

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

ASOCIACIÓN DE JITOMATE SILVESTRE (*Lycopersicon
esculentum* var. *ceraciforme*) CON TEOCINTLE (*Zea mays* ssp.
mexicana) CULTIVADOS EN "CAJETES".

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE: DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESENTA:

ALEJANDRO RODRÍGUEZ ORTEGA

Chapingo, Estado de México, junio del 2003

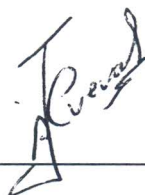


ASOCIACIÓN DE JITOMATE SILVESTRE (*Lycopersicon esculentum* var. *ceraciforme*) CON TEOCINTLE (*Zea mays* ssp. *mexicana*) CULTIVADOS EN “CAJETES”.

Tesis realizada por **Alejandro Rodríguez Ortega** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

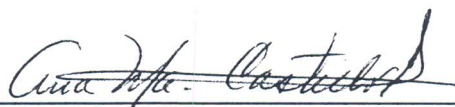
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESIDENTE: _____



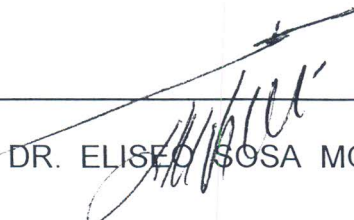
DR. JESÚS AXAYACATL CUEVAS SÁNCHEZ

ASESOR: _____



DRA. ANA MARÍA CASTILLO GONZÁLEZ

ASESOR: _____



DR. ELISEO SOSA MONTES

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo otorgado para llevar a cabo los estudios de Maestría en el Departamento de Fitotecnia.

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Programa Docente de Horticultura por la oportunidad que me brindo para mi superación profesional.

Al Dr. Jesús Axayacatl Cuevas Sánchez, a la Dra. Ana María Castillo González y al Dr. Eliseo Sosa Montes por su paciencia y dedicación en la dirección de ésta tesis.

Al Dr. Mario Pérez Grajales le agradezco su interés mostrado durante la revisión del documento final de la tesis.

A la Dra. Raquel Alatorre Rosas y al MC. José Merced Mejía Muñoz por las sugerencias brindadas para el ingreso al posgrado.

A los Ingenieros Pedro Carrillo Eligio, Mardonio García Pineda y Cruz Marina Ortega Villatoro por la colaboración y asesoramiento de éste trabajo.

A la Ing. Rosario Melina Barrón Yáñez por su acertada y valiosa colaboración en el trabajo de cómputo.

A la MC. Nancy Ramos Lobato y la Sra. Rafaela por la ayuda brindada en el laboratorio de Nutrición Animal del Departamento de Zootecnia.

Al Ing. Agustín Aguilar, a los QFB. Angela Barrera y Claudio Pérez por su colaboración.

DEDICATORIAS

A mis padres: *Teresa Ortega Cervantes y Agustín Rodríguez Domínguez* quienes son lo más importante para mí, por el gran esfuerzo que han realizado en su vida para la formación de sus hijos, por darme la vida y su apoyo incondicional.

A la memoria de mis abuelitos: Eustacio y Erasmo, con respeto. †

A mis abuelitas: Agustina y Juanita, con amor.

A Melina con amor y respeto...

A mis sobrinos: Brenda, Miguel, Karen, Char, Nahúm, Guille, Marcos, Lalo, Juliana, Raquél, Rocio y Rebeca quienes son una chispa de alegría.

A mis hermanos: Jesús, Julio, Felipe, Ma. Paula, Jorge y Leodan, con cariño y agradecimiento por brindarme su apoyo en momentos difíciles,

¡MUCHAS GRACIAS!

Sinceramente ***Alejandro Rodríguez Ortega.***

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor de la presente tesis, Ingeniero Agrónomo ALEJANDRO RODRÍGUEZ ORTEGA, es originario de Epazoyucan, Hidalgo, donde nació el 18 de mayo de 1972. Realizó estudios de Educación Media Superior y Educación Superior en la Universidad Autónoma Chapingo donde curso la carrera de Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología Agrícola de la que egresó en junio del 2000.

ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
SUMMARY.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVO	3
HIPÓTESIS: H_0	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Jitomate.....	4
2.2 Teocintle.....	7
2.3 El Maíz “Cajete” en la Mixteca Alta de Oaxaca.....	11
2.4 Forma de sembrar y cantidad de semilla.....	13
2.5 Asociación de cultivos.....	13
2.6 Importancia de México como fuente de recursos vegetales.....	14
2.7 El estudio de los forrajes.....	15
2.8 Análisis de alimentos.....	20
2.9 Análisis proximal.....	21

III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1 Características del sitio experimental.....	26
3.2 Condiciones climáticas.....	26
3.3 Precipitación.....	26
3.4 Suelos.....	27
3.5 Diseño de tratamientos y experimental.....	27
3.6 Genotipos estudiados.....	27
3.7 Establecimiento del experimento.....	27
3.8 Variables evaluadas.....	28
3.9 Análisis estadístico.....	31
3.10 Conducción del experimento.....	31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1 Jitomate.....	34
4.1.1 Producción y altura.....	34
4.1.2 pH y grados Brix del fruto.....	34
4.1.3 Firmeza del fruto.....	35
4.1.4 Peso y diámetro de fruto y número de racimos con frutos.....	35
4.1.5 Clorofilas totales en un día nublado y en un día despejado.....	36
4.1.6 Área foliar, peso seco y peso específico de la cuarta hoja apical de plantas de jitomate.....	36

4.1.7 Sabor de jugo de frutos de jitomate.....	37
4.1.8 Color de frutos de jitomate.....	39
4.1.9 Análisis proximal para jitomate.....	40
4.2 TEOCINTLE.....	42
4.2.1 Producción de materia seca y altura de planta.....	42
4.2.2 Área foliar, peso seco y peso específico de la cuarta hoja apical de plantas de teocintle y número de tallos por mata.....	42
4.2.3 Análisis proximal para teocintle.....	44
V. CONCLUSIONES.....	47
VI. RECOMENDACIÓN.....	48
VII. LITERATURA CITADA.....	49
VIII. ANEXOS.....	53

ÍNDICE DE CUADROS

Página

1	Contraste en composición de forrajes verdes. Porcentajes en base húmeda.....	19
2	Contraste en composición de forrajes (porcentajes) desprovistos de agua (De Alba, 1958).....	20
3	Composición de las diferentes determinaciones del análisis proximal (Mc Donald, 1973) citado por Sosa 1979.....	22
4	Características morfológicas, producción y calidad de fruto, de jitomate silvestre cultivado en asociación con teocintle y cultivado solo en un sistema de cajetes. Chapingo, México, 2002.....	37
5	Características en porcentaje del color del fruto de jitomate cultivado solo y asociado con teocintle en un sistema de cajetes. Chapingo, México, 2002.....	39
6	Datos del análisis proximal realizado a follaje de plantas de jitomate cultivado solo y asociado con teocintle en un sistema de cajetes. Chapingo, México, 2002.....	41

7 Características morfológicas y producción de materia seca en plantas de teocintle cultivado solo y en asociación con jitomate silvestre, en un sistema de cajetes. Chapingo, México, 2002.....	43
8 Datos del análisis proximal realizado a follaje de plantas de teocintle cultivado solo y asociado con jitomate silvestre en un sistema de cajetes. Chapingo, México, 2002.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1 Producción promedio de frutos por planta de jitomate y materia seca de teocintle por mata, cultivados solos y asociados en un sistema de cajetes. Chapingo, México, 2002.....	38
2 Promedio de alturas de plantas de jitomate silvestre y teocintle cultivados solos y asociados en un sistema de cajetes. Chapingo, México, 2002.....	38

RESUMEN

ASOCIACIÓN DE JITOMATE SILVESTRE (*Lycopersicon esculentum* var. *ceraciforme*) CON TEOCINTLE (*Zea mays* ssp. *mexicana*) CULTIVADOS EN “CAJETES”.

Esta investigación se realizó en el Huerto Ecológico “Quetzalcoatl” de la Universidad Autónoma Chapingo. Se evaluó la asociación de jitomate silvestre ‘Chiapas’ (*Lycopersicon esculentum* var. *ceraciforme*) con teocintle (*Zea mays* ssp. *mexicana*), jitomate solo y teocintle solo, cultivados en “cajetes”. Se empleó el diseño estadístico *bloques completos al azar*. El “cajete” consistió en una microcuenca de 50 cm de diámetro y 20 cm de profundidad. Las variables evaluadas fueron: producción de frutos de jitomate por planta, materia seca del jitomate y teocintle por mata, altura de planta, firmeza, color, grados Brix y sabor de frutos de jitomate. También se evaluó la calidad forrajera de ambas especies mediante un análisis proximal. Los resultados indicaron que el jitomate solo, tuvo mayor producción y altura de planta (340.23 g y 104.2 cm respectivamente), no hubo diferencia estadística en las demás variables. El sistema de producción de jitomate y teocintle en cajete permite mantener y conservar el germoplasma de éstas especies, ambas son fuente de alimento humano y tienen potencial como forraje.

Palabras clave: *Lycopersicon esculentum* var. *ceraciforme*, *Zea mays* ssp. *mexicana*, asociación de cultivos, cajetes, análisis proximal.

SUMMARY

ASSOCIATION OF WILD TOMATO (*Lycopersicon esculentum* var. *ceraciforme*) WITH TEOCINTLE (*Zea mays* ssp. *mexicana*) CULTIVATED IN “MICROBASINS”

This study was conducted in the Ecological Plot “Quetzalcoatl” at the Autonomous University of Chapingo. I evaluate the association of wild tomato ‘Chiapas’ (*Lycopersicon esculentum* var. *ceraciforme*) with teocintle (*Zea mays* ssp. *mexicana*), single tomato and single teocintle, cultivated in “microbasins”. The statistical design was used at random complete blocks. It consisted of a microbasin of 50 cm of diameter and 20 cm of deep. The evaluated variables were: production of fruits of tomato by plant, dry matter of the tomato and teocintle by bush, height of plant, firmness, color, Brix degrees and flavor of tomato fruits. Also the forrajera quality of both species by means of a proximal analysis was evaluated. The results indicated that the single tomato, had greater production and height of plant (340.23 g and 104.2 cm respectively), was no statistical difference in the other variables. The production system of tomato and teocintle in microbasins allows to maintain and to conserve germoplasma of these species, both are human food source and have potential like forage.

Key words: *Lycopersicon esculentum* var. *ceraciforme*, *Zea mays* ssp. *mexicana*, association of cultures, microbasins, proximal analysis.

I. INTRODUCCIÓN

México es considerado uno de los centros de domesticación de plantas más importantes del mundo. Hay más de 180 especies pertenecientes a 70 géneros que se han domesticado en nuestro país.

El hombre ha conducido la fitodomesticación en busca de obtener la mayor cantidad de características deseables posibles en una sola planta, a través de prácticas agronómicas sencillas como la selección y la preservación de los materiales silvestres a fin de continuar con la evolución de estas y obtener nuevas características derivadas de la adaptación a distintas condiciones del ambiente y al manejo genético.

Se enfrenta la necesidad de mejorar la calidad de sus cultivares y buscar nuevas alternativas de alimentación para la población. Es necesario buscar entre los materiales silvestres soluciones a estos problemas, como la conservación de la variabilidad genética, la domesticación y adopción de nuevas especies, en particular en aquellas regiones marginadas y de población indígena que han sabido mantener esta diversidad vegetal.

La República Mexicana, y más específicamente el área conocida como Mesoamérica, que comprende parte de México y Centroamérica, es una de las regiones del mundo con mayor riqueza florística y se ha señalado como centro de origen y diversidad de plantas cultivadas que han adquirido gran importancia mundial.

De los cultivos originarios y/o domesticados en Mesoamérica, el maíz, el frijol, el chile, la calabaza y el jitomate son los más importantes en la dieta del pueblo mexicano. En forma conjunta se cultivan en México aproximadamente 10 millones de hectáreas en una gran diversidad de sistemas de producción, cultivándose en muchos casos, asociadas a la primera especie.

Hoy sabemos que la mayoría de los cultivares tiene la base de su variabilidad genética en las especies silvestres, de ahí la importancia de mantener viva la evolución presentada en condiciones adversas por el medio, protegida en gran parte por las poblaciones indígenas, marginadas y con poca innovación tecnológica, así como, la preservación de alguna técnicas de cultivo como es la asociación y la utilización de “cajetes” en zonas en donde las condiciones climáticas y topográficas son adversas.

En distintas partes de México, los pueblos indígenas han seleccionado una gran cantidad de variedades en cultivos que hoy son fundamentales para la subsistencia de la humanidad. Cada una de estas variedades presenta un contenido genético particular, seleccionado por el hombre a partir de variación genética natural, con el fin de satisfacer sus necesidades básicas. En base a lo anterior se planteo el siguiente objetivo e hipótesis en éste trabajo de investigación.

OBJETIVO

Estudiar la producción de jitomate y teocintle, cultivados en un sistema de “cajete”, que permita conocer sus ventajas de este sistema en la conservación del germoplasma silvestre y su importancia como alimento humano para las comunidades indígenas de la Sierra Norte de Puebla, así como, su potencial como especies forrajeras.

HIPÓTESIS: H_0

La asociación de jitomate silvestre y teocintle cultivados en “cajete” ofrece mayores ventajas de producción, altura de planta, velocidad de crecimiento, área foliar, peso seco y específico de la cuarta hoja apical, porcentaje de clorofilas totales, firmeza del fruto, grados Brix y pH, que cultivados individualmente. Por tanto, representa la alternativa viable en la conservación del germoplasma silvestre, como fuente de alimento humano y como forraje.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Jitomate

El jitomate está considerado como la segunda especie hortícola más importante por la superficie que ocupa, y como la primera, por su valor productivo. La producción se obtiene de diferentes variedades mejoradas a partir de silvestres que se encuentran cultivadas en los climas templados y tropicales de casi toda la República (León *et al.*, 1980).

Se considera dentro de los cultivos de mayor importancia en la agricultura comercial, entre otras razones; 1) por la generación de divisas al ser primordialmente un cultivo de exportación; por si sólo genera el 15% del valor total de todas las exportaciones agropecuarias y 36% del valor de las exportaciones de legumbres y hortalizas frescas; 2) por la generación de empleos, debido al alto requerimiento de mano de obra, que es alrededor de 500 jornales por hectárea (Villarreal, 1982); 3) por la generación de tecnología, dado que su cultivo ha alcanzado un alto nivel tecnológico, creando las necesidades de insumos (Muñoz *et al.*, 1994) y 4) principalmente por su alto consumo per cápita nacional que se estima en 16.5 kg. para el año 1991 (Gómez *et al.*, 1992).

La evidencia histórica favorece a México como el centro más importante de domesticación del jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), hecho ampliamente aceptado en el mundo científico.

La utilización de formas domesticadas en nuestro país tiene bastante antigüedad, y sus frutos eran bien conocidos y empleados como alimento por las culturas indígenas que habitaban en la parte central y sur de México, antes de la llegada de los españoles (López, 1988).

Las especies silvestres del género *Lycopersicon* y algunas del género *Solanum*, como *S. lycopersicoides*, constituyen un enorme reservorio de variabilidad. Se ha evidenciado la importancia de estas especies en el logro de significativos avances en mejora del tomate cultivado. Pero sin duda seguirán desempeñando un papel esencial en la mejora de resistencia a enfermedades y plagas, tolerancia a condiciones de estrés abiótico como la salinidad, bajas y altas temperaturas o aumento de factores de calidad como contenido en materia seca, vitaminas e intensidad del color.

La incidencia de la biotecnología en la mejora, en lugar de disminuir la importancia del germoplasma, lo acrecienta. Hoy existen pruebas inequívocas de que el fondo genético de un cultivar modifica de forma profunda la expresión de genes transferidos por ingeniería genética. En consecuencia es necesario seleccionar el germoplasma más adecuado (Nuez, 1999).

El sabor del tomate está determinado principalmente por los niveles de azúcares y ácidos, de manera que al aumentar los niveles de éstos aumenta también el sabor.

Los azúcares como glucosa y fructuosa constituyen el 65% de los sólidos solubles, mientras que el resto está constituido principalmente por los ácidos cítrico y málico, minerales, lípidos y un conjunto de compuestos a bajas concentraciones. En consecuencia, un aumento en el contenido de sólidos solubles produce también un aumento en el sabor.

El color es una de las características más importantes de calidad. Para el consumidor, el color es un indicador de calidad gustativa. Para el procesador, la calidad de algunos productos elaborados esta determinada por la intensidad de color, el cual condiciona la cantidad de fruta requerida y la rentabilidad del proceso. El color de los tomates rojos depende básicamente de su contenido de licopeno y, en menor medida, del B-caroteno. Ambos pigmentos carotenoides se biosintetizan a partir del fitoeno (Nuez, 1999).

La firmeza del pericarpio está estrechamente relacionada con la resistencia al transporte y se considera un componente de calidad, tanto para tomate de industria como para fresco. Realmente evita que se pierda la calidad por daño mecánico. La mayor parte de la firmeza del pericarpio de los cultivares actuales deriva de un fondo genético común. Probablemente éste es el origen de algunos cultivares comercializados actualmente como de larga vida de anaquel. Parece lógico pensar que la introgresión de genes de otras acciones de *L. pimpinellifolium* y, sobre todo, *L. peruvianum*, donde existe una enorme variabilidad aún no aprovechada, podría contribuir a lograr nuevos avances.

El jitomate es un cultivo C_3 . En este tipo de plantas la eficiencia fotosintética es baja y las pérdidas por foto-respiración altas. Sin embargo, en tomate se han descrito elevadas eficiencias fotosintéticas, normalmente asociadas con especies C_4 . Aparentemente ello es posible debido a su capacidad para aclimatarse a condiciones de alta radiación y temperatura diurna cálida, acopladas a alta nutrición nitrogenada (Nuez, 1999).

2.2 Teocintle

El teocintle anual (*Zea mays* spp mexicana) es considerado el pariente más cercano del maíz, se le ha atribuido una gran influencia en el incremento de la variabilidad y la formación de las principales razas de maíz en México y se le ha considerado desde el siglo pasado como una especie de gran potencial forrajero en la alimentación animal para las regiones tropicales y subtropicales. Adicionalmente, se considera un germoplasma valioso para el mejoramiento del maíz, especialmente en lo que respecta a resistencia a enfermedades y factores adversos.

En México se reconocen cuatro especies silvestres del género *Zea*: *Zea mexicana* dividida en cuatro razas: Nobogame, Mesa Central, Chalco y Balsas; *Zea perennis* especie perenne tetraploide, *Zea diploperennis* especie perenne diploide, ambas endémicas del estado de Jalisco y *Zea luxurians* reconocida sólo por una muestra obtenida en 1842 y existente en la actualidad en Guatemala.

La taxonomía del teocintle evolucionó gradualmente con la actual subespecie *mexicana*, descrita en 1832, como *luxurians* en 1872, y *perennis*, 1922. Sin embargo, estos nombres rara vez fueron usados por los genetistas, quienes por lo general, clasificaban las plantas de acuerdo con el nombre de la región o población donde se recolectaban los frutos. De esta manera surgió el teocintle de Chalco, el de Durango y el de Guatemala, que con frecuencia se utilizaban para forraje (Doebley 1993).

Poco tiempo después aparecieron nombres como el teocintle de Huehuetenango en 1937 y el de Guerrero en 1948, para estos últimos dos se menciona su estado silvestre, sus extensas poblaciones y su distinta taxonomía.

En la década de los cuarentas Gilly, fue el primero en estudiar más a fondo la taxonomía de los teocintles. Él fue motivado significativamente por el maestro Efraín Hernández X. quien estudió mucho sobre el maíz y los teocintles (incluyendo al género *Tripsacum*), coautor de Razas de maíz en México. Ambos recolectaron germoplasma de las plantas mexicanas con valor económico.

El género *Zea* se compone de un grupo de zacates anuales y perennes originarios de México y Centroamérica. Incluye tanto al grupo taxonómico silvestre (teocintle) como a la planta cultivada de maíz.

Los estudios moleculares han contribuido a una mejor comprensión de muchas interrogantes relativas a la sistemática de *Zea*, al proporcionar un gran respaldo al sistema de clasificación del género y al origen del maíz. Ello permite establecer que en la actualidad la prueba molecular es congruente con la teoría de que el teocintle es el ancestro del maíz y que el maíz está más estrechamente emparentado *Z. mays ssp parviglumis* (por lo que *Z. diploperennis* no participa directamente en el origen del maíz) (Doebley, 1993).

El maíz es considerado originario de México ya que: a) los restos arqueológicos más antiguos han sido encontrados en nuestro territorio; b) la mayor diversidad genética está representada en nuestros criollos, y c) el pariente más cercano y posible ancestro (el teocintle anual) solamente crece en forma silvestre en México y Norte de Centroamérica.

El teocintle anual es tan similar al maíz que ni los campesinos más experimentados pueden distinguir uno del otro antes de que posean inflorescencias femeninas. En el maíz la mazorca no libera sus semillas, mientras que en el teocinte es fácil y se desarticulan al madurar. A pesar de estas importantes diferencias, ambas plantas son reconocidas taxonómicamente como *Zea mays*. La relación genética es tan cercana que las plantas se cruzan entre sí y es considerada como ejemplo de flujo genético y de introgresión (establecimiento de genes en una población) entre ellas. Esta supuesta introgresión nunca ha sido contundentemente demostrada, pero es considerada como “natural” por muchos académicos y como una “realidad

inobjetable” para Greenpeace. Los teocintles han sido un factor importante en la existencia de muchas variedades y razas de maíz en México (Wilkes, 1977 y Hernández, 1985).

El teocintle *Z. mays ssp mexicana* se cultiva como forraje de corte y ensilaje, debido a su elevado valor nutritivo (prótidos 10% y glúcidos 43.7%), es cosechado antes de espigar aproximadamente a 1.5 m de altura, realizándosele de 7 a 8 cortes por año, con una producción de condiciones favorables de hasta 70 a 90 toneladas por hectárea en fresco. Esta especie no resiste el pisoteo, heladas y sequías, crece en climas cálidos y húmedos, se desarrolla mejor en terrenos profundos y permeables con suelos arenoarcillosos (Doebley, 1993).

Salinas en 1982 menciona que Kristov obtuvo un híbrido promisorio para ensilaje cruzando maíz con teocintle. Este híbrido mostró un alto contenido de proteína y materia seca y una producción superior más temprana que el maíz.

En la India, Gil y Patil en 1985 realizaron un estudio importante donde mencionan que el maíz es una planta con una alta eficiencia fotosintética y ciclo corto, y el teocintle (*Z. Mays ssp. mexicana*) tiene un ciclo largo y una alta producción de forraje, capacidad de producir más tallos, crecer y desarrollarse en lugares con sequía; combinando las características de ambos se pudo obtener un híbrido maizintle, el cual es más succulento, tiene más hojas y tallos por planta y puede sembrarse de marzo hacia delante. Ellos encontraron en

condiciones de riego y con fertilización nitrogenada una producción de forraje superior en teocintle y maizintle que en el maíz.

La calidad de un forraje se ve afectada con factores como: fase de maduración al momento del corte y/o pastoreo, especie vegetal, grado de fertilidad del suelo (especialmente concentraciones de N y P, y en algunos casos el cobalto, que condicionan el crecimiento en las plantas) y elementos tóxicos acumulados en el tejido vegetal que influyen en el consumo y productividad de los animales.

Los componentes químicos en una planta varían en cada una de sus partes, las hojas tienen más contenidos de éter y proteína cruda que los tallos, sin embargo son bajos en lignina, celulosa y fibra cruda; los frutos y semillas varían en composición química, comúnmente contienen grandes cantidades de proteína cruda, grasas y carbohidratos.

2.3 El Maíz “Cajete” en la Mixteca Alta de Oaxaca

El Maíz “Cajete” que se cultiva en la Mixteca Alta y que debe su nombre al método como se siembra, es considerado en dicha región como muy tardío, ya que termina de florecer aproximadamente a los seis meses de la siembra, y se le cosecha entre los ocho a nueve meses de la siembra; logra una altura promedio de 3.2 m, desarrollando un tallo grueso y vigoroso (Pérez, 1974).

Las plantas nacen en unas verdaderas microcuencas que le sirven de protección y retención de agua, cuando ocurren precipitaciones de marzo a mayo. El maíz llega a emerger entre los diez y quince días después de la siembra dependiendo del contenido de humedad, del suelo y de las temperaturas.

El crecimiento subsecuente de las plantas es muy lento hasta el establecimiento del temporal que ocurre a fines de mayo; a partir de entonces la velocidad de crecimiento se incrementa considerablemente hasta que la planta alcanza una altura promedio de 3.6 m (Pérez, 1974).

En la subregión Mixteca Alta que comprende los distritos políticos de Nochixtlán, Tlaxiaco, Teposcolula y Coixtlahuaca, anualmente se siembran 10 000 ha de maíz de humedad o “cajete” con rendimientos promedio de 1.3 t ha^{-1} . La cosecha en este sistema de siembra es segura aún en años de escasa o mala distribución de lluvias, esto debido al ciclo tardío de las variedades criollas que les permite aprovechar las lluvias de temporal y la humedad residual. El maíz cajete generalmente se siembra en terrenos planos y profundos o en suelos de microcuencas o “joyas” que reciben aluviones (barrancas). Las condiciones de clima para dicho maíz son variables, y por lo tanto, se siembra en áreas con clima templado subhúmedo seco como Nochixtlán y en los más húmedos como Tlaxiaco (Campos *et al.*, 1985).

2.4 Forma de sembrar y cantidad de semilla

En éste sistema denominado cajeteo o picado, la siembra que requiere de bastante mano de obra se realiza por cooperación entre los campesinos. Para efectuar la siembra, primero se busca la humedad en el fondo del surco con la pala de la coa haciendo una pequeña fosa semejante a una casuela que se denomina cajete. Una vez encontrada la humedad se hace un pequeño hueco con la coa en el fondo del cajete, se deposita la semilla y se tapa con la tierra húmeda extraída del cajete (Campos *et al.*, 1985).

La siembra se hace a 1.4 m de distancia entre cada cajete (mata de maíz), depositando tres semillas por cajete para tener una población de 30 000 plantas por hectárea, lo que equivale 14 kg.

2.5 Asociación de cultivos

La asociación de cultivos se ha definido, como un sistema en el cual dos o más especies cultivadas se siembran con suficiente proximidad en el espacio, generándose una competencia ínter específica ante un recurso limitante o potencialmente limitante.

La siembra asociada se describe, como el agroecosistema donde participan en tiempo y espacio dos o más especies de vegetales, en el mismo terreno durante el mismo año, tratándose generalmente de una gramínea y una leguminosa (Herrera, 1990).

La asociación de cultivos en el trópico, tiene una historia casi tan larga como la historia de la agricultura. En México el área de distribución geográfica del teocintle, es similar al área donde se distribuyen las variedades silvestres de frijol común. Esto significa que el hombre las encontró creciendo juntas y las empezó a domesticar al mismo tiempo (Miranda, 1966).

La importancia de los cultivos asociados o múltiples radica en los enormes beneficios para la producción agrícola que en muchos casos, es el resultado de la aplicación científica de esta práctica. Además de las ventajas en el rendimiento a este tipo de cultivos se les ha atribuido una serie de propiedades adicionales: se reduce el riesgo de fracasos del cultivo; se obtiene baja variabilidad del rendimiento entre un ciclo de cultivo y otro; se presentan patrones diferenciales de crecimiento y consecuentemente una más uniforme distribución de las labores en el tiempo; se obtiene una menor susceptibilidad a plagas, enfermedades y malezas; se consigue una mejor calidad en los productos agrícolas y se asegura un ingreso sostenido y disponible (en aquellos casos donde los cultivos destinados al consumo alimenticio se mezclan con cultivos de valor económico) (Krishnamurthy, 1984).

2.6 Importancia de México como fuente de recursos vegetales

México es una región que cuenta con una enorme riqueza en recursos fitogenéticos, parte de la cual es conocida y se está conservando. La biodiversidad es resultado del proceso evolutivo que se manifiesta en la

existencia de diferentes modos de ser para la vida a lo largo de toda la escala de organización de los seres vivos.

En el mundo existen más de 170 países, pero sólo 17 de ellos son considerados como megadiversos. México es uno de estos países que en conjunto albergan entre el 60 y el 70% de la biodiversidad total del planeta. Esta gran diversidad biológica se debe principalmente a la compleja topografía, la variedad de climas y la conexión de dos zonas biogeográficas (neártica y neotropical) en el territorio mexicano que en conjunto forman un variado mosaico de condiciones ambientales.

La diversidad genética resulta de las diferencias que existen entre las unidades de herencia (genes) de los individuos de una especie. De la conservación de la diversidad genética depende el potencial para evolucionar de las especies ya que les permite afrontar cambios ambientales, la competencia de otras especies y los depredadores y patógenos en su entorno. La variabilidad genética tiene también una gran importancia económica ya que le permite al ser humano ejercer una selección artificial de variedades de plantas y animales con características benéficas para él, dando lugar al proceso conocido como domesticación.

2.7 El estudio de los forrajes

Uno de los primeros pasos que se dan en el estudio de los forrajes consiste en dividirlos en dos grandes grupos: el de los concentrados y el de los forrajes

toscas o voluminosas. Este es una división relativamente arbitraria, pero muy útil en la práctica.

Al grupo de alimentos toscos pertenecen aquellos forrajes voluminosos con relación a su valor nutritivo, tales como la paja, el heno, los pastos verdes y el ensilaje. Este volumen está formado por agua en algunos casos, al ser secados pueden usarse en mezclas de concentrados. El ejemplo más común de este caso lo proporcionan algunas raíces: en estado fresco constituyen un forraje tosco, y secados en forma de harina se transforman en valiosos concentrados. Casi todos los alimentos toscos tienen un alto contenido de fibra o materia leñosa de difícil digestión (De Alba, 1958).

Los animales (cabra, oveja, vaca) poseen un sistema digestivo capaz de digerir buena parte de la fibra, en cambio el cerdo digiere muy mal los forrajes leñosos y su ración necesita de mayor proporción de alimentos concentrados. La alfalfa, aún en forma de harina, sigue siendo un forraje tosco debido a su contenido de fibra. Por contraste, se llaman alimentos concentrados aquellos que tienen un gran valor nutritivo con relación a su volumen: dicho en otra forma, contienen mucha energía concentrada en pequeño espacio. Generalmente éstos alimentos son de más fácil digestión que los toscos y tienen muy baja proporción de fibra, a este grupo pertenecen los granos, los residuos de la industria del aceite vegetal, las harinas de carne, pescado, y algunos forrajes desecados artificialmente.

Las proteínas en el análisis se les denomina proteína bruta, porque en éste concepto se incluyen todas las materias nitrogenadas, si bien algunas no son estrictamente proteínas. El químico determina la cantidad de nitrógeno existente en una muestra de alimento y multiplica esta cantidad por 6.25, esto se funda en el hecho de que las proteínas tienen por lo general 16% de nitrógeno ($100: 16 = 6.25$). Este factor es correcto para la mayoría de las proteínas, pero en algunos casos se usan factores más exactos, como 6.38 para las proteínas de la leche.

Otro de los componentes químicos de los forrajes es la grasa, algunas veces denominada extracto etéreo. Este nombre se debe al método químico que se sigue para su determinación. La muestra bajo estudio se muele perfectamente y se destila éter sulfúrico a través de ella. Toda materia soluble en el éter es extraída y la pérdida de peso de la muestra constituye el peso del extracto etéreo.

El contenido del extracto etéreo es por lo general muy bajo en los forrajes toscos, pero muy alto en algunos concentrados. Las grasas se caracterizan por producir más calor al ser quemadas que los hidratos de carbono o las proteínas. Este gran calor o energía potencial de las grasas también es evidente cuando las grasas son utilizadas por el organismo animal.

Los hidratos de carbono, éste grupo químico pertenecen dos de los componentes determinados usualmente en los forrajes; la fibra bruta y el extracto no nitrogenado, llamado también hidrocarbonato soluble.

Estos componentes deben su nombre a que están constituidos por el elemento carbono y el hidrógeno y oxígeno, éstos dos últimos en proporción parecida a la que tienen en el agua. Su división en dos partes es estrictamente empírica.

La parte soluble es aquella que desaparece al tratar la muestra con una solución fija de ácido sulfúrico, seguido de un tratamiento con sosa cáustica. La denominación del extracto no nitrogenado es también apropiada. La división más completa de estos extractos o hidrocarbonados solubles en azúcares de diferentes clases, almidón o pentosas simples, no es muy necesaria en nutrición animal puesto que todos estos compuestos tienen valor similar para el animal (De Alba, 1958).

Materia seca, materia orgánica y ceniza son conceptos que pueden proporcionar a algunas conclusiones, de orden práctico al examinar los forrajes verdes (Cuadro 1).

Cuadro 1. Contraste en composición de forrajes verdes. Porcentajes en base húmeda.

	Materia seca	Agua	Proteína	Grasa	Fibra	Extracto no nitrogenado	Ceniza
Alfalfa verde	25.4	74.6	4.6	1.0	7.0	10.4	2.4
Nopal (cactus)	16.6	83.4	0.8	0.3	2.3	9.8	3.4
Pasto elefante de 1 ½ meses	14.6	85.4	1.4	0.5	4.3	5.8	2.6
Pasto elefante 4 meses	25.5	74.5	1.2	0.6	10.2	10.7	2.8

La materia seca la constituye la materia desprovista de agua. Es el peso residual del forraje cuando éste es sometido a temperatura de 100° C. El agua es nutriente esencial pero su exceso resta proporcionalmente valor a un forraje puesto que se traduce en porcentajes menores de los otros nutrientes. Claramente el nopal pierde valor forrajero por su poca materia seca y alto contenido de agua. Sin embargo es importante reconocer que un forraje alto en contenido de agua (suculento) es más apetecido por el ganado (sobre todo rumiantes), y el consumo de forrajes verdes es mayor y por ende la alimentación más completa cuando un forraje verde no es excesivamente seco. Esa es una de las razones por las cuales el pasto elefante tierno es más valioso que el maduro (De Alba, 1958).

Los análisis que se examinaron están expresados en lo que se llama base húmeda, es decir con los porcentajes de los nutrientes tal como ocurren en el

forraje al ser ingerido por el animal. Otra manera de expresar los análisis de forraje es en la forma llamada de base seca, es decir los porcentajes de los nutrientes excluyendo el agua. Los nutrientes orgánicos y la ceniza deben sumar cien en esta base. En el Cuadro 2 se muestra lo que ocurre con los cuatro forrajes en base seca.

Cuadro 2. Contraste en composición de forrajes (porcentajes) desprovistos de agua (De Alba, 1958).

	Proteína	Grasa	Fibra	Extracto no nitrogenado	Ceniza
Alfalfa verde	18.1	3.9	27.5	40.9	9.6
Nopal (cactus)	5.1	1.8	13.7	59.0	20.4
Pasto elefante de 1 ½ meses	9.6	3.4	29.4	39.7	17.9
Pasto elefante 4 meses	4.7	2.3	40.0	42.0	11.0

2.8 Análisis de alimentos

El análisis de alimentos es la herramienta que ha proporcionado la ciencia para conocer la composición de los materiales destinados a la alimentación y es una rama de la Química Analítica que tiene que se fundamenta en la Química Orgánica, Química Inorgánica, Matemáticas, Física y en la Fisicoquímica (Sosa, 1979).

Alimento es una sustancia o conjunto de sustancias que después de ser ingeridas por el animal, son digeridas, absorbidas y utilizadas para su mantenimiento y producción. Un alimento se puede dividir en grupos de sustancias químicas, las cuales, tienen cada una de ellas una función particular en el organismo. A cada una de éstas sustancias se le denomina nutriente (Sosa, 1979).

Un alimento completo está constituido por los siguientes componentes: agua, carbohidratos, lípidos, proteínas, vitaminas y minerales. Existe un concepto más general de alimento “Alimento es cualquier material comestible que consume el hombre y/o los animales y que aporta nutrientes a su dieta” (Sosa, 1979).

2.9 Análisis proximal

Este sistema de análisis es un conjunto de determinaciones de laboratorio que pretende evaluar en forma global cada grupo de nutrientes que contiene un alimento. Consta de las siguientes determinaciones: humedad, extracto etéreo, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno, proteínas crudas y cenizas (Sosa, 1979).

El Cuadro 3 señala los componentes de cada determinación y el grupo del nutriente al cual pertenece. Todas las determinaciones excepto la humedad pueden contener más de un compuesto químico.

Cuadro 3. Composición de las diferentes determinaciones del análisis proximal (Mc Donald, 1973) citado por Sosa 1979.

Nutriente	Determinación del análisis proximal	Compuestos químicos que pueden estar presentes en cada determinación
Agua	Humedad	Agua.
Lípidos	Extracto etéreo	Grasas, aceites, ceras, fosfátidos, cerebrósidos, lipoproteínas, pigmentos liposolubles, ácidos orgánicos liposolubles, esteroides y vitaminas liposolubles.
Carbohidratos	Fibra cruda	Celulosa, hemicelulosa y lignina.
	Extracto libre de nitrógeno	Monosacáridos, disacáridos, trisacáridos, pectinas, almidones, resinas, ácidos orgánicos hidrosolubles y vitaminas hidrosolubles.
Proteínas	Proteína cruda	Proteínas, aminoácidos, compuestos orgánicos nitrogenados no proteicos como aminos, vitaminas del complejo B, ácidos nucleicos y glucósidos nitrogenados, clorofilas, compuestos inorgánicos nitrogenados como sales de amonio, hidróxido de amonio, amoníaco, nitratos y nitritos.
Minerales	Cenizas	Compuestos de Ca, K , Mg, Na, P, Fe, Mn, Cl, S, Cu, Co, Zn, Mo, Se, Si.
Vitaminas	No hay	Ninguna

Los análisis proximales son una combinación de los procedimientos analíticos desarrollados en Alemania desde hace más de un siglo. Tienen como fin la descripción rutinaria de los alimentos y aunque desde el punto de vista nutricional tiene muchas fallas, todavía se utilizan en muchas partes.

En algunos casos su utilización ha persistido y ha recibido apoyo de algunas leyes que exigen que se enumeren las cantidades mínimas y máximas de los componentes que conforman las mezclas de alimentos que se venden comercialmente.

Las diferentes fracciones que resultan del análisis proximal incluyen: agua, proteína cruda, extracto etéreo, cenizas, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno (Church y Pond, 1987).

Proteína cruda, el procedimiento que se utiliza para su determinación se conoce como el método de Kjeldahl. El material que se va analizar se digiere en una mezcla concentrada de H_2SO_4 que convierte el N en NH_4SO_4 . Luego se enfría esta mezcla con NaOH, que transforma al N en una forma de amoníaco ionizado. Después se destila la mezcla y el destilado se titula con ácido. Este análisis es exacto y repetible, pero toma relativamente demasiado tiempo e incluye la utilización de sustancias químicas peligrosas (Church y Pond, 1987).

Desde el punto de vista nutricional, la información se puede aplicar a las especies de rumiantes que pueden utilizar en forma eficaz casi todas las formas de N, pero la información puede tener muy poco valor para las especies monogástricas (tales como los humanos, cerdos y aves de corral). Las especies monogástricas tienen necesidades específicas de varios aminoácidos y no emplean en forma eficaz los compuestos de N no proteicos, tales como las amidas, sales de amonio y urea (Church y Pond, 1987).

Extracto etéreo, éste procedimiento requiere que las muestras molidas se extraigan con éter por un periodo de 4 horas o más. Las sustancias solubles en éter incluyen una gran variedad de compuestos orgánicos de los cuales solamente unos pocos tienen valor nutritivo. Los que tienen una importancia cuantitativa incluyen las grasas verdaderas y esterres de los ácidos grasos, algunos lípidos compuestos y las vitaminas liposolubles o provitaminas, tales como los carotenoides. La principal razón para obtener la información del extracto etéreo es aislar una fracción de los alimentos de elevado valor calórico.

Este enfoque tiene validez si el extracto etéreo está conformado principalmente por grasas y esterres de ácidos grasos. Si el extracto tiene porcentajes elevados de ceras vegetales, aceites indispensables, resinas u otros compuestos similares, esta prueba tendrá poco significado, ya que los compuestos como estos son de poco valor nutritivo para los animales (Church y Pond, 1987).

Las cenizas son el residuo que queda después de que todo el material combustible ha sido incinerado (oxidado completamente) en una mufla de 500 a 600 °C. Desde el punto de vista nutricional, los valores de las cenizas tienen poca importancia, aunque los valores sumamente elevados pueden indicar que existe una contaminación con tierra o la dilución de alimentos con sustancias tales como sal y piedra caliza.

En el análisis proximal se requieren datos sobre las cantidades de cenizas que son necesarias para obtener otros valores. Algunos elementos minerales, tales como el yodo y el selenio, pueden ser volátiles y se pierden al convertir la sustancia en ceniza. Normalmente estos elementos representan únicamente un porcentaje muy pequeño del total, de manera que el error es muy pequeño (Church y Pond, 1987).

La fibra cruda se determina utilizando una muestra desengrasada previamente, la cual se hierva en ácido diluido, luego, en una base diluida, se seca y se quema en un horno. La fracción de la fibra cruda es la diferencia entre el peso antes y después de quemar la muestra. Este es un procedimiento tedioso de laboratorio que no se repite con facilidad. Se trata de un intento de imitar el proceso digestivo que ocurre primero en el estómago gástrico y luego en el intestino delgado de los animales.

La fibra cruda esta conformada principalmente por glúcidos estructurales vegetales, tales como celulosa y hemicelulosa, pero también contiene algo de lignina, que es una sustancia muy poco digerible que se relaciona con la porcion fibrosa de los tejidos vegetales. Para el animal monogástrico, la fibra cruda tiene un valor variable más bien bajo; para los rumiantes, también tiene un valor variable, pero la utilizan menos que los animales monogástricos (Church y Pond, 1987).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Características del sitio experimental

La presente investigación se realizó de enero a diciembre de 2002, en el "Huerto Ecológico Quetzalcoatl" del Departamento de Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo Estado de México. Localizado a 19° 29' de latitud norte y 98° 53' de longitud oeste y una altitud de 2250 m (García, 1988).

3.2 Condiciones climáticas

El tipo de clima predominante es C (wo) (w) b (i') g; que se define como templado con lluvias en verano, el más seco de los subhúmedos, la temperatura promedio anual es de 15 °C, la del mes más frío (enero) es de 11.6 °C y la del mes más cálido (mayo) de 18.4 °C.

3.3 Precipitación

La precipitación media anual es de 644.8 mm, la lluvia máxima se presenta en el mes de julio y la mínima en enero. La evaporación potencial es de 900 - 2300 mm al año. La velocidad promedio de los vientos es de 10 km h⁻¹, con direcciones dominantes del NE y NW (García, 1988).

3.4 Suelos

Los suelos están clasificados como arcillo - arenosos, encontrándose las texturas más gruesas en las zonas altas y las más finas en las zonas de poca pendiente. En general son suelos profundos con pH ligeramente alcalino y medianamente rico en materia orgánica (Cachón *et al.*, 1974).

3.5 Diseño de tratamientos y experimental

Los tratamientos fueron la asociación de jitomate silvestre 'Chiapas' con teocintle, jitomate silvestre 'Chiapas' solo y teocintle solo. Se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar con 15 repeticiones. La unidad experimental y de muestreo fueron las plantas que se encontraban en los cajetes

3.6 Genotipos estudiados

El jitomate silvestre (*Lycopersicon esculentum* var. *ceraciforme*) pertenece a una colecta que se efectuó en Comitán, Chiapas. El teocintle (*Zea mays* ssp. *mexicana*) se colectó en la comunidad de Boyeros, Texcoco, México, en áreas no cultivadas.

3.7 Establecimiento del experimento

En cajetes de 50 cm de diámetro por 20 cm de profundidad, se sembraron tres semillas de teocintle y jitomate silvestre 'Chiapas', según la aleatorización de los tratamientos. La distancia que se manejó entre cajetes fue de 1.0 m, esto se debió a que el teocintle amacolla. La razón por la que se sembraron varias

semillas tanto de jitomate como de teocintle fue porque algunas de las plantas se emplearon en los muestreos destructivos para obtener los datos de área foliar y materia seca.

3.8 Variables evaluadas

Producción: para el jitomate se pesaron los frutos cosechados (g) en tres cortes y con la suma de ellos se obtuvo la producción total por cajete. Para cuantificar la producción del teocintle se cortaron las plantas, se dejó secar el follaje al aire libre y se registró su peso seco en gramos. La cosecha del teocintle fue antes de la fructificación, ya que es cuando aporta mayores nutrimentos como forraje.

Altura de planta: ésta se midió cada ocho días con un flexómetro (cm) para ambas especies.

Número de racimos con fruto: antes de la cosecha se contaron los racimos que tenían fruto y para el caso del teocintle se contó el número de tallos por mata.

Diámetro ecuatorial de frutos: éste se determinó con un vernier en una muestra de 10 frutos tomados al azar de cada tratamiento y se obtuvo el diámetro ecuatorial promedio (cm) en frutos de jitomate.

Características organolépticas: sabor, pH y grados Brix. Para medir éstas variables se tomaron cinco frutos al azar de cada tratamiento

Para sabor se hizo una evaluación cuantitativa. Al personal del Laboratorio de Nutrición Vegetal del Departamento de Fitotecnia se les dio a probar un poco de jugo de jitomate para que le dieran un valor respecto a sabor de acuerdo a la siguiente escala:

1= ácido

2= poco ácido

3= entre ácido y dulce

4= poco dulce

5= dulce

pH: para determinar el pH del jugo de frutos de jitomate, se utilizó un potenciómetro digital Conductronic pH10.

Grados Brix: se empleó el jugo de frutos de jitomate utilizado para medir el pH y se agregó una gota a un refractómetro (%) marca Binko 12214.

Firmeza del fruto: Se determinó con un penetrómetro digital, colocando un fruto debajo de la punta del aparato y ejerciendo presión con la mano hasta que ésta penetrara el fruto y se registró la presión ejercida (kg · fuerza), de una muestra de 5 frutos tomados al azar para cada tratamiento.

Clorofilas totales en un día nublado y en un día despejado: para cada tratamiento se midieron por la tarde cuando ya no había presencia de luz solar, tomando la parte central de la cuarta hoja apical, que es una de las que están fotosintéticamente más activas. Se utilizó un clorofilómetro digital marca Minolta y se registró el promedio de tres lecturas, en porcentaje, tomando el valor mas alto como un 100%.

Color: el color del fruto se midió con un colorímetro digital, se tomaron cinco repeticiones por tratamiento (cinco frutos), posteriormente se transformaron los datos basándose en las fórmulas de De Man (1980).

$$L = 10.0 - 10$$

$$a = 17.5 (1.02 X - Y) / 10.0 - 10$$

$$b = 7.0 (Y - 0.847 Z) / 10.0 - 10$$

Donde:

L = brillantes que va de blanco (0%) a negro (100%).

a = rojo (valores positivos) a verde (valores negativos) y,

b = azul (valores negativos) a amarillo (valores positivos).

Área foliar y peso seco de la cuarta hoja apical: ésta se midió con un integrador de área foliar modelo LI – 300, marca LI - COR y las unidades fueron en centímetros cuadrados. Las hojas se introdujeron a una estufa de secado, durante 72 horas y se obtuvo el peso seco de ellas en una balanza granataria.