza y covarianza sucesivas, con las variables elegidas se efectuó un análisis de agrupamiento mediante el uso de distancia euclidiana al cuadrado y la técnica de mínima varianza de Ward, la altura de corte fue determinada mediante el criterio cúbico de agrupamiento (CCC), la pseudoestadística T cuadrada de Hotelling (PST^2) y la pseudo F. Se aplicó análisis de Componentes Principales (CP) donde las cuatro primeras explicaron el 86 % de la variabilidad total. Con el diagrama de dispersión generado por los CP 1 y 2 y el dendrograma, se definieron tres grupos. Uno integró las colectas con frutos de mayor expresión en peso (45.62 g), longitud del pedicelo (3.03 cm), espesor de la pared (2.75 mm), firmeza (9.58 kg.cm²), número de semillas (321.43), contenido de clorofila (0.0041 mg en 100 g de fruto) y forma truncada del fruto en la unión con el pedicelo; un segundo grupo tuvo mayor longitud del fruto (12.22 cm), longitud de la placenta(<1/4 longitud del fruto), superficie de la semilla (lisa) y cuello en la base del fruto (ausente). El grupo

tres incluyó frutos con mayor brillantez (38.57 %), sólidos solubles (4.83 °Brix) y acidez titulable (0.33 % de ácido cítrico). Se empleó el paquete estadístico SAS V. 9.0. Para análisis de rendimiento y calidad de los frutos, a los datos se les aplicó análisis de varianza y comparación de medias (Tukey, $P < 0.05$). La colecta Ocotlán fue estadísticamente superior en rendimiento por planta y tuvo el mayor número total de frutos por planta. Estos resultados muestran la diversidad de chile de agua existente en Oaxaca, México, por lo que la información puede ser útil para la selección de germoplasma con fines de conservación y mejoramiento genético.

Palabras clave: *Capsicum*, germoplasma, morfología, análisis multivariado, chile, parámetros de calidad.

3.2 ABSTRACT

MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION AND QUALITY FRUITS OF 'WATER CHILLI' PEPPER (*Capsicum annuum* L.)

In order to know the variability and quality fruits of 'water chilli' pepper (*Capsicum annuum* L.), was morphologically characterized and quality parameters were determined from eight collections from the state of Oaxaca, Mexico. There were 30 fruit characters, according to the methodology recommended by the International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI, 1995) and laboratory techniques described by AOAC (1990). Were selected character that allowed discrimination against groups using analysis of variance and covariance in succession, with the chosen variables is performed a cluster analysis using squared Euclidean distance and technique of Ward's minimum variance, the height of cut was determined by the cubic clustering criterion (CCC), the Hotelling T square pseudoestadística (PST²) and the pseudo F. Were applied a Principal Component Analysis (CP) where the first four components accounted for 85% of the total variability. With the scatter diagram generated by the CP 1 and 2 and the dendrogram was classified into three groups. One joined the collections with higher expression in weight fruit (45.62 g), length peduncle (3.03 cm), thickness wall (2.75 mm), firmness (9.58 kg.cm²), number seed (321.43), content chlorophyll (0.0041 mg en 100 g of fruit) and

truncated form of the fruit at the junction with the pedicel, a second group had a greater length fruit (12.22 cm), length placenta (<1/4 length fruit), surface seed (smooth) and neck at the base of the fruit (absent). Group three included more brilliantly fruits (38.57 %), soluble solids (4.83 °Brix) and titratable acidity (0.33 % de ácido cítrico). Were employed SAS software V. 9.0. For analysis of performance and quality of the fruits to the information was applied variance analysis and comparison of averages (Tukey, $P < 0.05$). The collection Ocotlan was statistically superior performance by plant and had the highest total number of fruits by plant. These results show the diversity of 'water chilli' pepper existing in Oaxaca, Mexico, so that the information can be useful for the selection of germplasm for conservation purposes and genetic improvement.

Keywords: Capsicum germplasm, morphology, multivariate analysis, chile, quality parameters.

3.3 INTRODUCCIÓN

Diversos estados de la República Mexicana poseen alta riqueza y diversidad de recursos genéticos vegetales que poco se han estudiado. En Oaxaca, no se conoce aún parte de la variabilidad de los morfotipos de chiles, debido a que son escasas las variedades que se encuentran en el mercado, aún más aquellos que sólo se conocen o se cultivan en el ámbito regional (Ramírez *et al.*, 2000). Entre ellos el 'chile de agua' se considera, como endémico de los

Valles Centrales de Oaxaca y que constituye un importante recurso potencial para esta región del país.

Este tipo de chile se cultiva en forma comercial y en huertos familiares cuya producción es para autoconsumo y venta en los mercados regionales de Oaxaca, lo cual aporta alimento a la población en temporadas determinadas del año (López, 2004; Castro y López, 1999). Los sistemas de producción en los que se encuentra este cultivo, es el sistema tradicional y con riego rodado. Sin embargo también encontramos otros que se caracterizan por cultivarse asociados a cultivos como el maíz, frijol, calabaza y tomate y más recientemente en invernadero.

La diversidad de chiles que se encuentra en Oaxaca lo cultivan principalmente las familias campesinas y este producto forma parte de su dieta, cultura y tradiciones, puesto que algunos morfotipos sólo se encuentran en regiones específicas, como es el caso del chile de agua en Valles Centrales y Sierra Sur, el costeño en la Costa y el huacle en Cuicatlán, los cuales son productos altamente demandados en días festivos para la elaboración del mole de diversos sabores (López, 2004).

Como en todas las especies de *Capsicum*, el fruto es una baya hueca, semicartilaginosa y deprimida, de color variable (verde, rojo o amarillo); algunos frutos cambian del verde al rojo cuando maduran. Su tamaño es variable y

pueden alcanzar más de 50 gramos. Las semillas se encuentran insertas en una placenta cónica de disposición central, son redondas, ligeramente reniformes, de color amarillo pálido y longitud variable entre 3 y 5 milímetros.

Por lo tanto, debido a que las características morfológicas y de calidad de frutos en chile de agua son fundamentales en la comercialización y mercado, se planteó como objetivo estudiar la variación morfológica del fruto y semillas del chile de agua (*Capsicum annuum* L.) de ocho colectas de dos regiones del estado de Oaxaca, para discriminar e identificar dicha variabilidad presente en frutos de esta especie y en los diferentes ecosistemas donde se producen; bajo la hipótesis de que en las diferentes regiones fisiográficas se presentan frutos con variabilidad en sus características morfológicas y de calidad de los mismos. Para ello se emplearon herramientas de análisis multivariado para diferenciar grupos con características similares o con cierto grado de similitud que permitan identificar genotipos sobresalientes para un proceso de mejoramiento genético de mediano y largo plazo.

3.4 MATERIALES Y MÉTODOS

Se estableció un experimento en campo en la localidad de Abasolo, Tlacolula, Oaxaca, localizado a 17° 00' LN y 96° 35' LW y una elevación de 1550 m, con clima semiseco semicalido BS1h, precipitación promedio anual de 645 mm, con

una temperatura promedio de 20 °C y humedad relativa de 70 %, en un suelo franco, con pH de 6.0, para evaluar los frutos y semillas de ocho colectas procedentes de los Valles Centrales y Sierra Sur de Oaxaca, (Cuadro 1).

CUADRO 1. Datos de pasaporte de ocho colectas de ‘chile de agua’ del estado de Oaxaca, México.

Colecta	Elevación (msnm)	Latitud	Longitud	Clima
Oaxaca	1560	LN 16°59' 45''	LW 96° 46' 50''	Semiseco semicálido: BS1h
Tlacolula	1600	LN 16° 57' 13"	LW 96° 28' 33"	Semiseco semicálido: BS1h
Zimatlán	1500	LN 16° 51' 55"	LW 96° 47' 05"	Templado subhúmedo:C(w1)
Etla	1660	LN17° 12 ' 27"	LW 96° 48' 0"	Semicálido subhúmedo:(A)C(w0)
Ocotlán	1460	LN 16° 33' 50"	LW 96° 43' 45"	Semiseco semicálido:BS1h
Zaachila	1490	LN 16° 57' 0''	LW 96° 45' 0"	Templado subhúmedo:C(w1)
Yautepec	940	LN 16° 29' 42"	LW 96° 06' 22"	Semiseco cálido: BS1(h')
Sola de Vega	1143	LN 16° 30' 53"	LW 96° 58' 40"	Semicálido subhúmedo: (A)C(w2)

Fuente: INEGI, 2008. Anuario estadístico del estado de Oaxaca.

El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones, la unidad experimental consistió de tres surcos con dimensiones de 10 m de largo x 0.60 m de anchura. Se evaluaron cinco frutos de la segunda floración con competencia perfecta elegidos en forma aleatoria de cada unidad experimental, los cuales durante 2007 se evaluaron en el laboratorio de poscosecha del Departamento de Fitotecnia de la UACH. Las variables de fruto fueron registradas de acuerdo con la guía de descripción varietal del IPGRI (1995) (Apéndice 1A): forma, longitud (cm), ancho en la base (mm), ancho en la parte

media (mm), ancho en el ápice (mm), peso (g), longitud del pedicelo (cm), grosor del pedicelo (mm), espesor de la pared (mm), longitud de la placenta (mm) y medición categórica en las variables: forma en la unión con el pedicelo, cuello en la base del fruto, forma del ápice del fruto, apéndice en el fruto, arrugamiento transversal del fruto, número de lóculos, tipo de epidermis del fruto, persistencia del fruto maduro.

Para las mediciones de longitud se empleó un vernier digital, para registrar peso una báscula granataria de triple barra marca OHAUS y adicionalmente se registraron las variables de calidad de fruto:

Acidez titulable

Se tomaron 10 g de fruto de chile de agua y se le agregaron 50 ml de agua destilada, se molió, se midió el volumen, se filtró y posteriormente se tomaron 10 ml del filtrado, al cual se agregaron dos gotas de fenolftaleína y se tituló con NaOH al 0.1 N. El cálculo de la acidez se llevó a cabo con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de ácido cítrico} = (\text{ml de NaOH} \times \text{N} \times \text{Meq ácido} \times \text{V} \times 100) / (\text{peso de muestra} \times \text{alícuota})$$

Donde: NaOH=Solución de Hidroxido de Sodio; N=Normalidad de la Solución de NaOH (0.1); Meq ácido= Ácido cítrico; V= Volumen de aforo de la muestra.

Contenido de clorofila

Para la extracción y cuantificación de clorofila total, se pesaron cinco g de muestra del fruto de chile de agua finamente picado, la cual se colocó en un vaso de precipitado y se añadieron 20 ml de acetona al 80 %, se molió, se filtró (añadiendo carbonato de sodio anhidro al papel filtro para eliminar humedad), se aforó a 25 ml con acetona al 80%, se obtuvo la absorbancia a 652 y 663 nm en un Espectrofotómetro Único 1 100 RS. Los cálculos se efectuaron de la siguiente forma:

$$\text{Clorofila total (a+b)} = 0.0202 A_{652} + 0.00802 A_{663} \text{ mg/l}$$

Donde: A= Absorbancia, los subíndices indican la longitud de onda.

Para el cálculo de la clorofila en mg/100 g de fruto se efectuó lo siguiente:

$$\text{Concentración (mg/100 g)} = \frac{C \times V \times 100}{P} \times \text{FD}$$

Donde: C = Concentración (mg/l); V= Volumen aforado (ml); P= Peso de muestra (g);

1000 = Factor de conversión de mg/l a mg/ml; 100 = Referido a 100 g.

Vitamina C

La determinación del contenido de vitamina C en frutos verdes de chile de agua, se efectuó en función de una curva de calibración con ácido ascórbico puro. Se tomaron cinco gramos de fruto de chile de agua, a los cuales se les agregaron 50 ml de ácido oxálico al 5 % , se licuó y tamizó, se tomó una alícuota de 5 ml y se tituló con la solución de Tillman. La ecuación para conocer el contenido de vitamina C fue la siguiente:

$$\text{Contenido de Vitamina C (mg/ 5 g de fruto)} = X = \frac{Y - b}{m}$$

Donde: Y= Gasto de la solución de Tillman; b= ordenada al origen (curva de calibración); m= pendiente (curva de calibración).

Sólidos solubles totales

Se utilizó un refractómetro digital, modelo PAL-1 (Atago Co., Ltd., Tokio, Japón). Utilizando directamente el jugo de cinco frutos por colecta, de acuerdo con la técnica descrita por la AOAC (1990). Las lecturas son expresadas en °Brix.

Firmeza

Se utilizó un Texturometro Modelo Compac Gauge 200N, con una placa cilíndrica de 5 cm y una punta cónica de 10 mm de diámetro con capacidad de lectura de 0-20 kg·cm⁻². Los resultados se expresaron como la fuerza (N) necesaria para penetrar o romper la corteza del fruto de chile. La determinación se realizó en 20 frutos por colecta.

Color

El color de fruto se evaluó con un colorímetro Color Tec-PCM Modelo SN - 7003887, mismo que generó lecturas en la escala Hunter Lab: L, a y b. El valor "L" se refiere a la brillantez o luminosidad y toma valores de 0 % para colores totalmente oscuros hasta 100 %, lo cual expresa máxima brillantez; "a" se refiere a tonalidades que van desde el color verde (-) hasta el rojo (+), y "b" se refiere a colores que van desde el azul (-) hasta el amarillo (+). Con estos valores se determinó el tinte (Hue o ángulo de tono) y la pureza del color o croma. Los datos se expresaron en valores de L, Croma y Hue (McGuire, 1992).

Semillas

Las variables relacionadas con la semilla fueron: número de semillas, peso de semillas (g), diámetro radial (mm), diámetro longitudinal (mm), color de semilla,

superficie de la semilla y tamaño de la semilla (variables medidas de acuerdo a los descriptores IPGRI, 1995).

Rendimiento y calidad de fruto

El rendimiento por planta se obtuvo con la suma del peso de dos cortes de frutos en madurez comercial, de 20 plantas por colecta. Para el tamaño de fruto se midió longitud, ancho y volumen de los mismos. El primer corte se realizó a los 105 días después del trasplante y el segundo a los 120.

Análisis estadístico

Se efectuó una selección de caracteres que permitieron la discriminación de colectas mediante análisis de varianza y covarianza sucesivas (Johnson, 2000). Posteriormente, con las variables elegidas se efectuó un análisis de agrupamiento mediante el uso de distancia euclidiana al cuadrado y la técnica de mínima varianza de Ward, la altura de corte fue determinada mediante el criterio cúbico de agrupamiento (CCC), la pseudoestadística T cuadrada de Hotelling (PST2) y la pseudo F (Johnson, 2000). Un análisis de Componentes Principales (CP) se aplicó para corroborar la agrupación obtenida y determinar los caracteres responsables de ésta. Se empleó el paquete estadístico SAS V. 9.0. Para análisis de rendimiento y calidad de los frutos, a

los datos se les aplicó análisis de varianza y comparación de medias (Tukey, $P < 0.05$).

3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Selección de variables

Con el propósito de disminuir la dimensionalidad de la matriz de datos para posteriormente realizar un análisis de agrupamiento, fueron seleccionados los caracteres que presentaron variabilidad de acuerdo con Johnson, (2000), el cual consistió en la realización de análisis de covarianzas sucesivas. El criterio de selección se basó en conservar aquellos caracteres que presentaron variabilidad que permitió la discriminación efectiva de colectas y eliminar aquellas cuya variación estuvo altamente correlacionada con las que fueron conservadas. Así, de 39 caracteres morfológicos del fruto y semillas de ocho colectas 'chile de agua' fueron elegidas 15 variables: longitud del fruto(cm), peso del fruto (g), longitud del pedicelo (mm), grosor del pedicelo (mm), espesor de la pared del pericarpio (mm), forma del fruto en la unión con el pedicelo, cuello en la base del fruto, longitud de la placenta, firmeza, brillantez, número de semillas, superficie de la semilla, sólidos solubles, acidez y clorofila total.

Análisis de agrupamiento

El análisis de agrupamiento con la técnica de varianza mínima de Ward, que incluyó las 15 variables seleccionadas género el dendrograma de la Figura 1. De acuerdo con el criterio cúbico de agrupamiento (CCC) y la pseudoestadística cuadrada de T Hotelling (PST^2) (Johnson, 2000) determinaron que tres grupos fueron los adecuados, con una altura de corte de 0.15 r^2 semiparcial.

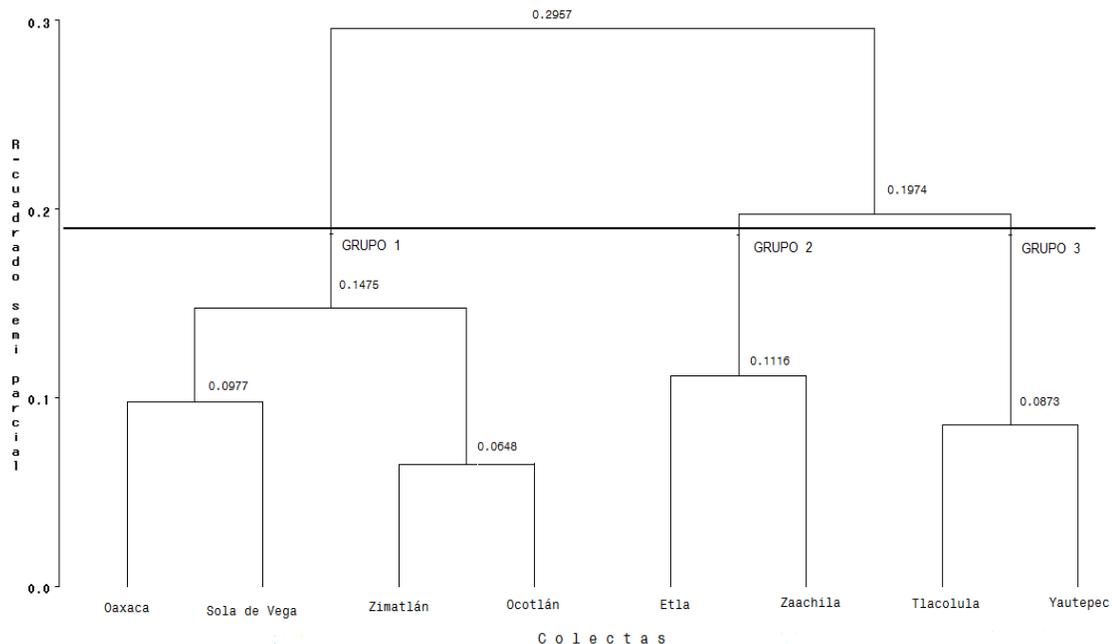


Figura 1. Dendrograma jerárquico de frutos y semillas de ocho colectas de Chile de agua obtenido mediante el método de Ward y el uso de distancias Euclidianas cuadradas. La línea indica la altura de corte y el número de grupos formados.

Análisis de componentes principales

Con el propósito de determinar los caracteres responsables de la agrupación obtenida se realizó el Análisis de Componentes Principales (ACP). En el Cuadro 3 se observan los valores propios, la proporción absoluta y acumulada de cuatro componentes principales (CP) que fueron necesarios para explicar el 86% de la variabilidad de los datos.

Cuadro 2. Valores propios y proporción explicada de cuatro componentes principales obtenidos a partir de 15 caracteres de frutos y semillas de chile de agua.

CP ^z	VALOR PROPIO	DIFERENCIA	PROPORCION	PROPORCION ACUMULADA
1	4.91	1.58	0.33	0.32
2	3.32	0.70	0.22	0.55
3	2.62	0.58	0.17	0.72
4	2.04	0.90	0.14	0.86

^zCP: Componente principal

En el Cuadro 3 se muestra que el componente principal 1 (CP1) que explicó 33 % de la variabilidad total; dentro de este componente, las variables que describieron esta variación fueron: espesor de la pared del pericarpio del fruto, firmeza del pericarpio y en forma negativa de acidez titulable.

Cuadro 3. Proporción de la varianza global, vectores y valores propios de los tres primeros componentes principales del fruto y semilla de ocho colectas de 'chile de agua' de Oaxaca, México.

CARACTER	CP1	CP2	CP3	CP4
Longitud del fruto(cm)	0.1357	-0.4870	-0.0076	0.2019
Peso del fruto (g)	0.3487	0.2622	-0.1926	-0.1478
Longitud del pedúnculo(mm)	0.3111	0.1883	-0.0184	0.1662
Grosor del pedúnculo (mm)	0.0546	0.1237	0.4990	0.0008
Espesor de la pared del pericarpio (mm)	0.4374	0.0811	-0.0010	-0.0264
Forma del fruto en la unión con el pedúnculo	-0.1137	0.4735	-0.0478	-0.2378
Cuello en la base del fruto	-0.0178	0.0075	0.5301	0.1212
Longitud de la placenta	0.0799	-0.0338	0.3416	-0.5412
Firmeza	0.4189	0.0651	0.1759	0.0727
Brillantez	-0.3279	-0.1244	0.1419	-0.3625
Número de semillas	-0.1836	0.4282	0.0901	-0.1063
Superficie de la semilla	-0.0098	-0.0741	0.4735	0.3043
Brix	-0.2847	0.3063	0.1056	0.3339
Acidez	-0.3775	0.0088	-0.1342	0.2679
Clorofila	0.0938	0.3298	-0.0293	0.3481

El componente principal 2 (CP2) explicó 22 % de la variación de los datos y los caracteres asociados a esta fueron en forma negativa y con asociación positiva la longitud del fruto, forma del fruto en la unión con el pedicelo y el número de semillas. En el componente principal 3 (CP3), las variables cuello en la base del fruto, grosor del pedicelo y superficie de la semilla, explicaron el 17 % de la variabilidad total y el componente principal 4 (CP4) con los descriptores longitud de placenta, brillantez y el contenido de clorofila el 14 %. Lo anterior indica que la combinación lineal de las variables originales que se representan por los cuatro componentes principales es de 86 % de la variabilidad total existente en los individuos, misma que se obtiene con la medición de las 15 variables.

La dispersión de las poblaciones se presenta en el diagrama bidimensional (Figura 2) en un plano formado por los componentes principales 1 y 2 (59 % de la variabilidad total), agrupa las colectas de chile de agua en tres grupos.

El grupo 1 con las colectas 1, 2, 3 y 6 correspondientes a Oaxaca, Sola de Vega, Zimatlán y Ocotlán que presentan frutos con pericarpio delgado, menor firmeza, menos ácidos, frutos de menor longitud, truncados en la unión con el pedicelo y menor número de semillas.

El grupo 2 con las colectas 4 y 5 (Etna y Zaachila) con frutos con pericarpio grueso, mayor firmeza, más ácidos, menor longitud, truncados en la unión con el pedicelo y menor número de semillas. En el grupo 3, las colectas 8 y 7 (Yautepec y Tlacolula) con frutos con pericarpio grueso, mayor firmeza, más ácidos, mayor longitud, cordados en la unión con el pedicelo y mayor número de semillas.

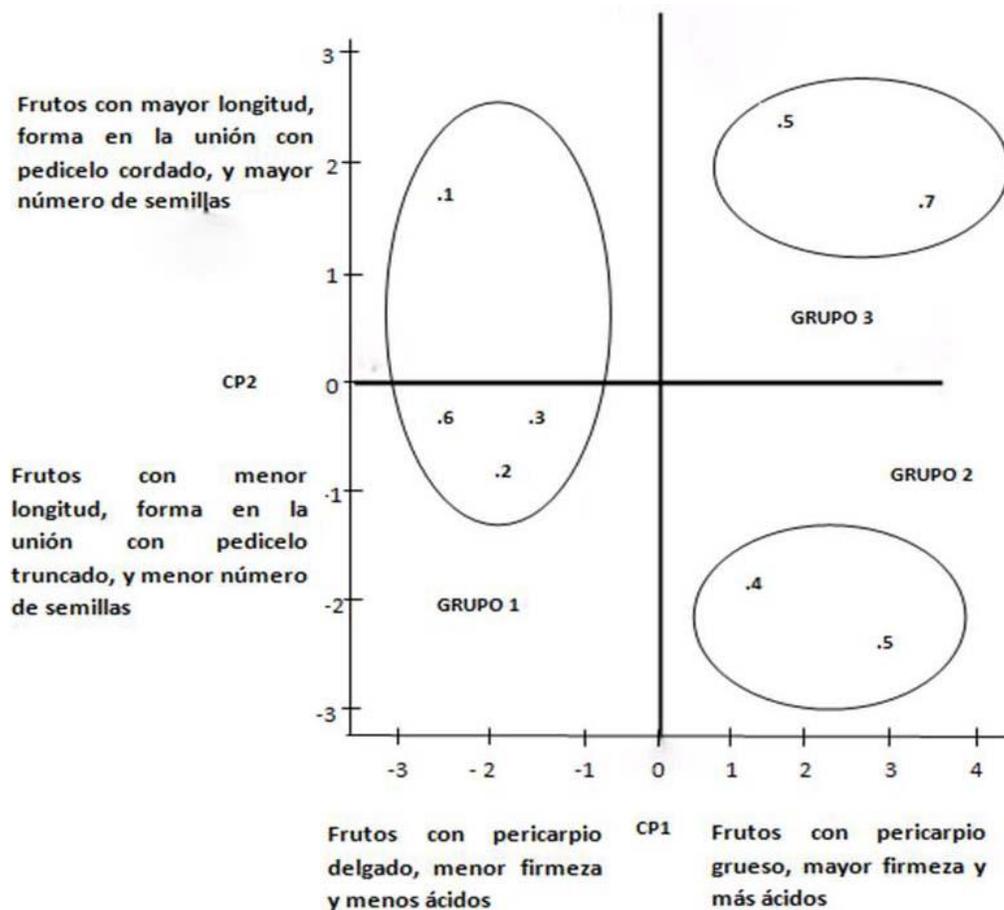


Figura 2. Diagrama de dispersión de frutos de ocho colectas de chile de agua con base en los componentes principales 1 y 2.

En un plano formado por los componentes principales 1 y 3 (17 % de la variabilidad total) Figura 3, agrupa las colectas de chile de agua en tres grupos. El grupo 1 con las colectas 4, 8, 5 y 7 correspondientes a (Etna, Yautepec, Zaachila y Tlacolula) que presentan frutos con pericarpio grueso, mayor firmeza, más ácidos, frutos con cuello en la base, pedicelo grueso y superficie de las semillas lisa. El grupo 2 con las colectas 2 y 3 (Sola de Vega y Zimatlán) con frutos con pericarpio delgado, menor firmeza, menos ácidos, frutos sin

cuello en la base, pedicelo delgado y superficie de la semilla áspero. En el grupo 3, las colectas 1 y 6 (Oaxaca y Ocotlán) con frutos con pericarpio delgado, menor firmeza, menos ácidos, con cuello en la base, pedicelo grueso, superficie de la semilla lisa.

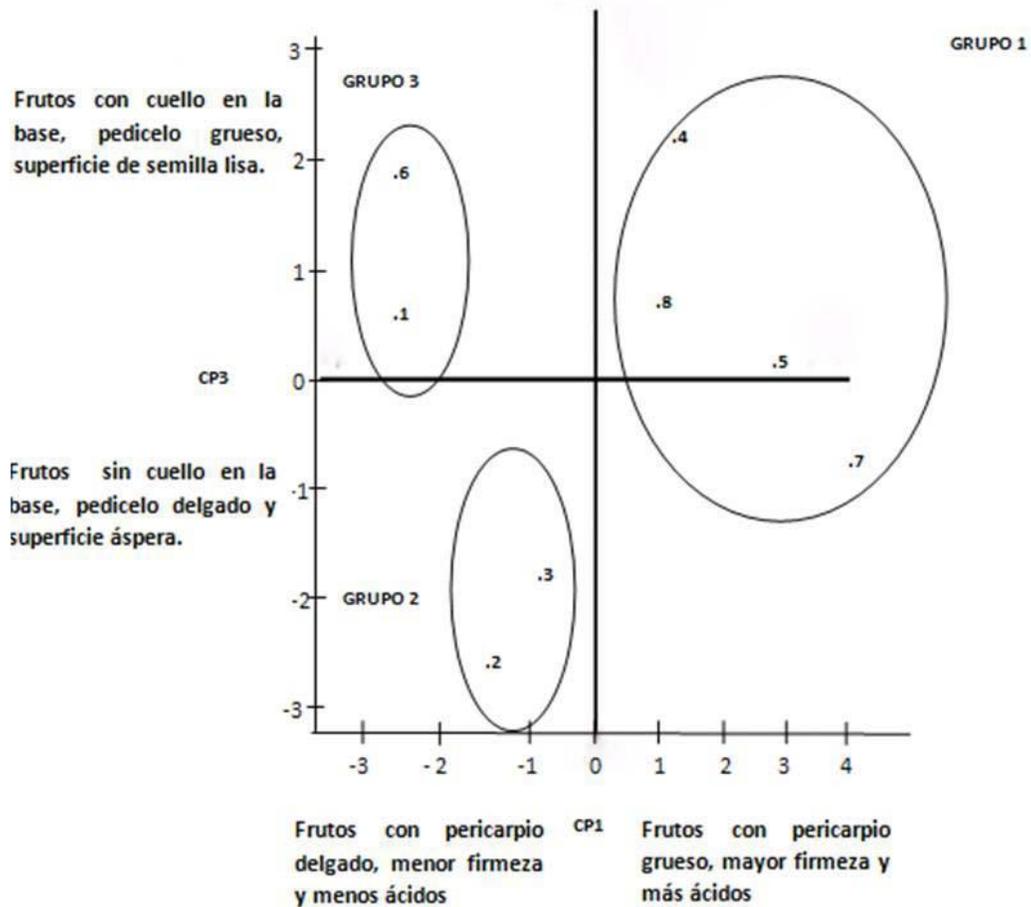


Figura 3. Diagrama de dispersión de frutos de ocho colectas de Chile de agua con base en los componentes principales 1 y 3.

Análisis de varianza

Con la finalidad de determinar las diferencias estadísticas entre grupos se realizó un Análisis de Varianza donde se detectaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) en todos los caracteres evaluados. En el Cuadro (4) se presentan las medias de los caracteres por grupo, el nivel de significancia de las variables dentro de cada grupo, medias generales y los coeficientes de variación por descriptor.

Cuadro 4. Medias de los caracteres morfométricos de fruto y semilla de chile de agua (*Capsicum annum* L.) generado por el análisis de agrupamiento y corroborado con el dendrograma, así como, la prueba de Tukey.

Grupo	LF	PF	LP	GP	EPF	FFUP	CBF	LDP
1	10.98 b ^z	45.62 a	3.03 a	7.34 a	2.75 a	3.65 a	0.23 a	1.65 b
2	12.22 a	40.44 b	2.75 b	7.46 a	2.61 a	3.45 a	0.38 a	2.15 a
3	11.35 b	39.01 b	2.59 b	6.96 a	2.22 b	3.59 a	0.21 a	1.34 b
DMSH	0.57	2.90	0.18	0.61	0.20	0.25	0.21	0.31
CM	16.54	591.47	2.66	4.03	4.336	0.428	0.378	8.828
CV	10.26	14.64	13.72	17.44	17.21	14.56	16.98	40.08

Grupo	FMZ	BTZ	NS	SS	°BRIX	ACZ	CCL
1	9.58 a	35.27 b	321.43 a	1.70 a	4.50 a	0.25 b	0.0041 a
2	9.29 a	37.99 a	248.38 b	1.75 a	3.65 b	0.25 b	0.0019 b
3	7.27 b	38.57 a	305.23 a	1.69 a	4.83 a	0.33 a	0.0027 c
DMSH	0.85	1.62	37.72	0.23	0.44	0.02	0.0006
CM	94.53	149.16	61625.0	0.053	9.24	0.068	0.000025
CV	20.96	8.94	26.47	26.91	14.33	10.59	32.52

^zValores con igual letra dentro de cada columna son iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). DMSH: Diferencia mínima significativa honesta. CM:Cuadrado Medio entre Grupos. CV: Coeficiente de Variación. LF:Longitud del fruto (cm), PF:Peso del fruto(g), LP: Longitud del pedicelo,(cm) GP: Grosor del pedicelo (mm) EPF:Espesor de la pared (mm),FFUP: Forma del fruto en la unión con el pedicelo CBF:Cuello en la base del fruto, LDP:Longitud de la placenta, FMZ:Firmeza, BTZ:Brillantez, NS:Número de semillas, SS:Superficie de la semilla, °Brix:Sólidos solubles, ACZ:Acidez (mg en 100 g de fruto) , CCL:Clorofila (mg en 100 g de fruto)

Los caracteres grosor del pedicelo, forma del fruto en la unión con el pedicelo, cuello en la base del fruto, superficie de la semilla, no presentaron diferencias significativas entre los grupos conformados (Tukey, $P < 0.05$).

El grupo 1 (Oaxaca, Sola de Vega, Zimatlán y Ocotlán) mostró mayor expresión de los caracteres peso del fruto, longitud del pedicelo, espesor de la pared, firmeza, número de semillas, sólidos solubles, y contenido de clorofila, con el primer nivel de significancia.

En los caracteres longitud del fruto, longitud de la placenta, número de semillas y sólidos solubles se obtuvieron valores que variaron entre 10.98 y 12.22 cm, 1.34 y 2.15 cm, 248 y 321, 3.65 y 4.83 °Brix, respectivamente, presentaron diferencia significativa (Tukey $P < 0.05$) entre el grupo 2 con nivel de significancia (a) para los dos primeros caracteres y (b) para los otros dos, contra los grupos 1 y 3 con nivel de significancia (b) en los dos primeros caracteres y (a) en los últimos dos. Los niveles (a) corresponden a los valores más altos y (b) a los más bajos. Estos resultados contrastan con los obtenidos por López y Castro (1999) para diversas colectas de chiles nativos de Oaxaca, en los que mencionan que en caracteres cuantitativos la longitud del fruto, presentó, los coeficientes de variación de mayor magnitud e intervalos de 1 a 8.5 cm.

Los caracteres espesor de la pared, firmeza y acidez titulable, donde, los valores cambiaron entre 2.22 y 2.75 mm, 7.27 y 9.58 kg/cm², 0.25 y 0.33 %, respectivamente, se observó diferencia significativa (Tukey $P < 0.05$) donde el

primer nivel de significancia para los dos primeros caracteres correspondió a los grupos 1 y 2 y para último carácter al grupo 3.

Para el contenido de clorofila en fruto los valores fluctuaron entre los valores 0.0019 y 0.0041mg/100 g de fruto, donde se observó diferencia significativa entre los tres grupos formados, donde el mayor valor correspondió al grupo uno integrado por las colectas de Oaxaca, Sola de Vega, Zimatlán y Ocotlán, el valor intermedio correspondió al grupo tres formado por las colectas Yautepec y Tlacolula y el menor valor correspondió al grupo dos integrado por las colectas Etna y Zaachila.

Resultados similares han informado en otros trabajos, que la relación entre el diámetro del fruto y el grosor del pericarpio tiende a ser lineal, a medida que se incrementa el diámetro del fruto se incrementa el grosor del pericarpio (Pérez, 2003; Ben-Chaim y Paran, 2000; Shifriss *et al.* 1992). Los caracteres peso y ancho del fruto y espesor del pericarpio han mostrado altas correlaciones lineales entre si, por lo que se supone la existencia de una dependencia a un mismo sistema genético (Ben-Chaim y Paran, 2000). Shifriss *et al.* (1992) encontraron dominancia parcial para el carácter peso del fruto y recomiendan tener en cuenta el ancho del fruto cuando se trata de incrementar peso, siempre que el grosor del pericarpio se encuentre constante. Sin embargo, los dos

componentes del rendimiento, el número de frutos y su peso, sostuvieron una correlación negativa significativa entre sí ($r = -0.2888$).

El contenido de clorofila osciló entre 0.0019 y 0.0041 con un promedio de 0.0029 en 100 g de fruto. Valadez (1994), Yaritza y Gómez (2008), Stevanovic y Marinkovic (1983) mencionan que el color verde de los frutos se debe a la alta cantidad de clorofila acumulada en las capas del pericarpio. Los frutos maduros toman color rojo o amarillo debido a los pigmentos lico-percisina, xantofila y caroteno.

Rendimiento y calidad de fruto

El rendimiento obtenido en las diferentes colectas (Cuadro 5), la primera cosecha, fue el indicador de la precocidad; de esta manera la colecta con mayor número de frutos fue Ocotlán de significancia (a) con tres frutos promedio por planta. Para el número de frutos por planta para la segunda cosecha, la colecta Ocotlán también mostró el mayor valor (a) con 26 frutos en promedio. Esta misma colecta tuvo el mayor rendimiento expresado ($\alpha=0.05$) en peso total de frutos ($\text{g} \cdot \text{planta}^{-1}$), mientras que Zimatlán fue el que tuvo el rendimiento más bajo.

Cuadro 5. Rendimiento y número de frutos por planta en ocho colectas de chile de agua.

COLECTA	FCA ^z	PFCA ^y	FCB ^x	PFCB ^w	FT ^v	PFT ^u
Oaxaca	2.00 b ^s	62.36 ab	11.40 b	216.02 ab	12.80 b	281.14 ab
Tlacolula	2.00 b	53.94 ab	18.20 ab	220.50 ab	20.20 ab	274.44 ab
Zimatlán	2.00 b	48.92 b	18.80 ab	158.72 b	23.60 ab	223.64 b
Etla	2.00 b	61.80 ab	21.20 ab	216.18 ab	23.40 ab	277.98 ab
Ocotlán	2.00 a	67.12 a	26.00 a	265.48 a	29.20 a	321.84 a
Zaachila	2.00 b	60.72 ab	15.20 ab	249.10 ab	17.20 ab	309.82 ab
Yautepec	2.00 b	62.76 ab	15.80 ab	200.14 ab	17.80 ab	262.90 ab
Sola de Vega	2.00 b	64.82 ab	15.80 ab	222.48 ab	17.80 ab	287.30 ab
DMSH	0.79	16.65	13.69	91.58	12.51	96.73
CV	18.44	13.48	37.43	20.45	30.19	16.86

^sMedias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$); DMSH= Diferencia Mínima Significativa Honesta ($P \leq 0.05$); CV= Coeficiente de variación. ^zFCA= Número de frutos cosecha uno, ^yPFCA=Peso de frutos cosecha uno (g), ^xFCB=Número de frutos cosecha dos, ^wPFCB Peso de frutos cosecha dos (g), ^vFT=Número de frutos totales, ^uPFT=Peso de frutos totales (g) y ^tPMFCT=Peso medio de frutos (g).

La información sobre los atributos o características de calidad en frutos de chile, facilitan la identificación de genotipos que pueden ser posibles progenitores en programas de mejoramiento (Jarret, *et al.*, 2007). Algunos de los descriptores considerados para determinar la calidad del fruto en chile de agua y la comparación de medias para las ocho colectas se presentan en el Cuadro 6, los caracteres considerados fueron el peso del fruto que osciló en promedio entre los 21.52 y 35.54 g; la longitud del fruto de 71.25 a 91.74 mm, el volumen del fruto de 64.00 a 83.60 ml, la colecta Ocotlán tuvo el mayor

peso; mayor longitud y volumen. Para el ancho de fruto la variación promedio de 27.30 a 39.58 mm donde los niveles más altos correspondieron a las colectas de Sola de Vega, Yautepec y Ocotlán; para el grosor del pericarpio los valores tuvieron una variación de 1.89 mm a 2.76 mm, donde los más altos fueron obtenidos en las colectas Ocotlán y Etlá. Varios caracteres están asociados a la calidad de los frutos en las hortalizas, por ejemplo, Latournerie, *et al.* (2002) consideran que los criterios en los que se basan los productores para seleccionar sus materiales y asociarlos con la calidad son: tamaño del fruto, sabor, tolerancia a plagas y enfermedades y usos culinarios. Pérez *et al.* (2004), en chile manzano considera el volumen del fruto y el grosor del pericarpio como parámetros de calidad principalmente. Martínez *et al.* (2005) mencionan que en particular los productos hortícolas son altamente perecederos porque las pérdidas de firmeza y peso son rápidas, y los frutos sufren cambios de color durante periodos largos de almacenamiento que aceleran el deterioro de la calidad y la pérdida de su valor comercial. El color es un indicador de la calidad gustativa, la cual está determinada por la intensidad del mismo, que a su vez condiciona la calidad de fruto requerida (Nuez, 2001), por lo que es importante considerar éstos caracteres en los estudios de caracterización.

Cuadro 6. Comparación de medias de peso de fruto, largo, ancho, volumen de fruto y grosor de pericarpio en colectas de chile de agua de Oaxaca, México.

Colecta	PF ^z (g)	LF ^y (mm)	AF ^x (mm)	VF ^w (ml)	GP ^v (mm)
Oaxaca	28.36 ab	77.55 ab	33.59 ab	62.40 ab	2.50 ab
Tlacolula	21.52 b	71.25 b	27.30 b	49.80 b	2.34 ab
Zimatlán	28.32 ab	83.02 ab	34.17 ab	58.20 ab	1.89 b
Etla	29.80 ab	87.89 ab	34.40 ab	62.40 ab	2.76 a
Ocotlán	35.54 a	91.74 a	37.57 a	83.60 a	2.74 a
Zaachila	27.48 ab	90.22 a	34.54 ab	65.40 ab	2.39 ab
Yautepec	29.72 ab	88.12 ab	35.64 a	49.40 b	2.57 ab
Sola de Vega	25.40 b	87.68 ab	39.58 a	64.00 ab	2.45 ab
DMSH	9.39	18.81	8.29	25.41	0.71
CV	16.21	10.84	11.68	20.04	14.2

Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$); DMSH= Diferencia Mínima Significativa Honesta ($P \leq 0.05$); CV= Coeficiente de variación.^zPF: Peso de fruto ; ^yLF: Longitud de fruto; ^xAF: Ancho de fruto; ^wVF: Volumen de fruto; ^vGP: Grosor del pericarpio.

Caracteres registrados en parámetros postcosecha del fruto

Acidez titulable

El contenido de ácido cítrico en frutos verdes de chile de agua oscilo entre 0.23 y 0.34 %, el valor más bajo se obtuvo en la colecta Etla y el porcentaje más alto en las colectas Zimatlán y Ocotlán (Cuadro 7). Estos valores concuerdan con los obtenidos por Vásquez (2005), para frutos verdes (0.3072 y 0.4416) y para frutos maduros (1.2297 y 1.5948). Peralta *et al.* (2007) en chile verde 'Anaheim' encontraron porcentajes de ácido cítrico que fluctuaron entre 0.2 y

0.3%. Palomino *et al.* (2005) mencionan para chile pimiento acidez titulable entre 0.13 y 0.44% y para frutos 90% rojos fue de 0.351 ± 0.004 g ácido cítrico/100g tejido fresco.

Vitamina C

En frutos verdes los valores oscilaron entre 34.71 y 81.34 mg ácido ascórbico por 100 g^{-1} de peso fresco (Cuadro 7). El valor más bajo correspondió a la colecta Oaxaca y el valor mayor a la colecta Yautepec; valores que concuerdan con Vásquez (2005), que para este tipo de chile determinó promedios de 33.46 mg en frutos verdes y 105.31 mg en frutos maduros por 100 g^{-1} de fruto, los cuales se consideran bajos en comparación con otros tipos de chiles como el habanero, el jalapeño y el manzano. En *Capsicum annum* (Valadez, 1994), encontró contenidos de 50 a 280 mg de ácido ascórbico por cada 100 g de fruto; Cruz *et al.* (2007) encontraron en algunos genotipos de *C. frutescens* valores en contenido de vitamina C entre 132 y 455 mg 100 g^{-1} de peso fresco, por otra parte Nuez (2001) y Gnyayfeed *et al.* (2001) hallaron que a medida que los frutos de *C. annum* maduran el contenido de vitamina C se incrementa. Estos resultados nos indican que para el chile de agua en verde sazón los contenidos de vitamina C son menores que en los frutos rojos maduros.

Clorofila total

La concentración de clorofila total se cuantificó en frutos verdes en madurez comercial encontrándose que para las ocho colectas los valores oscilaron entre 0.0017 y 0.0037 mg por 100 g de fruto, como se muestra en el Cuadro 7. El valor menor correspondió a la colecta Zaachila con 0.0017 y el mayor a la de Ocotlán con 0.0037 mg por 100 g de fruto. Estos valores son bajos en comparación con otros tipos chiles como el pimiento morrón, donde Palomino *et al.* (2005) encontraron niveles de clorofila total de 134.60 ± 3.4 mg/100 g de tejido fresco, observándose diferencias significativas entre el contenido inicial y final para las temperaturas de 11°C y 8°C, mientras se mantuvo invariable para el almacenamiento a 4°C. El cambio del color verde en este tipo de chile a medida que madura, concuerda con Popovsky y Paran, 2000; Méndez *et al.*, 2004 quienes encontraron que los factores que influyen en la degradación de la clorofila y el color son la temperatura, la actividad del agua y el pH, puesto que el color del fruto de chile se origina por los plastidios que contiene el mesocarpio que en inmadurez son de color verde y en la etapa de madurez cambian a rojo; en madurez observaron que la clorofila y la antocianina se degradan y los cloroplastos se transforman en cromoplastos, los cuales contienen carotenoides que son los responsables del color final rojo.

Cuadro 7. Porcentaje de ácido cítrico, contenido de vitamina C y concentración de clorofila total en frutos verdes de chile de agua de ocho colectas de Oaxaca, México.

Colectas	% de ácido cítrico	Concentración en 100 g de fruto	Concentración en mg/100 g de fruto
Oaxaca	0.2995 ab*	36.0449 b	0.0023 bc
Tlacolula	0.3072 ab	47.6800 b	0.0023 bc
Zimatlán	0.3456 a	34.7192 b	0.0021 bc
Etla	0.2304 c	66.4523 ab	0.0021 bc
Ocotlán	0.3456 bc	65.0797 ab	0.0017 c
Zaachila	0.2668 a	58.0264 ab	0.0037 a
Yautepec	0.2458 bc	81.3410 a	0.0027 b
Sola de vega	0.2651 bc	49.4162 ab	0.0027 b
DMSH	0.0636	33.03	0.0008
CV	10.77	29.33	15.35

*Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$); DMSH: Diferencia mínima significativa honesta. CV: Coeficiente de Variación

Sólidos solubles (°Brix)

El contenido de sólidos solubles varió entre 3.6 y 5.6 °Brix. El valor mayor correspondió a la colecta Ocotlán y el menor a la colecta Zaachila (Cuadro 8). Estos valores son más bajos en relación a otros tipos de chile como en 'Cacho de cabra' donde los valores oscilan entre 9.7 y 11.8 °Brix, y en pimiento 7.3 a 8.6 (Castillo *et al.*, 2009).

Firmeza

La firmeza determinada en los frutos verdes en madurez comercial variaron entre 6.65 Kgf/m² que fue el valor menor y que fue determinado en la colecta Tlacolula, el valor mayor de 10.14 Kgf/m² correspondió a la colecta Zaachila, (Cuadro 8). Estos valores son mayores a los indicados para otros tipos de chile que son consumidos en verde (madurez comercial), Por ejemplo Kehr (2002) en pimiento reportó valores de 2.85, 3.53 y 3.64 en Kgf. y firmeza de pulpa de frutos de pimiento cvs. King Arthur y El Paso, bajo dos condiciones de almacenaje de 3.2 y 3.8 lb

Cuadro 8. Contenido de sólidos solubles y grado de firmeza obtenida en frutos de ocho colectas de chile de agua de Valles Centrales y Sierra Sur de Oaxaca, México.

Colecta	°Brix	Kg/m ²
Oaxaca	5.3 ab*	7.43 bc*
Tlacolula	4.2 c	6.65 c
Zimatlán	4.2 c	7.49 bc
Etla	3.7 c	8.91 ab
Zaachila	3.6 c	9.67 a
Ocotlán	5.6 a	7.55 bc
Yautepec	4.5 bc	10.14 a
Sola de vega	4.5 bc	9.02 ab
DMSH	0.99	1.72
CV	10.95	10.05

Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, P≤0.05); DMSH: Diferencia mínima significativa honesta. CV: Coeficiente de Variación

La pérdida de firmeza es una variable relacionada con la calidad del chile de agua, ya que resulta de la pérdida de agua y se expresa visualmente como arrugamiento del pericarpio. Este defecto reduce la calidad porque afecta negativamente la apariencia del fruto y se pierde la cualidad de frescura. El mayor porcentaje de pérdida de firmeza se presentó entre los cinco y los seis días.

Color

Cuadro 9. Valores de Hue, Chroma y Brillantez de colectas de chile de agua de Oaxaca.

Colecta	Hue	Chroma	Brillantez
Oaxaca	-69.008 a*	32.708 a	40.146 a
Tlacolula	-68.918 a	28.282 ab	35.830 bc
Zimatlán	-63.286 a	30.786 ab	38.334 ab
Etla	-68.052 a	32.534 a	39.936 a
Zaachila	-72.294 a	26.326 b	36.212 bc
Ocotlán	-65.450 a	28.768 ab	37.676 abc
Yautepec	-66.606 a	26.634 b	34.720 c
Sola de vega	-68.918 a	28.282 ab	35.830 bc
DMSH	9.46	4.99	3.28
CV	6.81	8.30	4.29

Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$); DMSH: Diferencia mínima significativa honesta CV: Coeficiente de Variación

Los valores obtenidos en las colectas de chile de agua en verde variaron para Hue entre -63.286 y -72.294; para chroma entre 26.326 y 32.708 y para brillantez entre 34.720 y 40.146 (Cuadro 9). Kerh (2002) determinó para chiles pimiento, variedades King Arthur y el Paso, lecturas iniciales de HUE de 102.54 a 104.49, a los cuatro días de 98.88, 87.90 y 72.72 y a los 15 días de 77.08 y 101.92. Moreno *et al.* (2006) para chile guajillo, obtuvo valores de Hue entre 20.11 y 83.55, Chroma de 10.81 y 55.95 y brillantez entre 21.24 y 38.70. Con respecto al chile de agua rojo (se consideró el fruto que ha desarrollado el 100% del color rojo), es poco aceptado en el mercado regional oaxaqueño.

3.6 CONCLUSIONES

En 39 variables morfológicas cuantificadas de frutos y semillas de chile de agua de ocho colectas de dos regiones de Oaxaca, el análisis de covarianzas sucesivas seleccionó 15, que mostraron variabilidad que permitieron la discriminación efectiva de dichas colectas y eliminaron aquellas cuya variación estuvo altamente correlacionada.

Con las 15 variables seleccionadas y con la técnica de agrupación de varianza mínima de Ward se generó un dendrograma de acuerdo con el criterio cúbico de agrupamiento (CCC) y la pseudoestadística cuadrada de T Hotelling (PST²) los que determinaron que tres grupos fueron los adecuados para agrupar los

frutos y semillas de las colectas. Los caracteres morfológicos seleccionados y discriminados a través de componentes principales (CP) identificaron cuatro componentes (CP) que explicaron el 86 % de variación total

El análisis de conglomerados con los caracteres morfológicos evaluados, permitió agrupar las colectas en tres grupos. El grupo uno agrupó las colectas de Oaxaca, Sola de Vega, Zimatlán y Ocotlán, el dos a Etlá y Zaachila, y el tres a Yautepec y Tlacolula. El grupo uno, presentó los frutos con los valores más altos en peso, longitud del pedicelo y contenido de clorofila, el grupo dos, con frutos y placenta más largos y el tres mostró los frutos más ácidos. Además la información generada permitió distinguir el germoplasma de Ocotlán como promisorio para un proceso de mejoramiento genético por presentar los frutos con los caracteres más deseables para el mercado local. Para rendimiento, esta misma colecta fue la más precoz a producción, y con valores más altos en peso, largo, ancho, volumen y grosor de pericarpio del fruto.

Los parámetros de calidad de los frutos variaron significativamente en contenido de clorofila en los tres grupos formados, las colectas de Tlacolula y Yautepec presentaron los contenidos mayores de acidez y menores valores en firmeza del pericarpio, los sólidos solubles fueron menores en Etlá y Zaachila, y los valores menores en brillantez se observaron en Oaxaca, Sola de Vega, Ocotlán y Zimatlán.

3.7 LITERATURA CITADA

- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMIST (A.O.A.C). 1990. Official Methods Analysis. Washington. D.C. 1015 p.
- BEN-CHAIM, A. Y I. PARAN. 2000. Genetic analysis of quantitative traits in pepper (*Capsicum annuum*). Journal American Society Horticultural Science 125:66-70.
- CASTILLO, G. C.; ORTIZ, A.C.; BORIE, R. F.; RUBIO, E.R. 2009. Respuesta de Ají (*Capsicum annuum* L.) Cv. "Cacho de Cabra" a la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares. Inf. tecnol. 20 (4) Temuco-Chile.
- CRUZ, P. A. B.; GONZÁLEZ, H. V. A.; SOTO, H. M. R.; GUTIERREZ, E. M.A.; GARDEA, BEJAR A. A.; PERÉZ, G. M. 2007. Capsaicinoides, vitamina C y heterosis durante el desarrollo del fruto de chile manzano. Agrociencia . Vol. 41 num. 006. Colegio de Posgraduados. Texcoco, México. PP. 627-635
- GNAYFEED, M.H.; DAOOD, H. G.; BIACS, P. A.; ALCARÁZ, C. F. 2001. Content of bioactive compounds in pungent spice red pepper (Paprika) as affected by ripening and genotype. J. Sci. Food Agric. 81: 1580-1585.
- INEGI. 2008. Sistema para la consulta del Anuario estadístico del estado de Oaxaca. México en:<http://www.inegi.org.mx/est/contenido/espa%F1ol/sistemas/aeeo3/estatal/oax/index.htm>
- IPGRI. 1995. Descriptors for *Capsicum spp.* Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Secretariat, Rome, Italy. 32 p.
- JARRET, J. R.; BALDWIN, E.; PERKINS B.; BUSHWAY, R.; GUTHRIE K.; 2007. Diversity of fruit quality characteristics in capsicum frutescens. Hortscience 42(1): pp.16-19.
- JOHNSON-DALLAS, E. 2000. Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos. Internacional Thomson Editores. D. F., México. 566 p.
- KEHR, M. E. 2002. Susceptibilidad a daño por enfriamiento en poscosecha de pimiento y tratamientos para disminuir su efecto. Agric. Téc., Chile, Vol. 62, No.. 4, pp 497-508
- LATOURNERIE, M. L.; CHÁVEZ, S. J. L.; PÉREZ, P. M.; CASTAÑÓN, N. G.; RODRÍGUEZ, H. S. A.; ARIAS, R. L. M.; RAMÍREZ, V. P. 2002. Valoración *in situ* de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum*

- annuum* L. y *Capsicum chinense* Jacq) en Yaxcaba, Yucatán. Rev. Fitotec. Mex. 25 (1): 25-33.
- LOPEZ, L. P. S. 2004. Recomendaciones generales para la producción de chile en el estado de Oaxaca. La tecnología del campo de experimentación a la parcela del productor. Rev. Fundación Produce Oaxaca. Num. 04. 36 pp
- LÓPEZ, L. P. S.; CASTRO, G. F. H. 1999. Al rescate de la diversidad del chile (*Capsicum* spp) en Oaxaca. Publicación especial. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. INIFAP, Oaxaca. México. 7 p.
- MARTÍNEZ, S. G.; DORANTES, G. A.R.J.; RAMÍREZ, M. M.; DE LA ROSA, L. A.; POZO, C. O. 2005. Efectos genéticos y heterosis en la vida de anaquel del chile serrano. Rev. Fitotec. Mex. 28 (004): 327-332
- MÉNDEZ, M.A., G.A. LIGARRETO, M.S. HERNÁNDEZ, Y L.M. MELGAREJO. 2004. Evaluación del crecimiento y determinación de índices de cosecha en frutos de cuatro materiales de ají (*Capsicum* sp.) cultivados en la Amazonia colombiana. Agronomía Colombiana 22(1):7-17.
- McGUIRE, R. G. 1992. Reporting of objective color measurements. HortScience 27(12): 1254-1255.
- MORENO, P.E. C. ; MARTÍNEZ, D. M. T.; REYES, L.D. ; PÉREZ, M. C.A.; PEÑA, L.A. ; P. ESPINOSA, R. P. 2006. Intensidad de color y contenido de antocianinas en chile guajillo (*Capsicum annum* L.) Rev. Chapingo Serie Horticultura. Volumen XII, Número 1: Enero-Junio, p. 125-130
- NUEZ, V. F.; GIL, O. R.; COSTA, G. J. 2001. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Ed. Mundi-prensa. España. 607 p.
- PALOMINO, A. J.E.; HENRY A. VAQUIRO H. H.A.; GUILLERMO SALAMANCA G. G. 2005. Estudio analítico de las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y termodinámicas del pimiento (*capsicum annum*) y sus posibilidades agroindustriales. Journal of the Colombian Association of Biological Sciences ; 0(17):21-30 ICID: 449717 .
- PERALTA, E.; MEJÍA, Z. S.; MONTOYA, B. L. C.; SOTO, V. H. 2007. Vida de anaquel de chiles verdes (*Capsicum annum*) 'Anaheim' tatemados durante el almacenamiento. Industria Alimentaria, Carnilac Industrial, Bebidas Mexicanas y Alimen Pack. Alfa Editores Técnicos, S.A. de C.V. Vol. 21 Num 3.
- PÉREZ, G. M.; GONZÁLEZ, H. V. A.; MENDOZA, C. M. C.; PEÑA, V. C.; 2004. Physiological characterization of manzano hot pepper (*Capsicum pubences* R & P) landraces. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 129(1):88-92.

- PÉREZ, R. 2003. Estimación de Parámetros Genéticos para la Tolerancia Sequía en Chile Cora, *Capsicum annuum* L. Tesis, Doctor en Ciencias Agrícolas y Forestales. Universidad de Colima. Tecomán, Colima, México. 133 p.
- POPOVSKY, S., AND I. PARAN. 2000. Molecular genetics of the locus in pepper, its relation to capsanthincapsorubin synthase and to fruit color. *Theor. Appl. Genet.* 101(1-2):86-89.
- RAMÍREZ-VALLEJO, P.; ORTEGA-PACZKA, R. A.; LÓPEZ-HERRERA, A.; CASTILLO-GONZÁLEZ, F; LIVERA-MUÑOZ, M.; RINCÓN-SÁNCHEZ, F.; ZAVALA-GARCÍA, F. (eds.). 2000. Recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura. Informe Nacional. SNICS-SOMEFI, A. C. Chapingo, México. 130 p.
- SAS.1999. SAS/STAT User's Guide: Statistics. Versión 8th ed. SAS institute, Inc. Cary, N.C. 956 p.
- SHIFRISS, C., M. PILOWSKY Y J. ZACKS. 1992. Resistance to *Leveillula taurica* (*Odiopsis taurica*) in *Capsicum annuum*. *Phytoparasitica* 20:279-283.
- STEVANOVIC, D., Z. MILADINOVIC Y N. MARINKOVIC.1983. Inheritance of some characters of pericarp in pepper. pages 63-70. In: Proceedings of the Meeting of the *Capsicum* and Eggplant Working Group of the Eucarpia. 4-7July. Instituto de Investigaciones Hortícolas Maritza, Plovdiv, Bulgaria
- VALADEZ, L. A. 1994. Producción de Hortalizas. Editorial Limusa SA de CV. México.. p. 186-187
- YARITZA RODRÍGUEZ, TOMÁS DEPESTRE Y OLIMPIA GÓMEZ. 2008. Eficiencia de la selección en líneas de pimiento (*Capsicum annuum*), provenientes de cuatro sub-poblaciones, en caracteres de interés productivo. Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova, Carretera Quivicán-Bejucal, km 331/2, Quivicán, La Habana, Cuba. CP 33500. *Cien. Inv. Agr.* 35(1): 37-49. 2008
- VÁSQUEZ, M. S. 2005. Fisiotecnia, Bromatología y contenido de capsaicinoides en chile de agua (*Capsicum annuum* L.). Tesis Profesional Licenciatura. Chapingo, México.

4. ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE OCHO COLECTAS DE 'CHILE DE AGUA' (*Capsicum annuum* L.) PROCEDENTES DE OAXACA, MEXICO.

4.1 RESUMEN

El propósito del presente estudio fue realizar un análisis de crecimiento y relacionarlo con la fenología y el rendimiento de fruto de ocho colectas de 'chile de agua' (*Capsicum annuum*). Las plantas fueron cultivadas en un sistema intensivo de producción en invernadero. El patrón de crecimiento se analizó durante un ciclo de cultivo, de mayo a septiembre de 2008, se empleó un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Para ello se cuantificó el área foliar (AF) y el peso seco de cada sección de la planta (raíz, tallo, hoja y fruto) y la materia seca total (MS) de tres plantas por colecta, muestreadas a intervalos de quince días a partir del trasplante, durante cuatro meses. Los principales índices utilizados para evaluar el crecimiento del chile de agua fueron tasa absoluta de crecimiento (TAC), tasa relativa de crecimiento (TRC) y tasa de asimilación neta (TAN) y su cálculo se determinó por la metodología propuesta de Rodríguez *et al.*, y el paquete de SAS 9.0. Además se cuantificaron variables como diámetro, altura, bifurcación del tallo principal, número de frutos, inicio de floración, amarre y crecimiento de fruto y madurez comercial. Los resultados mostraron que todas las colectas tuvieron un patrón de crecimiento simple sigmoideal. Las colectas Ocotlán y Tlacolula tuvieron mayor acumulación de biomasa y en rendimiento de fruto asociadas con

mayores tasas absolutas de crecimiento (TAC) especialmente durante la etapa de fructificación; así mismo tuvieron altos Índices de cosecha (IC) y producción de biomasa; sin embargo la tasa relativa de crecimiento y la tasa de asimilación neta no presentaron una relación clara.

Palabras claves: *Capsicum annuum*, acumulación de biomasa, área foliar, índices fisiológicos, tasas de crecimiento.

4.2 ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze growth and relate it to the phenology and fruit yield of eight collections of 'pepper water' (*Capsicum annuum*) plants were grown in an intensive system of production in greenhouses. The growth pattern was analyzed during one growing season from May to September 2008, was employed a completely randomized design with three replications. This was measured leaf area (AF) and dry weight of each section of the plant (root, stem, leaf and fruit) and total dry matter (DM) of three plants per collection, sampled at intervals of fifteen days after transplantation for four months. The main indices used to assess growth of the 'water chilli' pepper were absolute growth rate (TAC), relative growth rate (TRC) and net assimilation rate (NAR) and its

calculation is determined by the methodology proposed by Rodríguez *et al.*, (2006). , and the package of SAS 9.0. Besides variables were quantified as diameter, height, branching from the main stem, number of fruits, beginning of flowering, mooring and fruit growth and commercial maturity. The results showed that all collections had a simple sigmoidal growth pattern. Ocotlan and Tlacolula collections had increased biomass accumulation and fruit yield associated with higher absolute rates of growth (TAC), especially during the fruiting stage, so it had high harvest index (IC) and biomass production, but the relative growth rate and net assimilation rate showed no clear relationship.

Keywords: *Capsicum annuum*, biomass accumulation, leaf area, physiological indices, growth rates.

4.3 INTRODUCCION

El 'chile de agua' (*Capsicum annuum* L.) es un cultivo del cual existe poca información local sobre análisis del crecimiento y fenología de la planta (López y Castro 1998). Los estudios detallados del crecimiento de las plantas permiten cuantificar diferentes aspectos del mismo: la duración del ciclo; la definición de las etapas de desarrollo; y la distribución de los fotoasimilados por órganos. Además, los análisis del crecimiento son básicos para comprender mejor los procesos fisiológicos que determinan la producción vegetal, y así fundamentar más racionalmente las prácticas de manejo del cultivo: nutrición, riego, podas, estrategias de protección, entre otras (Barrientos, 1988).

El crecimiento se define como un incremento constante en el tamaño de un organismo, que está acompañado de dos procesos: morfogénesis y diferenciación; el primero es el desarrollo de la forma o modelo de la célula u órgano y el segundo, es el proceso por el cual las células cambian estructural y bioquímicamente para formar o adquirir funciones especializadas (Taiz y Zeiger, 2006). Ambos procesos se pueden medir mediante la tasa absoluta de crecimiento, en función de la cantidad de materia seca en crecimiento presente y la tasa de funcionamiento de esta, en relación con la influencia del ambiente (Milthorpe y Moorby, 1982).

El peso seco es el criterio más apropiado para medir el crecimiento y la magnitud del sistema de asimilación de la planta, referido, frecuentemente, al

área foliar total (Taiz y Zeiger, 2006; Radford, 1967). El área foliar es la medida usual del tejido fotosintetizador de una comunidad de plantas. Además, la cantidad de área foliar es importante, porque esta determina la cantidad o importe de energía solar que es absorbida y convertida a materiales orgánicos (Shibles, 1987). Steer y Pearson (1976), indican que todas las hojas de la planta de Chile exportan el mismo porcentaje de carbono fijado. No obstante, la tasa de fijación por unidad de área es diferente entre las hojas jóvenes y adultas. También menciona que los frutos son capaces de fijar carbono para su desarrollo; pero además, los fotoasimilados son importados desde las hojas del eje principal de donde se encuentra el fruto. Estos asimilados son la principal fuente, contribuyendo en aproximadamente 7.5 veces más en carbono que el fijado por los mismos frutos.

En la curva de crecimiento de la planta de Chile se distinguen tres etapas: La primera, una fase inicial o logarítmica, donde la planta joven cuenta con un área foliar y un sistema radical reducido. La segunda, una fase vegetativa o exponencial donde el crecimiento es rápido y el poder de asimilación de la planta aumenta a medida que sus órganos se desarrollan. La tercera es una fase de estabilización, donde después del inicio de la fructificación ocurre una disminución del crecimiento hasta estabilizarse (Rylski, 1986). Azofeifa y Moreira (1998) obtuvieron resultados similares con relación al patrón de crecimiento y las principales etapas fenológicas de la planta de Chile dulce cv. UCR 589. Estos autores determinaron que la planta envía más fotoasimilados hacia la producción de frutos que hacia la formación de la parte vegetativa y

que el máximo TAN coincidió con la fase de rápido crecimiento de los frutos. La planta redujo el crecimiento vegetativo cuando inició la fructificación, especialmente cuando los frutos presentaron las mayores tasas de crecimiento.

Debido a la importancia de conocer el comportamiento y eficiencia fotosintética del cultivo de chile de agua para optimizar el proceso de cultivo e identificar genotipos sobresalientes, en las diferentes colectas, para un proceso de mejoramiento genético en este estudio se planteó determinar el patrón de crecimiento, definir las principales etapas fenológicas en plantas de ocho colectas de chile de agua, así como determinar y relacionar índices y tasas de crecimiento con la distribución de la biomasa en la planta y con el rendimiento del fruto.

4.4 MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo de mayo a septiembre de 2008, en un invernadero de cristal del Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México (19° 29' LN y 98° 53' LW, a 2240 msnm). Se evaluaron ocho colectas criollas de 'chile de agua' de Valles Centrales y Sierra Sur del estado de Oaxaca (Cuadro 1).

Cuadro 1. Datos de pasaporte de ocho colectas de ‘chile de agua’ de Valles Centrales y Sierra Sur de Oaxaca, México.

Colecta	Elevación (msnm)	Latitud	Longitud	Clima
Oaxaca	1560	LN 16° 59' 45''	LW 96° 46' 50''	Semiseco semicálido BS1h
Tlacolula	1600	LN 16° 57' 13"	LW 96° 28' 33"	Semiseco semicálido BS1h
Zimatlán	1500	LN 16° 51' 55"	LW 96° 47' 05"	Templado subhúmedo C(w1)
Etla	1660	LN 17° 12' 27"	LW 96° 48' 0"	Semicálido subhúmedo ACw0
Ocotlán	1460	LN 16° 33' 50"	LW 96° 43' 45"	Semiseco semicálido BS1h
Zaachila	1490	LN 16° 57' 0''	LW 96° 45' 0"	Templado subhúmedo C(w1)
Yautepec	940	LN 16° 29' 42"	LW 96° 06' 22"	Semiseco cálido BS1(h')
Sola de Vega	1143	LN 16° 30' 53"	LW 96° 58' 40"	Semicálido subhúmedo ACw

Fuente: INEGI, 2008. Anuario estadístico del estado de Oaxaca.

Se sembró en charolas de unicel de 200 cavidades, las cuales contenían ‘turba’ como sustrato, en donde fueron depositadas dos semillas por cavidad a 0.5 cm de profundidad y después de la germinación se aclaró a una planta por cavidad. Cada tercer día se aplicaron riegos ligeros, y una vez emergidas las plántulas se le proporcionó sombra al 50 %, la fertilización se proporcionó con solución nutritiva universal de Steiner al 25 %.

Las plántulas fueron trasplantadas en macetas de polietileno negro calibre 700 de 45 x 50 cm, con espuma volcánica (tezontle) como sustrato, colocadas a una distancia de 0.80 m entre hileras y 0.30 m entre macetas. Se colocaron tutores a los 30 días después del trasplante e hilos de rafia a lo largo de las hileras a 20 cm de distancia. Como fuente de nutrimentos en el sistema hidropónico, se empleó la solución nutritiva propuesta por Pérez y Castro (1998) con las siguientes dosis de fertilizantes utilizados para preparar 1000 litros de solución nutritiva para irrigar plantas de chile establecidas en maceta y en invernadero : Ácido fosfórico (85 %) 100 ml; Sulfato de Potasio 870 g, Sulfato de Magnesio 1230 g; Nitrato de Potasio 750 g; Nitrato de calcio 1300 g; Sulfato ferroso 50 g; Sulfato de Manganeso 10 g; Sulfato de Zinc 5.0 g; Sulfato de Cobre 5.0 g; Borax 20 g. La aplicación de la solución nutritiva se hizo mediante riego por goteo a una concentración de 100 % durante todo el ciclo.

En plántula se presentó *Fusarium spp*, el cual se controló con Procloraz a una dosis de 1 ml por litro de agua. En el trasplante, se aplicaron cinco gramos de cal mezclada con el sustrato, como fungicida preventivo contra hongos patógenos de la raíz. Para prevenir las enfermedades en el cultivo cada quince días se hicieron aplicaciones de Oxiclورو de Cobre con dosis de 0.5 gramos por litro de agua. Para el control de insectos chupadores (pulgones, paratrioza y mosquita blanca, etc.) se utilizaron trampas adhesivas de color amarillo y azul distribuidas en todo el invernadero.

Se empleó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones, la unidad experimental consistió de una maceta con una planta. Se realizaron ocho muestreos destructivos de tres plantas cada uno, a intervalos de 15 días a partir de los tres días después del trasplante (ddt). En cada muestreo se midieron los siguientes caracteres:

Altura de planta (cm), desde la superficie del sustrato al punto de crecimiento del tallo principal; *diámetro del tallo principal (cm)*, a una altura de dos cm sobre el sustrato; *número de bifurcaciones*, del tallo principal; *número de hojas*, por planta; *área foliar (cm²)*, determinada con integrador de área foliar LI-3100 (LICOR, INC. Lincoln, Nebraska, EUA); *número de frutos*, por planta; *rendimiento (kg)* por planta, con una balanza digital Sartorius 1205 MP; *materia seca* de tallos, hojas y frutos (g). Los órganos fueron previamente secados a 70 °C, hasta peso constante en una estufa marca THELCO modelo 6M.

Se determinaron las etapas de bifurcación del tallo, inicio de floración, inicio de fructificación, madurez comercial y se cuantificaron los días después del trasplante (ddt) en que ocurrieron estas etapas, durante todo el ciclo biológico del cultivo de chile de agua, con la finalidad de relacionarlas con las variables de altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, número de frutos, número de bifurcaciones, área foliar y su influencia sobre el rendimiento, crecimiento y desarrollo final de los órganos de las diferentes colectas.

A partir de la propuesta de Rodríguez *et al.*, (2006) se aplicó regresión no lineal para materia seca (MS) y área foliar (AF), mediante el modelo logístico

$$MS = F(x) = A / (1 + B \cdot e^{-C \cdot x})$$

$$MS' = F'(x) = (A \cdot B \cdot C \cdot e^{-C \cdot x}) / (1 + B \cdot e^{-C \cdot x})^2$$

Donde:

MS = Representan a la variable respuesta materia seca (g)

MS' = Primera derivada del modelo logístico.

A = Valor máximo de los valores observados en el experimento.

A/2 = Ordenada del punto de inflexión.

B = No tiene significado biológico y toma lugar en el tiempo inicial cuando x = 0.

C = Parámetro relacionado con el valor de x para el punto de inflexión, determina la amplitud de la curva.

x = Días después del trasplante (ddt).

Con dicho modelo se obtuvieron los siguientes índices de eficiencia fisiológica:

$$TAC = MS' = (A \cdot B \cdot C \cdot e^{-C \cdot x}) / (1 + B \cdot e^{-C \cdot x})^2$$

$$TRC = MS' / MS = [(A \cdot B \cdot C \cdot e^{-C \cdot x}) / (1 + B \cdot e^{-C \cdot x})^2] / [A / (1 + B \cdot e^{-C \cdot x})]$$

$$TAN = MS' / AF = [(A \cdot B \cdot C \cdot e^{-C \cdot x}) / (1 + B \cdot e^{-C \cdot x})^2] / [A / (1 + B \cdot e^{-C \cdot x})]$$

Adicionalmente se estimaron las correlaciones de Pearson para las variables de estudio. También se llevó a cabo un análisis de varianza (ANAVA), de acuerdo

con el diseño experimental completamente al azar y la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) y así poder establecer las diferencias estadísticas en la acumulación de materia seca de cada órgano.

4.5 RESULTADOS Y DISCUSION

A los datos observados de altura de planta, diámetro de tallo, altura a la primera bifurcación, número de hojas, número de bifurcaciones, materia seca (raíz, tallo, hoja, fruto, flor), área foliar, número de frutos, se les aplicó el programa de cómputo para la estimación de parámetros de cuatro modelos no lineales, aplicados al análisis de crecimiento de cultivos (Rodríguez *et al.*, 2006). Donde la regresión no lineal con el modelo logístico fue el que mejor se adecuó a todas las variables. Una vez estimados los parámetros correspondientes de cada variable (Cuadro 2) y Apéndice (A2), se observó que la correlación entre datos observados y estimados en la mayoría fue mayor a 0.90, lo que indica que éste modelo fue adecuado para explicar el comportamiento del crecimiento de los caracteres evaluados.

CUADRO 2. Caracteres y modelos matemáticos con los que se estimaron los datos observados en el experimento en Chile de agua (*Capsicum annuum* L.)

Caracter	Modelo	r [†]
Altura de planta	$y = 129.797 / (1+136.294e^{-0.0709*ddt})$	0.97
Diámetro de tallo	$y = 13.784 / (1+18.6655e^{-0.0406*ddt})$	0.98
Altura primera bifurcación	$y = 33.0101 / (1+22.969e^{-0.0406*ddt})$	0.99
Número de hojas	$y = 250.275 / (1+146.346e^{-0.0687*ddt})$	0.89
Bifurcaciones del tallo principal	$y = 11.3559 / (1+127.998e^{-0.0685*ddt})$	0.98
Materia seca de raíz	$y = 2.9112 / (1+722.197e^{-0.0807*ddt})$	0.97
Materia seca de tallo	$y = 24.0926 / (1+3845.5e^{-0.0966*ddt})$	0.97
Materia seca de hojas	$y = 16.1378 / (1+10563.05e^{-0.1157*ddt})$	0.98
Área foliar	$y = 4657.38 / (1+1869.87e^{-0.0956*ddt})$	0.98
Materia seca de frutos	$y = 28.048 / (1+84246.45e^{-0.1110*ddt})$	0.98
Materia seca de flores	$y = 0.2211 / (1+168563846.4e^{-0.3081*ddt})$	0.91
Número de frutos	$y = 12.5061 / (1+287960.32e^{-0.1593*ddt})$	0.98
Materia seca total	$y = 71.2724 / (1+2778.52e^{-0.0874*ddt})$	0.99

r[†] Correlación lineal entre valores observados y estimados; ddt = Días después del trasplante

La altura de la planta tuvo un comportamiento simple sigmoideo (Figura 1a), en todas las colectas. La colecta Ocotlán mostró un crecimiento mayor, ya que continuó su crecimiento, mientras que las otras iniciaban su fase de senescencia, por lo que puede ser considerada como más tardía; en contraste, Oaxaca y Tlacolula fueron más precoces. Cuando la plantas alcanzaron altura promedio de 16 cm, 30 días después del trasplante (ddt), el tallo principal mostró su primera bifurcación y al final del ciclo alcanzó un promedio de diez. El inicio de la floración ocurrió cuando la planta presentó 45 cm de altura (63 ddt), en tanto que el amarre del fruto y crecimiento del mismo se presentó a

los 87 cm de altura (78 ddt). La madurez comercial ocurrió a los 100 cm de altura y (90 ddt). La altura final promedio de las plantas fue de 116 cm (110 ddt).

Para el diámetro del tallo la tendencia que presentaron las colectas Zaachila, Yautepec y Etlá, es de un comportamiento tardío, puesto que las curvas de la gráficas (Figura 1b) muestran que en este periodo no alcanzaron su máximo crecimiento, en comparación con las otras colectas que ya iniciaban su etapa de senescencia y fue la de Ocotlán la que alcanzó el diámetro mayor más rápidamente. La primera bifurcación ocurrió cuando el tallo presentaba un diámetro de 3 mm (33 ddt). El inicio de la floración ocurrió cuando la planta presentó un diámetro de 5.3 mm (63 ddt), el amarre del fruto y crecimiento ocurrió cuando el diámetro fue de 8.2 mm (78 ddt) y la madurez comercial cuando el diámetro promedio de las plantas fue de 9.4 mm (90 ddt).

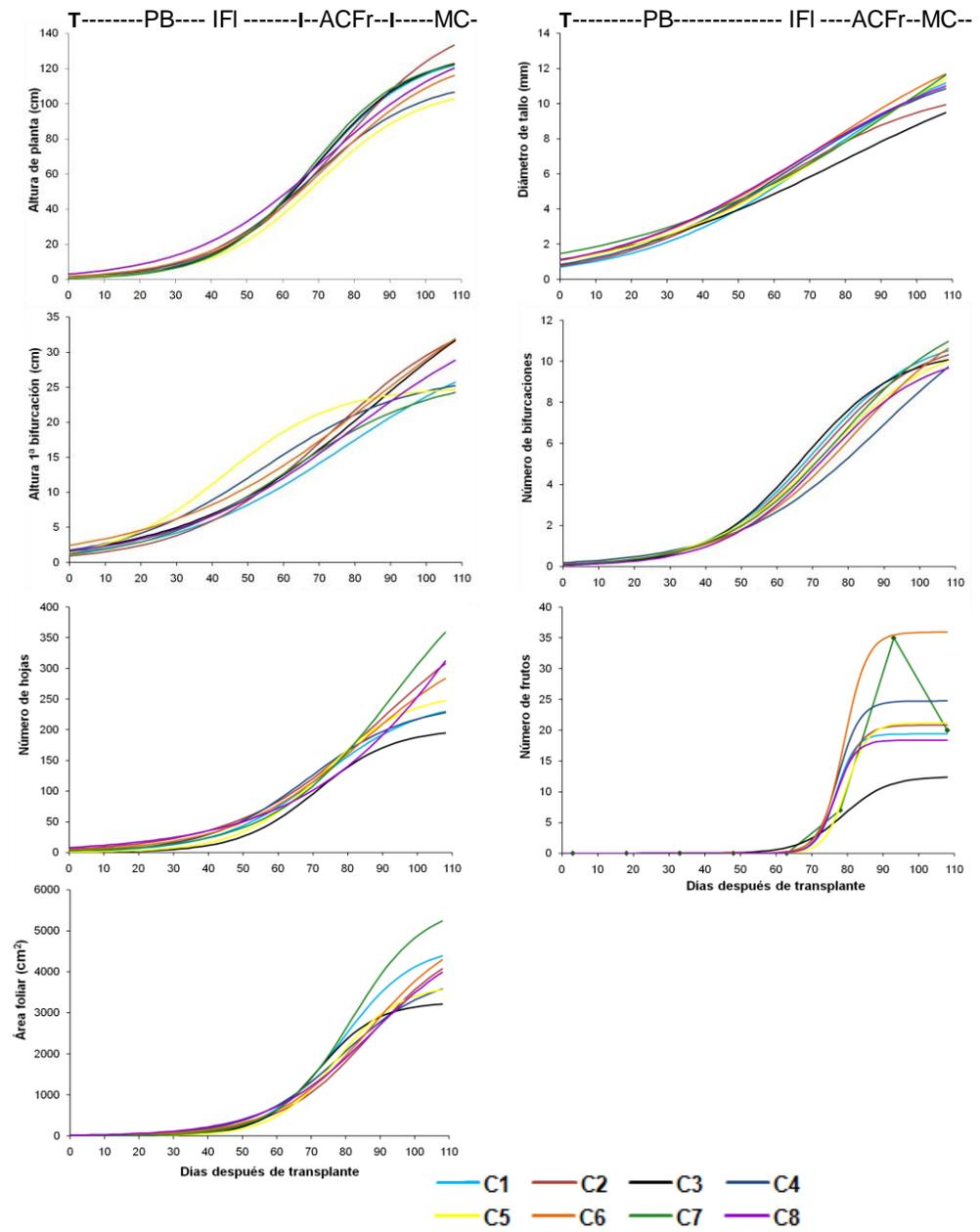
La primera bifurcación del tallo principal ocurrió a los 30 ddt en todas las colectas con altura promedio de 8.8 cm. Al inicio de la floración la primera bifurcación presentó una altura de 14.3 cm (63 ddt), en la etapa de amarre y crecimiento de fruto (78 ddt) la altura de la primera bifurcación fue de 18.8 cm, en la etapa de madurez comercial (90 ddt) la primera bifurcación de tallo fue de 23.54 cm. Las colectas Ocotlán, Zaachila, Zimatlán y Oaxaca presentaron crecimiento por lo que son tardías en comparación con las colectas Tlacolula, Etlá y Yautepec cuyo comportamiento fue más precoz (Figura 1c). El número

máximo de bifurcaciones durante el periodo analizado fue de 11 y correspondió a plantas de las colectas Oaxaca, Ocotlán, Zaachila y Yautepec (Figura 1d).

En general se observó un crecimiento y desarrollo acelerado en las etapas vegetativas tempranas de bifurcación del tallo principal, floración, amarre y crecimiento de fruto (87ddt). Sin embargo al iniciar la planta la fase de fructificación se presentó menor velocidad de crecimiento en las variables mencionadas, debido a la madurez comercial donde la mayor cantidad de fotoasimilados fueron canalizados al fruto (Figura 1).

Antes de la fructificación el incremento en número y tamaño de hoja tuvieron la misma tendencia; la producción de hojas disminuyó a partir de los 50 ddt, mientras que el área foliar presentó dicho comportamiento a los 45 ddt. El número de frutos, disminuyó a los 80 ddt.

Para optimizar las prácticas de manejo en el cultivo de chile de agua, es necesario identificar y seleccionar caracteres morfológicos que generen un arquetipo de planta que incremente y el rendimiento bajo condiciones de invernadero e hidroponía. Las plantas con tallo grueso tienen mayor capacidad de sostener a las estructuras reproductivas sin que se doble la planta, y así evitar un posible daño a los tejidos de conducción. Un mayor grosor del tallo se relaciona con mayor área transversal del floema y mayor flujo de asimilados hacia los frutos, si la capacidad de fuente y la fuerza de la demanda no son restrictivas (Marcelis *et al.*; 1998).



C1-C8: Oaxaca, Zaachila , Zimatlán, Etna, Tlacolula, Ocotlán, Yautepec, Sola de Vega

Figura 1. Comportamiento de ocho colectas de chile de agua. (a) altura de planta, (b) diámetro de tallo, (c) altura primera bifurcación del tallo principal (d) número de bifurcaciones (e), número de hojas (f) número de frutos (g) área foliar (g). T: Trasplante; PB:Primera bifurcación del tallo principal; IFI: Inicio floración; ACFr: Amarre Crecimiento del Fruto; MC: Madurez comercial.

Plantas Precoces proporcionan la ventaja de más ciclos de cultivo por año. Esta mayor productividad se podría basar en un aparato fotosintético más eficiente en menos tiempo o a un menor periodo de crecimiento de los frutos pero a tasas mayores de fijación de fotoasimilados (Evans, 1972; Hunt, 1978).

Distribución de biomasa aérea

Al analizar los datos de acumulación de materia seca se encontró diferencias significativas en hoja, tallo, fruto y total a los 63, 78, 93 y 108 ddt (Cuadro 3 y Figura 2). Las colectas Ocotlán, Oaxaca, Zaachila y Yautepec alcanzaron los valores más altos. De acuerdo con la fenología del cultivo, la acumulación y distribución de la materia seca por órgano en las ocho colectas evaluadas mostraron una tendencia a mayor acumulación de materia seca a partir de los 78 ddt que coincide con el inicio de la fructificación hasta alcanzar la máxima acumulación por órgano y por planta completa al final del ciclo del cultivo (110 ddt). Lo cual coincide con Vásquez (2005) en su estudio para determinar variables fisiológicas y fisiotécnicas para describir el crecimiento del chile de agua, este autor indica que este tipo de chile presenta crecimiento simple sigmoide en órganos como raíz, tallo, hoja y fruto.

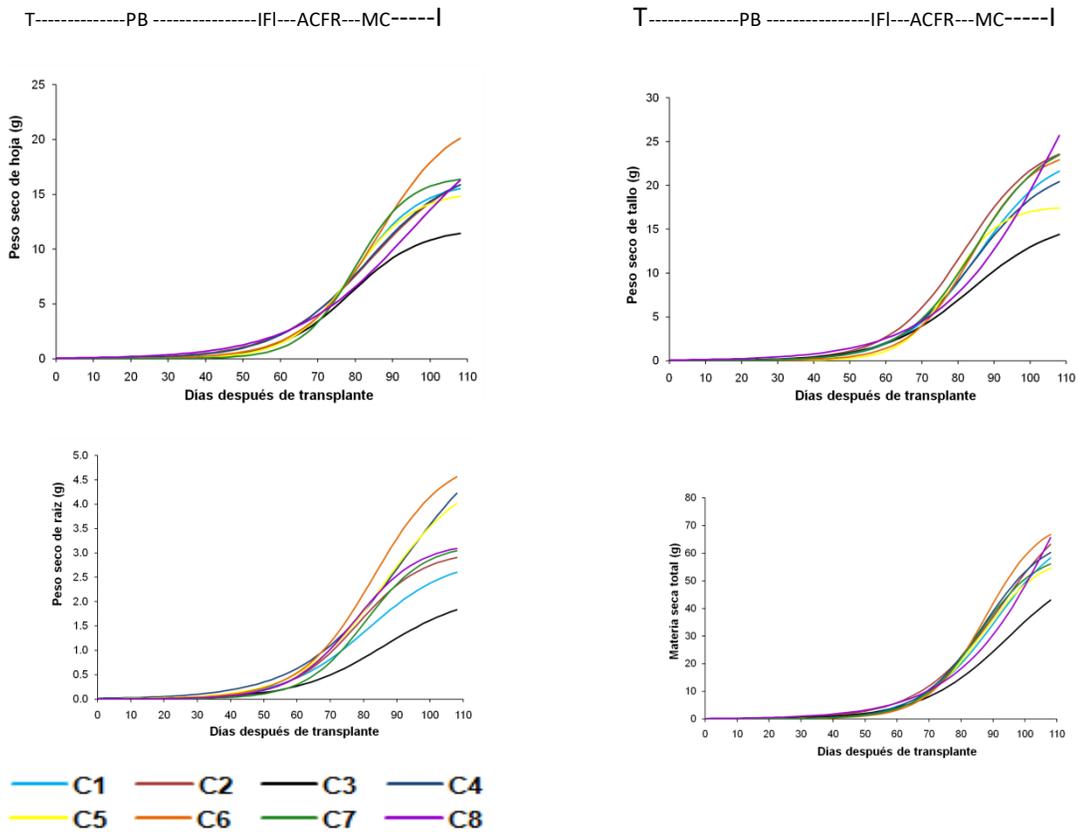
Cuadro 3. Comparación de medias de materia seca en los diferentes órganos de la planta de 'chile de agua' y en los diferentes muestreos durante el ciclo de producción del cultivo.

DDT	PSH		PST		PSF		MST	
3	0	e*	0	d	0	c	0.0027	e
18	0.01	e	0	d	0	c	0.0175	e
33	0.05	e	0,02	d	0	c	0.0868	e
48	0.71	e	0,36	d	0	c	1.2672	de
63	1.92	d	1,68	d	0	c	4.1637	d
78	7.10	c	9,22	c	1.34	c	19.5546	c
93	12.33	b	15,24	b	8.54	b	38.7913	b
108	15.90	a	21,55	a	17.97	a	58.7629	a
DMS	1.01		1,89		1.36		2.94	

*Medias con la misma literal son iguales, Tukey ($P \leq 0.05$). DDT : Días después del trasplante. PSH: Peso seco hoja. PST: Peso seco de tallo. PSF: Peso de Fruto. MST: Materia seca total.

Distribución de Materia seca por órgano

En terminos generales, al analizar en las colectas la acumulación y distribución de materia seca por órgano a lo largo del ciclo de cultivo, se encontró que en la etapa vegetativa que comprende de la bifurcación del tallo principal (30 ddt) hasta el inicio de la floración (63 ddt), la mayor acumulación de materia seca se presentó en tallos y hojas, después de esa fecha se inicia la acumulación predominantemente hacía el fruto hasta el final del ciclo del cultivo (Cuadro 3 y Figura 2).



C1-C8: Oaxaca, Zaachila, Zimatlán, Etla, Tlacolula, Ocotlán, Yautepec, Sola de Vega

Figura 2. Distribución de biomasa aérea por órgano a través del desarrollo fenológico del cultivo de 'chile de agua' de ocho colectas de Oaxaca, México. a) hoja, b) tallo, c) fruto, d) raíz, e) materia seca total.

Tasa absoluta de crecimiento

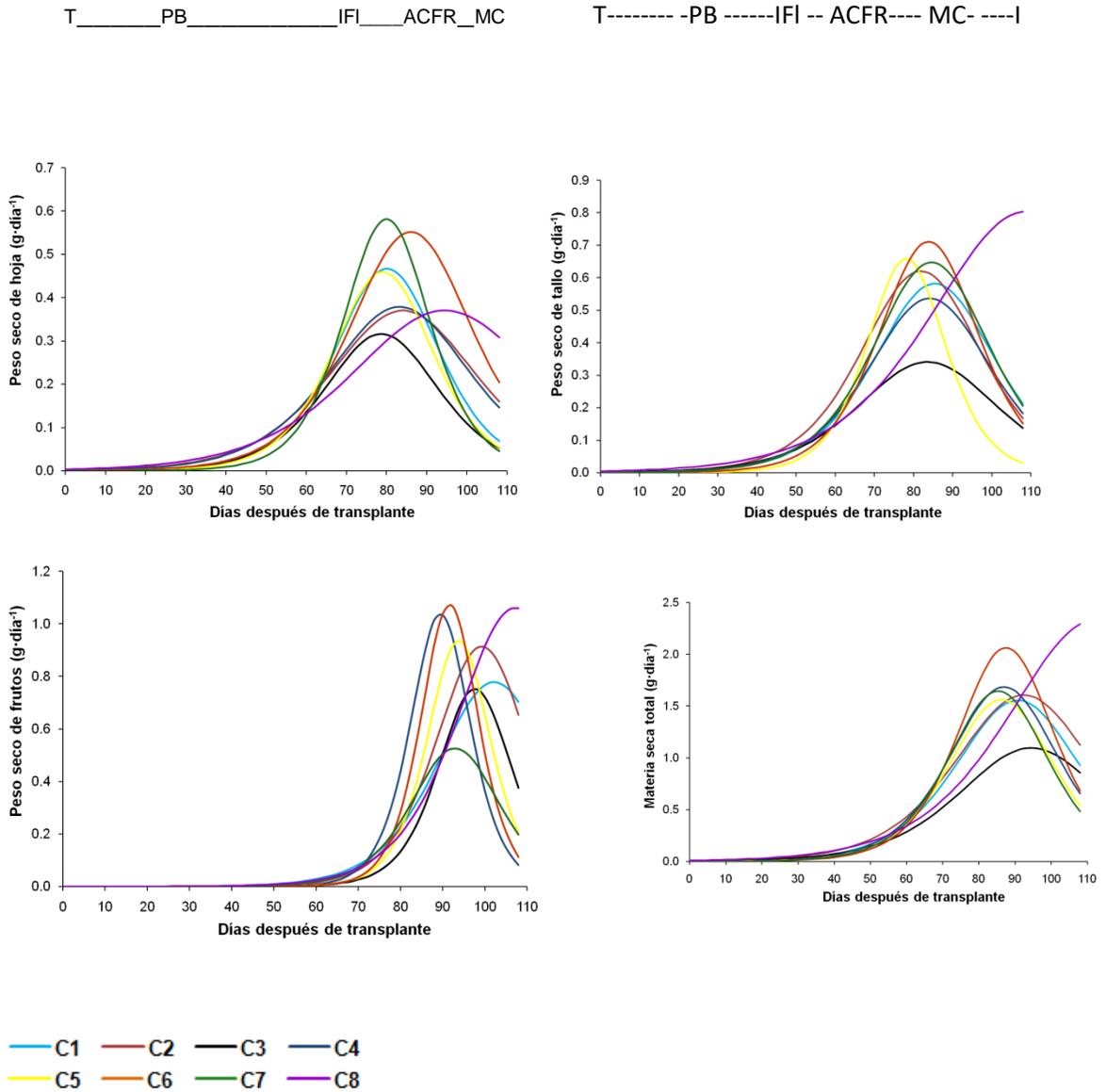
Las plantas mostraron tendencias similares en la velocidad de crecimiento del cultivo medido a través de la Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC) en tallos y hojas en un intervalo de 3 y 63 días después del trasplante ya que aun no

contaba con frutos. Una vez que inició el desarrollo de frutos la TAC fue diferente entre colectas durante el periodo entre inicio de fructificación (78 ddt) y la madurez comercial (110 ddt). En el sexto muestreo (78 ddt) los frutos acumularon 0.19 g-día^{-1} , en tanto que tallos y hojas 0.45 y 0.37 g-día^{-1} , respectivamente.

De los 78 a los 110 ddt la planta presentó un incremento acelerado en la acumulación de materia seca en frutos pasando de 0.19 a 0.60 g-día^{-1} . Los tallos y hojas presentaron su máxima TAC durante el periodo de fructificación, con 0.61 y 0.42 g-día^{-1} a los 80 y 78 ddt, respectivamente. Los frutos tuvieron su máxima TAC durante la madurez comercial con 0.77 g-día^{-1} (Figura 3c), tal comportamiento se atribuye a que una vez iniciada la fructificación (63 ddt) las hojas inician su senescencia y algunas caen y la planta destina una parte importante de los fotoasimilados a los frutos que fue el órgano de mayor demanda al final del ciclo, al lograr acumular 17.97 g de materia seca por fruto.

Las colectas alcanzaron su máxima TAC en diferentes momentos (Figura 3d), la colecta Oaxaca a los 90 ddt, Zaachila a los 92 ddt, Zimatlán a los 94 ddt, Etlá, Ocotlán, Tlacolula y Yautepec a los 87 ddt y de forma contrastante la de Sola de Vega a los 110 ddt. Esto es un indicador de la precocidad en que ocurrió la diferenciación celular y por lo tanto en la aparición de hojas, ramas,

flores y frutos, esta información puede ser empleada en futuros estudios para determinar la posible presencia de posibles restricciones nutrimentales .



C1-C8: Oaxaca, Zaachila, Zimatlán, Etlá, Tlacolula, Ocotlán, Yautepec, Sola de Vega.

Figura 3 .Tasa absoluta de crecimiento (TAC) de ocho colectas de ‘chile de agua’ de Oaxaca, México en (a) peso seco de hoja, (b) peso seco de tallo, (c) peso seco de fruto, (d) materia seca total, a través del tiempo. PB: Primera bifurcación del tallo principal; IFI: Inicio de floración; ACFR: Amarre y crecimiento del fruto MC:Madurez comercial.

El comportamiento típico de la TAC para cultivos como chile morrón (Cruz, 2001) y Frijol (Esquivel, 1999) fue encontrado en las ocho colectas estudiadas donde una vez que alcanzaron sus máximos valores de TAC, disminuyeron inmediatamente, ningún tratamiento mantuvo una tasa constante en la acumulación de materia seca total. Sin embargo, en otro estudio de chile manzano cultivado a campo abierto, el comportamiento se mantuvo con fluctuaciones en los valores de la TAC durante todo el ciclo del cultivo causado por su crecimiento indeterminado (Dominguez y García, 1997), comportamiento similar ocurre en chile mirador en invernadero (Antonio, 2000).

La ventaja de las plantas de las colectas Ocotlán, Tlacolula y Oaxaca de alcanzar primeramente sus máximas TAC se traduce en un uso más eficiente de los recursos agua, nutrimentos, radiación disponible; y en un sistema de producción intensiva, no solo es importante el uso eficiente del espacio, sino también del tiempo requerido para la producción de frutos.

Tasa relativa de crecimiento (TRC)

La eficiencia de producción de nueva materia seca en función de la materia seca ya acumulada en la planta, estimada mediante la Tasa relativa de crecimiento indicó que

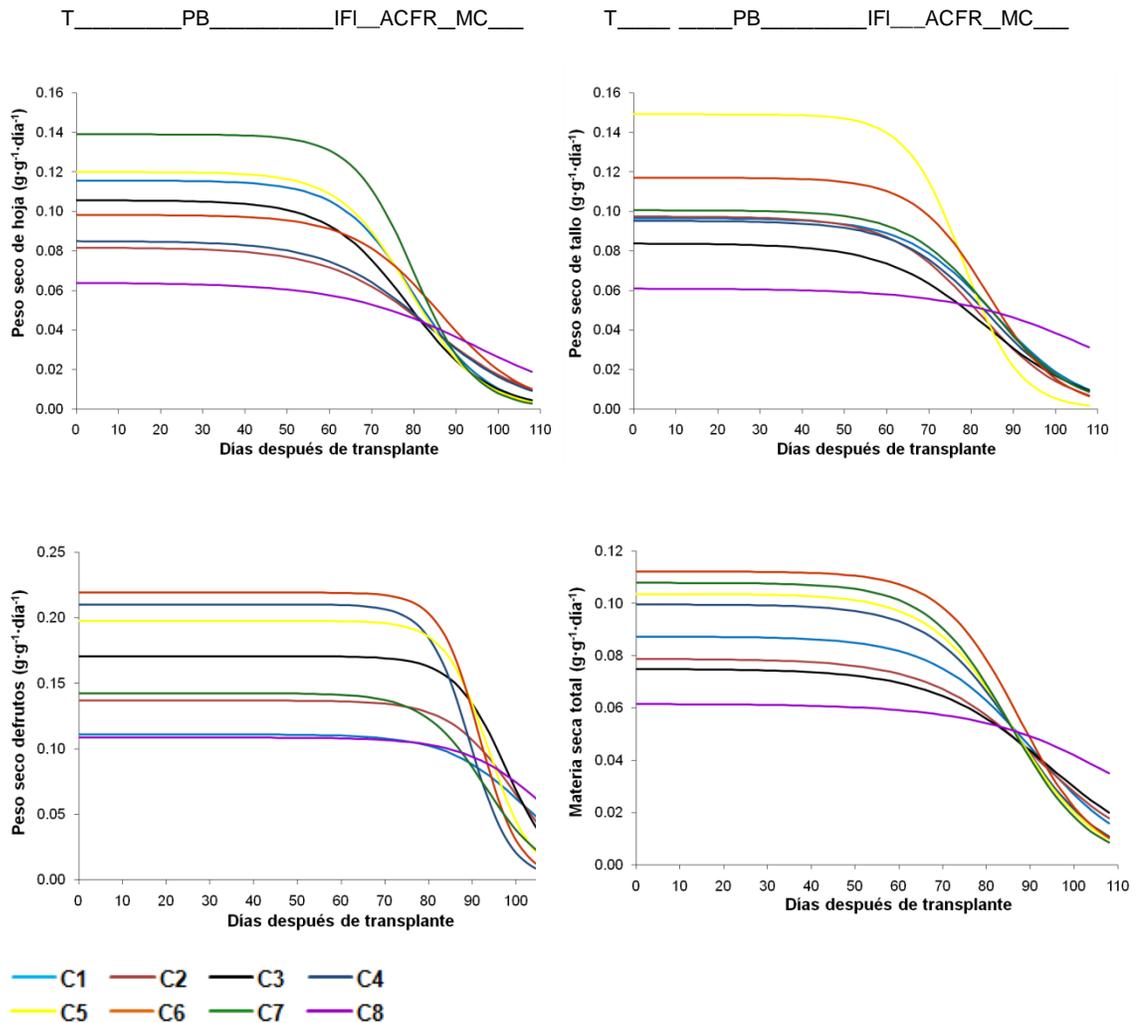
durante el ciclo del cultivo (3 a 110 ddt) los órganos mostraron la misma tendencia, sin embargo, los frutos fueron más eficientes, ya que tuvieron

valores superiores a los tallos y hojas. A los 78 ddt que correspondió al sexto muestreo, los frutos acumularon $0.16 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$, en tanto que los tallos y hojas acumularon 0.06 y $0.07 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$, respectivamente (Figura 4). El decremento en las TRC de los órganos en estudio se hizo más notorio en la etapa de madurez comercial. La eficiencia de cada órgano para acumular nuevos fotoasimilados disminuyó en función de la edad de la planta.

Es importante destacar que durante el desarrollo vegetativo (3 a 63 ddt), los tallos y las hojas fueron los órganos más eficientes en su crecimiento hasta inicio de fructificación; en tanto que del inicio de fructificación hasta el final del ciclo, los frutos se constituyeron en los órganos más eficientes en el crecimiento. Al respecto Beese *et al.* (1982) en un estudio en *Capsicum annum* L. también encontraron que la TRC fue mayor durante el desarrollo vegetativo y posteriormente disminuyó lo cual de acuerdo con Teasdale y Abdul-Baki (1997) es una respuesta típica atribuida al incremento en la producción de tejidos estructurales no fotosintéticos conforme la planta madura.

Una vez que las plantas de las ocho colectas alcanzaron sus valores máximos de TRC (0 a 45 ddt), tendieron a disminuir rápidamente, ningún tratamiento mantuvo una tasa promedio constante en la acumulación de materia seca total en función del peso seco acumulado hasta ese momento (Figura 4). Este comportamiento de la TRC es típico ya que presenta tasas altas al principio del ciclo del cultivo y bajas a medida que transcurre el tiempo, alcanzando incluso

valores de cero al final del ciclo. Este comportamiento fue observado en chile manzano (Barraza, 2000), tomate de cáscara y lechuga (Rodríguez y Flores, 2000).



C1-C8: Oaxaca, Zaachila, Zimatlán, Etlá, Tlacolula, Ocotlán, Yautepec, Sola de Vega.

Figura 4 .Tasa Relativa de Crecimiento (TRC) de ocho colectas de chile de agua de Oaxaca, México en (a) peso seco de hoja, (b) peso seco de tallo, (c) peso seco de fruto, (d) materia seca total, a través del tiempo. PB: Primera bifurcación del tallo principal; IFI: Inicio de floración; ACFR: Amarre y crecimiento del fruto MC: Madurez comercial.

Sin embargo en Chile manzano cultivado a campo abierto dado su crecimiento indeterminado (Dominguez y García, 1997), así como en Chile mirador (Antonio, 2000) los valores de la TRC fueron variables a lo largo del ciclo del cultivo.

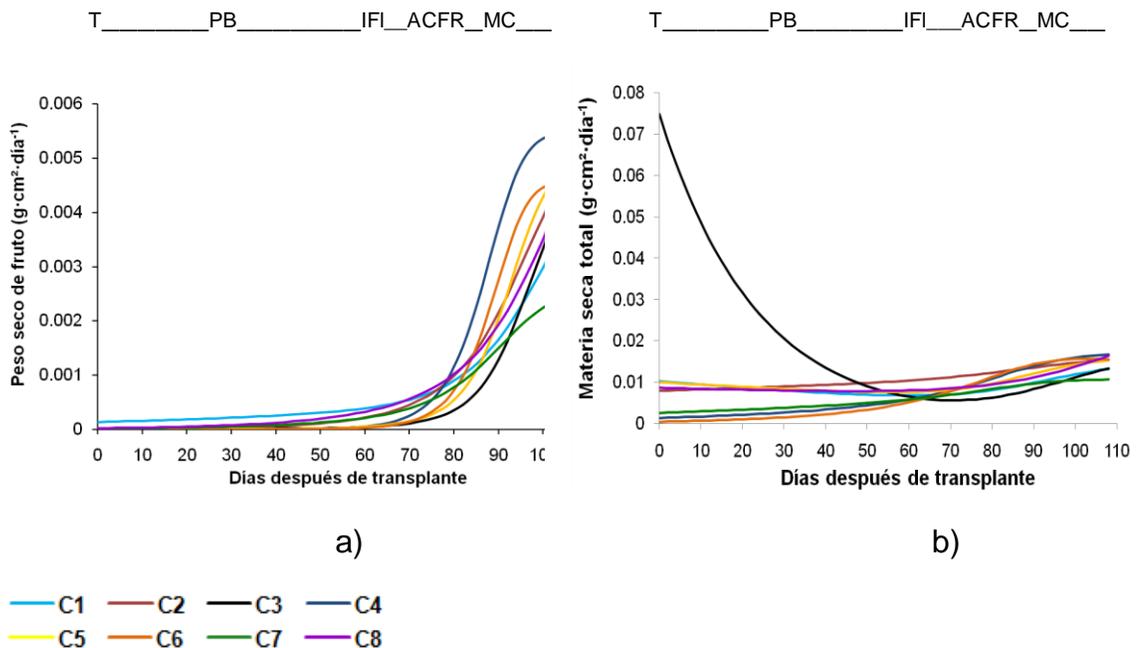
En las ocho colectas de 'chile de agua', la TRC aumentó rápidamente en el intervalo de 0 a 60 ddt, periodo de activa diferenciación floral, reflejado en los valores máximos en esa etapa fenológica. En el período de 60 a 110 ddt, la disminución de la TRC fue alta ($0.0225 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$), evidenciando con ello la decreciente actividad meristemática en la planta. En trabajos similares en Chile manzano, la máxima TRC se registró en los primeros días después del trasplante (Barraza, 2000).

Tasa de asimilación neta (TAN)

La TAN mide el incremento del peso seco total de la planta o de cada órgano por unidad de área foliar por unidad de tiempo, por lo que es una medida dependiente de la actividad fotosintética que se expresa en miligramo de peso seco por centímetro cuadrado de área foliar por día.

La TAN con los datos obtenidos durante la etapa vegetativa en tallos y hojas no mostraron un comportamiento claro. En el fruto conforme avanzó la edad de la planta la TAN decreció hasta alcanzar valores de 0.005 a $0.001 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$

al final del ciclo, de cultivo. Dicho comportamiento se debe al envejecimiento de la hoja, lo que implica que varíe la cantidad de fotoasimilados y la dirección en que se transporta; en este sentido, las hojas adultas exportan principalmente hacia la base del tallo y raíz (Bidwell, 1979).



C1-C8: Oaxaca, Ocotlán, Zimatlán, Etlá, Tlacolula, Zaachila, Yautepec, Sola de Vega.

Figura 5 .Tasa Asimilación Neta (TAN) de ocho colectas de chile de agua de Oaxaca, México en (a) peso seco de fruto (b) materia seca total, a través del tiempo. PB: Primera bifurcación del tallo principal; IFI: Inicio de floración; ACFR: Amarre y crecimiento del fruto MC:Madurez comercial.

En general, los frutos presentaron mayor eficiencia en producción de materia seca por centímetro cuadrado de área foliar por día. Dicho comportamiento se presentó durante el periodo de fructificación y madurez comercial. En varios cultivos la TAN alcanza su máximo valor en las primeras etapas de desarrollo

para posteriormente disminuir en la acumulación de materia seca total al final del ciclo, este es el comportamiento típico de la TAN en chile de agua, la cual también se ha observado en chile manzano (Barraza, 2000) y chile mirador (Antonio, 2000), lo anterior sugiere que en este periodo de crecimiento la planta debe abastecerse de una mayor cantidad de nutrientes, debido a que en esta etapa se acumula mayor cantidad de fotoasimilados, posteriormente los valores disminuyen con ligeras fluctuaciones a lo largo del ciclo de cultivo, esta disminución se atribuye a que las hojas internas e inferiores del dosel (sombreadas), al recibir insuficiente radiación, no fotosintetizan eficientemente, por lo que la producción de materia seca es mínima. Al respecto, Gardner *et al*, (1990) mencionan que la TAN no es constante en el tiempo y muestra una tendencia a disminuir con la edad de la planta. Los resultados anteriores son congruentes con lo señalado por Reta (1986), al mencionar que conforme aumenta el crecimiento del cultivo, también lo hace el índice de área foliar y, dada la tendencia de autosombreo, los valores de la TAN tienden a disminuir, aunque ocasionalmente aumentan durante floración y llenado de fruto (Esquivel, 1999).

En el Cuadro 4 se muestra que los caracteres altura de planta, diámetro de tallo, altura de la primera bifurcación, número de hojas, número de bifurcaciones, peso seco de raíz, peso seco de tallo, peso seco de hoja, área foliar, peso seco de fruto y materia seca total, tuvieron su máximo crecimiento a los 108 ddt; el número de frutos alcanzó su máximo valor a los 93 y el número

de flores a los 78. Cabe mencionar que los frutos se evaluaron en madurez comercial en verde, que es como se demanda este tipo de chile.

De acuerdo con el análisis de varianza en número de hojas, se encontró diferencia significativa en 48, 63, 78, 93 y 108 ddt. A los 75 ddt la colecta Yautepec se mostró superior con 112 hojas, y área foliar de 1605.10 cm². La velocidad de crecimiento fue similar en número de hojas y área foliar para las ocho colectas, en las etapas vegetativas iniciales (75 ddt), pero en plena fructificación, aunque el número de hojas continuo incrementando, ellas fueron de menor tamaño.

Cuadro 4. Comparación de medias de caracteres morfológicos, tomados en diferentes periodos de tiempo después del trasplante, de ocho colectas de 'chile de agua' de Oaxaca, México.

DDT	AP (cm)		DT (mm)		APB (cm)		NH		NB		AF (cm ²)		NF	
3	8.25	g*	0.85	h	0	g	2.00	f	0	g	1.16	e	0	d
18	11.08	fg	2.07	g	0	g	4.00	f	0	g	5.01	e	0	d
33	15.25	f	3.06	f	8.83	f	8.88	ef	1.00	f	27.44	e	0	d
48	22.00	e	4.06	e	11.00	e	37.42	e	2.00	e	295.33	e	0	d
63	40.79	d	5.27	d	14.29	d	101.29	d	3.54	d	654.59	d	0	d
78	86.88	c	8.16	c	18.79	c	134.92	c	6.29	c	2143.07	c	7.00	c
93	104.33	b	9.39	b	23.54	b	220.46	b	8.88	b	3112.04	b	28.92	a
108	116.29	a	10.81	a	29.00	a	269.29	a	10.17	a	4113.84	a	17.88	b
DMS	4.37		0.47		1.68		28.69		0.43		302.90		5.65	

*Nivel de significancia Tukey (P< 0.05) DDT: días después del trasplante, AP: altura de planta, DT:diámetro de tallo , APB:altura de la primera bifurcación , NH:número de hojas, NB:número de bifurcaciones, AF:área foliar, , NF: número de Frutos 302.90

Estos resultados sugieren que a mayor número de hojas existe mayor área foliar y con ello una mayor superficie de intercepción de radiación lo que determina la magnitud del sistema fotosintético (Tanaka y Junichi, 1972).

Cuadro 5. Comparación de medias de caracteres morfológicos de ocho colectas de ‘chile de agua’ de Oaxaca, México.

CTA	AP (cm)	DT (mm)	APB (cm)	NH	NBTP	AF (cm ²)	NF
OAXACA	52.29 ab*	5.30 bcd	11.38 d	89.63 ab	4.25 a	1427.26 ab	12.80 b
ZAACHILA	53.33 a	5.20 cd	13.54 ab	109.00 a	4.13 ab	1206.76 b	17.20 ab
ZIMATLÁN	52.46 ab	4.85 d	13.54 ab	75.50 b	4.25 a	1184.31 b	23.60 ab
ETLA	47.79 dc	5.51 abc	13.46 abc	94.83 ab	3.50 c	1213.11 b	23.40 ab
TLACOLULA	44.46 d	5.51 abc	14.63 a	92.83 ab	3.96 ab	1182.93 b	20.20 ab
OCOTLAN	48.96 bc	5.85 a	14.42 a	102.29 ab	3.88 abc	1290.62 b	29.20 a
YAUTEPEC	53.25 ab	5.72 ab	11.83 cd	112.21 a	4.13 ab	1605.10 a	17.80 ab
SOLA DE VEGA	52.33 ab	5.75 ab	12.67 bcd	101.96 ab	3.79 bc	1242.38 b	17.80 ab
DMS	4.37	0.47	1.68	28.69	0.43	302.90	12.51

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de DMS ($\alpha \leq 0.05$). DMS: diferencia mínima significativa, CTA: colecta, AP: altura de planta; DT: diámetro de tallo; APB: altura de la primera bifurcación; NH: número de hojas; NBTP: número de bifurcación del tallo principal; AF: área foliar, NF: número de frutos

4.6 CONCLUSIONES

Los resultados mostraron que los caracteres evaluados en todas las colectas tuvieron un patrón de crecimiento simple sigmoide. Las colectas Ocotlán y Zaachila superaron a las demás en acumulación de materia seca y en rendimiento de fruto. Dicha superioridad se asociaron con mayores TACs, en especial durante la etapa de fructificación y producción de biomasa. En cambio,

los índices de eficiencia TRC y TAN no presentaron positiva y clara relación con la acumulación de biomasa ni con el rendimiento en las diferentes colectas evaluadas.

En la colecta Ocotlán se obtuvieron los valores mayores en altura, diámetro del tallo, área foliar, número promedio de frutos, mayor acumulación de materia seca total, índice de cosecha, tasa absoluta de crecimiento (TAC) y rendimiento de fruto de chile de agua (321.84 g por planta), debido a su mejor respuesta en su estado nutrimental, vigor de las plantas y adaptación a los factores ambientales donde la condición promedio de radiación, humedad relativa y temperatura fue de 950 $\mu\text{moles de fotones m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 69 % y 21 °C, respectivamente

Todas las colectas tuvieron en común una zona de crecimiento rápido, una zona donde el crecimiento se estabiliza y una zona de descenso. Las hojas presentaron su máxima TAC a los 78 ddt, los tallos a los 80 ddt; los frutos desde la madurez comercial hasta el final del ciclo de cultivo.

La tasa relativa de crecimiento (TRC), durante el ciclo del cultivo (3 a 110 ddt) en los diferentes órganos mostraron la misma tendencia, sin embargo, los frutos fueron más eficientes, ya que tuvieron valores superiores a los tallos y hojas.

4.7 LITERATURA CITADA

- ANTONIO, R. O. 2000. Caracterización fenológica, morfológica y análisis de crecimiento del chile mirador (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México. Tesis de Lic. Dpto. de Fitotecnia. UACH. Chapingo, México, 73 p
- AZOFEIFA, A.; MOREIRA M. A. 2004. Análisis de crecimiento del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. Hot), en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 28(1): 57-67.
- BARRAZA, A. F. V. 2000. Crecimiento del chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P) en cuatro soluciones nutritivas. Tesis de Maestría en Ciencias. Dpto. de Fitotecnia. UACH. Chapingo, México. 142 p.
- BARRIENTOS E. 1988. Evaluación de necesidades de N,P y Mg en chile dulce, *C. annuum* L, asociado con café, *Coffea arabica*, en siembra nueva. Tesis. Ing. Agr. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 49 p.
- BEADLE, C.L. 1988. Análisis del Crecimiento Vegetal. pp. 17-21. *In: Técnicas en Fotosíntesis y Bioproductividad*. Traducción al español de la 2da. edición en inglés. Patrocinada por el Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP) y Colegio de Postgraduados. Ed. Futura. Chapingo, México.
- BEESE F.; HORTON R.; WIERENGA P. J. 1982. Growth and yield response of chili pepper to trickle irrigation. *Agronomy Journal* 74:556-561
- BIDWELL, R.G.S. 1979. *Fisiología Vegetal*. 2a. Edición. Traducido al español por Guadalupe G. Cano y Cano y Manuel Rojas Garcidueñas. A.G.T. Editor S. A. D.F., México. 784 p.
- DOMINGUEZ, C. L.; GARCIA, E.C. 1997. Caracterización fenológica y estudio de crecimiento de la planta de chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P) en las condiciones ambientales de Chapingo, México. Tesis Profesional. Dpto. de Fitotecnia. UACH. Chapingo, México. 94 p.
- ESQUIVEL, E. G. 1999. Efectos de la temperatura sobre la fenología, producción de biomasa y rendimiento de grano y sus componentes en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de Maestría en Ciencias IREGP. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 115 p.

- EVANS, C. E. 1972. The Quantitative Analysis of Plant Growth. University of California Press. Berkeley. 253 p.
- GARDNER F., P.; BRENT P., R.; MITCHELL R., L. 1985. Physiology of Crop Plants. Iowa State University Press. 327 p.
- INEGI. 2008. Sistema para la consulta del Anuario estadístico del estado de Oaxaca. México en:<http://www.inegi.org.mx/est/contenido/español/sistemas/aeo3/estatal/oax/index.htm>
- IPGRI. 1995. Descriptors for *Capsicum spp.* Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Secretariat, Rome, Italy. 32 p.
- LÓPEZ, L. P. S.; CASTRO, G. F. H. 1999. Al rescate de la diversidad del chile (*Capsicum spp*) en Oaxaca. Publicación especial. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. INIFAP, Oaxaca. México. 7 p.
- MARCELIS, L.F.M., E. HEUVELINK Y J. GOUDRIAAN. 1998. Modelling biomass production and yield of horticultural crops: a review. Scientia Hort. 74, 83-111.
- MITHORPHE F., L.; MOORBY J. 1982. An Introduction to Crop Physiology. Cambridge University. Press. 202 p.
- PÉREZ, G. M.; CASTRO, B. R. 1998. Guía para la producción intensiva de chile manzano. Boletín de divulgación No. 1 Programa Nacional de Investigación en Olericultura . Departamento de Fitotecnia. Chapingo, México . 17p.
- RADFORD P. J. 1967. Growth analysis formulae: Their use and abuse. Crop Sci. 7:171-175.
- RETA, S. D.G. 1986. Crecimiento y aprovechamiento de la energía solar del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en asociación con maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Maestría en Ciencias . Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 206 p.
- RYLSKI, I 1986. Pepper (*Capsicum annum* L.) In: Handbook of fruit set development. CRC. UK. P 341- 353.
- RODRÍGUEZ, M. E. 2000. Caracterización molecular por AFLP's de germoplasma de *Capsicum spp* colectado en la Amazonia colombiana. Trabajo de grado. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 60 p.

- RODRÍGUEZ, P.E.; SAHAGÚN, C. J.; MORA, A. R.; GASGA, P. R. 2006. Programas de cómputo para la estimación de parámetros de regresión no lineal útiles en el análisis de crecimiento de cultivos. 52^{da} reunión anual de la Sociedad Interamericana de Horticultura Tropical. Sep. 24-30. San Juan, Puerto Rico.
- SAS, 1999. SAS/STAT User's Guide: Statistics. Versión 8th ed. SAS institute, Inc. Cary, N.C. 956 p.
- SHIBLES, R. 1987. Crop physiology. Iowa, USA. Iowa State University. 214 p.
- STEER, B. T.; PEARSON, C. J. 1976. Phothosynthate traslocation in *Capsicum annum* . Planta 128: 155-162
- TAIZ, L.; ZEIGER. E. 2006. Plant Phisiology. Sinauer Associates, Inc., Publishers Massachusetts. Pp. 651-670.
- TANAKA, A., YAMAGUCHI, J. 1972. Dry matter production, yield components and grain yield of the maize plant. Journal of the Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Japan, vol. 57 pt. 1, pag. 71-132.
- TEASDALE J. R.; ABDUL-BAKI. 1997. Growth analysis of tomatoes in black polyethylene and hairy vetch productions systems. HortScience 32:659-663
- VÁSQUEZ, M. S. 2005. Fisiotecnia, bromatología y contenido de capsaicinoides en 'chile de agua' (*Capsicum annum* L.). Tesis Profesional Licenciatura. Chapingo, México.

5. DISCUSION GENERAL

El 'chile de agua' es un recurso regional de Valles Centrales de Oaxaca, que posee un alto potencial económico para la región. La generación de información de las características morfológicas de la planta y de los frutos es importante para su conservación *in situ* y *ex situ* y la búsqueda de su mejoramiento para elevar su productividad. Las condiciones fisiográficas y climáticas de varias regiones del estado hace posible que en un futuro, este recurso pueda cultivarse bajo condiciones tecnológicas modernas y mejorarse los sistemas productivos actuales.

Los caracteres morfológicos analizados han mostrado que existen caracteres propios de este chile que lo diferencian de otros que se encuentran en la misma región. El intercambio de germoplasma de este chile entre productores ha hecho que este se disemine en muchas de las localidades que se dedican a su cultivo. La demanda de los mercados de este chile en su estado verde maduro durante todo el año, ha propiciado que los productores busquen zonas en las que se pueda alternar su cultivo, ocasionando que el germoplasma migre entre las localidades.

El 'chile de agua' se cree es endémico de la región de Valles Centrales de Oaxaca, y donde se le ha cultivado por más de cien años, aunque en la actualidad se le puede cultivar en zonas aledañas como en la Sierra Sur (López y Castro 1999), en localidades con condiciones de temperaturas entre 18 a 24 °C en ciertos periodos del año, y con disponibilidad de agua para riego. En el presente estudio las localidades seleccionadas en los recorridos de campo sobresalieron por presentar tradición en el cultivo de este tipo de chile, por sus características fisiográficas y climáticas similares, con las cuales se agruparon en seis zonas en Valles Centrales y dos en Sierra Sur. Estas localidades suministran alternadamente el fruto de chile de agua, durante todo el año a los mercados regionales. En las localidades seleccionadas se llevó a cabo una caracterización *in situ* de la planta, y la colecta de frutos para la obtención de germoplasma empleado en la caracterización *ex situ* y en el estudio de análisis de crecimiento.

La caracterización morfológica del chile de agua utilizando los descriptores propuestos por el IPGRI (1995) para *Capsicum annuum*, fue una herramienta útil en esta investigación puesto que con las características evaluadas, fue posible identificar aquellas que pueden considerarse de herencia simple y que no presentaron variación dentro y entre colectas. La lista de descriptores proporciona un formato internacional y produce un lenguaje universalmente entendible para todos los datos de fuentes genéticas de la planta. Esto ayuda en la utilización del germoplasma directamente de la red internacional de

recursos genéticos, por lo tanto, se recomienda que la información debe ser producida fielmente siguiendo la lista de descriptores (IBPGR, 1983).

De 46 caracteres de la planta que presentaron variabilidad, se realizó una selección de ellos que permitieron la discriminación de colectas mediante análisis de varianza y covarianza sucesivas (Johnson, 2000). El análisis de agrupamiento, que incluyó las 15 variables seleccionadas generó un dendrograma de acuerdo con el criterio cúbico de agrupamiento (CCC) y la pseudoestadística T cuadrada de Hotelling (PST^2) (Johnson, 2000) y determinaron que tres grupos fueron los adecuados. Con el propósito de identificar los caracteres responsables de la agrupación obtenida, se realizó el Análisis de Componentes Principales (ACP), donde se obtuvieron los valores propios, la proporción absoluta y acumulada de cuatro componentes principales (CP) necesarios para explicar 85% de la variabilidad de los datos.

Del análisis de componentes principales se obtuvieron los vectores propios de cuatro componentes principales (CP), donde el primero (32 % de la variabilidad total) representa a los caracteres días a la floración, días a la fructificación y densidad de ramificación, al componente principal 2 (27 % de variación) corresponden las variables: longitud de la hoja cotiledonea, la relación diámetro del fruto/grosor del pericarpio y longitud de la corola. En el componente principal 3 (15 % de la variabilidad), las variables ancho de la corola, longitud de la antera y longitud de fruto son las que se asocian a éste y el componente

principal 4 (explica 11 % de variación) representa a longitud del hipocotilo y la excursión del estigma.

La dispersión de las poblaciones se representó en un plano bidimensional formado por los componentes principales 1 y 2 (59 % de la variabilidad total), donde las colectas de chile de agua, corresponden con los tres grupos generados por el análisis de agrupamiento. El grupo 1 incluye a las colectas Oaxaca, Tlacolula y Yautepec, que son precoces, con poca densidad de ramificación, hojas cotiledonares cortas, pericarpio grueso y corolas largas. El grupo 2 contiene cuatro colectas de las cuales Etila y Sola de Vega son tardías, con mayor ramificación, hojas cotiledonares largas, pericarpio delgado y corola corta, la colecta Zaachila es tardía, con mayor ramificación, hoja cotiledonea corta, pericarpio grueso, corola larga. La colecta Zimatlán no presenta los caracteres distintivos de éste grupo, considerando los componentes principales 1 y 2, debido a que caracteres como longitud del hipocotilo, longitud del fruto, la relación hoja del fruto /longitud del peciolo puedan estar mejor asociados y relacionados en los componentes principales 3 y 4. En el grupo 3, la colecta Ocotlán, es precoz con poca ramificación, hoja cotiledonar larga, pericarpio grueso y corola corta.

Con el propósito de realizar un análisis de agrupamiento considerando las características del fruto, fueron seleccionadas los caracteres que presentaron variabilidad de acuerdo con Johnson (2000), el cual consistió en la realización de análisis de covarianza sucesivas. Así, de 39 caracteres morfológicos del

fruto y semillas de las ocho colectas 'chile de agua', fueron elegidas las 15 variables siguientes: longitud del fruto(cm), peso del fruto (g), longitud del pedicelo (mm), grosor del pedicelo (mm), espesor de la pared del pericarpio (mm), forma del fruto en la unión con el pedicelo, cuello en la base del fruto, longitud de la placenta, firmeza, brillantez, número de semillas, superficie de la semilla, sólidos solubles, acidez y clorofila total.

El componente principal 1 (CP1), explica 33 % de la variabilidad total; dentro de este, las variables que describen esta variación son: espesor de la pared del pericarpio del fruto, firmeza del pericarpio, diámetro radial de la semilla. El componente principal 2 (CP2), explica 22 % y los caracteres que describen esta variabilidad son: longitud del fruto, forma del fruto en la unión con el pedicelo, número de semillas. En el componente principal 3 (CP3), las variables cuello en la base del fruto, grosor del pedicelo y superficie de la semilla son los que explican el 17 % variabilidad total y el componente principal 4 (CP4) con los descriptores longitud de la placenta, brillantez y el contenido de clorofila explican el 14 %. Lo anterior indica que la combinación lineal de las variables originales que se representan por los cuatro componentes principales es de 86 % de la variabilidad total existente en los individuos, misma que se obtiene con la medición de las 15 variables seleccionadas de acuerdo con Johnson (2000).

La dispersión de las poblaciones por las características del fruto formado por los componentes principales 1 y 2 (59 % de la variabilidad total), agrupa las colectas de 'chile de agua' en tres grupos. El grupo 1 con las colectas Oaxaca,

Sola de Vega, Zimatlán y Ocotlán que presentan frutos con pericarpio delgado, menor firmeza, menos ácidos, frutos de menor longitud, truncados en la unión con el pedicelo y menor número de semillas. El grupo 2 con las colectas Etlá y Zaachila con frutos con pericarpio grueso, mayor firmeza, más ácidos, menor longitud, truncados en la unión con el pedicelo y menor número de semillas. En el grupo 3, las colectas Yautepec y Tlacolula con frutos con pericarpio grueso, mayor firmeza, más ácidos, mayor longitud, cordados en la unión con el pedicelo y mayor número de semillas.

Con la finalidad de determinar las diferencias estadísticas entre grupos se realizó un Análisis de Varianza donde se detectaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) en todos los caracteres evaluados. Para los caracteres peso del fruto, longitud del pedicelo, brillantez, cuyos valores oscilaron entre 39.01 y 45.62 g, 2.59 y 3.03 cm, 35.27 y 38.57 %, respectivamente, mostraron diferencia significativa (Tukey, $P < 0.05$) entre el grupo 1 (Oaxaca, Sola de Vega, Zimatlán y Ocotlán) con nivel de significancia (a) contra los grupos 2 (Yautepec y Tlacolula) y 3 (Etlá y Zaachila) con nivel de significancia (b).

En los caracteres longitud del fruto, longitud de la placenta, número de semillas y sólidos solubles se obtuvieron valores que variaron entre 10.98 y 12.22 cm, 1.34 y 2.15 cm, 248 y 321, 3.65 y 4.83 °Brix respectivamente, presentaron diferencia significativa (Tukey $P < 0.05$) donde Yautepec y Tlacolula mostraron los valores más altos. Estos resultados contrastan con los obtenidos por López

y Castro (1999) para diversas colectas de chiles nativos de Oaxaca, en los que mencionan que en los caracteres cuantitativos la longitud del fruto, presentó, los coeficientes de variación de mayor magnitud e intervalos de 1 a 8.5 cm.

Los caracteres espesor de la pared, firmeza y acidez titulable en donde los valores cambiaron entre 2.22 y 2.75 mm, 7.27 y 9.58 kg/cm², 0.25 y 0.33 %, respectivamente, se observó diferencia significativa (Tukey $P < 0.05$) entre el grupo tres con nivel de significancia (b) para los dos primeros caracteres y (a) para el último, contra los grupos 1 y 2 con nivel de significancia (a) para los dos primeros caracteres y (b) para el último.

Para el contenido de clorofila en fruto los valores fluctuaron entre 0.0019 y 0.0041mg/100 g de fruto, donde el mayor valor correspondió al grupo uno integrado por las colectas Oaxaca, Sola de Vega, Zimatlán y Ocotlán.

En relación al rendimiento obtenido en las diferentes colectas, el número de frutos de la primera cosecha, fue el indicador de la precocidad; de esta manera aquellas colectas con mayor número de frutos fueron considerados como precoces. Bajo esta consideración, la colecta Ocotlán fue el más precoz mostrando el mayor valor con tres frutos promedio por planta. Para el número de frutos por planta en la segunda cosecha, la colecta Ocotlán también mostró el mayor valor con 26 frutos en promedio Tukey ($P \leq 0.05$). Para el caso del rendimiento expresado en peso total de frutos (g planta⁻¹), el genotipo Ocotlán fue estadísticamente superior a todas las demás colectas.

La importancia de contar con información sobre los atributos o características de calidad en frutos de chile, facilita el desarrollo de variedades, específicamente para mejorar estas características mediante la identificación de genotipos que sirvan como posibles progenitores en programas de mejoramiento (Jarret, *et al.*, 2007). Algunos de los descriptores considerados para determinar la calidad del fruto en chile de agua fueron el peso del fruto que osciló en promedio entre los 21.52 y 35.54 g; la longitud del fruto que fluctuó de 71.25 a 91.74 mm, el volumen del fruto con variación desde 64.00 hasta 83.60 ml, siendo la colecta Ocotlán la que obtuvo el mayor peso, mayor longitud y volumen. Para el ancho de fruto la variación promedio fue de 27.30 a 39.58 mm donde los niveles más altos correspondieron a las colectas de Sola de Vega, Yautepec y Ocotlán; para el grosor del pericarpio los valores tuvieron una variación de 1.89 mm a 2.76 mm, obteniéndose los más altos en las colectas Ocotlán y Etlá. Varios caracteres son asociados a la calidad de los frutos en las hortalizas, al respecto, Latournerie, *et al.* (2002) consideran que los criterios en los que se basan los productores para seleccionar sus materiales y asociarlos con la calidad son: tamaño del fruto, sabor, tolerancia a plagas y enfermedades y usos culinarios. Pérez *et al.* (2004) para chile manzano consideran principalmente al volumen del fruto y el grosor del pericarpio como parámetros de calidad. Martínez *et al.*, (2005), mencionan que en particular los productos hortícolas son altamente perecederos porque las pérdidas de firmeza y peso son rápidas, y los frutos sufren cambios de color durante periodos largos de almacenamiento que aceleran el deterioro de la calidad y la pérdida de su valor comercial. El color es un indicador de la calidad gustativa, la cual está

determinada por la intensidad del mismo, que a su vez condiciona la calidad de fruto requerida (Nuez, 2001), por lo que es importante considerar estos caracteres en los estudios de caracterización.

Al analizar los datos de acumulación de materia seca se encontró diferencias significativas en hoja, tallo, fruto y total a los 63, 78, 93 y 108 ddt. Las colectas Ocotlán, Oaxaca, Zaachila y Yautepec alcanzaron los valores más altos con 1.92, 7.10, 12.33 y 15.90 g en hoja, 1.68, 9.22, 15.24 y 21.55 g en tallo, 1.34, 8.54 y 17.97 g en fruto y 4.16, 19.55, 38.79 y 58.76 en materia seca total, respectivamente. Acorde con la fenología del cultivo la acumulación y distribución de la materia seca por órgano en las ocho colectas evaluadas, mostraron una tendencia similar a lo largo del cultivo, es decir la mayor acumulación de materia seca se presentó a partir de los 78 ddt con la presencia de fruto (fructificación).

En términos generales, al analizar en las colectas la acumulación y distribución de materia seca por órgano a lo largo del ciclo de cultivo, se encontró que en la etapa vegetativa que comprende desde la bifurcación del tallo principal (30 ddt) hasta iniciar la fase reproductiva (63 ddt), la mayor acumulación de materia seca se presentó en tallos y hojas no obstante después de los 63 ddt, inició una acumulación dominante en el fruto y se conservó hasta el final del ciclo del cultivo (110 ddt).

Las colectas alcanzaron su máxima TAC en diferentes momentos, la colecta Oaxaca a 90 ddt , Zaachila a 92 ddt , Zimatlán a 94 ddt, Etila, Ocotlán,

Tlacolula, Yautepec a los 87 ddt y Sola de Vega a 110 ddt. En todas ellas, el comportamiento de la TAC fue progresivo hasta alcanzar un máximo a los 78 ddt. En los primeros 60 ddt existió un crecimiento lento dado el periodo de adaptación y a la gran división celular marcada por la bifurcación del tallo principal, floración amarre y crecimiento del fruto; al llegar a madurez comercial de los frutos se logró la máxima TAC e inmediatamente se observó su disminución en todas las colectas.

El análisis de crecimiento involucra características complejas, muestreo destructivo de plantas a intervalos de tiempo durante la temporada de crecimiento, consumiendo tiempo y recursos con una aplicación limitada (Khedher y Ewing, 1985; Rechcigl, 1982 y Manrique y Batholomew, 1991). Este tipo análisis ha tratado de explicar matemáticamente las variaciones en peso seco y área foliar de los organismos, en función del tiempo. No obstante para estimar los índices de eficiencia en el crecimiento, o parámetros fisiotécnicos, es necesario obtener el peso seco de plantas y órganos y el área foliar, en intervalos de tiempo durante el desarrollo del vegetal (Radford, 1967; Hunt, 1981 y Beadle, 1988), lo cual brinda información más precisa de la eficiencia con que las plantas acumulan y traslocan fotosintetizados, que la sola medición de características agronómicas como número de tallos, altura, cobertura, etc.

En consideración de los caracteres morfológicos de las plantas de las colectas de 'chile de agua' analizados en los estudios anteriores, muchos de ellos

influyen sobre las funciones fisiológicas y de manejo del cultivo, por lo que fue necesario identificar y seleccionar aquellos que generen un buen arquetipo de planta que incremente y mejore los rendimientos bajo condiciones de invernadero e hidroponía. Dentro de estos se pueden mencionar 1) que es necesario contar con plantas de tallo grueso que tengan una mayor capacidad de sostener las estructuras reproductivas, sin que se doble la planta, evitando un posible daño a los tejidos de conducción, mayor grosor del tallo se relaciona con mayor área transversal del floema y mayor flujo de asimilados hacia los frutos, claro si la capacidad de fuente y la fuerza de la demanda no son restrictivas. 2) se requieren plantas más precoces para obtener más ciclos de cultivo por año para una mayor productividad. Es decir esta última se debe sustentar en un aparato fotosintético más eficiente en menos tiempo o a un menor periodo de crecimiento de los frutos, pero a tasas altas de acumulación de fotoasimilados y buscar paralelamente el mayor número y calidad comercial de frutos por planta. Lo anterior es necesario si se considera que bajo condiciones de invernadero, la planta de chile de agua tiende a producir una alta cantidad de frutos deformes atribuido a una mala polinización, por lo que también es necesario mejorar la ventilación del invernadero o introducir insectos polinizadores y procurar que en la etapa de floración se mantenga una temperatura de 22 a 24 °C.

6. CONCLUSIONES GENERALES

La caracterización morfológica del 'chile de agua', utilizando los descriptores morfológicos (IPGRI) (1995) recomendados para *Capsicum*, agrupó las ocho colectas de las dieciséis localidades analizadas en tres grupos, con características distintivas en cada uno de ellos, considerando las técnicas estadísticas de agrupación y de componentes principales.

La información obtenida a través de la caracterización morfológica *in situ* y *ex situ* realizada en éstas colectas mostró 21 caracteres sin variación y que pueden ser considerados de herencia simple y 46 que registraron variabilidad. Los caracteres morfológicos seleccionados con análisis de covarianza y evaluados a través de análisis de componentes principales (CP), identificaron cuatro que explican el 85 % de la variación total, la cual es atribuida a 15 caracteres morfológicos.

En características del fruto, en las ocho colectas evaluadas, cuatro componentes principales explicaron el 84.16 % de la variabilidad total, la cual está dada por 15 caracteres morfométricos. Con las técnicas multivariadas usadas a una distancia euclidiana de 5.47 se definieron tres grupos con base en características de fruto y semilla. El grupo I, integrado por las colectas Oaxaca,

Sola de Vega, Zimatlán y Ocotlán, agrupó los frutos con los valores más altos en peso, longitud del pedicelo y contenido de clorofila, el grupo II con las colectas Yautepec y Tlacolula presentaron los frutos y placenta más largos y el grupo III con las colectas Etlá y Zaachila mostraron los frutos más ácidos.

Para el rendimiento del fruto la colecta Ocotlán fue la más precoz, y con valores de calidad más altos en peso de fruto ($321 \text{ g} \cdot \text{planta}^{-1}$), largo de 10 cm, ancho de 3 cm, volumen de fruto 83 ml y grosor de pericarpio de 2 mm.

En los parámetros poscosecha contenidos en los frutos de chile de agua, los valores más altos en ácido cítrico lo presentó la colecta Zaachila, en Vitamina C la colecta Yautepec, en Clorofila Total y Sólidos Solubles la colecta Ocotlán, en firmeza del fruto en las colectas Zaachila y Yautepec. Para el color del fruto en el parámetro Hue no hubo diferencia significativa entre las colectas, para el Chroma y brillantez, los valores más altos se manifestaron en las colectas Oaxaca y Etlá.

El crecimiento de órganos, y en particular, el de frutos, están bien representados por modelos sigmoideos caracterizados por una asíntota superior que limita el tamaño final, así como por una inflexión que representa el punto donde la aceleración del proceso cambia de signo pasando de una velocidad creciente a una decreciente.

La Tasa absoluta de crecimiento (TAC) fue el índice de crecimiento que reflejó mejor las condiciones de productividad y eficiencia del sistema fotosintético del chile de agua, y fue posible identificar genotipos más eficientes en su acumulación de biomasa y tamaño del sistema asimilatorio.

En cuanto a la distribución de la materia seca, los frutos acumularon el 30 % de la biomasa aérea al final del ciclo del cultivo y también mostraron el valor más alto de tasa absoluta de crecimiento ($0.60 \text{ g}\cdot\text{día}^{-1}$) y tasa de asimilación neta ($0.005 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$) durante la madurez comercial de los mismos, en tanto que durante la fase de fructificación, tuvieron los valores máximos de tasa relativa de crecimiento ($0.16 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$).

7. PERSPECTIVAS

El ‘chile de agua’ (*Capsicum annuum* L) es un recurso presente en zonas del estado de Oaxaca, como Valles Centrales y Sierra Sur, aunque, también puede extenderse a localidades de Sierra Norte. Los productores de estas zonas lo consideran una especie regional, con potencial económico para su explotación, pues lo han cultivado por más de cien años, tiempo que ha servido para dar sustento a múltiples familias tanto para su autoconsumo como para venta en los mercados de la región.

Esta especie en diferentes épocas ha presentado serios problemas fitosanitarios que han provocado que las áreas de producción hayan disminuido. Los severos daños causados por enfermedades virales, bacterias y hongos y plagas como la ‘mosquita blanca’ (*Bemisia tabaci*) y el ‘barrenillo’ (*Anthonomus eugenii*) ha provocado que algunas localidades hayan perdido el germoplasma utilizado y seleccionado de sus parcelas. Esta problemática así como, otras relacionadas con los sistemas de producción y tecnología apropiada para el cultivo de esta especie, requiere del apoyo de instituciones de investigación y extensión para desarrollar estudios en caminados a la caracterización molecular del germoplasma, mejoramiento genético de este recurso, estudios de mercado, nutrición y estudios para el desarrollo de tecnología propia para el mejoramiento de los rendimientos y sistemas de producción.

8. LITERATURA GENERAL CITADA

- ANTONIO, R. O. 2000. Caracterización fenológica, morfológica y análisis de crecimiento del chile mirador (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de invernadero en Chapingo, México. Tesis de Lic. Dpto. de Fitotecnia. UACH. Chapingo, México, 73 p
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMIST (A.O.A.C). 1990. Official Methods Analysis. Washington. D.C. 1015 p.
- AZOFEIFA, A.; MOREIRA, M. A. 2004. Análisis de crecimiento del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. Hot), en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 28(1): 57-67.
- BARRAZA, A. F. V. 2000. Crecimiento del chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P) en cuatro soluciones nutritivas. Tesis de Maestría en Ciencias. Dpto. de Fitotecnia. UACH. Chapingo, México. 142 p.
- BARRIENTOS E. 1988. Evaluación de necesidades de N, P y Mg en chile dulce, *C. annuum* L, asociado con café, *Coffea arabica*, en siembra nueva. Tesis. Licenciatura. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 49 p.
- BEADLE, C.F. 1988. Análisis del crecimiento vegetal. *In*: Coombs, J., D.O. Hall, S.P. Long y J.M. Scurlock (Eds.). Técnicas en fotosíntesis y bioproductividad. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- BEESE, F.; HORTON, R.; WIERENGA, P. J. 1982. Growth and yield response of chili pepper to trickle irrigation. *Agronomy Journal* 74:556-561
- BEN-CHAIM, A.; PARAN, I. 2000. Genetic analysis of quantitative traits in pepper (*Capsicum annuum*). *Journal American Society Horticultural Science* 125:66-70.
- BIDWELL, R.G.S. 1979. Fisiología Vegetal. 2a. Edición. Traducido al español por Guadalupe G. Cano y Cano y Manuel Rojas Garcidueñas. A.G.T. Editor S. A. D.F., México. 784 p.

- CASTILLO, G. C.; ORTIZ, A.C.; BORIE, R. F.; RUBIO, E.R. 2009. Respuesta de Aji (*Capsicum annuum* L.) Cv. "Cacho de Cabra" a la inoculación con hongos micorrícicos arbusculares. Inf. tecnol. v.20 n.4 La Serena . Temuco-Chile.
- CHAVÉZ, S.J.L.; CASTILLO, G.F. 1999. Variabilidad en caracteres morfológicos de colectas de chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P). Rev. Fitotec. Mex. 22:27-41.
- CRUZ, P. A. B.; GONZÁLEZ, H. V. A.; SOTO, H. M. R.; GUTIERREZ, E. M. A.; GARDEA, B. A. A.; PERÉZ, G. M. 2007. Capsaicinoides, vitamina C y heterosis durante el desarrollo del fruto de chile manzano. Agrociencia . Vol. 41 num. 006. Colegio de Posgraduados. Texcoco, México. PP. 627-635
- DOMINGUEZ, C. L.; GARCIA, E.C. 1997. Caracterización fenológica y estudio de crecimiento de la planta de chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P) en las condiciones ambientales de Chapingo, México. Tesis Profesional. Dpto. de Fitotecnia. UACH. Chapingo, México. 94 p.
- ESQUIVEL, E. G. 1999. Efectos de la temperature sobre la fenología, producción de biomasa y rendimiento de grano y sus componentes en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de Maestría en Ciencias IREGEP. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 115 p.
- EVANS, C. E. 1972. The Quantitative Analysis of Plant Growth. University of California Press. Berkeley. 253 p.
- FRANCESCHETTI, V. 1971. Natural cross pollination in pepper (*Capsicum annuum* L.) Eucarpia Meeting on Genetics and Breeding of *Capsicum*, Turin: 346-353.
- GARDNER F., P.; BRENT, P. R.; MITCHELL, R. L. 1985. Physiology of Crop Plants. Iowa State University Press. 327 p.
- GNAYFEED, M.H.; DAOOD, H. G.; BIACS, P. A.; ALCARÁZ, C. F. 2001. Content of bioactive compounds in pungent spice red pepper (Paprika) as affected by ripening and genotype. J. Sci. Food Agric. 81: 1580-1585.
- GONZÁLEZ, A. F. 2001. Caracterización morfológica. In: Conservación y caracterización de recursos fitogenéticos. González-Andrés, F.; Pita-Villamil, J.M. Ed. Publicaciones I.N.E.A. Valladolid, España. 279 p.
- GONZÁLEZ, M. M.; BOSLAND, P. W. 1991. Strategies for stemming genetic erosion of *Capsicum* germoplasm in the Americans Diversity 7:52-53.

- HERNÁNDEZ, G. M. Y MORALES, L. O. 2003. Caracterización morfológica de híbridos y variedades de chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P). Tesis de Lic. Chapingo, México.
- HUNT, R. 1978. Plant growth analysis: studies in biology. No. 96. Edward Arnold (Publisher). London. 67 p.
- HUNT, R. 1990. Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners. Academic Division Unwin Hyman Ltd. London, England. 112 p.
- IBPGR . 1983. Genetic Resources of capsicum. Rome , Italy. Folleto. 49 p.
- INEGI. 2008. Sistema para la consulta del Anuario estadístico del estado de Oaxaca. México en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenido/español/sistemas/aeo3/estatal/oax/index.htm>
- IPGRI. 1995. Descriptors for *Capsicum spp.* Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Secretariat, Rome, Italy. 32 p.
- JARRET, J. R.; BALDWIN, E.; PERKINS, B.; BUSHWAY, R.; GUTHRIE, K.; 2007. Diversity of fruit quality characteristics in *Capsicum frutescens*. Hortscience 42(1): pp.16-19.
- JOHNSON, D. E. 2000. Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos. Internacional Thomson Editores. D. F., México. 566 p.
- KEHR, M. E. 2002. Susceptibilidad a daño por enfriamiento en poscosecha de pimiento y tratamientos para disminuir su efecto. Agric. Téc., Chile, Vol. 62, No. 4, pp 497-508
- KHEDHER, B.M., EWING, E. 1985. Growth analysis of eleven potato cultivars grown in the greenhouse under long photoperiods with and without heat stress. American Potato Journal. Vol. 62:537-554.
- LATOURNERIE, M. L.; CHÁVEZ, S. J. L.; PÉREZ, P. M.; CASTAÑÓN, N. G.; RODRÍGUEZ, H. S. A.; ARIAS, R. L. M.; RAMÍREZ, V. P. 2002. Valoración *in situ* de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum annuum* L. y *Capsicum chinense* Jacq) en Yaxcaba, Yucatán. Rev. Fitotec. Mex. 25 (1): 25-33.
- LOPEZ, L. P. S. 2004. Recomendaciones generales para la producción de chile en el estado de Oaxaca. La tecnología del campo de experimentación a la parcela del productor. Rev. Fundación Produce Oaxaca. Num. 04. 36 pp

- LÓPEZ, L. P. S.; CASTRO, G. F. H. 1999. Al rescate de la diversidad del chile (*Capsicum* spp) en Oaxaca. Publicación especial. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. INIFAP, Oaxaca. México. 7 pp.
- MARCELIS, L.F.M.; HEUVELINK, E.; GOUDRIAAN, J. 1998. Modelling biomass production and yield of horticultural crops: a review. *Scientia Hort.* 74, 83-111.
- MANRIQUE, L. A.; BATHOLOMEW, D. 1991. Growth and yield performance of potato grown at three elevations in Hawaii: II. Dry matter production and efficiency of partitioning. *Crop Sci.* 31:367-372.
- MARTÍNEZ, C. M. A.; MARTÍNEZ, S. J. V.; ALCARAZ, F. C. 1985. Sistemática de muestreo foliar en plantas de pimiento dulce cultivadas en invernadero bajo riego localizado. II. Influencia de la posición de la hoja en la planta sobre la composición mineral. *Anales de Edafología y Agrobiología.* 44. (3/4): 513-527
- MARTÍNEZ, S. G.; DORANTES, G. A.R.J.; RAMÍREZ, M. M.; DE LA ROSA, L. A.; POZO, C. O. 2005. Efectos genéticos y heterosis en la vida de anaquel del chile serrano. *Revista Fitotecnia Mexicana.* Vol. 28, número 004. Chapingo, México. pp. 327-332
- McGUIRE, R. G. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27(12): 1254-1255.
- MÉNDEZ, M. A.; LIGARRETO, G.A.; HERNÁNDEZ, M.S.; MELGAREJO, L. M. 2004. Evaluación del crecimiento y determinación de índices de cosecha en frutos de cuatro materiales de ají (*Capsicum* sp.) cultivados en la Amazonia colombiana. *Agronomía Colombiana* 22(1):7-17.
- MITHORPHE F., L.; MOORBY J. 1982. *An Introduction to Crop Physiology.* Cambridge University. Press. 202 p.
- MORENO, P.E. C.; MARTÍNEZ, D. M. T.; REYES, L.D.; PÉREZ, M. C.A.; PEÑA, L.A.; P. ESPINOSA, R. P. 2006. Intensidad de color y contenido de antocianinas en chile guajillo (*Capsicum annuum* L.) *Rev. Chapingo Serie Horticultura.* Volumen XII, Número 1: Enero-Junio, p. 125-130
- MUÑOZ, F.; PINTO, C.B. 1966. Taxonomía y distribución geográfica de los chiles cultivados en México. Folleto misceláneo Num. 15. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México. D.F. 23 pp.
- NUEZ, V. F.; GIL, O. R.; COSTA, G. J. 2001. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Ed. Mundi-prensa. España. 607 p.

- PALOMINO, A. J.E.; VAQUIRO, H.A.; SALAMANCA, G. G. 2005. Estudio analítico de las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y termodinámicas del pimiento (*Capsicum annuum*) y sus posibilidades agroindustriales. Journal of the Colombian Association of Biological Sciences ; 0(17):21-30 ICID: 449717 .
- PERALTA, E.; MEJÍA, Z. S.; MONTOYA, B. L. C.; SOTO, V. H. 2007. Vida de anaquel de chiles verdes (*Capsicum annum*) 'Anaheim' tatemados durante el almacenamiento... Industria Alimentaria, Carnilac Industrial, Bebidas Mexicanas y Alimen Pack son publicadas por Alfa Editores Técnicos, S.A. de C.V. y están dirigidas a la industria de alimentos de México. Industria Alimentaria Marzo - Abril 2007 Vol. 21 Num 3.
- PERERA, O.; POULUS, J. M. 1993. Studies on stigma position of seventeen pepper accessions. *Capsicum* and Eggplant Newsletter 12:44-46.
- PÉREZ, G. M. 2002. Estudio genético y fisiológico del crecimiento, rendimiento y calidad del fruto en chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P). Tesis de Dr. En C. Colegio de Postgraduados, Texcoco, Edo. de México.
- PÉREZ, G. M.; CASTRO, B. R. 1998. Guía para la producción intensiva de chile manzano. Boletín de divulgación No. 1 Programa Nacional de Investigación en Olericultura . Departamento de Fitotecnia. Chapingo, México . 17p.
- PÉREZ, G. M.; GONZÁLEZ, H. V. A.; MENDOZA, C. M. C.; PEÑA, V. C.; 2004. Physiological characterization of manzano hot pepper (*Capsicum pubences* R & P) landraces. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 129(1):88-92.
- PÉREZ, R. 2003. Estimación de Parámetros Genéticos para la Tolerancia Sequía en Chile Cora, *Capsicum annum* L. Tesis, Doctor en Ciencias n Agrícolas y Forestales. Universidad de la Colima. Tecomán, Colima, México. 133 p.
- POPOVSKY, S.; PARAN, I. 2000. Molecular genetics of the locus in pepper, its relation to capsanthincapsorubin synthase and to fruit color. Theor. Appl. Genet. 101(1-2):86-89.
- RADDFORD, P.J. 1967. Growth analysis formula - their use and abuse. Crop Sci. 7(3): 171-175.
- RAMÍREZ, V. P.; ORTEGA, P. R. A.; LÓPEZ, H. A.; CASTILLO, G. F; LIVERA, M. M.; RINCÓN, S. F.; ZAVALA, G. F. 2000. Recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura. Informe Nacional. SNICS-SOMEFI, A. C. Chapingo, México. 130 p.

- RECHCIGL M, J. R. 1982. Handbook of agricultural productivity. CRC Series in nutrition and food. CRC Press incorporation. Boca Raton, Florida.
- RETA, S. D.G. 1986. Crecimiento y aprovechamiento de la energía solar del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en asociación con maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Maestría en Ciencias . Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 206 p.
- RYLSKI, I. 1986. Pepper (*Capsicum annuum* L.) In: Handbook of fruit set development. CRC. UK. P 341- 353.
- RODRÍGUEZ, M. E. 2000. Caracterización molecular por AFLP's de germoplasma de *Capsicum* spp colectado en la Amazonia colombiana. Trabajo de grado. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 60 p.
- RODRÍGUEZ, P.E.; SAHAGÚN, C. J.; MORA, A. R.; GASGA, P. R. 2006. Programas de cómputo para la estimación de parámetros de regresión no lineal útiles en el análisis de crecimiento de cultivos. 52^{da} reunión anual de la Sociedad Interamericana de Horticultura Tropical. Sep. 24-30. San Juan, Puerto Rico.
- RUÍZ, V. J.; MEDINA, Z. J. 2001. Avances en el manejo integrado de *Bemisia tabaci* en tomate y chile en Oaxaca, México. Manejo Integrado de plagas (Costa Rica) 59:32-38.
- SAS.1999. SAS/STAT User's Guide: Statistics. Versión 8th ed. SAS institute, Inc. Cary, N.C. 956 p.
- SHIBLES, R. 1987. Crop physiology. Iowa, USA. Iowa State University. 214 p.
- SHIFRISS, C.; PILOWSKY M.; ZACKS, J. 1992. Resistance to *Leveillula taurica* (*Odiopsis taurica*) in *Capsicum annuum*. Phytoparasitica 20:279-283.
- STEER, B. T.; PEARSON, C. J. 1976. Photoynthate traslocation in *Capsicum annuum* . Planta 128: 155-162
- STEINER, A. 1984. The Universal Nutrient Solution. In: Proceedings of the 6th International Congress on Soilles Culture. ISOSC. Wageningen, The Netherlands. pp. 633–649.
- STEVANOVIC, D.; MILADINOVIC, Z.; MARINKOVIC, N. 1983. Inheritance of some characters of pericarp in pepper. pages 63-70. In: Proceedings of the Meeting of the *Capsicum* and Eggplant Working Group of the Eucarpia. 4-7July. Instituto de Investigaciones Horticolas Maritza, Plovdiv, Bulgaria

- TAIZ, L.; ZEIGER. E. 2006. Plant Physiology. Sinauer Associates, Inc., Publishers Massachusetts. Pp. 651-670.
- TANAKA, A.; YAMAGUCHI, J. 1972. Dry matter production, yield components and grain yield of the maize plant. Journal of the Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Japan, vol. 57 pt. 1, pag. 71-132.
- TEASDALE, J. R.; ABDUL, B. 1997. Growth analysis of tomatoes in black polyethylene and hairy vetch productions systems. HortScience 32:659-663.
- VÁSQUEZ, M. S. 2005. Fisiotecnia, Bromatología y contenido de capsaicinoides en chile de agua (*Capsicum annuum* L.). Tesis Profesional Licenciatura. Chapingo, México.
- VALADEZ, L. A. 1994. Producción de Hortalizas. Editorial Limusa S.A de C.V. México.. p. 186-187
- VELASCO, V. V. A.; TRINIDAD S. A.; TIRADO, T. J. L.; TÉLIZ, O. D.; MARTÍNEZ, G. A.; CADENA, H.M. 1998 Efecto de algunos nutrimentos en plantas de chile de agua infectadas con virus. Terra. 16(4): 317-324.
- YARITZA, R. T. D.; OLIMPIA GÓMEZ. 2008. Eficiencia de la selección en líneas de pimiento (*Capsicum annuum*), provenientes de cuatro subpoblaciones, en caracteres de interés productivo. *Cien. Inv. Agr.* 35(1): 37-49. 2008. La Habana, Cuba.

9. APÉNDICE

Apéndice 1A. Variables cuantificadas en frutos y semillas de acuerdo con los descriptores IPGRI, (1985), en ocho colectas de chile de agua de Oaxaca, México.

Variable	Forma de medición
Forma del fruto	1 Elongado 2 Casi redondo 3 Triangular 4 Acampanulado 5 Acampanulado y en bloque 6 Otro
Longitud del fruto [cm]	Promedio de 10 frutos maduros de la segunda cosecha
Ancho del fruto [cm]	Promedio de 10 frutos maduros de la segunda cosecha
Peso del fruto [g]	Promedio del peso de 10 frutos maduros de la segunda cosecha
Longitud del pedicelo del fruto [cm]	Promedio de la longitud de 10 pedicelos de la segunda cosecha medida hasta un lugar decimal
Espesor de la pared del fruto 25 [mm]	Promedio del espesor de 10 frutos maduros de la segunda cosecha, medido en el punto más ancho hasta un lugar decimal
Forma del fruto en la unión con el pedicelo	1 Agudo 2 Obtuso 3 Truncado 4 Cordado 5 Lobulado
Cuello en la base del fruto	0 Ausente 1 Presente
Forma del ápice del fruto	Promedio de 10 frutos. 1 Puntudo 2 Romo 3 Hundido 4 Hundido y puntudo 5 Otro
Apéndice en el fruto, vestigio de la floración	0 Ausente 1 Presente

Variable	Forma de medición
Arrugamiento transversal del fruto	Promedio de 10 frutos, (1/3 desde el final del pedicelo). 3 Levemente corrugado 5 Intermedio 7 Muy corrugado
Número de lóculos	Observar 10 frutos, si el número de lóculos (cámara) es uniforme, regístrelo; si no, registre los dos números más frecuentes (o el porcentaje de todas las categorías)
Tipo de epidermis del fruto	1 Lisa; 2 Semirrugosa ; 3 Rugosa
Pedicelo con el fruto	3 Fácil (leve) 5 Intermedia 7 Persistente
Pedicelo con el tallo	3 Fácil (leve) 5 Intermedia 7 Persistente
Longitud de la placenta	1 <1/4 longitud del fruto 2 1/4-1/2 longitud del fruto 3 >1/2 longitud del fruto
Condición de mezcla varietal	3 Mezcla leve 5 Mezcla intermedia 7 Mezcla importante
Color de la semilla	1 Amarillo oscuro (paja) 2 Marrón 3 Negro 4 Otro
Superficie de la semilla	1 Lisa 2 Áspera 3 Rugosa
Tamaño de la semilla	Promedio de 10 semillas escogidas al azar 3 Pequeña 5 Intermedia 7 Grande
Diámetro de la semilla [mm]	Diámetro máximo de 10 semillas hasta dos lugares decimales
Peso de semillas [g]	Promedio de 10 frutos
<i>Número de semillas por fruto</i>	<i>Promedio de por lo menos 10 frutos por accesión escogidos al azar</i> 1 <20 2 20-50 3 >50

Variable	Forma de medición
Rendimiento del fruto/planta [g]	Promedio del rendimiento del fruto en 10 plantas
Contenido de materia seca del fruto [% MS]	Promedio de 25 frutos
Contenido de ácido ascórbico [mg 100 g ⁻¹ de fruto]	Promedio de 25 frutos
Sólidos solubles [%]	El promedio de por lo menos cinco muestras registradas como porcentaje de sólidos leídos directamente de una escala brix superimpuesta sobre la escala de índices de refracción
Rendimiento de la semilla [mg 100 g ⁻¹]	<p>Pesar utilizando semilla seca y fruto fresco. Promedio de 10 frutos por accesión por lo menos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 <60 2 61-100 3 1 01-200 4 >201

APENDICE 2A. Valores obtenidos de parámetros para el modelo logístico de 13 variables en ocho colectas de chile de agua de Oaxaca.

COLECTA	VARIABLE	MODELO	R ²	CM	A	B	C
1	1	1	0.97	45.7669	129.797	136.294	-0.070854
2	1	1	0.97	71.1986	151.664	107.736	-0.061655
3	1	1	0.97	52.0338	129.922	157.553	-0.073003
4	1	1	0.96	56.1721	114.536	79.799	-0.064606
5	1	1	0.94	81.08	109.784	129.895	-0.069767
6	1	1	0.97	48.4007	130.621	75.2786	-0.059255
7	1	1	0.96	89.3866	127.623	191.004	-0.07731
8	1	1	0.98	22.3296	138.533	44.3232	-0.052494
1	2	1	0.98	0.2856	13.7839	18.6655	-0.040571
2	2	1	0.98	0.195	11.206	13.8998	-0.043434
3	2	1	0.97	0.1953	13.3	10.7767	-0.030419
4	2	1	0.97	0.2997	12.8078	14.13	-0.040358
5	2	1	0.95	0.7115	16.5822	14.5839	-0.032137
6	2	1	0.97	0.3816	15.257	12.7741	-0.03456
7	2	1	0.94	0.72	21.6876	13.7254	-0.025574
8	2	1	0.97	0.3284	13.4417	11.1638	-0.036235
1	3	1	0.95	4.3867	33.0101	22.969	-0.040639
2	3	1	0.97	4.3659	37.4806	38.9001	-0.049776
3	3	1	0.94	6.7417	45.7839	24.9644	-0.03728
4	3	1	0.99	9.5912	26.9606	14.7873	-0.049667
5	3	1	0.92	7.3798	25.039	16.5317	-0.064636
6	3	1	0.88	15.2906	47.1143	18.13	-0.033686
7	3	1	0.95	3.7803	26.7294	21.7345	-0.049567
8	3	1	0.94	6.7399	38.3327	23.0556	-0.03935
1	4	1	0.89	996.6	250.275	146.346	-0.068689
2	4	1	0.89	1585.9	432.007	78.0173	-0.048732
3	4	1	0.97	167.8	201.642	626.022	-0.090526
4	4	1	0.88	1093.2	242.965	116.75	-0.069156
5	4	1	0.89	1148.2	260.589	441.885	-0.083478

6	4	1	0.85	1870.6	361.033	94.2112	-0.054093
7	4	1	0.93	1321.1	510.567	201.365	-0.057088
8	4	1	0.94	690.2	876.876	109.169	-0.037967
1	5	1	0.98	0.2133	11.3559	127.998	-0.068472
2	5	1	0.98	0.4018	11.1923	135.123	-0.068412
3	5	1	0.98	0.2853	10.5346	163.811	-0.075874
4	5	1	0.97	0.2693	13.7895	73.7391	-0.047908
5	5	1	0.99	0.1439	11.1998	101.111	-0.062587
6	5	1	0.97	0.4469	13.0152	110.284	-0.05743
7	5	1	0.97	0.409	12.6631	116.126	-0.061308
8	5	1	0.98	0.286	10.5478	158.544	-0.069187
1	6	1	0.97	0.0226	2.91121	722.197	-0.080762
2	6	1	0.96	0.0546	3.05457	2237.47	-0.098862
3	6	1	0.99	0.00427	2.18309	666.684	-0.075508
4	6	1	0.98	0.038	5.70061	401.313	-0.065212
5	6	1	0.97	0.0618	4.70098	974.36	-0.080027
6	6	1	0.98	0.0534	5.02044	2055.44	-0.091928
7	6	1	0.97	0.0449	3.1926	7191.01	-0.11025
8	6	1	0.98	0.0263	3.22228	2931.8	-0.10322
1	7	1	0.97	1.6003	24.0926	3845.5	-0.096614
2	7	1	0.95	4.2211	25.4541	2931.31	-0.097468
3	7	1	0.95	1.3965	16.2571	1106.08	-0.083856
4	7	1	0.93	4.2417	22.5263	3048.3	-0.095291
5	7	1	0.94	3.0968	17.6452	115818.19	-0.14922
6	7	1	0.98	1.0111	24.2745	18494.56	-0.11712
7	7	1	0.91	7.878	25.7097	5010.58	-0.10066
8	7	1	0.91	7.5546	52.7021	767.178	-0.061049
1	8	1	0.98	0.6039	16.1378	10563.05	-0.11569
2	8	1	0.95	1.6438	18.1064	965.084	-0.081786
3	8	1	0.98	0.2644	11.9661	4089.82	-0.10567

Continúa Apéndice 2A.

4	8	1	0.98	0.5978	17.8027	1187.29	-0.08508
5	8	1	0.96	1.3412	15.2976	13245.08	-0.12002
6	8	1	0.96	1.9666	22.4445	4693.31	-0.098304
7	8	1	0.98	0.8437	16.7131	67573.84	-0.13907
8	8	1	0.96	1.2095	23.1295	423.577	-0.064039
1	9	1	0.98	38375.1	4657.38	1869.87	-0.095637
2	9	1	0.94	131821	4937.95	702.941	-0.075087
3	9	1	0.96	64403.8	3262.53	4959.1	-0.11785
4	9	1	0.96	74962.8	3949.98	472.552	-0.078072
5	9	1	0.95	105052	3684.85	4679.9	-0.1095
6	9	1	0.97	83912.7	5166.16	650.736	-0.074747
7	9	1	0.95	229462	5655.52	2472.5	-0.095737
8	9	1	0.96	87955.8	5090.71	295.009	-0.064638
1	10	1	0.98	0.7781	28.048	84246.45	-0.11099
2	10	1	0.98	7.6556	26.7275	794372.96	-0.13682
3	10	1	0.93	6.5522	17.6129	17451048.69	-0.17072
4	10	1	0.97	1.6046	19.7254	147202333.3	-0.21022
5	10	1	0.96	1.433	18.9112	113742404.1	-0.19774
6	10	1	0.97	1.2018	19.563	537092308.3	-0.21929
7	10	1	0.93	1.5949	14.7818	562638.85	-0.14244
8	10	1	0.92	4.0928	39.1087	113134.66	-0.10854
6	11	1	0.84	0.00307	0.29243	490497113	-0.31265
8	11	1	0.91	0.00106	0.2211	168563846.4	-0.30812
1	12	1	0.82	15.1148	19.3941	1.70E+12	-0.36649
2	12	1	0.83	17.4648	20.8369	14478478617	-0.30201
3	12	1	0.92	2.3314	12.5061	287960.32	-0.1593
4	12	1	0.75	26.8162	24.7505	72472661651	-0.32335
5	12	1	0.87	10.4914	21.189	1.79982E+11	-0.32525
6	12	1	0.7	96.5866	35.9443	48032364470	-0.31108
8	12	1	0.76	21.2041	18.3868	9.14067E+11	-0.3594
1	13	1	0.99	4.4798	71.2724	2778.52	-0.087359

Continúa Apéndice 2A.

2	13	1	0.98	11.039	81.556	1453.33	-0.078839
3	13	1	0.98	3.9468	58.51	1187.73	-0.074965
4	13	1	0.98	10.753	67.6469	5773.14	-0.099632
5	13	1	0.99	2.717	60.3332	7623.53	-0.10365
6	13	1	0.99	4.9842	73.4899	18516.24	-0.11228
7	13	1	0.97	10.3673	61.0023	9987.25	-0.10792
8	13	1	0.95	27.7716	151.785	1015	-0.061571

MODELO: Modelo Logístico(1). R^2 : Coeficiente de Determinación. CM: Cuadrado Medio.
Coeficientes del Modelo Logístico: A, B, C.