



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO



DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INSTITUTO DE HORTICULTURA

**CARACTERES DE IMPORTANCIA AGRONÓMICA,
ANÁLISIS DE CRECIMIENTO Y EXTRACCIÓN
NUTRIMENTAL EN COLECTAS DE "PEPINO MIXTECO"
(*Cucumis anguria* L.)**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS EN HORTICULTURA
PRESENTA:**

CUAUHTEMOC JOSUE HERNANDEZ ROJAS

Chapingo, Estado de México, Noviembre de 2011.



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

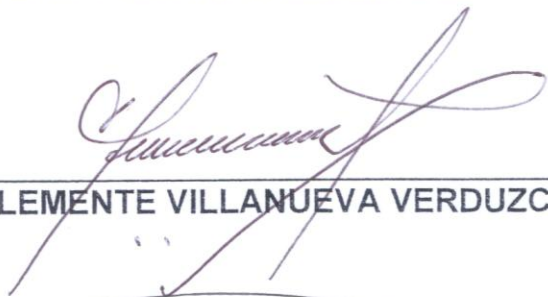


Instituto de Horticultura

Este trabajo de tesis realizado por C. CUAUHTÉMOC JOSUÉ HERNÁNDEZ ROJAS, in titulado "CARACTERES DE IMPORTANCIA AGRONOMICA, ANALISIS DE CRECIMIENTO Y EXTRACCIÓN NUTRIMENTAL EN COLECTAS DE "PEPINO MIXTECO" (*Cucumis anguria* L.), en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, fue realizado bajo la dirección del DR. CLEMENTE VILLANUEVA VERDUZCO, ha sido revisada y aprobada por el siguiente comité revisor y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

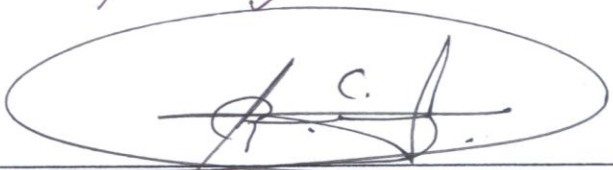
Maestro en Ciencias en Horticultura

DIRECTOR :



DR. CLEMENTE VILLANUEVA VERDUZCO

ASESOR:



DR. ROGELIO CASTRO BRINDIS

ASESOR:



DR. MARIO PÉREZ GRAJALES

Chapingo, Estado de México, Noviembre de 2011.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS primeramente por darme la fuerza de seguir adelante.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el otorgamiento de la beca durante el periodo de realización de la maestría.

A la universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia, y al Instituto de Horticultura por brindar todas la facilidades para la realización de este trabajo.

Al Dr. Clemente Villanueva Verduzco por todas las aportaciones hechas para la realización de este trabajo de investigación.

Al Dr. Rogelio Castro Brindis por brindarme su amistad y apoyo para concluir este presente investigación.

Al Dr. Mario Pérez Grajales por brindarme su confianza y amistad y creer en mi para la propuesta de investigación, concluyendo en este trabajo de tesis.

A los técnicos del Campo Agrícola Experimental Fitotecnia del programa de mejoramiento genético de calabaza, Maximino Ramírez Ayala y José Vicente Carrillo Solano, por brindarme su amistad y ayuda en el trabajo de campo.

Al los encargados del laboratorio de fisiología vegetal Anastasio Ramírez Coronel (Tacho), Antonio Huescas Gonzales del Departamento de Fitotecnia.

A la Coordinación de Posgrado del Instituto de Horticultura, precedida por el Dr. Agustín López Herrera, así como a Rogelio Deheza Méndez por su apoyo para la realización de la presente tesis.

A los profesores del Departamento de Fitotecnia y del Instituto de Horticultura que aportaron los elementos para mi formación durante la estancia en la maestría para que pudiera realizar este trabajo de investigación.

Al MC. Arturo Curiel Rodríguez por su apoyo y aportaciones hechas en la parte estadística para la realización de la presente tesis.

Al Dr. Salvador Montes Hernández del Programa de Recursos Genéticos del Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias Forestales y Agrícolas Campo Experimental Bajío.

A la Dra. Clara Caballero Caballero por su valioso apoyo incondicional en todo momento y alentarme para la culminación de la presente investigación “mil gracias”.

A mis compañeros de generación 2009-2010 de la Maestría en Horticultura Juan, Guadalupe, José Manuel, Cecilia, Habib (Taliban), Jorge Tlaque, Enrique, Celedonia, Marcelo, Marcela, Carmen, Abigail, Miguel Angel Rosas, Miguel Angel.

DEDICATORIA

A dios por brindarme la oportunidad de estar en este mundo y darme la sabiduría de seguir senderos verdaderos.

A mi padre Vicente Hernández Castillo y por darme aliento para seguir adelante y no desmayar ante las adversidades del tiempo.

† A mi madre Rosa María Rojas Martínez en donde quiera que se encuentre dedico la presente tesis.

A mis hermanos Benito, Erubiel, Wendolin, Mauricio, Alejandra, Omar por tener valor a seguir adelante a pesar de las adversidades que se nos presentaron en la vida.

A mis sobrinos, Isaí (cataduras), Erubiel, Neri, Nadia, Diego, Mauricio, Carina, Emiliano, Frida, Jimena grandes esperanzas para el futuro.

† A la memoria de mi tía María Guadalupe Hernández Castillo, que ya no se encuentra entre nosotros.

Al Dr. Jesús Frías Pizano profesor del Instituto Tecnológico de Roque por haber insistido cada día para seguir adelante mi formación académica.

Al M.C. Salvador Villalobos Reyes, del Programa de Horticultura Protegida del Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias Forestales y Agrícolas (INIFAP), amigo y colaborador por haber promovido en mí la chispa para realizar nuevos trabajos, que estén enfocados al beneficio de la sociedad.

A todas aquellas personas que han contribuido en mi formación, para mejorar cada día.

“HAY HOMBRES Y MUJERES QUE LUCHAN UN DÍA Y SON BUENOS, HAY OTROS QUE LUCHAN UN AÑO Y SON MEJORES, HAY QUIENES LUCHAN MUCHOS AÑOS Y SON MUY BUENOS, PERO HAY LOS QUE LUCHAN TODA LA VIDA Y ESOS SON LOS IMPRESCINDIBLES”

DATOS BIBLIOGRAFICOS

EL autor de la presente tesis nació en el municipio de San Pablo Anicano, Puebla perteneciente a la región Mixteca baja, el 4 marzo de 1979. sus estudios de primaria los realizo en la Escuela Primaria Federal “Margarita Masa de Juárez” en la comunidad de San Rafael perteneciente al mismo municipio, los estudios de licenciatura los realizó de 2003 al 2008 en el Instituto Tecnológico de Roque, en Celaya, Guanajuato donde obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo en Alternativas de Producción Agrícola. En el año de 2009 ingreso a la Maestría en Ciencias en Horticultura, del Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia perteneciente a la Universidad Autónoma Chapingo.

	CONTENIDO	Pág
	AGRADECIMIENTOS.....	iii
	DEDICATORIA.....	iv
	DATOS BIBLIOGRAFICOS.....	v
	CUADRO DE CONTENIDO.....	vi
	ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
	ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
	CARACTERES DE IMPORTANCIA AGRONOMICA, ANALISIS DE CRECIMIENTO Y EXTRACCION NUTRIMENTAL EN COLECTAS DE “PEPINO MIXTECO” (<i>Cucumis anguria</i> L.).....	1
I	INTRODUCCIÓN GENERAL.....	2
II	OBJETIVOS GENERALES.....	3
III	LITERATURA CITADA.....	4
	CAPITULO 1. EVALUACION Y CARACTERIZACIÓN OLERICOLA DE DOS COLECTAS DE “PEPINO MIXTECO” (<i>Cucumis anguria</i> L.).....	5
	RESUMEN.....	6
	ABSTRACT.....	7
III	INTRODUCCIÓN.....	8
IV	OBJETIVO E HIPÓTESIS.....	9
V	REVISIÓN DE LITERATURA.....	10
	5.1. La producción de hortalizas en México.....	10
	5.2. Exportación de productos hortícolas.....	12
	5.3. Especies potenciales.....	12
	5.3.1. Importancia de los recursos genéticos.....	13
	5.3.2. Cambio climático.....	13
	5.5. Algunas consecuencias de la producción de hortalizas.....	14
	5.6. Cucurbitáceas importantes cultivadas en México.....	15
	5.6.1. Origen y clasificación de Cucurbitáceas cultivadas en México....	15
	5.6.1.1 Calabaza (<i>Cucúrbita</i> spp.).....	15
	5.6.1.2 Pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.).....	16
	5.6.1.3 (<i>Cucumis melo</i> L.).....	17

5.6.1.4. Sandia (<i>Citrullus lanatus</i>).....	18
5.7. Origen y distribución del “pepino mixteco” <i>Cucumis anguria</i> L.....	18
5.7.1. Clasificación y descripción botánica del “pepino mixteco” <i>Cucumis anguria</i> L.....	20
5.7.2. Clasificación taxonómica.....	21
5.7.3. Distribución en México.....	22
5.7.4. Generalidades del “pepino mixteco”.....	22
5.7.5. Propiedades medicinales.....	23
5.7.6. Análisis nutricional de los frutos.....	25
5.7.7. Principios amargos.....	25
5.7.8. Otros usos.....	26
5.7.9. Crecimiento y desarrollo.....	28
5.7.10. Hábitat.....	29
5.7.11. Propagación y manejo del cultivo.....	29
5.7.12. Plagas y enfermedades.....	30
5.7.13. Resistencias.....	30
5.7.14. Cosecha.....	31
5.7.15. Recursos genéticos.....	31
5.7.16. Investigaciones logradas.....	32
VI MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
6.1. Localización del experimento.....	33
6.2. Sitios de origen de las colectas.....	33
6.3. Evaluación del Material vegetal.....	34
6.4 Caracteres evaluados.....	35
6.5. Diseño y unidad experimental.....	36
6.6. Análisis estadístico.....	37
6.7. Análisis de varianza.....	37
6.8. Comparaciones múltiples de medias.....	38
6.9. Análisis de correlación entre variables.....	38
VII RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
7.1. Análisis de varianza.....	39
7.2. Comparaciones múltiples de medias de caracteres.....	40

7.3. Comparación múltiple de medias por corte.....	41
7.3.1. Rendimiento.....	41
7.3.2. Número de frutos.....	43
7.3.3. Peso de fruto.....	45
7.3.4. Diámetro y Longitud de fruto.....	47
7.4. Correlaciones fenotípicas entre caracteres.....	50
VIII CONCLUSIONES.....	52
IX LITERATURA CITADA	53
CAPITULO 2. ANALISIS DE CRECIMIENTO DE DOS COLECTAS	
DE “PEPINO MIXTECO” (<i>Cucumis anguria</i> L.).....	57
I RESUMEN	58
ABSTRACT.....	59
INTRODUCCION.....	60
II OBJETIVO E HIPÓTESIS.....	61
III REVISIÓN DE LITERATURA.....	62
3.1 Análisis de crecimiento.....	62
3.2 Crecimiento vegetal.....	64
3.3 Comportamiento del crecimiento vegetal.....	64
3.4 Metodología para el estudio del crecimiento vegetal.....	65
3.4.1 Análisis de crecimiento y sus parámetros.....	66
3.4.2 Tasa absoluta de crecimiento (TAC).....	67
3.4.3 Tasa relativa de crecimiento (TRC).....	67
3.4.4 Tasa de asimilación neta (TAN).....	68
3.4.5 Razón de área foliar (RAF).....	68
3.5 Análisis de la parte aérea de las plantas.....	68
3.5.1 Análisis secuencial.....	69
IV MATERIALES Y MÉTODOS.....	69
4.1 Localización del experimento	69

4.2	Diseño de tratamientos y unidad experimental.....	70
4.3.	Muestreos.....	70
4.4.	Análisis estadístico.....	71
4.5.	Manejo del cultivo.....	72
V	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	74
5.1	Etapas fenológicas.....	74
5.2	Análisis de crecimiento.....	75
5.2.1	Número de hojas en tallo principal.....	76
5.2.2	Longitud de tallo principal.....	78
5.2.3	Longitud de ramas primarias.....	79
5.2.4	Longitud de raíz.....	81
5.2.5	Número de hojas en ramas primarias.....	83
5.2.6	Área foliar.....	85
5.3	Materia seca en hojas.....	86
5.3.1	Materia seca de ramas.....	88
5.3.2	Materia seca de fruto.....	90
5.3.3	Materia seca de raíz.....	91
5.3.4	Materia seca total.....	93
5.4	Distribución relativa de materia seca por órgano.....	95
5.5.	Índices de eficiencia fisiológica.....	97
5.5.1	Tasa absoluta de crecimiento (TAC).....	97
5.5.2	Tasa relativa de crecimiento (TRC).....	98
5.5.3	Tasa de asimilación neta (TAN).....	99
5.5.4	Relación de área foliar (RAF).....	101
VI	CONCLUSION.....	102
VII	LITERATURA CITADA.....	103

	CAPITULO 3. EXTRACCION DE MACRONUTRIMENTOS DE DOS COLECTAS DE “PEPINO MIXTECO” (<i>Cucumis anguria</i> L.).....	107
	RESUMEN.....	108
	ABSTRACT.....	109
I	INTRODUCCIÓN.....	110
II	OBJETIVO E HIPÓTESIS.....	111
III	REVISIÓN DE LITERATURA.....	112
	3.1 Eficiencia de recuperación de los nutrientes.....	112
	3.2 Importación de los fertilizantes.....	113
	3.3 Nutrición mineral.....	113
	3.3.1 Los elementos minerales esenciales en las plantas.....	114
	3.4 Condiciones de los sistemas de cultivo para el estudio de la nutrición mineral.....	118
	3.4.1 Diagnósticos nutrimentales.....	119
	3.4.2 Deficiencias nutrimentales.....	120
	3.4.3 Diagnostico visual.....	120
	3.4.4 El análisis de suelo.....	122
	3.4.5 Análisis vegetal.....	122
	3.5 Curva de demanda de nutrientes.....	123
	3.6 Curvas de respuesta.....	125
	3.7 Curva de abastecimiento nutrimental.....	125
	3.8 Interpretación de resultados del análisis de laboratorio.....	127
	3.9 Establecimiento de la dosis de fertilización.....	127
	3.9.1 Dosis de fertilización.....	127
	3.9.2 Metodología DRIS.....	127
	3.9.3 Recomendación de dosis y fuentes adecuadas para la fertilización.....	129
	3.10 La aplicación de fertilizantes en la calidad de los productos agrícolas.....	129

IV	MATERIALES Y MÉTODOS.....	130
	4.1 Localización del experimento.....	130
	4.2 Diseño de tratamientos y unidad experimental.....	130
	4.3 Extracción nutrimental.....	132
	4.4 Análisis estadístico.....	132
	4.5 Manejo del cultivo.....	133
V	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	133
	5.1 Nitrógeno.....	134
	5.2 Fosforo.....	137
	5.3 Potasio.....	139
	5.4 Calcio.....	142
	5.5 Magnesio.....	144
VI	CONCLUSIONES.....	147
VII	LITERATURA CITADA.....	148
VIII	DISCUSIÓN GENERAL.....	152

INDICE DE CUADROS CAPITULO 1		Pág
Cuadro 1.	Producción de las principales hortalizas en México.	10
Cuadro 2.	Composición del fruto de “pepino mixteco”.	24
Cuadro 3.	Cuadrados medios del análisis de varianza de ocho caracteres de “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) evaluados en invernadero, en Chapingo 2011.	39
Cuadro 4.	Comparaciones múltiples de medias de ocho caracteres de importancia agronómica del “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) evaluado en invernadero, Chapingo 2011.	39
Cuadro 5.	Comparaciones múltiples de medias del rendimiento de fruto por corte (g/ por corte) de dos colectas de “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) evaluadas en invernadero, en Chapingo 2011.	41
Cuadro 6.	Comparación múltiple de medias del numero de frutos por corte, tomadas de dos colectas en “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) evaluadas en invernadero, Chapingo 2011.	43
Cuadro 7.	Comparación múltiple de medias del peso de fruto por corte de dos colectas de “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) evaluadas en invernadero, en Chapingo 2011.	45
Cuadro 8.	Comparación múltiple de medias del diámetro de fruto por corte de dos colectas de “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) evaluadas en invernadero, en Chapingo 2011.	46
Cuadro 9.	Comparación múltiple de medias de la longitud del fruto por corte de dos colectas de “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) evaluadas en invernadero, en Chapingo 2011.	48
Cuadro 10.	Correlación de ocho caracteres agronómicos del “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) evaluado en invernadero, en Chapingo 2011.	50

INDICE DE CUADROS CAPITULO 2		Pág
Cuadro 1.	Cantidad de fertilizantes para preparar 1100 litros de solución nutritiva a una concentración de 75%.	72
Cuadro 2.	Etapas fenológicas registradas en el ciclo del cultivo de “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) bajo invernadero en Chapingo, México en 2011.	74
Cuadro 3.	Comparación múltiple de medias de número de hojas en tallo principal, de dos colectas de “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) en Chapingo, México, 2011.	76
Cuadro 4.	Comparación múltiple de medias de la longitud de tallo principal, de dos colectas de “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) en Chapingo, México, 2011.	77
Cuadro 5.	Comparación múltiple de medias de ramas primarias, de dos colectas de “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) en Chapingo, México, 2011.	79
Cuadro 6.	Comparación múltiple de medias de la longitud de raíz, de dos colectas de “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) en Chapingo, México, 2011.	81
Cuadro 7.	Comparación múltiple de medias del número de hojas en ramas primarias, de dos colectas de “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) en Chapingo, México, 2011.	83
Cuadro 8.	Comparación múltiple de medias de área foliar, de dos colectas de “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) en Chapingo, México, 2011.	84
Cuadro 9.	Comparación múltiple de medias de acumulación de materia seca de hoja, de dos colectas de “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) en Chapingo, México, 2011.	86
Cuadro 10.	Comparación múltiple de medias de acumulación de materia seca de ramas, de dos colectas de “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) en Chapingo, México, 2011.	88
Cuadro 11.	Comparación múltiple de medias de acumulación de materia seca de fruto, de dos colectas de “pepino mixteco”	89

(*Cucumis anguria* L.) en Chapingo, México, 2011.

Cuadro 12.	Comparación múltiple de medias de la acumulación de materia seca de raíz, de dos colectas de “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) en Chapingo, México, 2011.	91
Cuadro 13.	Comparación múltiple de medias de acumulación de materia seca total, de dos colectas de “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) en Chapingo, México, 2011.	93

INDICE DE CUADROS CAPITULO 3

Pág

Cuadro 1.	Elementos esenciales para las plantas y principales formas iónicas en que son absorbidos o asimilados.	113
Cuadro 2.	Cuadro sinóptico de la sintomatología visual de las deficiencias.	120
Cuadro 3.	Cantidades totales de macronutrientes extraídos por el cultivo de pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.) en kg/ton de fruto producido.	124
Cuadro 4.	Índices del balance nutrimental en las plantas.	127
Cuadro 5.	Cantidad de fertilizantes para preparar 1000 litros de solución nutritiva a una concentración de 100%.	131
Cuadro 6.	Requerimientos nutricionales para producir una tonelada de fruto, del cultivo de “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) evaluado en invernadero en Chapingo, México, 2011.	133
Cuadro 7.	Comparación múltiple de medias del contenido de nitrógeno (N) de dos colectas de “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) evaluadas en invernadero, en Chapingo 2011.	134
Cuadro 8.	Comparación múltiple de medias del contenido de fósforo (P) de dos colectas de “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) evaluadas en invernadero, en Chapingo 2011.	137
Cuadro 9.	Comparación múltiple de medias del contenido de potasio (K) de dos colectas de “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) evaluadas en invernadero, en Chapingo 2011.	139

Cuadro10.	Comparación múltiple de medias del contenido de calcio (Ca) de dos colectas de “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) evaluadas en invernadero, en Chapingo 2011	142
Cuadro11.	Comparación múltiple de medias del contenido de Magnesio (Mg) de dos colectas de “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) evaluadas en invernadero, en Chapingo 2011.	144

INDICE DE FIGURAS CAPITULO 1		Pág
Figura 1.	Planta de “pepino mixteco” (tomado y modificado de Iskak Syamsudin, 2004).	21
Figura 2.	Frutos de las especies <i>anguria</i> (izquierda) <i>dispsaceus</i> (Derecha).	22
Figura 3.	Frutos característico a madurez hortícola de <i>Cucumis anguria</i> L.	31
Figura 4.	Frutos maduros y vegetación predominante en el sitio de colecta.	34
Figura 5.	Fruto inmaduros de las colectas San Pablo y Xichu (de izquierda a Derecha,) característicos del “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.).	35
Figura 6.	Frutos de <i>Cucumis anguria</i> L. a madurez olericola, cultivado en invernadero.	36
Figura 7.	Densidad de plantación de (<i>Cucumis anguria</i> L.) establecido en invernadero.	36
Figura 8.	Rendimiento en los diferentes cortes del “pepino mixteco” (<i>Cucumis. anguria</i> L.) cultivado en invernadero e hidroponía.	43
Figura 9.	Número de fruto en los diferentes cortes del “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) cultivado en invernadero e hidroponía.	45
Figura 10.	Peso de fruto en los diferentes cortes del “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) cultivado en invernadero e hidroponía.	46

Figura 11.	Diámetro de fruto en los diferentes cortes del “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) cultivado en invernadero e hidroponía.	48
Figura 12.	Comportamiento de la longitud de fruto de <i>Cucumis anguria</i> L. cultivado en invernadero en Chapingo México, 2011.	50

ÍNDICE DE FIGURAS CAPITULO 2		Pág
Figura 1.	Plantas sembradas en macetas de “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.).	70
Figura 2.	Plántulas en almacigo de <i>Cucumis anguria</i> L.	73
Figura 3.	Aspecto morfológico de la planta de “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) a los 160 días después del trasplante evaluado en invernadero en Chapingo, México 2011. a) Dibujo, b) Fotografía.	75
Figura 4.	Comportamiento en los diferentes cortes del número de hojas en tallo principal del “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.	77
Figura 5.	Comportamiento en los diferentes cortes de la longitud tallo principal del “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.	79
Figura 6.	Comportamiento en los diferentes cortes de la longitud de ramas primarias del “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.	80
Figura 7.	Comportamiento en los diferentes cortes de la longitud de raíz del “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.	82
Figura 8.	Comportamiento en los diferentes cortes del número de hojas en ramas primarias del “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.	84

Figura 9.	Comportamiento en los diferentes cortes del área foliar del “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.	86
Figura 10.	Comportamiento en los diferentes cortes de la materia seca de las hojas del “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.	88
Figura 11.	Comportamiento en los diferentes cortes de la materia seca de ramas del “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.	89
Figura 12.	Comportamiento en los diferentes cortes de la materia seca de fruto del “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.	91
Figura 13.	Comportamiento en los diferentes cortes de la materia seca de la raíz del “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.	92
Figura 14.	Comportamiento en los diferentes cortes de la materia seca total del “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.	94
Figura 15.	Distribución relativa de materia seca de cada órgano de dos colectas de “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) evaluado en invernadero en Chapingo, México. 2011.	96
Figura 16.	Tasa absoluta de crecimiento (TAC) de dos colectas de “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.	98
Figura 17.	Tasa relativa de crecimiento (TRC) de dos colectas de “pepino mixteco” (<i>Cucumis anguria</i> L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración	99

masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.

Figura 18. Tasa de asimilación neta (TAN) de dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D. **100**

Figura 19. Relación de área foliar de dos colectas (RAF) de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D. **101**

ÍNDICE DE FIGURAS CAPITULO 3

Pág

Figura 1. Intervalos de abastecimiento nutrimental (Alcántara y Trejo-Téllez, 2009.). **126**

Figura 2. Plantas sembradas en macetas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.). **131**

Figura 3. Plántulas en almacigo de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.). **133**

Figura 4. Contenido de nitrógeno durante el ciclo del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D. **136**

Figura 5. Tasa de absorción de nitrógeno durante el ciclo del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D. **136**

Figura 6. Contenido de fosforo durante el ciclo del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D. **138**

Figura 7. Tasa de absorción de fosforo durante el ciclo del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina **139**

B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.

- Figura 8.** Contenido de potasio durante el ciclo del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D. **141**
- Figura 9.** Tasa de absorción de potasio durante el ciclo del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D. **141**
- Figura 10.** Contenido de calcio durante el ciclo del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D. **143**
- Figura 11.** Tasa de absorción de calcio durante el ciclo del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D. **144**
- Figura 12.** Contenido de magnesio durante el ciclo del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D. **146**
- Figura 13.** Tasa de absorción de magnesio durante el ciclo del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D. **146**

**CARACTERES DE IMPORTANCIA AGRONOMICA, ANALISIS DE
CRECIMIENTO Y EXTRACCION NUTRIMENTAL EN COLECTAS DE “PEPINO
MIXTECO” (*Cucumis anguria* L.)**

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

El ser humano ha utilizado en el transcurso de los siglos más de 7000 especies de plantas comestibles. En la actualidad más de 50% de los requerimientos humanos en proteína y calorías están proporcionados tan sólo por tres especies vegetales: maíz, trigo y arroz. A su vez, solamente 30 especies de plantas cubren el 95% de las necesidades en energía alimentaria del mundo. No obstante, es necesario que la investigación agrícola se enfoque en nuevas especies hortícolas potenciales que servirán para alimentación de la humanidad (Tavares y Tavares, 2007).

El “pepino mixteco” *Cucumis anguria* es una Cucurbitácea originaria de África, la mayor variabilidad de esta especie ha sido encontrada en ese continente y es común encontrar plantas silvestres con frutos amargos y dulces en las regiones del este y sureste de África. En América Latina, se encuentra a *C. anguria* en forma silvestre, en Norteamérica (Estados Unidos y México), Centro América (Costa Rica), Sudamérica (Brasil, Panamá) y el Caribe. Kearns (1992) menciona la existencia del “pepino mixteco” en Puerto del gato a 20 millas al suroeste del Municipio de Izúcar de Matamoros, Puebla. En México, los frutos del “pepino mixteco” recolectados de plantas silvestres son utilizados por los campesinos para autoconsumo y en algunos casos para la venta, los frutos inmaduros son consumidos generalmente en fresco. Es una especie hortícola con un gran potencial de consumo, en el país de origen (África), en donde empieza a ser reintroducido para cultivarlo en forma comercial. En el norte y noreste de Brasil ya existen plantaciones comerciales con rendimientos de hasta 19.5 t.ha⁻¹ (Oliveira et al., 2009).

La nutrición mineral de los cultivos incluye el suministro, absorción y utilización de los nutrimentos esenciales para el crecimiento y desarrollo, que se vean reflejados en altos rendimientos e incrementos en la producción (Fageria et al., 1991) Los análisis de laboratorio hecho de algunos órganos de las plantas revelan la presencia de noventa o más elementos minerales en pequeñas cantidades, de los

cuales se encuentran en el medio en que crecen las raíces, pudiendo formar parte de la composición de los vegetales (Resnik, 1986).

Desde tiempos antiguos se han hecho colectas, selección y evaluación de material vegetal con el objetivo de seleccionar y mejorar algunas de sus características, con lo cual se detecta el material más sobresaliente y con características peculiares como resistencia a enfermedades, sequía, calidad nutricional del grano y características bioquímicas, moleculares y morfoagronómicas dentro de estas se encuentran el rendimiento y sus componentes, para posteriormente hacer un programa de mejoramiento genético (Gallego, 2005). Por lo anterior, es importante la evaluación de nuevos materiales para la obtención de nuevos genotipos con resistencia y con las características comerciales exigidas por el mercado y por los productores (Alonso *et al.*, 2008). Por estas razones, el empleo de nuevas colectas de *C. anguria* pueden constituir una buena opción con un gran potencial para satisfacer parte de la demanda de alimentos.

II.OBJETIVOS GENERALES

Los objetivos del presente estudio fue la evaluación olerícola de dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) para la detección de sus características olerícolas sobresalientes, así como analizar el comportamiento del crecimiento y estimar el contenido de extracción nutrimental por planta de N, P, K, Ca, Mg en el cultivo de *Cucumis anguria* L.

III. LITERATURA CITADA

- Alonso, E. M; Torner; Q.Y; Ramos, R.R; Farrés, A.E; Aranguren, G.M; Rodríguez, M.D. 2008.Caracterización y evaluación de dos híbridos de papaya en Cuba. Agricultura Técnica México. Vol.34, Num.3. 333-339 p.
- Fageria, N; Baligar .V;Jones, C.H.1991.Growth and Mineral Nutrition of field crop. Ed. Marcel Decker Inc. New York, USA. 476 p.
- Gallego, C. 2005. Avance en un ciclo de selección de poblaciones de frijol volubles (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Bola roja por su reacción a la enfermedad antracnosis (*colletotrihum lindemuthianum*).Trabajo de grado. Facultad de agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia .37p.
- Kearns,D. 1992. A revision of *schizocarpum* (Cucurbitaceae). *In*:Biosystematics of Mexican Cucurbitaceae. Ph. D. Thesis, University of Texas at Austin. 12-169.
- Oliveira, A.N.P; Oliveira, A.P; Leonardo, F.A.P; Cruz, I.S; Silva, D.F. 2009. Yield of gherkin in response to doses of bovine manure. Horticultura Brasileira. 27: 100-102.
- Resnik, M. E.1986.Nutrición mineral pp, 245-284.*In*: Fisiología Vegetal Volumen II. Sivori, E. M.; Montaldi, E. R; Caso, O.H. (eds.). Editorial Hemisferio Sur, S. A. Buenos Aires, Argentina.
- Tavares, de M.P.C; Tavares, de M.A.M. 2007.Hortalizas subutilizadas en Brasil. Revista Horticultura Internacional.60:70-71.

CAPITULO 1.

EVALUACION Y CARACTERIZACIÓN OLERICOLA DE DOS COLECTAS DE “PEPINO MIXTECO” (*Cucumis anguria* L.)

EVALUACION Y CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DE DOS COLECTAS DE “PEPINO MIXTECO” (*Cucumis anguria* L.)

C.J. Hernández-Rojas¹; C. Villanueva-Verduzco²; R.Castro-Brindis²; M. Pérez-Grajales²

RESUMEN

El “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) es una especie silvestre con un alto potencial por su productividad y valor nutritivo (17 aminoácidos), de la que se pueden desarrollar variedades para su producción comercial en México. Con el propósito de valorar su capacidad productiva y caracterizarlo agronómicamente, se evaluaron dos colectas procedentes de los Estados de Puebla (“San Pablo”) y Guanajuato (“Xichu”). El experimento se estableció en Chapingo, Estado de México en invernadero e hidroponía en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones; la unidad experimental consistió de 20 plantas, con un distanciamiento entre hileras de 60 cm y entre plantas de 40 cm. El cultivo se manejó con acolchado plástico de 60 galgas de color negro, fertirriego y tutorio con red. Las variables evaluadas fueron rendimiento de fruto por hectárea, rendimiento de fruto por planta, diámetro y longitud de fruto, número total de frutos, número de ramas primarias, secundarias, terciarias, así como días a floración masculina y femenina. La colecta “San Pablo” fue significativamente más productiva (174 t.ha⁻¹) que “Xichu” (142.91 t.ha⁻¹), debido a frutos más grandes y pesados, aunque con menor número de frutos. Fueron similares en porte y arquitectura de la planta (número de ramas primarias, secundarias y terciarias), así como en días a floración masculina y femenina. La producción se distribuyó en 17 cortes, realizados cada dos días.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: Pepino mixteco, *Cucumis anguria* L., caracterización, colectas.

¹Estudiante de Maestría en Ciencias en Horticultura

²Profesor-investigador del Instituto de Horticultura, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México C.P 56230.

EVALUATION AND AGRONOMIC CHARACTERIZATION OF TWO COLLECTIONS OF "CUCUMBER MIXTECO" (*Cucumis anguria* L.).

C.J. Hernández-Rojas¹; C. Villanueva-Verduzco²; R.Castro-Brindis²; M. Pérez-Grajales²

ABSTRACT

The "cucumber mixteco" (*Cucumis anguria* L.) is a wild species with a high potential for productivity and nutritional value (17 amino acids), which can develop varieties for commercial production in Mexico. In order to assess their capacity and characterize agronomically, we evaluated two collections from the states of Puebla ("San Pablo") and Guanajuato ("Xichu"). The experiment was established in Chapingo, México State and hydroponics greenhouse in a completely randomized design with four replications, the experimental unit consisted of 20 plants, with a row spacing of 60 cm and 40 cm between plants. The crop was managed with 60-gauge plastic mulch in black, with fertigation and tutoring network. The variables evaluated were fruit yield per hectare fruit yield per plant, fruit diameter and length, total number of fruits, number of primary branches, secondary, tertiary, and days to flowering male and female. The collection "San Pablo" was significantly more productive (174 t.ha⁻¹) than "Xichu" (142.91 t.ha⁻¹), due to fruits larger and heavier, but with fewer fruits. Were similar in size and architecture of the plant (number of primary branches, secondary and tertiary), and in days to flowering male and female. Production is distributed in 17 sections, performed every two days.

ADDITIONAL KEY WORDS: Pepino mixteco, *Cucumis anguria* L., characterization, collections.

¹Estudiante de Maestría en Ciencias en Horticultura

²Profesor-investigador del Instituto de Horticultura, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México C.P 56230.

III. INTRODUCCIÓN

La importancia de las hortalizas en la balanza comercial agropecuaria, y el valor generado así como la gran mano de obra empleada les hace aparecer como la gran alternativa en un ambiente de crisis generalizada del sector agropecuario mexicano. Con la entrada en vigor del TLC en 1994, el sector hortícola presento un gran desarrollo, y constituyo una alternativa para la rentabilidad de las actividades del campo Mexicano. Las hortalizas y las frutas constituyen el principal producto de interés de exportación de México hacia los EE.UU. y Canadá. México es competitivo en este sector, ya que los avances tecnológicos como los plásticos, sustratos, sistemas de fertirrigación, e invernaderos, logrados durante los últimos años, ha propiciado que haya un margen de ventaja en la competitividad en el mediano plazo en este sector agrícola (Rodríguez, 2010).

No obstante, las exportaciones mexicanas de hortalizas mantendrán un carácter complementario y estacional dependiendo de la oferta, principalmente del mercado hortícola de Estados Unidos, donde este sigue siendo altamente regulado a pesar del TLC, limitando las exportaciones mexicanas a cubrir los faltantes (Castellanos, 2004).

Es por ello que el “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.), es una hortaliza con gran potencial de producirse en invernadero e hidroponía, tal como el pepino (*Cucumis sativus* L.), en donde los trabajos investigación en el país son pocos o nulos en esta especie, por lo que es importante la investigación enfocada la obtención de nuevos genotipos con las características comerciales exigidas por el mercado, tal como se ha hecho en Brasil por (Modolo y Costa, 2003a)

IV. OBJETIVO E HIPÓTESIS

OBJETIVO

Evaluación de dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) para la obtención de características de importancia agronómica sobresaliente.

HIPOTESIS

Existen características agronómicas contrastantes tanto cuantitativas como cualitativas entre estas dos colectas.

V. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1. La producción de hortalizas en México

La producción de hortalizas es un rubro muy importante dentro del ámbito comercial agrícola, no solo para la recuperación de dicho sector, si no también para el desarrollo y crecimiento del país; por los múltiples beneficios que se obtienen en su actividad. Repercute en los aspectos social y económico, debido a la gran demanda de mano de obra y a la captación de divisas que se generan; aunado a esto, al conocer más de las propiedades “nutraceuticas” o verduras útiles en la nutrición y en la prevención y tratamiento de enfermedades, en los últimos años se han renovado el interés a nivel mundial por su cultivo, cobrando un auge sorprendente al incrementarse de manera importante la superficie sembrada, de tal forma que en México, en el año 2000, se sembraron 543932.71 hectáreas de hortalizas y para 2007 hubo un incremento a 572 943.21 ha (Castellanos, 2004). Su comercialización representó 27%del total de las ventas nacionales y se registró un aumento 9.2 % con base en las realizadas en 2005.

Según datos de MexBet, en México existen 245 empresas dedicadas a la exportación de hortalizas, las cuales se encuentran ubicadas principalmente en los estados de Sinaloa, Sonora, Jalisco, Guanajuato, Tamaulipas, Puebla, Nuevo León, Michoacán, Baja California, Morelos, Nayarit, Colima, Guerrero, donde se cultivan, principalmente, papa, chile, sandía, melón, calabaza, pepino, y cebolla

En el Cuadro 1 se presenta la superficie y el volumen de producción de los principales cultivos hortícolas que se producen en México durante los ciclos primavera-verano y otoño-invierno 2010. En general ha venido ocurriendo un aumento en la superficie cosechada de los cultivos de calabacita, chile verde, lechuga y pepino, dada la demanda que estos cultivos han tenido en el mercado de exportación. Por el contrario las superficies de cultivos como fresa y papa han venido a la baja. En el caso de la fresa, debido principalmente a problemas de

manejo fitosanitario y en el caso de la papa, adicionalmente a problemas de competitividad con nuestros socios comerciales del TLCAN. Por otro lado, con la introducción de los sistemas de fertirrigación, los cultivos hortícolas en general han incrementado sus rendimientos en los últimos años, lo cual se ha reflejado en un aumento en los volúmenes de producción (Castellanos, 2004)

Cuadro 1. Producción de las principales hortalizas en México

Cultivo	Superficie (ha)			Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)
	sembrada	sinistrada	cosechada	obtenida	obtenido
AJO	4,461		398	2,972	7.459
BROCOLI	10,870	160	2,578	34,749	13.479
CALABACITA	13,655	185	3,966	69,343	17.484
CEBOLLA	18,978	85	4,014	76,716	19.111
CHILE VERDE	36,248	1,998	12,601	350,448	27.811
COLIFLOR	1,645	1	368	6,076	16.490
FRESA	4,904	20	2,401	30,332	12.633
LECHUGA	7,015	16	2,527	44,193	17.485
MELON	11,336	407	3,150	55,650	17.667
PAPA	24,138	88	6,108	165,396	27.079
PEPINO	9,302	741	2,690	100,230	37.261
SANDIA	27,677	1,242	10,287	183,279	17.817
TOMATE ROJO (JITOMATE)	26,745	1,320	9,008	363,774	40.385
TOMATE VERDE	24,828	1,774	9,964	159,719	16.030
ZANAHORIA	4,598		892	19,423	21.787

Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2010.

5.2. Exportación de productos hortícolas

Las exportaciones año con año van en aumento, a este respecto, el Banco de México (Banxico) dio a conocer que en el año 2006 la cantidad de productos agroalimentarios alcanzó 13 921 990 dólares, cifra que superó en 18.6% a la 2005, que fue de 11 741 757 dólares, y nuestro país ocupó el decimo lugar del mundo en la exportación productos agroalimentarios como tomate, cebolla, ajo, pepino, pimienta, melón, sandía, y otras legumbres y hortalizas frescas (Rodríguez, 2010).

México tiene una posición estratégica muy importante respecto a Estados Unidos y Canadá, países con un mercado muy atractivo para la exportación de estos productos, debido que poseen una dinámica de importación alta a nivel mundial. La diversidad de climas existentes en nuestro país que permiten el cultivo de más de 100 de las 200 especies de hortalizas que se consumen en el mundo lo que permitiría más generación de empleos y el impulso de la agroindustria (Rodríguez, 2010).

5.3. Especies potenciales

La organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación (FAO) ha alertado sobre la necesidad de rescatar los recursos alimentarios, que poseen enorme potencial para la mejora de la nutrición en varias regiones de América Latina (FAO, 2009).

Por definición, las especies de hortalizas subutilizadas son aquellas que anteriormente fueron difundidas, pero debido a razones agronómicas, económicas, genéticas, y socioculturales, el consumo de éstas se ha perdido, o no han prosperado y que todavía, sus potencialidades no han sido totalmente explotadas para contribuir a la seguridad alimentaria. Por lo tanto, su existencia está amenazada junto con la base genética para futuros mejoramientos.

Otros méritos de esas especies incluyen el valor nutricional, ecológico, agronómico y cultural, también su importancia en la creación de empleos. Hay que

considerar también su importancia en términos de variabilidad genética debido al proceso de mantenimiento por las propias comunidades de agricultura tradicional. México dispone de alta diversidad genética de especies silvestres y de variedades regionales, que precisan ser rescatadas y preservadas para las generaciones futuras. Este germoplasma está constituido por hortalizas de hojas, frutos, raíces, y tubérculos, cuya producción ocurre en pequeña escala, siendo de vital importancia en la alimentación de las comunidades rurales. La mayoría de esas hortalizas son actualmente desconocidas por el consumidor de las grandes ciudades del país. A su vez, muchas de esas especies pueden ser potenciales para las cadenas agroalimentarias a los niveles locales, regionales y nacionales (Tavares y Tavares, 2007).

5.3.1. Importancia de los recursos genéticos

Los recursos genéticos vegetales para la alimentación y la agricultura, constituyen la base biológica de la seguridad alimentaria del mundo y de México. Estos recursos constituidos por la diversidad del material genético contenida en las variedades tradicionales y modernas, así como los parientes silvestres, son de particular interés para los cultivos alimenticios de uso actual. Dado que estos recursos naturales representan reservas de diversidad y adaptabilidad genética, pueden hacer posible amortiguar los cambios ambientales y económicos; la pérdida de este material representaría una seria amenaza a la seguridad alimentaria de los pueblos en el futuro (FAO, 2010).

5.3.2. Cambio climático

El cambio climático y la creciente inseguridad alimentaria son grandes desafíos para los sistemas agrícolas del mundo, desafíos que no pueden afrontarse sin la recolección, preservación y uso sostenible de los recursos fitogenéticos. El segundo informe del estado de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la

agricultura hecho por la FAO en 2010, predice que entre 16 y 22 % de los parientes silvestres de importantes especies cultivadas como el cacahuete, papa y frijol desaparecerán para 2055 a causa del cambio climático, aunque el informe no cuantifica la pérdida de biodiversidad, la evidencia empírica apunta a una continua extinción de la biodiversidad agrícola que reduce la diversidad de los cultivos alimentarios tradicionales que han sobrevivido durante el siglo pasado. La FAO calcula que el 75 por ciento de la diversidad agrícola se perdió entre 1900 y 2000.

Por lo anterior es necesario incrementar el uso sostenible de la diversidad vegetal de miles de especies silvestres y cultivadas que deben ser recolectadas, estudiadas y documentadas ya que contienen genes que les permiten un rápido crecimiento y un alto rendimiento además que presentan ciertas resistencias al calor, sequía, salinidad, inundaciones y a las plagas. Esta variabilidad genética de muchas especies vegetales es necesaria para combatir la inseguridad alimentaria debido al cambio climático que esta sufriendo nuestro planeta en la actualidad (FAO, 2010).

5.5. Algunas consecuencias de la producción de hortalizas

El aumento de la producción mundial de hortalizas ha traído como consecuencia un mayor movimiento de germoplasma, con la introducción de nuevas especies y variedades, lo que ha llevado a la diseminación de plagas y enfermedades exóticas, las cuales al encontrarse en un nuevo nicho, donde no hay enemigos naturales, encuentran las condiciones propicias para establecerse y provocar la reducción en la calidad y cantidad de la producción, por lo que los agricultores tendrán que recurrir al establecimiento de medidas curativas, lo que implica un aumento en los costos de producción al requerir la aplicación de medidas para reducir la incidencia y severidad de ellas; aunado a esto, su presencia en almacén incluso en el transporte y durante su comercialización, merma la producción agrícola (Rodríguez, 2010).

En la actualidad y como consecuencia de la contaminación ambiental y la importancia que se le ha venido dando a la inocuidad alimentaria, se han establecido normas que prohíben el uso indiscriminado de agroquímicos, especialmente en hortalizas para exportación por lo que hoy en día se buscan alternativas para encontrar fuentes de resistencia en los lugares de origen para algunas enfermedades, plagas, e insectos en hortalizas, con esta alternativa se vera reducido el uso de agroquímicos y una disminución de la contaminación ambiente (Rodríguez, 2010).

5.6. Cucurbitáceas importantes cultivadas en México

Dentro de la familia de las cucurbitáceas, existen especies importantes para el hombre, dado que son fuente de alimento, fibra y algunos objetos domésticos. Existen alrededor de 90 géneros y 750 especies de cucurbitáceas divididas entre el nuevo y el viejo continente. Existen siete géneros presentes en ambos hemisferios. Actualmente son cultivados seis géneros y 12 especies (Whitaker, 1974).

En la República Mexicana, las principales Cucurbitáceas cultivadas son la calabaza (*Cucúrbita* spp.), melón (*Cucumis melo* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.) y sandía *Citrullus lanatus* (Thunb.).

5.6.1. Origen y clasificación de Cucurbitáceas cultivadas en México

5.6.1.1 Calabaza (*Cucúrbita* spp.)

La Calabacita es una de las especies hortícolas más importantes para consumo humano. Genera importantes ingresos, empleos y contribuye a la nutrición de los consumidores. En México se siembran alrededor de 26,318.01 ha, con un rendimiento promedio de 17.96 t.ha⁻¹(SAGARPA-SIAP, 2009).

Son cinco las especies cultivadas del género: *Cucurbita pepo* L., *C. moschata* Duch Ex Lam., *C. argyrosperma* Huber., *C. ficifolia* Bouché y *C. maxima* Duch Ex Lam., de las cuales las primeras cuatro están ampliamente distribuidas en México y *C. máxima* es originaria de Sudamérica Perú, Colombia y Bolivia (Villanueva, 2007).

Las diversas especies de calabazas, son importantes desde el punto de vista económico, nutricional y cultural tanto a nivel nacional como mundial. Las partes alimenticias van desde los frutos inmaduros, maduros, semillas, flores y algunas partes vegetativas. Además del uso alimenticio, las calabazas se pueden emplear con fines industriales, comerciales, medicinales y tradicionales como recipientes y artesanías (Villanueva, 2007).

5.6.1.2 Pepino (*Cucumis sativus* L.)

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es originario de las regiones tropicales del sur de Asia, siendo cultivado en la india desde hace más de 3000 años. En el nuevo mundo fue introducido por Cristóbal Colón a mediados del siglo XVI. Los pepinos se pueden clasificar en:

Pepino corto o pepino español: Son variedades de fruto pequeño, presentando una longitud máxima de 15 cm, de piel verde con rayas amarillas o blancas. Se utiliza para consumo en fresco o para encurtido, los frutos se cortando en estado inmaduro para su comercialización. Las variedades comerciales pueden ser monoicas o ginoicas con polinizadores y ginoicas partenocarpicas.

Pepino medio largo: Conocido también como tipo francés o tipo americano: las variedades de este tipo presentan una longitud media de 20-25 cm, las variedades que se venden en el mercado actual pueden ser monoicas y ginoicas, dentro de estas últimas se diferencian las variedades monoicas en frutos, donde estos presentan espículas y piel lisa, también conocidos como minipepinos, los cuales son similares al tipo Almería.

Pepino tipo Holandés: Estas variedades tienen frutos que superan los 25 cm, son ginoicas, de frutos totalmente partenocarpicos (sin semilla) y de piel lisa. El tamaño de la mayoría de las hojas de estas plantas es más grandes (Castellanos, 2004)

5.6.1.3 Melón (*Cucumis melo* L.)

Se especula que podría ser de la India, Sudán o de los desiertos iraníes. Por otro lado, Whitaker y Bemis (1979), citado por Cano y Espinosa, 2002 indican que existen dos teorías del origen del melón. La primera señala que es originario del Este de África, al Sur del Sahara, debido a que en esa área se encuentran formas silvestres de esta especie, la segunda teoría menciona que el melón es de la india.

Una vez domesticado el melón, fue explotado en numerosos cultivares, particularmente en la India, la cual puede considerarse como un centro secundario de origen. Estos cultivares de *Cucumis melo* L. se dispersaron rápidamente a través de Europa y ya en fechas cercanas se introdujeron en América (Cano y Espinosa, 2002).

Entre las clasificaciones que se han hecho, se distinguen 10 subespecies principales: Cantalupo, Reticulados, Azucarados, Melones de invierno, Serpentiniformes, Formas afechinadas, Chito, Dudaim, Rojo de Persia y Silvestres (Cano y Espinosa, 2002).

En México también se cultivan únicamente dos variantes botánicas de *Cucumis melo* L. el *reticulatus* y el *inodorus*, la variante *reticulatus* produce melones del tipo western y los *inodorus* se siembran nada más del tipo honeydew. A los melones tipo western se les conoce como melones chinos, rugoso o reticulados y a los honeydew como melones amarillos o gota de miel (Claridades Agropecuarias, 2000).

5.6.1.4 Sandia (*Citrullus lanatus*)

La sandia es un fruto muy popular que se cultiva en regiones tropicales y subtropicales del mundo, originaria del sur de África ha sido introducida en América por los colonizadores Europeos y esclavos traídos del continente Africano.

De acuerdo con datos del SIAP en 2006, la mayoría de la superficie sembrada en México es destinada para su consumo fresco y una menor cantidad para la industria, en el país se cultivan principalmente sandia del tipo cambray, tipo charleston y jubile, a su vez estas se clasifican en diploides (con semilla) y triploides los frutos que no presentan semilla.

Diploides. Sandía más comúnmente cultivada en México, produciendo frutos con semillas de color negra o marrón de consistencia dura, sus frutos pueden tener la forma alargada o redonda, los de forma alargada presenta pericarpio de color verde con rayas de color más claro, los frutos redondos generalmente presentan pericarpio verde oscuro.

Triploides. Sandía del tipo charleston sin semilla, el fruto se caracteriza por tener la corteza verde clara con rayas verdes oscuras, el color de la pulpa puede ser de color roja o amarilla.

5.7. Origen y distribución del “pepino mixteco” *Cucumis anguria* L.

Aproximadamente 30 especies de *Cucumis* son nativas de África excepto el pepino (*Cucumis sativus* L.) es probablemente originario de la India. Los tipos silvestres y cultivados de *Cucumis anguria* L. difieren en la amargura así como la longitud de las espículas de los frutos, mas largas en los tipos silvestres, entre estos se encuentran las especies *longipes* (Hook), y. *longaculeatus*, entre los cultivados destaca la especie *anguria*, sin embargo en las plantas cultivadas en áreas tropicales de América, los frutos presentan espículas más cortas y muy raramente podemos encontrar estos en los lugares de origen.

En América Latina, el pepinillo se empezó a conocer en el siglo XVII. Probablemente fue traído por los esclavos Africanos al nuevo mundo, donde en algún momento se empezó a cultivar y comer los frutos inmaduros, que en la actualidad se siguen consumiendo en fresco, en ensaladas, sopas y guisos. En Brasil los frutos inmaduros cocidos son utilizados como principal ingrediente para elaboración de la tradicional sopa llamada “Maxixada”, proviene Maxixe nombre que le dan en ese país a *Cucumis anguria* L. (Modolo y Costa, 2003b).

El “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) como se le conoce en México, pertenece a la familia de las cucurbitáceas como la calabaza, pepino, melón y sandía, también se le conoce con diferentes nombres en español: pepino cimarrón, pepino espinoso, pepino mixteco, pepinito, pepinillo, pepineto, pepino de las Antillas, sandía del diablo, anguria, cocombro, concombro, magishe, maxixe, y meloncillo (Wilkins-Ellert, 2004).

Cucumis anguria L. es originario de África. Este puede encontrarse en forma silvestre y semi-silvestre en el este y sureste del Continente Africano, algunos tipos de frutos pueden encontrarse con características que pueden ser amargosos y otros que no presentan ese sabor. Con el comercio de esclavos a las Américas las semillas de *C. anguria* L. fueron llevadas al oeste de la India, donde inició el desarrollo de su cultivo conocido como Indian gherkin (pepinillo de las indias). Algunos tipos comestibles no amargosos se pueden extender a través de Caribe, partes de América Latina y el suroeste de los Estados Unidos. Este puede encontrarse en estado semi-silvestre, o en los cultivares ya domesticados, en algunos casos estos se puede confundir con flora nativa. En partes de Norte América y Australia forma parte de las malas hierbas; y en el suroeste de los Estados Unidos *C. anguria* L. está catalogado como maleza, ya que afecta seriamente al rendimiento el cultivo de cacahuete (Wilkins-Ellert, 2004).

C. anguria L. no amargoso que es comestible esta siendo reintroducido en África (Senegal, Sierra Leona, Congo, y Sudáfrica), donde las plantas crecen sin ningún problema, es probable que los tipos silvestres encontrados en Madagascar

Cucumis anguria L. no sean originarios de este sitio, ya que solamente se han localizado alrededor de las habitaciones humanas (Wilkins-Ellert, 2004).

5.7.1. Clasificación y descripción botánica del “pepino mixteco” *Cucumis anguria* L.

Planta anual monoica, con tallo trepadores, Zarcillo simples solitario, trepadores setosos de 3-6 cm de largo (figura 1); tallos acanalados, con pelos como cerdas; hojas alternas, simples, estipulas ausentes; peciolo de 6-12 cm de largo, espiculados setosos; hojas ampliamente ovadas en líneas generales de 3-12 cm x 2.12cm, suaves profundamente palmeada lobuladas de 3-5 lobulos, puenteadas con pelos espiculados en ambas superficie. Flores unisexuales regulares; sépalos estrechamente triangulares de 1-3 mm de largo; pétalos unidos en la base, de 4-8 mm de largo, amarillos, flores masculinas en 2-10 fascículos de flores, con pedicelo 0.5-3 cm de largo, amarillo, con 3 estambres; flores femeninas solitarias, con pedicelo de 2-10 cm de largo, ovario ínfero, elipsoidal, de 7-9 mm de largo, parte baja espinosa, el estigma lobulado. Fruto elipsoide subgloboso 3-4.5cm x 2-3.5 cm, sobre un tallo de 2.5-21 cm de largo, plagado de suaves espiculas finas con punta transparente, verde (inmaduro), amarillo (maduro) con muchas semillas; semillas elipsoidales, de 5-6 mm de largo, comprimido con márgenes redondeados, lisos (Lira,1997).

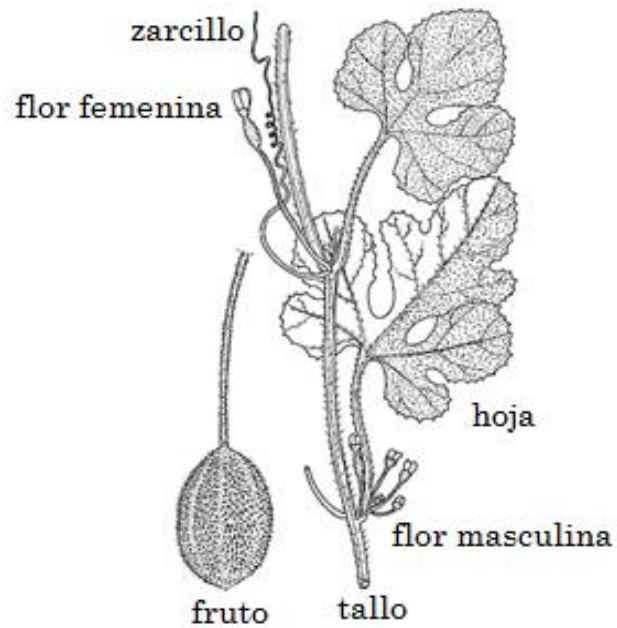


Figura 1. Planta de “pepino mixteco” (tomado y modificado de Iskak Syamsudin, 2004)

5.7.2. Clasificación taxonómica

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Cucurbitales
Familia:	Cucurbitáceas
Género:	<i>Cucumis</i>
Especie:	<i>anguria.</i>
Nombre	<i>Cucumis anguria</i> L.

5.7.3. Distribución en México

En México existen dos géneros de pepinillos silvestres de las especies *dispsaceus* y *anguria*, distribuidas en el trópico seco, con la diferencia de *Cucumis dispsaceus* no es comestible ya que tiene un sabor amargo característicos del contenido de cucurbitacina en el fruto; otra característica que lo hace diferente a *Cucumis anguria* es la densidad de espículas, ya que el fruto (Figura 2) presenta mayor densidad de espículas y las hojas profundamente lobadas.

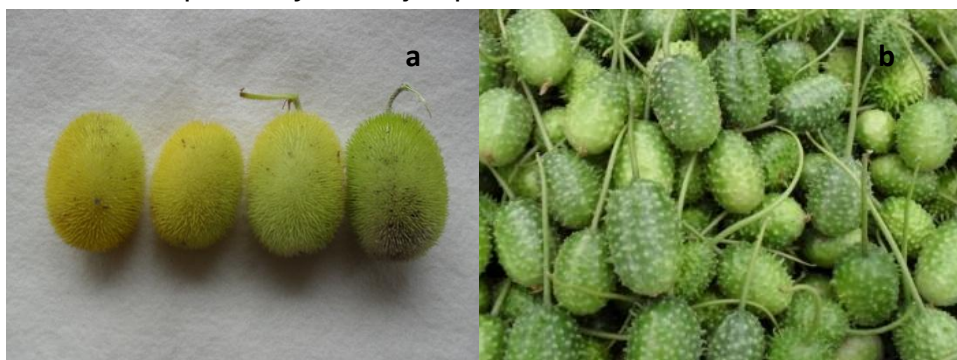


Figura 2. Frutos de las especies *C. dispsaceus* (a) *C. anguria* (b).

El “pepino mixteco” como se conoce en México, ha sido reportado por Lira (1997) en los registros de Cucurbitáceas para varias regiones de México, en general se trata, de especies escasamente representadas en los herbarios y cuya distribución es relativamente restringida, o bien registros de taxones que no se ha incluido en trabajos recientes, en el caso de *C. anguria* L. Ha sido reportado en Puente Nacional, Veracruz, aproximadamente a 30 Km de la costa, con una elevación sobre el nivel del mar de entre 100 y 1500. Se encuentra distribuido principalmente en los estados de Puebla, San Luis Potosí, Guanajuato, Veracruz y Morelos. Es común encontrarlos de forma silvestres en terrenos sembrados con otro cultivo confundido “erróneamente con maleza (Nee, 1993).

5.7.4. Generalidades del “pepino mixteco”

Los frutos que se encuentran distribuidos en América, no son amargos, varían en el tamaño y la cantidad de espinas, con un peso promedio de alrededor de 30 g (Pimentel, 1985).

Es habitual encontrar plantas de “pepino mixteco” que crecen en campos donde se encuentran sembrados otros cultivos. Los Frutos recolectados de las plantas son utilizados en casa y también son objeto de comercialización, en la época de mayor demanda. Los frutos se consumen inmaduros y preparados en ensaladas Naturales, conservas, y cocidos en sopas. En general, es un vegetal utilizado como alimento en Brasil y otros lugares de América Latina (Robinson y Decker-Walters, 1997; Bates *et al.*, 1999).

El “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) no requiere de suelos de alta fertilidad y se adapta mejor a los suelos arenosos. La mayoría de los agricultores que lo cultivan en Brasil no lo fertilizan, pues al terminar la cosecha del cultivo anterior dejan los residuos. Sin embargo, en suelos pobres con poca materia orgánica, se recomienda agregar fertilizante (Filgueira, 2000).

Considerando la importancia de *Cucumis anguria* L. en el noreste de Brasil, se han hecho estudios sobre este pepinillo, que se centran en el rendimiento del cultivo y aumento de la calidad del fruto, ya que esta hortaliza ha venido recobrando importancia en esa región de Latinoamérica, y en consecuencia mejora las condiciones económicas y sociales de las personas que lo cultivan.

Oliveira *et al.* (2009) realizaron un experimento agregando estiércol de bovino en el cultivo pepinillo *Cucumis anguria* L. el mayor número de frutos que obtuvo fue de 30 frutos por planta, el cual se consiguió con 32.2 t ha⁻¹ de estiércol de bovino, en cuanto al peso del fruto por planta y rendimiento fue de 1.306 g y 19.5 t ha⁻¹ respectivamente, conseguido con 40 t ha⁻¹ de estiércol.

4.7.5. Propiedades medicinales

Las plantas constituyen un recurso valioso en los sistemas de salud en países en vías de desarrollo, por sus propiedades medicinales y terapéuticas que se les confiere.

Investigaciones recientes hechas por Boscheco (2008), en el extracto alcohólico de los frutos de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.), reporta la presencia de algunos metabolitos secundarios como heterósidos, flavonoides fenoles, esteroides, triterpenos, y taninos, mientras que en el extracto acuoso encontró actividad antioxidante en 6% debido a la presencia en los frutos de ácido ascórbico, a una concentración de 43.9 mg.mL^{-1} confiriéndole así su actividad eliminadora de radicales libres, por ello, desempeñan un papel esencial en la protección frente a los fenómenos de daños oxidativos, y tienen efectos terapéuticos en un elevado número de patologías, incluyendo la cardiopatía isquémica, la arteriosclerosis o el cáncer (Pace-Asciak *et al.*,1995).

A demás destaca la presencia de algunos oligoelementos y polisacáridos como arabinosa, xilosa, manosa, así como también la presencia de 17 aminoácidos entre los que destacan L-argenina, L-alanina ,L-leucina e isoleucina que son reguladores de la homeostasis de la glucosa, teniendo potencial de consumo el fruto en fresco como complemento de ser utilizado para reducir la glucosa en la sangre en pacientes con diabetes mellitus, ya que en México es la primera causa de muerte tanto de hombres como mujeres con un total de 75,572 muertes en 2008 por esta enfermedad, de acuerdo con la secretaria de salud.

5.7.6. Análisis nutricional de los frutos

La composición nutrimental de frutos frescos de *Cucumis anguria* L. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Composición del fruto de “pepino mixteco”.

Composición	En 100 g de fruto
Agua	93 g
Energía	71kJ (17kcal)
Proteínas	1.4 g
Grasas	0.1-0.5 g
Azúcares totales	1.9-2.5g
Calcio	25-27 mg
Fosforo	33-34mg
Fierro	0.6 mg
Vitamina A	200-325UI
Tiamina	0.05-0.15 mg
Riboflavina	0.40 mg
Niacina	0.3-0.5 mg
Acido ascórbico	48-54 mg

Fuente: Whitaker y Davis 1962.

Los datos no reportan la composición de las hojas, pero es probable que la composición sea similar encontrados en las hojas verdes en Oriente de África. Las semillas y los frutos dulces que se encuentran en forma silvestres contienen gran cantidad de ácidos grasos como palmítico, esteárico, oleico, linoléico y linolénico, la mayoría de las Cucurbitáceas perteneciente a esta familia contiene en gran cantidad estos compuestos.

5.7.7. Principios amargos

Las diferentes sustancias amargas distribuidas en el reino de las plantas no son un grupo homogéneo. Generalmente cuando una planta tiene sabor amargo, se piensa que se debe a la presencia de alcaloides, pero se ha encontrado que los compuestos terpenoides son los responsables en muchos de estos casos, las saponinas y los glicósidos cardiacos también tienen sabor amargo y aunque muchos terpenoides amargos contiene grupos cetona o lactonas, pero en la mayoría no conoces sus estructuras completas. Las cucurbitacinas son sustancias amargas de las familias de las cucurbitáceas y algunas crucíferas; son glicósidos

triterpenoides con el esqueleto de carbono del lanosterol, estas plantas atraen a los insectos pero repelen a las abejas y a otros microorganismos, también tiene efecto antigiberelina (Valencia, 1995).

En frutos amargos de *Cucumis anguria* L. que se encuentran de forma silvestre en el continente Africano, la amargura aumenta conforme el fruto se acerca a la maduración, esto se debe a la cucurbitacina, compuesto triterpenoide tetracíclico que hacen que los frutos sean amargos. Los triterpenos se encuentran muy distribuidos tanto en el reino animal como el vegetal, particularmente en resinas, corcho y cutina de las plantas y en la materia insaponificable de muchos aceites como el de oliva, el principio activo de los compuestos amargos es la cucurbitacina B ($C_{32}H_{48}O_8$) con una cantidad menor de cucurbitacina D ($C_{30}H_{46}O_7$) y mucho menores de la G y H. Bioensayos realizados con ratas, con jugo de frutos amargos procedentes de plantas silvestres, demostraron que en la Dosis Letal 50% (DL_{50}) se llevo a acabo con 1.6 mg/Kg, lo que indica que el jugo es toxico en mamíferos; la toxicidad se reduce mas de 100 veces si el jugo es hervido antes de aplicarse (Valencia,1995).

5.7.8. Otros usos

En diferentes regiones del mundo le dan diversos usos al “pepino mixteco”, por ejemplo en Zimbabwe son usados los frutos amargos en diferentes cultivos como pesticida natural, el jugo de los frutos ha sido reportado que se aplican controlar plagas de los graneros, teniendo un efecto antialimentario sobre estos. En Metabeleland (Zimbabwe) los frutos son usados como carnada en las trampas de piedras y palos

Existen reportes del uso de partes de la planta de *C. anguria* silvestres en Tanzania, que son utilizadas para tratar el dolor de estomago, en Zimbabwe es utilizados en la medicina tradicional el jugo de los frutos amargos en infusión

antiséptica para tratar heridas en el ganado. En América Latina también tiene una variedad de usos, en México y Cuba se utiliza la decocción de la raíz de esta planta como remedio para curar el dolor y reducir la inflamación del estómago. La fruta se come para tratar la ictericia en Curaçao, Brasil, el jugo de las hojas y los preparados se aplican a las pecas en Cuba (Modolo y Costa, 2003b). Los problemas renales son tratados con una decocción en Colombia, donde también se cree que disuelven los cálculos renales comiendo los frutos crudos. La fruta se aplica a las hemorroides en Cuba, y las hojas después de haber sido empapado en vinagre se usan contra la tiña. Pero en la mayor parte del país los campesinos recolectan los frutos de plantas silvestres para consumo (Lira y Rodríguez, 1999).

En la mayor parte de México esta especie es poco conocida, ya que la gente desconoce su valor nutricional así como el modo de preparar los frutos, que son jugosos presentando sabor a pepino (*Cucumis sativus* L.), y teniendo un gran potencial de consumo tanto fresco como procesado.

En los alrededores de Pánuco Veracruz los frutos inmaduros son cortados para comerse cuando no se tiene agua disponible quitando la sed, también son utilizados en las comidas, preparándose en salsa verde (Nee, 1993). En Xichu Guanajuato, ubicado a la Sierra Gorda, los frutos son recolectados cuando las plantas se han secado y los frutos presentan un color amarillo característico de madurez, entonces son llevados para ser agregados a la olla con frijoles cuando estos presenten 50% de cocción entonces los frutos son agregados enteros o partidos, degustándose solos o acompañados con los frijoles.

En el municipio de Coxcatlán perteneciente al Valle de Tehuacán Puebla, el “pepino mixteco” también es conocido con el nombre de chayotillo por presentar el fruto espículas, teniendo un parecido al chayote (*Sechium endule*), los frutos fresco y en estado inmaduro son cortados de plantas no cultivadas consumiéndose para aliviar la sed, la importancia de esta especie no solo radica en los frutos sino también en la planta, ya que esta es utilizada por los pobladores de esa región como forraje para chivos y borregos (Lira y Rodríguez, 1999).

Las hojas de *Cucumis anguria* L. son preparadas en las comidas de diferentes formas, tal como se comen con las hojas de las calabazas (*Cucurbita spp.*) en México. En Ruwangwe, Zimbabwe, preparan un platillo especial de las hojas del “pepino mixteco” para el padre más viejo de la casa llamado “mubvororo. En Namibia es una de varias plantas silvestres que son comestibles, cuyas hojas se secan y se empalma, para su posterior almacenamiento y consumo durante la estación mas seca. En las cercanías a Senegal los frutos inmaduros son recolectados cuando tiene un color verde brillante. En Brasil los frutos son comidos tanto frescos como cocidos y en forma de conservas (Modolo y Costa, 2003b). Estudios hechos con extractos etanolico y ácido cítrico de *C. anguria* tuvo efecto larvicida sobre mosquito (*Aedes aegypti*) transmisor de la fiebre amarilla y dengue, lográndose con una concentración de 0.5 mg.ml causando la mortalidad mas del 40 % de las larvas después de 24 horas de la aplicación (Wilkins y Ellert, 2004).

5.7.9. Crecimiento y desarrollo

El hábitat nativo de *Cucumis anguria* L. es al sur de África por lo que la época de germinación es durante las lluvias de verano cuando las temperaturas nocturnas están por encima de 12°C el suelo esta bien húmedo para facilitar la germinación. En en las primeras etapas tiene un crecimiento vertical, alcanzando el tallo principal una altura de 20 cm y en donde no se producen flores, seguida de desarrollo precoz de varios tallos secundarios procumbentes, que se ramifican desde la base, alcanzando una altura de 2 a 3 metros, La floración se presenta con la formación de las primeras flores masculinas, seguidas de las flores femeninas, la polinización se lleva acabo principalmente por insectos (Wilkins y Ellert, 2004).

La duración del día juega un papel importante en la floración ya que con los días más largos combinados con altas temperaturas tienden a formarse mayor número de flores masculinas, por el contrario si existen temperaturas mas bajas y los días

son más cortos estas condiciones fomentan al desarrollo de flores femeninas, en etapas de formación de flores.

Los frutos son producidos alrededor de los 60 días después de la siembra, la planta sigue produciendo frutos, con temperaturas altas los frutos ya formados comienzan a madurar, dando alrededor de 30 a 50 frutos por planta, después de aproximadamente 75 días, después de la etapa de producción viene la muerte de la planta, secándose las partes vegetativas de esta, pero los frutos ya maduros permanecen unidos en la planta por medio de los pedúnculos (FAO, 2008).

5.7.10. Hábitat

Las plantas silvestres y semi-silvestres de “pepino mixteco” son habitantes comunes en bosques caducifolios, matorrales, sabanas, pastizales y en zonas semiáridas de aproximadamente 1500 m de altitud, además es común encontrarlas en tierras de cultivo abandonadas, o cerca de corrales de ganado y en ocasiones como maleza en los cultivos (Wilkins y Ellert, 2004).

El “pepino mixteco” puede crecer sin problemas la mayoría de los suelos, incluidos los suelos arenosos (regosoles) del Kalahari, suelos de arcillas rojas (Ferosilicatos) y suelos negros de migajón (vertisoles), en el sur de África en donde crece en forma silvestres *C. anguria* las lluvias empiezan a caer en el verano con un rango de precipitación que van desde los 400 mm hasta los 1000 mm, los rangos de temperatura en los cuales se puede cultivar sin problemas el “pepino mixteco”, van desde los 15°C hasta los 35°C, siendo que esta especie no tolera las bajas temperaturas ni mucho menos las heladas.

5.7.11. Propagación y manejo del cultivo

La propagación de este pepinillo es por semilla, la cual requiere luz para la germinación. Las semillas se siembran en bolsas de plástico poniendo de 3 a 4

semillas por bolsa, la siembra se hace en camas a una distancia de 30 cm entre plantas y entre hileras de 100 a 150 cm, la cual te da una densidad de plantación 3.3 plantas m², para la siembra se requieren de 2.5 a 4.5 kg/ha de semilla, teniendo una duración de 2 a 2.5 meses entre la siembra y la cosecha (FAO, 2008).

Las labores culturales y los requerimientos agronómicos son similares a los pepinos de invernadero *Cucumis sativus* L. las plantas del “pepino mixteco” en su mayoría son de porte rastrero, como fuente de nutrición se recomienda la aplicación de abonos orgánicos tales como el estiércol de bovino a una dosis 30 t ha⁻¹ (Oliveira *et al.*, 2009).

5.7.12. Plagas y enfermedades

El “pepino mixteco” es muy resistente a las plagas y enfermedades, mostrando cierto grado de resistencias natural hacia los patógenos e insectos, tales como el virus del mosaico del pepino, los nemátodos, la cenicilla y mosca blanca del invernadero. Los frutos son raramente parasitados por larvas de la mosca de la fruta, que ataca a la mayor de las cucurbitáceas en el sur de África (Esteva *et al.*, 1988).

5.7.13. Resistencias

Cucumis Anguria L.var. *longipes* (Hook fil.) que es un pepinillo silvestre que ha sido reportado que tiene resistencias hacia algunas enfermedades e insectos como a *Tetranychus Urticae* (De Pointi, 1978; Kroon *et al.*., 1979), *Erisiphe cichoracearum* (PM2) (Lebeda, 1984), *Fusarium oxysporum* (Thomas y More, 1990), *Meloidogyne* spp. (Kroon *et al.*, 1979) y las enfermedades de amarillamiento; por lo que tiene un gran potencial para donar genes de resistencia a ciertos patógenos que los cultivos comerciales no tienen (Esteva *et al.*, 1988).

5.7.14. Cosecha

La cosecha de los primeros frutos se da entre 45 a 50 días después del trasplante, estos se cortan cuando están todavía inmaduros (Figura 3), teniendo un color característico verde intenso o verde limón, según las investigaciones hechas recientemente por Oliveira *et al.*, (2009) agregaron al suelo abono de bovino a razón de 30 t ha⁻¹ en donde obtuvieron una respuesta en el rendimiento de 19.5 t ha⁻¹, obteniendo así aproximadamente 30 frutos por planta, mayores que las reportadas por (Filgueira, 2000) que van 4 a 5 t ha⁻¹ para algunas partes de Brasil. En algunas regiones de África donde se cultiva *Cucumis anguria* L. se consumen las partes vegetativas como tallos y hojas tiernas, estas son recolectas cuando estén en pleno crecimiento vegetativo durante el ciclo del cultivo (FAO, 2008).



Figura 3. Frutos característico a madurez hortícola de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.).

5.7.15. Recursos genéticos

Cucumis anguria L. no está en peligro de extinción en África, que es su lugar de origen. Se han hecho colectas de plantas silvestres, que se encuentran en el Sistema Nacional de Germoplasma Vegetal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, que mantiene numerosas colecciones de los tipos de cultivos de *C. anguria* en su estación de regional de Ames Iowa, otra colección se mantiene en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica (Wilkins y Ellert, 2004).

5.7.16. Investigaciones logradas

El “pepino mixteco” y especies afines han sido poco estudiadas por los investigadores, pero recientemente se ha hecho trabajos sobre la especie *C. anguria*, algunas investigaciones se centran en el continente Americano y específicamente en Brasil, ya que en este país es un cultivo domesticado ya sembrado en forma comercial, los principales estudios hechos se centran en buscar los genes de resistencia hacia plagas y enfermedades (virus bacterias hongos, insectos) y estos llevarlos a los cultivos comerciales de melón y pepino mediante transferencia genética, *C.anguria* ha demostrado ser totalmente inmune a los virus de el mosaico del moteado verde del pepino (CGMV) ,la resistencia también se ha comprobado en parte de la raíz a nemátodos y partes aéreas al Oídio. En estudios hechos en Sudafrica en donde las enfermedades fúngicas y parasitarias de larvas de la mosca *Trypetid* son fuerte en *Cucurbitáceas*, donde el “pepino mixteco” mostro una alta resistencia a estos problemas (FAO, 2008).

Se han hechos varios esfuerzos para la transferencia de genes de resistencia de *Cucumis anguria* L. en pepino y melón lográndose con gran éxito, no así con los intentos de hibridación con estas especies donde las cruza se han hecho en forma limitada y otras no se han cruzado con éxito para producir una generación de F1 que sean fértiles. La posibilidad de utilizar esta especie como porta injerto sea ha sugerido, en donde hay problemas de nemátodos, en donde *C. anguria* funciona como porta injerto y las especies cultivadas como patrón. En América Latina no existen especies de *Cucumis anguria* L. de frutos que presenten sabores amargos, estas variantes se debe a un gen dominante que da este sabor a los frutos, pero múltiples factores parecen estar implicados en el control del sabor amargo, incluidas varias condiciones fisiológicas (Wilkins-Ellert, 2004).

VI. Materiales y Métodos

6.1. Localización del experimento

La presente investigación se realizó en uno de los invernaderos, del Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, localizado en Chapingo, Estado de México, ubicado a 19° 29' Latitud Norte y 98° 53' Latitud Oeste, y una altitud de 2240.

Las variables morfológicas longitud de ramas primarias, secundarias y terciarias, se realizaron en los laboratorios de fenología de cultivos y fisiología vegetal del mismo Departamento, para la medición de estas variables se tomo 15 plantas de cada repetición.

6.2. Sitios de origen de las colectas

Las dos colectas del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) fueron hechas en 2009; una en el estado de Puebla en el sitio denominado “Rancho San Miguel” ubicado en la carretera Acatlán de Osorio-San Pablo Anicano, perteneciente a la región Mixteca baja y la otra en Guanajuato, en el municipio de Xichu, en la comunidad llamada “El Roblar” ubicada dentro de la reserva de la Biosfera de la Sierra Gorda, en donde limitan los estados de Querétaro, Guanajuato y San Luis Potosí, ubicados en 18° 08' Latitud Norte y 98° 04' Longitud Oeste así como 21°23' Latitud Norte 99°49' Longitud Oeste, con una altura de 1117 y 1463 msnm, con una temperatura media de 21 y 24°C respectivamente, las características de estos dos lugares según la descripción agroclimática de Köppen impera un clima Bs trópico seco, con lluvias en Verano, con una precipitación 350 a 400 mm anual. La vegetación que predomina según Rzedowski y Rzedowski 1979 es selva baja caducifolia siendo en su mayoría poblada de arboles de leguminosas y cactáceas (Figura 5). Se tomaron 5 plantas en cada uno de los sitios de colecta y de cada planta obtuvieron de 6 a 8 frutos, se tomo como base solo coleccionar los frutos a madurez fisiológica, los cuales presentaban un color amarillo intenso con gran cantidad de espículas y una deshidratación avanzada (Figura 4).



Figura 4. Frutos maduros y vegetación predominante en el sitio de colecta.

6.3. Evaluación del material vegetal

Se evaluaron dos colectas silvestres *C. anguria* L. hechas en los estados de Puebla y Guanajuato, cuyas características para la colecta San pablo fue: tallos acanalados trepadores pubescente, con zarcillos vellosos de 3-6 cm, pecíolos de 3.5-6 cm de largo, hojas ovaladas en línea de 10 x 2.20 cm, palmeadas-lobuladas punteadas, flores unisexuales trianguladas 1-3 mm de largo, pétalos unidos en la base de 4.8 mm de largo de color amarillo, flores femeninas de 2 a 10 fascículos de flores, con pedicelo de 0.5-2 cm de largo, con tres estambres. Los frutos son elipsoides subglobosos de 4.5 de largo y 5.5 de ancho, con falsa espinas puntiagudas transversales con pedúnculo de 10 cm de largo, presenta color verde intenso cuando esta inmaduro (Figura 5), conforme se acerca a la madurez cambia a color amarillo.

Para la colecta Xichu cuyas características fueron: tallos acanalados trepadores pubescente, con zarcillos vellosos de 3-4 cm, pecíolos de 3-5 cm de largo, hojas ovaladas en línea de 8 x 2.12 cm, palmeadas-lobuladas punteadas, flores unisexuales trianguladas 1-2 mm de largo, pétalos unidos en la base de 4.4 mm de largo de color amarillo, flores femeninas de 2 a 10 fascículos de flores, con pedicelo de 0.5-2 cm de largo, con tres estambres. Los frutos son elipsoides subglobosos de 4.3 de largo y 3.9 de ancho, con falsa espinas puntiagudas transversales con pedúnculo de 8 cm de largo, presenta color verde alimonado

cuando esta inmaduro (Figura 5), conforme se acerca a la madurez cambia a color amarillo.



Figura 5. Fruto inmaduros de las colectas Xichu y San Pablo (de izquierda a Derecha) característicos del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.).

6.4 Caracteres evaluados

Los caracteres evaluados de las colectas obtenidas fueron, rendimiento por hectárea (RHA: $t \cdot ha^{-1}$), para su calculo se obtuvo una densidad de población de 41666 plantas por ha^{-1} , el rendimiento por parcela, se registro como rendimiento total de fruto, en gramos por planta (RTF: g/PL) que fue otra variable evaluada, se obtuvo durante los diecisiete cortes dados en la parcela, y se dividió entre el número de plantas, presentes cada una de estas, teniendo 20 plantas por parcela. Se procedió la cosecha de los frutos a los 45 días después del trasplante cuando los frutos presentaban color verde brillante, que es el color característico del fruto a madurez hortícola (Figura 6), con un peso mayor a 15 g de acuerdo con Modolo y Costa (2003a), una vez cosechados los frutos se procedió las mediciones de longitud, diámetro en (cm) y número total de frutos (NTF), durante los 17 cortes, al final del ciclo de cultivo se procedió al conteo del número ramas primarias (NRP), número de ramas secundarias (NRS), número de ramas terciarias (NRT), en la etapa de florecimiento se tomo días a floración masculina (DFM), cuando las plantas presentaran 50 % de floración masculina dentro de cada parcela experimental a partir del trasplante, también se tomo el mismo procedimiento para días a floración femenina (DFF).



Figura 6. Frutos de *Cucumis anguria* L. a madurez olericola, cultivado en invernadero.

6.5. Diseño y unidad experimental

Para la evaluación de las dos colectas de Puebla y Guanajuato, se procedió a obtener el rendimiento por hectárea, se calculó la densidad de plantas en una hectárea que fue 41666 plantas, con 166 surcos y con un espaciamiento de 60 cm, y entre plantas de 40 cm, se uso un diseño en completamente al azar con 4 repeticiones la unidad experimental consto de 20 plantas por repetición, contando con 80 plantas por colecta, dando un total de 160 plantas. Las plantas fueron trasplantadas a los 30 días después de la siembra en una cama de tezontle de 45 m de largo x 1.20 m de ancho, con acolchado plástico de 60 galgas, las plántulas fueron trasplantadas en hilera con una separación de 60 cm entre estas y la distancia entre plantas fue de 40 cm (Figura 7), se utilizo como sistema de tutorado el de espalderas, con maya blanca de plástico con cuadrículas 10 x10 cm de 1.5 m de ancho, recomendado para el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.).



Figura 7. Densidad de plantación de (*Cucumis anguria* L.) establecido en invernadero.

Como fuente de nutrimentos en el sistema hidropónico, se empleo la solución nutritiva de Steiner (1984), a 100% de concentración. La cual se caracteriza por tener una relación mutua de aniones y cationes y una concentración total de solutos (macronutrimentos) de 30 mole ion·m³ que corresponde a un potencial osmótico de -0.072 Mpa, y un pH de 5.0-5.5. De esta solución se procedió a la dilución con agua para obtener una concentración a 75 %, la cual se utilizo en todo el ciclo del cultivo.

Durante 30 días después del trasplante, se aplicaron 150 ml diarios de la respectiva solución por planta, se distribuyeron en tres riegos de 50 ml, de los 31 a los 60 días después del trasplante se aplicaron 300 ml diarios por planta en tres riegos, posteriormente fueron de 500 ml diarios en 3 riegos.

6.6. Análisis estadístico

En las variables evaluadas se realizo el análisis de varianza (ANAVA), la correlación y comparaciones múltiples de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) con el paquete del Sistema de Análisis Estadístico (SAS) Versión 9.0 para Windows.

6.7. Análisis de varianza

El experimento se planeó como un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones donde los tratamientos fueron las colectas. El modelo experimental fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = respuesta en la i-ésima tratamiento, j- ésima bloque.

μ = media general del experimento, en cada variable.

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

ϵ_{ij} = Error experimental asociado a la observación ij .

6.8. Comparaciones múltiples de medias

Las medias de las variables evaluadas fueron comparadas mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). La diferencia mínima significativa se calculó con la siguiente fórmula:

$$DMS = \frac{t_{\alpha/2} \sqrt{2CME_{\text{Error}}}}{r}$$

Donde:

DMS= Es el valor crítico de la prueba.

$t_{\alpha/2}$ = Valor tabular de “t” student para los grados de libertad del error obtenido a un $\alpha/2$.

r = Número de repeticiones.

6.9. Análisis de correlación entre variables

Las correlaciones entre las variables estudiadas, se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{(\sum y^2) - (\sum y)^2}}$$

Donde:

r = representa el coeficiente de correlación lineal para una muestra.

n = representa el número de pares de datos presentes.

Σ = denota la suma de los elementos indicados.

Σx = denota la suma de todos los puntajes x.

Σx^2 = denota que cada puntaje de x se debe elevar al cuadrado y luego todos los cuadrados deben sumarse.

$(\Sigma x)^2$ = indica que los puntajes x deben sumarse y el total debe elevarse al cuadrado. Es muy importante no confundir Σx^2 con $(\Sigma x)^2$.

Σxy = indica que cada puntaje x primero debe multiplicarse por el puntaje correspondiente. Después deben obtenerse todos los productos, sumándolos.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Análisis de varianza

El análisis de varianza mostró que existieron diferencias estadísticas altamente significativas entre las colectas San Pablo y Xichu para rendimiento total de frutos (RTF; g/PL) y en rendimiento total de por hectárea (RHA: t·ha⁻¹), no así en las otras características de importancia agronómica como fueron días floración femenina (DFF), días floración masculina (DFM), número de ramas primarias (NRP), número de ramas secundarias (NRS), número de ramas terciarias (NRT), número total de frutos. (NTF). La mayoría de las variables presentaron un coeficiente de variación (CV) entre 4 y 20% pese a la estandarización del sistema experimental, esto debido a que estas colectas evaluadas presentaron algún grado de variación genética, ya que estas procedían de plantas silvestres.

El experimento de evaluación de las colectas San Pablo y Xichu denominadas así por el lugar de colecta, presentaron un coeficiente de determinación (R^2) fue arriba de 79 % para las variables rendimiento total de fruto (RTF: g/UE) y rendimiento por hectárea (RHA: t·ha⁻¹); esto indica el nivel de precisión con el que el modelo explicó el fenómeno estudiado (Cuadro 3).

Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza de ocho caracteres de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) evaluados en invernadero, en Chapingo 2011.

FV	GL	RHA (t·ha ⁻¹)	RTF (g/PL)	NTF	DFM	DFF	NRP	NRS	NRT
Col	1	174.03**	1115820.27**	52.275ns	3.125ns	3.125ns	1.041ns	7.260ns	0.42ns
Error	6	47291.7	47291.710	33.951	4.79	5.125	2.208	7.303	0.073
Total	7	47465.73	1163111.983	86.226	7.915	8.25	3.249	14.563	0.499
R ²	----	0.7972	0.797	0.204	0.098	0.092	0.105	0.199	0.592
CV (%)	----	5.7176	5.717	5.729	5.52	4.77	17.57	14.794	11.28

FV: Fuente de variación, Col: Colectas, R²: Coeficiente de determinación, CV: Coeficiente de variación, GL: Grados de libertad, RHA: Rendimiento por hectárea (t·ha⁻¹), RTF: Rendimiento total de fruto (g/planta), NTF: Número total de frutos, DFM: Días a floración masculina, DFF: Días a floración femenina, NRP: Número de ramas primarias, NRS: Número de ramas secundarias, NRT: Número de ramas terciarias, ns: no significativo, *: Significativo (p ≤0.05), **: Altamente significativo (p ≤0.01).

7.2. Comparaciones múltiples de medias de caracteres

Las comparaciones múltiples de medias de ocho caracteres de importancia agronómica de (*Cucumis anguria* L.) mostró que la variedad denominada San Pablo produjo un rendimiento de 174.03 t·ha⁻¹ y un rendimiento total de frutos de 4176.9 g planta, los cuales fueron superiores a la colecta denominada Xichu con 142.91 t·ha⁻¹ y 3430.0 g planta respectivamente. En el resto de los caracteres estudiados de días floración masculina (DFM), días a floración femenina (DFF), Número de ramas primarias (NRP), número de ramas secundarias (NRS), número de ramas terciarias (NRT) y número total de frutos (NTF), para ambas colectas (San Pablo y Xichu) fueron estadísticamente similares (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparaciones múltiples de medias de ocho caracteres de importancia agronómica del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) evaluado en invernadero, Chapingo 2011.

Colecta	RHA (t·ha ⁻¹)	RTF (g/PL)	NTF	DFM	DFF	NRP	NRS	NRT
San Pablo	174.03a ^z	4176.9a	99.150a	39.00a	48.00a	8.03a	17.16a	2.66a
Xichu	142.91b	3430.0b	104.26a	40.25a	46.75a	8.87a	19.36a	2.13a
DMS	376.27	376.27	10.08	3.78	3.91	3.36	6.12	0.61

DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, α ≤0.05), RHA: Rendimiento por hectárea (t·ha⁻¹), RTF: Rendimiento total de fruto (g/planta), NTF: Número total de frutos, DFF: Días a floración femenina, DFM: Días a floración masculina, NRP: Número de ramas primarias, NRS: Número de ramas secundarias, NRT: Número de ramas terciarias.

Tanto para días a floración masculina (DFM) San Pablo presento desde los 39 días y Xichu con 40 días, para floración femenina los 48 y 46 días después del trasplante respectivamente, difiriendo con las investigaciones hechas por De Azevedo y Tavares (2003) en las cuales estudiaron 9 colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) en campo sin tutor presentando un promedio en días a floración Masculina de 49 días y a floración femenina a los 55 días para las 9 colectas evaluadas. La diferencia pudo deberse a que el estudio de las variedades fueron más precoces por haberse conducido bajo invernadero. De manera equivalente Sánchez, *et al* (2006) en un estudio en invernadero con pepino Europeo (*Cucumis sativus* L.) lograron mayor precocidad y reducir el periodo de trasplante a termino de cosecha sin disminuir el rendimiento en esta especie.

Nuestros resultados obtenidos en rendimiento, de pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) fueron superiores a los reportados por Oliveira, *et al* (2009) en el noreste de Brasil con 40 t ha⁻¹ de estiércol de bovino en el cultivo pepinillo *Cucumis anguria* L., donde el mayor rendimiento obtenido a esta dosis fue de 19.5 t ha⁻¹ con 1306 g de fruto por planta. Por su parte Modolo (2002), evaluó un híbrido denominado paulista en donde el máximo rendimiento obtenido a campo abierto fue de 51.89 t ha⁻¹, con riego por goteo y acolchado plástico negro.

7.3. Comparaciones múltiples de medias por corte

7.3.1. Rendimiento

Las colectas San Pablo y Xichu evaluadas en hidroponía en invernadero presentaron 17 cortes durante el ciclo. La colecta San Pablo superó a la denominada Xichu en rendimiento total sobre los 17 cortes presentando 3550.4 g y 2915.5 g, respectivamente, así como en los cortes 3, 4, 10, 11,15. En el resto de los cortes en ambas colectas fueron estadísticamente similares. En rendimiento de los frutos acumulado en los 17 cortes, la colecta San Pablo supero en 18 % a la colecta Xichu (Cuadro 5).

En los resultados obtenidos por Modolo y Costa (2003a) reportan 12 cortes en diez materiales evaluados de “maxixe” (*Cucumis anguria* L.) seleccionados en Brasil de donde obtuvieron el Híbrido “Paulista”, obteniendo los máximos rendimiento en los cortes 5,9,10, estos resultados no coinciden con los resultados obtenidos en este trabajo, ya que en esto dos materiales colectados en México produjeron 17 cortes, 5 cortes más que los reportados por estos autores, en los cuales los máximos rendimientos obtenidos estuvieron en los cortes 7 y 15 en donde San Pablo obtuvo un rendimiento para el corte 7 fue de 301.2 g y Xichu de 286.4 y para el corte 15 fue de 544.81 g y 407.34 g respectivamente (Figura 8).

Cuadro 5. Comparaciones múltiples de medias del rendimiento de fruto por corte (g/ por corte) de dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) evaluadas en invernadero, en Chapingo 2011.

Número de cortes	Rendimiento (g)		
	San Pablo	Xichu	DMS
1	300.5a ^z	249.2a	54.95
2	200.0a	189.4a	56.32
3	280.0a	179.5b	38.33
4	200.1a	146.7b	55.89
5	189.2a	181.6a	54.29
6	162.6a	155.7a	65.60
7	301.2a	286.4a	32.946
8	141.6a	91.01a	74.848
9	93.76a	63.74a	38.81
10	144.74a	65.48b	53.183
11	131.76a	71.96b	52.60
12	145.16a	114.54a	64.603
13	123.38a	84.69a	75.14
14	128.36a	152.08a	68.219
15	544.81a	407.34b	135.25
16	296.34a	318.73a	85.661
17	166.45a	157.06a	36.389
Total	3550.4a	2915.5b	319.83

DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

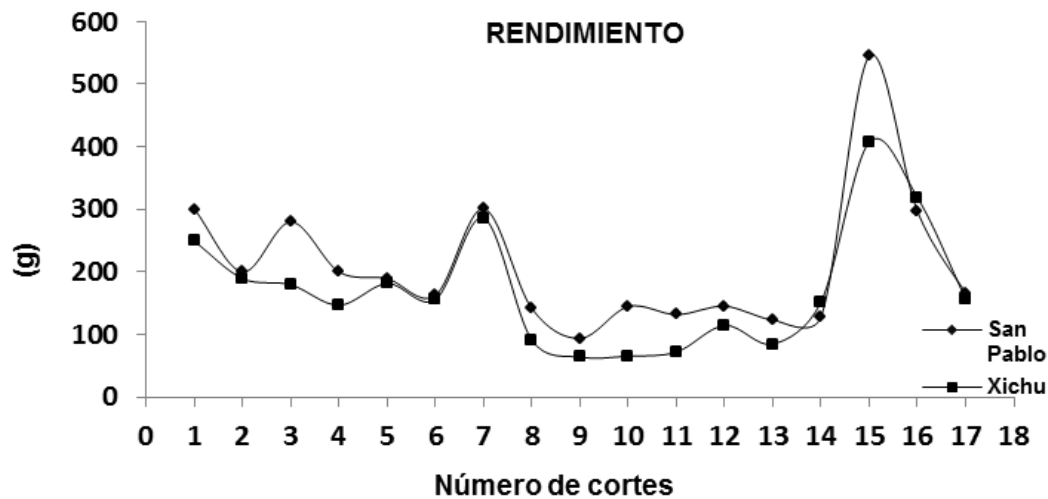


Figura 8. Rendimiento en los diferentes cortes del “pepino mixteco” (*Cucumis. anguria* L.) cultivado en invernadero e hidroponía.

7.3.2. Número de frutos

En la comparación múltiple de medias del número de frutos durante los 17 cortes realizados al “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.), en general en la mayoría de los cortes San Pablo y Xichu fueron similares en el número de frutos por corte, ambas colectas fueron estadísticamente similares en el rendimiento acumulado sobre los 17 cortes, numéricamente la colecta Xichu fue mejor, con un total de frutos de 104.263, presentando San Pablo 99.150 frutos, menor que la anterior. (Cuadro 6, Figura 9).

Modo y Costa (2003) en el cual evaluaron 10 colectas de “pepino mixteco” donde obtuvieron el híbrido denominado “Paulista” en el cual obtuvieron un número total de fruto de 217 frutos y los criollos presentaron menor número de frutos por corte desde 84 hasta 124 frutos por corte, De Azevedo y Tavares (2003) Estudiaron 9 colectas Brasileñas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) y obtuvieron un promedio de 51.4 frutos por planta en 10 cortes realizados en estas colectas. Nuestros resultados coinciden con Modolo y Costa (2003a) ya que en esta investigación se obtuvo un promedio del número de frutos total por corte de los 17 cortes hechos en los materiales San Pablo con 99.150 y Xichu con 104.263 frutos

por corte, ya que estas colectas proceden de plantas silvestres, al igual que las plantas estudiadas por estos autores. Así mismo Modolo y Costa (2004) realizaron investigación en 29 líneas destacadas para mejoramiento genético de *Cucumis anguria* L. encontraron que la mayoría de sus líneas presentaban alto número de frutos por planta, pero estos usualmente tenían bajo peso de fruto; en contra parte, también encontraron que con las plantas con menor número de frutos, estos eran más pesados, dando así una característica peculiar en esta especie de pepinillo, de donde esta variable de número de frutos se recomienda evaluar, para futuros programas de mejoramiento genético.

Cuadro 6. Comparación múltiple de medias del numero de frutos por corte, tomadas de dos colectas en “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) evaluadas en invernadero, Chapingo 2011.

Número de cortes	Número de fruto por corte		
	San Pablo	Xichu	DMS
1	9.21a ^z	9.570a	1.69
2	5.76a	7.41a	1.710
3	8.06a	7.20b	0.64
4	5.65 ^a	5.30a	2.01
5	5.21a	6.90a	1.80
6	4.47a	5.73a	1.78
7	7.85a	9.85a	1.18
8	4.32a	3.82a	1.58
9	2.96a	2.42a	1.25
10	4.38a	2.77a	1.73
11	3.80a	2.55a	1.48
12	3.56a	3.72a	1.17
13	3.17a	2.68a	1.55
14	4.975a	4.838a	2.92
15	12.48a	12.00a	4.00
16	8.525a	11.675b	2.8193
17	4.7250a	5.7875a	1.5603
Total	99.150a	104.263a	10.082

DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

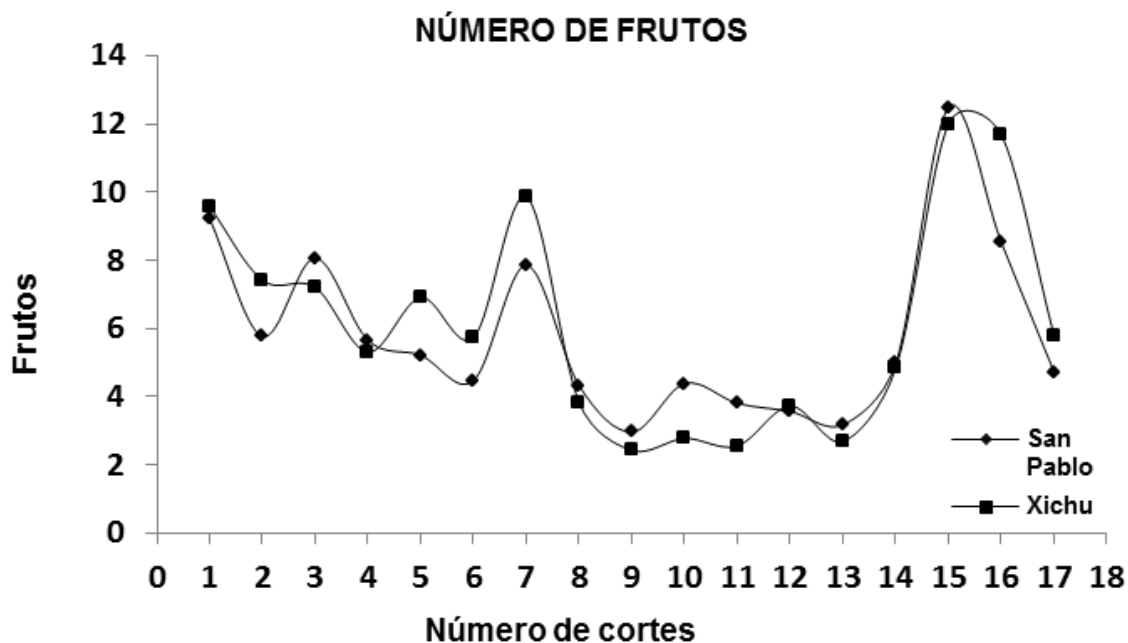


Figura 9. Número de fruto en los diferentes cortes del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero e hidroponía.

7.3.3. Peso de fruto

En peso de fruto por corte de las dos colectas evaluadas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.), fue significativamente diferente en la mayoría de los cortes, no así en los cortes 8, 9, 13 y 14 en los cuales fueron, similares estas dos colectas (Cuadro 8). Las comparaciones múltiples de medias arrojan que los frutos más pesados fueron de la colecta San Pablo con un promedio de 37 g y Xichu con 29 g. En la Figura 10 se muestra el comportamiento que tuvo el peso de fruto por corte de “pepino mixteco” evaluado en invernadero.

Los resultados (Cuadro 7) de peso promedio de fruto de las colectas San Pablo y Xichu coinciden con las investigaciones hechas por Pimentel (1985) en Brasil quienes encontraron que en la época seca donde el cultivo fue regado por subirrigación utilizando cultivares con espículas de “maxixe” (*Cucumis anguria* L.) fue de 27 y 35 g por fruto, no así en los cultivares lisos (sin espículas) en donde los pesos promedios oscilaron entre 47 y 70 g por fruto, mayores que los cultivares con espículas. Los resultados nuestros son similares con los de Resende (1998) en

determinar la mejor época de siembra de *C. anguria* L. en Gorutuba, Porteirinha Brasil, en donde observó una gran variación para peso promedio de fruto entre cultivares, y épocas de siembra presentando pesos desde 23, 24 y 29 g por fruto.

Cuadro 7. Comparación múltiple de medias del peso de fruto por corte de dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) evaluadas en invernadero, en Chapingo 2011.

Peso de fruto por corte (g)			
Número de cortes	San Pablo	Xichu	DMS
1	29.82a ^z	24.838b	3.255
2	37.71a	26.32b	8.4874
3	33.48a	24.71b	6.4939
4	38.70a	26.83b	4.7187
5	36.80a	27.47b	5.6768
6	37.89b	30.22a	5.1443
7	44.08a	32.06b	7.7308
8	32.87a	27.88a	10.486
9	32.57a	27.52a	5.6872
10	33.588a	27.025b	6.558
11	35.413a	28.438b	6.8323
12	40.938a	33.050b	5.1614
13	40.363a	33.688a	8.021
14	32.390a	29.510a	6.1335
15	43.490a	35.173b	6.0903
16	37.475a	29.218b	5.1733
17	35.738a	28.000b	4.8586

DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

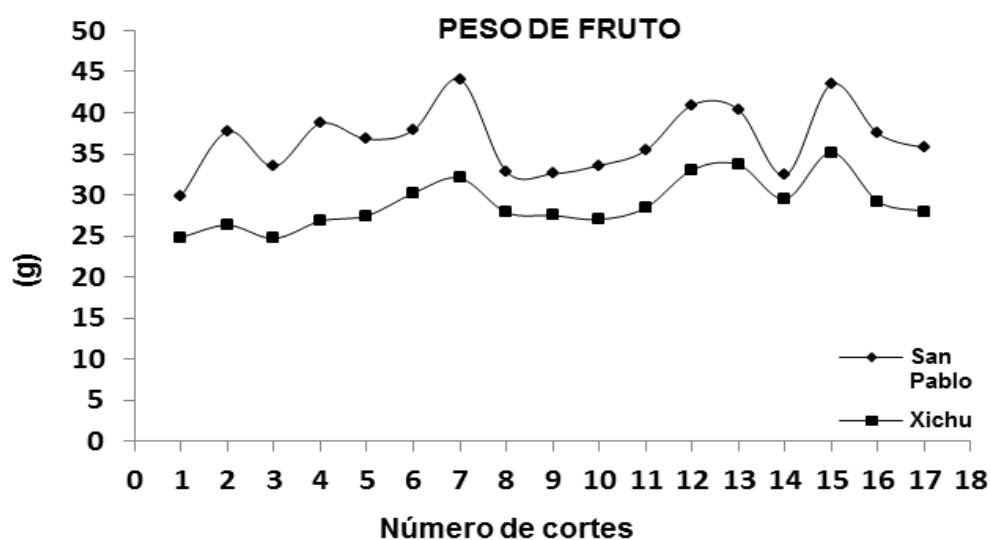


Figura 10. Peso de fruto en los diferentes cortes del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero e hidroponía.

7.3.4. Diámetro y longitud de fruto

El análisis estadístico de las comparaciones múltiple de medias hechas de las dos colectas San Pablo y Xichu de *C. anguria* L. arrojó que ambas son estadísticamente similares en diámetro de fruto (Cuadro 8). Numéricamente la colecta San Pablo tubo diámetro promedio de 4 cm y Xichu de 3.8 cm. Así, la variedad San Pablo tiene frutos con mayor diámetro que Xichu. Solo en los cortes 4, 15,16 en las colectas existieron diferencias significativas en diámetro de fruto. Nuestros resultados muestran que los frutos son más largos que gruesos (Figura 11), con lo que no coinciden con la investigación de Modolo y Costa (2004) quienes evaluaron 29 líneas encontraron que la mayoría de las líneas presentaron frutos más redondeados de alrededor de 5.06 cm de diámetro y un longitud de 5.6 cm.

Cuadro 8. Comparación múltiple de medias del diámetro de fruto por corte de dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) evaluadas en invernadero, en Chapingo 2011.

Diámetro de fruto por corte (cm)			
Número de cortes	San Pablo	Xichu	DMS
1	3.550a ^z	3.447a	0.208
2	3.850a	3.600a	0.312
3	3.837a	3.695a	0.376
4	3.980a	3.637b	0.2363
5	4.045a	3.765a	0.3564
6	3.960a	3.937a	0.2817
7	4.297a	4.020a	0.284
8	4.035a	3.980a	0.350
9	4.170a	4.005a	0.1905
10	4.105a	3.940a	0.251
11	4.035a	3.880a	0.312
12	4.062a	3.915a	0.273
13	3.550a	3.377a	0.364
14	4.015a	3.932a	0.266
15	4.435a	4.195b	0.171
16	4.150a	3.845b	0.2825
17	4.3900a	4.2175a	0.5509

DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

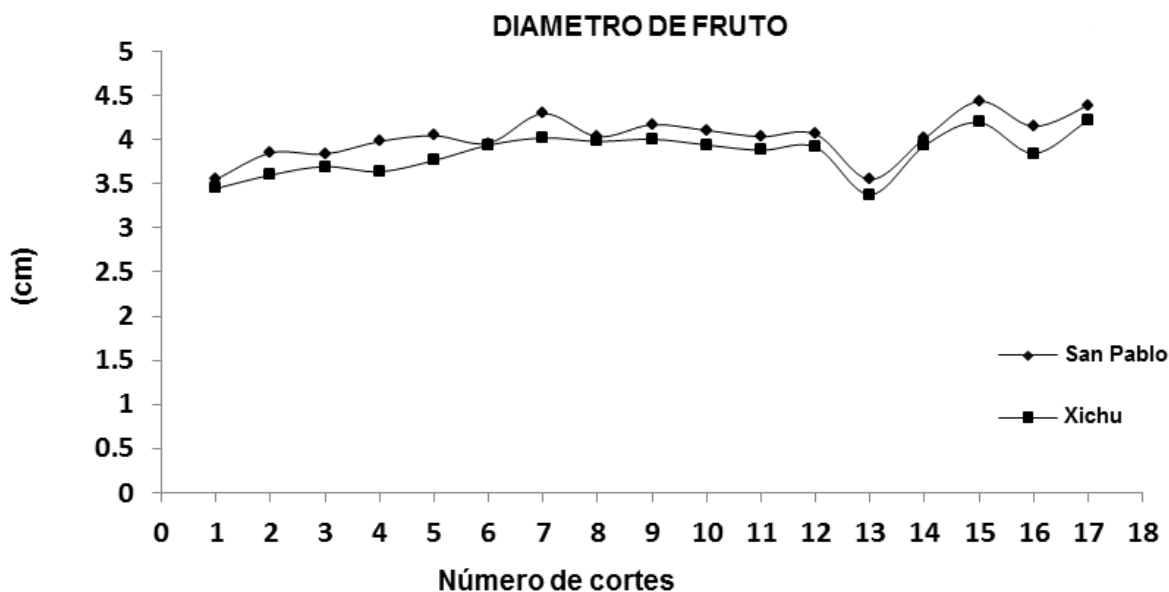


Figura 11. Diámetro de fruto en los diferentes cortes del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero e hidroponía.

En relación a la longitud en las comparaciones múltiples de medias muestran que la colecta San Pablo fue la que presentó mayor longitud de fruto que Xichu con un promedio de 5.5 cm y 4.7 cm respectivamente, así que la colecta San Pablo frutos más largos que Xichu (Cuadro 9). En la mayoría de los cortes no existieron diferencias significativas para longitud de fruto (Figura 12), en lo sucesivo esta variable de longitud de fruto puede ser utilizada de forma acertada para futuras caracterizaciones del fruto de *Cucumis anguria* L. ya que puede variara en los diferentes genotipos de “pepino mixteco”.

La longitud y el diámetro de fruto han sido estudiadas por (Ribeiro y Melo, 1989) emplearon la relación el largo/ancho del fruto para determinar la maduración fisiológica de la semilla de (*Cucumis anguria* L.), quienes no encontraron relación entre el cociente largo/ancho del fruto la maduración fisiológica de la semilla en esta especie, ya que dependió de cada genotipo.

Vieira *et al* (2005), en 5 colectas Brasileñas de *C. anguria* L. encontraron una longitud promedio de 3.04 y un diámetro aproximado de 5.06 cm, resultando así que

los frutos fueron más gruesos que largos en la mayoría de las colectas, y hubo diferencias significativas entre colectas, para largo y ancho de fruto.

Cuadro 9. Comparación múltiple de medias de la longitud del fruto por corte de dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) evaluadas en invernadero, en Chapingo 2011.

Longitud de fruto por corte (cm)			
Número de cortes	San Pablo	Xichu	DMS
1	5.490a ^z	4.840b	0.213
2	5.712a	4.650b	0.398
3	5.587a	4.592b	0.518
4	5.555a	4.465b	0.405
5	5.530a	4.632b	0.424
6	5.922a	5.080b	0.195
7	5.485a	4.385b	0.378
8	5.040a	4.482a	0.765
9	5.432a	4.565b	0.421
10	5.265a	4.640b	0.564
11	5.172a	4.565b	0.35
12	5.482a	4.955b	0.464
13	5.542a	5.042b	0.367
14	5.022a	4.832a	0.873
15	5.640a	5.005b	0.316
16	5.512a	4.902b	0.383
17	5.367a	4.700b	0.400

DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

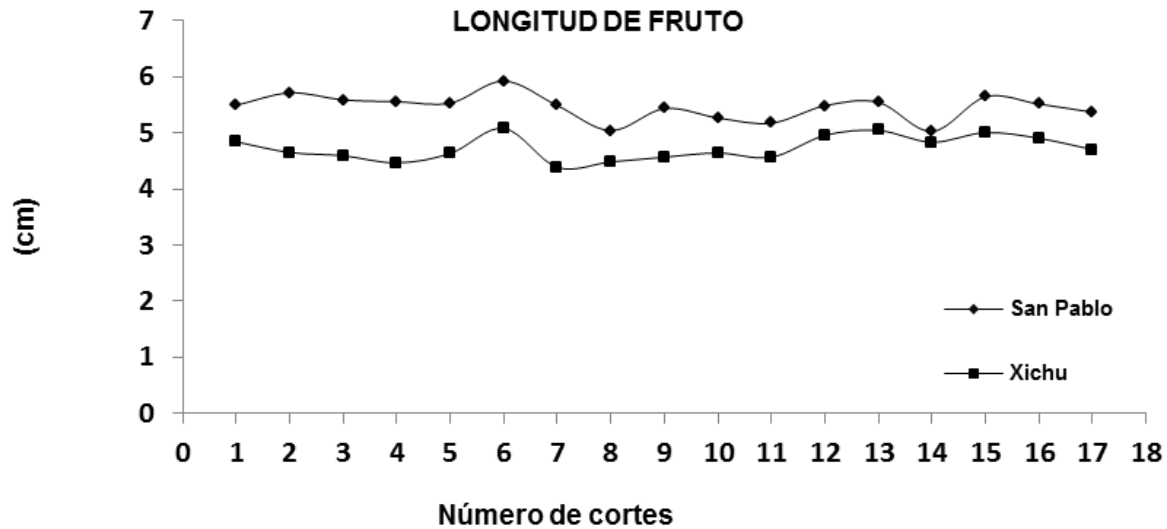


Figura 12. Comportamiento de la longitud de fruto de *Cucumis anguria* L. cultivado en invernadero en Chapingo México, 2011.

7.4 Correlaciones fenotípicas entre caracteres

La variable rendimiento total de fruto (RTF) mostro una correlación alta, directa (positiva) y significativa con: número de ramas terciarias (NRT; $r= 0.83^*$), con rendimiento por hectárea (RHA; $r=0.83^*$), con número de ramas terciarias (NRT; $r= 0.83^*$) y con rendimiento total de fruto (RTF; $r= 1.0^{**}$) fue una correlación directa (positiva) y altamente significativa (Cuadro 10). Así, de los 8 caracteres evaluados, 3 tuvieron significancia estadística y contribuyeron ampliamente al rendimiento del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.).

Las variables correlacionadas con rendimiento seleccionadas son importantes en el proceso de mejoramiento de esta especie, el cual consiste en seleccionar aquellos individuos que dispongan de caracteres deseables en el mayor grado posible, desechando los de grado menor, a mediano y largo plazo y a través de selecciones repetidas se puedan alcanzar las expectativas de la mejora deseada (Poehlman y Allen, 2003).

Cuadro 10. Correlación de ocho caracteres agronómicos del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) evaluado en invernadero, en Chapingo 2011.

	DFM	DFF	NRP	NRS	NRT	RTF (g/UE)	NTF	RHA (t ha ⁻¹)
DFM		-0.51 ns	0.03 ns	0.61 ns	0.32 ns	-0.27 ns	-0.08 ns	-0.27 ns
DFF			-0.29 ns	-0.29 ns	-0.56 ns	-0.43 ns	-0.02 ns	-0.43 ns
NRP				0.48 ns	-0.10 ns	-0.30 ns	0.22 ns	-0.30 ns
NRS					0.03 ns	-0.24 ns	0.36 ns	-0.24 ns
NRT						0.83 *	-0.63 ns	0.83 *
RTF (g/PL)							-0.03 ns	1.0 **
NTF								-0.03 ns
RHA (t ha ⁻¹)								

DFF: Días a floración femenina, DFM: Días a floración masculina, NRP: Número de ramas primarias, NRS: Número de ramas secundarias, NRT: Número de ramas terciarias, RTF: Rendimiento total de fruto (g/planta), NTF: Número total de frutos, RHA: Rendimiento por hectárea (t ha⁻¹).

VIII. CONCLUSIONES

La colecta “San Pablo” fue significativamente más productiva (174 t.ha^{-1}) que “Xichú” (142.91 t.ha^{-1}), debido a frutos más grandes y pesados, aunque con menor número de frutos. Ambas colectas fueron similares en porte y arquitectura de la planta (número de ramas primarias, secundarias y terciarias), así como en días a floración masculina y femenina. La producción de fruto se distribuyó en 17 cortes, realizados cada dos días.

IX. LITERATURA CITADA

- Bates, D.M; Robinson, R.W; Jefrey, C. 1999. Biology and utilization of the Cucurbitaceae. Ithaca: Cornel University Press. 485 p.
- Boscheco, M. C. 2008. Evaluación fotoquímica y antioxidante, citotóxica e hipoglucemiantes de frutos de *Cucumis anguria* L. (*Cucurbitaceae*). Tesis de Maestría en Ciencias Farmacéuticas, Universidad Federal de Paraná, Brasil. 91 p.
- Cano, R. P; Espinosa, A. J.2002.Melon: Generalidades de su producción *In*: El melón: Tecnología de producción y comercialización. Espinosa, A. J de J; Reyes, J.I; Flores, A.S. (eds.). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Laguna. Matamoros, Coahuila, México.240 p.
- Claridades Agropecuarias. 2000. Melón Mexicano; ejemplo de tecnología aplicada. Apoyos y servicios a la comercialización agropecuaria. Dirección General de Operaciones Financieras. SAGAR-ASERCA. México (84):1- 32 p.
- Castellanos, J. Z. 2004. Manual de producción hortícola en invernadero. Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura (INTAGRI).469 p.
- De Azevedo, F.J.A.;Tavares, de M.A.M. 2003.Caracterización Agronómica de genotipos de Maxixe. Revista Horticultura Brasileira.Vol.21, Núm. 3. 356 p
- De Pointi, O.M.B. 1978. Resistance in *Cucumis sativus* L. to *Tetranychus urticae* Koch.3. Search for sources of resistance. Euphytica 71:1-14
- Esteva, J;Nuez, F;Cuartero, J.1988. Resistance to yellowing disease in wild relatives of muskmelon. Cucurb. Genet. Coop. Rep.11:52-53
- Filgueira, F.A.R. 2000. Nuevo manual de olericultura: Agrotecnología moderna para productores y comercialización de hortalizas. Viosa: UFV. 402 p.
- FAO.2008.Ecología de los cultivos en el mundo. Disponible en <http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/dataSheet?id=5008>.
- FAO.2009.Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe.76 p.
- FAO.2010.The second report on the state of the worlds plant genetic resources for food and agriculture. Roma, Italia, 350 p.

- Kroon, G. M; Custers, J.B.M; Kho, Y.O; Den, Nijs A.P.M; Varekamp, H.Q. 1979. Interspecific hybridization in *Cucumis* (L.). Need for genetic variation, biosystematic relations and possibilities to overcome crossability barriers. *Euphytica* 28:723-728
- Lebeda, A. 1984. Screening of wild *Cucumis* species for resistance to cucumber powdery mildew (*Erysiphe cichoraerum*) and *Sphaeroteca fuliginea*. *Scientia Horticulturae*. 24:241-249
- Lira, R; Rodríguez, A.I. 1999. Cucurbitaceae. In: Flora del valle de Tehuacán-Cuicatlan. Universidad Autónoma de México, Instituto de Biología. México, D.F. 91 p.
- Lira, S. 1997. Nuevos registros de Cucurbitaceae para varias regiones de México. Instituto de Ecología A.C. *Acta Botánica Mexicana*. 41:17-20.
- Modolo, V.A. 2002. Tecnologia de produção de maxixe paulista (*Cucumis anguria* L.). Tese Doutorado em Fitotecnia. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Universidade de São Paulo. Piracicaba, São Paulo, Brasil. 54 p.
- Modolo, V.A.; y Costa, C.P. 2003a. Avaliação de linhagens de maxixe paulista cultivadas em canteiros com cobertura de polietileno. *Horticultura Brasileira*, Brasília. Vol. 21, Núm. 3. 534-538 p.
- Modolo, V.A y Costa, C. P .2003b. Maxixe: uma hortaliça de tripla forma de consumo piracicaba: ESALQ-Divisão de biblioteca e documentação, Série Productor Rural. Núm. 19. 20 p.
- Modolo, V.A. y Costa, C.P. 2004. Gherkin elite line selection. *Crop Breeding and applied biotechnology*. Brasil. 4:63-67 p.
- Nee, M. 1993. Cucurbitaceas. In: Flora de Veracruz. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México. 192 p.
- Oliveira, A.N.P; Oliveira, A.P; Leonardo, F.A.P; Cruz, I.S; Silva, D.F. 2009. Yield of gherkin in response to doses of bovine manure. *Horticultura Brasileira*. 27: 100-102.
- Pimentel, A.A.M.P. 1985. Olericultura del Trópico húmedo. *Agronômica Ceres*. Sao Paulo, Brasil. 321 p.
- Pace-Asciak C.R; Hahn, S; Diamandis, E.P; Soleas, G; Goldberg, D.M. 1995. The red wine phenolics trans-resveratrol and quercetin block human platelet

aggregation *in* eicosanoid synthesis: implication for protection against coronary heart disease. *Clin Chim Acta*, 235:207-219.

Poehlman, J.; Allen, D. 2003. Mejoramiento genético de las cosechas. Edit. Limusa. 2da Edición. México, D.F. 511 p.

Resende, G. M. de. 1998. Rendimento de cultivares de maxixe em função de épocas de plantio. *Horticultura Brasileira*, Brasília, Brasil. Vol. 16. Núm. 2. 167-171p.

Ribeiro, A. y Melo, P.C.T. 1989. A moderna tecnologia na cultura do pepino. Estação Experimental de Pesquisas de Paulínia, Hortaliças. 26 p.

Robinson, R. W; Decker-Walter, D.S. 1997. Cucurbits. New York: CAB International. 225 p.

Rodríguez, M. M. de L. 2010. Enfermedades bacterianas en hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 306 p.

Rzedowski, J. y Rzedowski, G.C. 1979. Flora fanerogámica del Valle de México. Inst. Politécnico Nacional. Instituto de ecología, A.C., Ed. C.E.C.S.A. México, D.F. Vol. 1. 17-25.

SAGARPA-SIAP. 2006. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera México. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/index.php?option=wrapper&view=wrapper&Itemid=350>.

SAGARPA-SIAP. 2009. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera México. Disponible en: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350.

SAGARPA-SIAP. 2010. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera México. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/index.php?option=wrapper&view=wrapper&Itemid=350>.

Sánchez, del C.F.; Moreno, P. E del C.; Contreras, M. E.; Vicente, G.E. 2006. Reducción del ciclo de crecimiento en pepino Europeo, mediante trasplante tardío. *Revista Fitotecnia Mexicana*. México. Vol. 29 (Núm. Especial 2). 87- 99 p.

- Steiner, A. 1984. The Universal Nutrient Solución. pp.633-649. *In*: Proceedings of the 6th International Congress on Soilles Culture.ISOSC.Wageningen,The Netherlands.
- Tavares, de M.P.C; Tavares, de M.A.M. 2007.Hortalizas subutilizadas en Brasil. Revista Horticultura Internacional.60:70-71.
- Thomas, P; More T.A.1990.Screening wild *Cucumis* spp. In the field and with artificial seed inoculation against *Fusarium oxysporum* sp. melonis. Cucurb. Genet. Coop. Rep.13:18-19
- Valencia, O. C. 1995. Fundamentos de fitoquímica. Trillas. México,D.F.235 p.
- Vieira, B. M. A. Pereira, de S, J; Honório, N. D; Batista, de F. J. D; Alves, de C. F. W; Luiz, da S. J. 2005. Caracterização física de frutos de maxixe comum colhidos no município de Iguatu-CE. Verificar
- Villanueva, V. C. 2007. Calabazas cultivadas. Identificación de especies, caracterización y descripción varietal. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 123 p
- Wilkins-Ellert, M.H. 2004. *Cucumis anguria* L. [Internet] Record from Protabase. Grubben, G.J.H. & Denton, O.A. (Editors). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands. < <http://database.prota.org/search.htm>>. Accessed 29 September 2009.
- Whitaker, T. W. 1974. Cucúrbita. *In*: Handbook of Genetics. R C King (ed.). Plenum Press. New York, USA. 135-144 p.

CAPITULO 2.

ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE DOS COLECTAS DE “PEPINO MIXTECO” (*Cucumis anguria* L.)

ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE DOS COLECTAS DE “PEPINO MIXTECO” (*Cucumis anguria* L.)

C.J. Hernández-Rojas¹; C. Villanueva-Verduzco²; R.Castro-Brindis²; M. Pérez-Grajales²

RESUMEN

Con el propósito de estudiar el crecimiento a través de la acumulación de materia seca de los diferentes órganos de dos colectas de *Cucumis anguria* L. se estableció un experimento en condiciones de invernadero e hidroponía con diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones y unidad experimental de cuatro plantas, las cuales fueron cultivadas en macetas de polietileno con capacidad de 10 litros, separación entre hileras de 60 cm y entre macetas de 40 cm, como sustrato se empleó tezontle rojo con un tamaño de partícula de 5 mm. Las variables morfológicas evaluadas en las colectas denominadas San Pablo y Xichu, mostraron que no hubo diferencias para los caracteres: número de hojas en tallo principal, longitud de ramas primarias y área foliar, y si en longitud de tallo principal, longitud de raíz, número de hojas en ramas primarias. En los índices de eficiencia fisiológica presentaron comportamiento similar en tasa absoluta de crecimiento, tasa relativa de crecimiento y materia seca total, no así en la tasa de asimilación neta y relación de área foliar. El análisis de crecimiento de ambas colectas a través de la acumulación de materia seca mostró un comportamiento típico sigmoide con un ciclo de 160 días, con una fase lenta en los primeros cuarenta días, una acelerada o exponencial entre los 40 y 110, y constante de los 110 a los 160 días. En promedio estas colectas presentaron una distribución de materia seca de 52, 27, 21 y 2 % en frutos, ramas hojas, y raíz, respectivamente.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Cucumis anguria* L., análisis de crecimiento, pepino mixteco.

¹Estudiante de Maestría en Ciencias en Horticultura

²Profesor-investigador del Instituto de Horticultura, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México C.P 56230.

GROWTH ANALYSIS OF TWO COLLECTIONS OF "CUCUMBER MIXTECO" (*Cucumis anguria* L.).

C.J. Hernández-Rojas¹; C. Villanueva-Verduzco²; R.Castro-Brindis²; M. Pérez-Grajales²

ABSTRACT

For the purpose of study the growth through the accumulation of dry matter of different organs of two groups of *Cucumis anguria* L. an experiment was established in Chapingo, Mexico in the greenhouse and hydroponics under a completely randomized design with four replications and the experimental unit consisted of four plants. Which were grown in plastic pots with a capacity of 10 liters each, with a row spacing of 60 cm and 40 cm between pots, like substrate was used red volcanic rock with a particle size of 5 mm. The morphological variables evaluated in collections called San Pablo and Xichu showed no differences for characters: number of leaves on main stem, length of primary branches and leaf area, and if the main stem length, root length, number of leaves on primary branches, with respect to efficiency ratios showed similar behavior in absolute growth rate, relative growth rate and total dry matter, not in the net assimilation rate and leaf area ratio. Analysis of growth of both collections through the dry matter accumulation showed a typical sigmoid behavior with a cycle of 160 days, with a slow phase in the first forty days, a rapid or exponential between 40 and 110, and constant the 110 to 160 days. On average these collections had a dry matter distribution 52, 27, 21 and 2% in fruits, branches, leaves and roots, respectively.

ADDITIONAL KEY WORDS: *Cucumis anguria* L., growth analysis, cucumber mixteco.

¹Estudiante de Maestría en Ciencias en Horticultura

²Profesor-investigador del Instituto de Horticultura, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México C.P 56230.

I. INTRODUCCIÓN

El “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) es una especie hortícola que se encuentra en forma silvestre en varias regiones de nuestro país, y tiene gran potencial para ser consumido tanto en fresco como procesado. Esta especie se puede producir en nuevos sistemas de agricultura intensiva, con el uso de acolchados, en malla sombra e invernadero, en donde se le suministre nutrientes en las diferentes etapas de desarrollo y en cada etapa fenológica, para que el cultivo pueda crecer sin restricción alguna. El “pepino mixteco” es una hortaliza traída al Continente Americano por los esclavos africanos, por los cuales empezó a diseminarse por toda América Latina, el cual es poco conocido, solo en regiones de Sudamérica específicamente Brasil se cultiva para ser comercializado en los mercados locales de este país (Modolo y Costa, 2003).

El crecimiento y el rendimiento de los cultivos están regulados por las condiciones ambientales, en donde los procesos de crecimiento y desarrollo de todas las plantas representan la integración espacial y temporal. Es por ello que el análisis de crecimiento es parámetro importante en todos los estudios, el cual pueda llevarse a cabo en las plantas a través de la cuantificación del número de estructuras que van apareciendo en el tiempo de los diferentes caracteres morfológicos (hojas, tallos, flores frutos etc.) y, por la acumulación de materia seca (ms). Esta última puede modelarse de tal manera que el crecimiento de las plantas sean representadas en curvas de crecimiento sigmoide, doble sigmoide, exponencial, etc (Hunt, 1982). Además, con la materia seca, se pueden calcular tasas e índices de eficiencia fisiológica para comparar el comportamiento de los diferentes genotipos.

II. OBJETIVO E HIPÓTESIS

OBJETIVO

Analizar el crecimiento de dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) a través de los índices de eficiencia fisiológica y caracteres morfológicos.

HIPÓTESIS

Existe respuesta diferenciada en el comportamiento y valores en índices de eficiencia fisiológica (TRC, TAN, TAC, RAF, IC) y caracteres morfológicos (longitud de ramas primarias, longitud de raíz, longitud de tallo principal, número de hojas en tallo principal y en ramas primarias) entre la colecta San Pablo vs Xichu de “pepino mixteco”.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

La mayoría de las hortalizas de fruto cultivadas intensivamente en invernadero tales como pepino, tomate, pimiento y berenjena, se caracterizan en su mayoría, por un crecimiento indeterminado. Todas estas hortalizas presentan en las primeras fases de su desarrollo un crecimiento vegetativo acelerado, ya que estas etapas en el ciclo de vida de las plantas son muy cortas, donde los órganos restantes continúan su crecimiento acelerando para dotar de nutrientes a la formación de los aparatos reproductores y finalmente la formación de los frutos, que son los órganos de interés comercial.

3.1 Análisis de crecimiento

Para estudiar los procesos de acumulación y distribución de biomasa, se dispone del análisis de crecimiento vegetal. Su ventaja radica en la facilidad de obtención de los datos en los cuales se basan, como son el peso seco de plantas completas o de sus partes (hojas, tallos, vástagos) y las dimensiones del aparato asimilatorio (área foliar, área de hojas y tallos, contenido de clorofila, etc.) (Marín, 1989; Kvet *et al.*, 1971) mediante índices de eficiencia fisiológica como tasa absoluta de crecimiento, tasa relativa de crecimiento, tasa de asimilación neta, tasa de crecimiento del cultivo, índice de área foliar, razón de área foliar entre otros. Para lograr una mejor comprensión de los procesos fisiológicos que definen la producción vegetal y seleccionar las mejores alternativas de manejo de cultivo en aspectos relacionados con la fertilización, riego, prácticas sanitarias, podas, orientación del cultivo y densidad de siembra, entre otros (Lambers y Poorter, 1992).

La importancia práctica de la fenología del cultivo radica en que el conocimiento de la tasa de absorción de nutrimentos y la dinámica de estos en el suelo, así como la producción de materia seca por planta, son de gran utilidad para la realización de los aportes de agua y nutrimentos de acuerdo a las exigencias

nutrimentales del cultivo durante sus etapas fenológicas (Burgueño *et al.*, 1994). Son diversos los factores que influyen en los ritmos de absorción de nutrimentos por el cultivo, entre los que cabe señalar: material vegetal, condiciones ambientales, calidad del agua de riego y técnica de cultivo, de todos los órganos vegetales de la planta (Cadahía, 1988).

El análisis de crecimiento es el análisis cuantitativo del ciclo de vida de un organismo o de ciertas fases fenológicas y su correlación con factores ambientales; permite obtener conocimiento sobre el proceso de acumulación y distribución de biomasa a lo largo del ciclo o en una etapa específica de su desarrollo, tanto en la planta completa como en sus diferentes órganos, de modo que permite conocer la relación entre la fuente y la demanda (Roberts *et al.*, 1985).

El crecimiento puede ser evaluado mediante el análisis de la variación de peso seco y el área foliar, en función del tiempo; pero también mediante curvas de crecimiento que según Hunt (1982), es la expresión gráfica de una función matemática que describe el comportamiento del crecimiento de un organismo o población. Con la materia seca y área foliar se calculan los índices cuya interpretación sirve para describir el crecimiento de las plantas y sus partes, así como las relaciones entre el aparato asimilatorio y la producción de biomasa (Evans, 1972).

El análisis de crecimiento mediante el método funcional, en donde los datos provienen de plantas con un bajo número de repeticiones pero con intervalos de tiempo cortos, consiste en seleccionar una función matemática adecuada que ajusta los valores registrados de área foliar y de biomasa acumulada total o de algunos órganos de manera que se aproxime a la curva real de crecimiento (Hunt, 1982). Con estos datos se puede calcular los índices de eficiencia fisiológica como: Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC), Tasa Relativa de Crecimiento (TRC), Tasa de Asimilación Neta (TAN), Razón de Área Foliar (RAF), e Índice de Área Foliar (IAF).

Al emplear tasas e índices en el análisis de crecimiento de diferentes genotipos, se tiene una idea más precisa de la interacción planta-tiempo-ambiente (Hunt, 1982) por lo que es importante tomar en consideración la etapa fenológica del cultivo para la fertilización; ya que la tasa de absorción de nutrimentos por el cultivo, e incluso para cada órgano en particular varía en función del tiempo (Burgueño *et al.*, 1994).

3.2 Crecimiento vegetal

El crecimiento es el aumento del tamaño de la planta, el cual puede ser en materia seca o en dimensiones como consecuencia de la formación de nuevas células, la expansión de las células constituyentes y el almacenamiento de asimilados. La velocidad de crecimiento se expresa por tanto, como aumento de peso, volumen, área o longitud por unidad de tiempo (Wild, 1992). El crecimiento de las células es un incremento irreversible en el tamaño y ocurre tanto en las zonas de división celular como en la elongación de las células. Generalmente la tasa de crecimiento de una planta disminuye conforme aumenta su tamaño hasta que se vuelve cero, cuando alcanza la madurez o tamaño final. Según Bidwell (1979), el desarrollo es un cambio ordenado o progresivo, a menudo (aunque no siempre) hacia un estado superior más ordenado o más complejo.

3.3 Comportamiento del crecimiento vegetal

En general las plantas presentan tres fases de crecimiento relacionadas con el peso de materia seca por unidad de superficie por cultivo o planta individual en relación con el tiempo, generalmente este comportamiento corresponde a una curva tipo sigmoideal caracterizada por tres fases a) Fase logarítmica, donde el tamaño aumenta en forma exponencial con el tiempo, la rapidez de crecimiento es proporcional al tamaño del organismo, cuanto mayor sea este mas rápido crece, abarca desde la germinación hasta la etapa juvenil, b) la fase lineal, donde el

crecimiento vegetativo continua a una velocidad casi constante y usualmente máxima por algún tiempo, por lo que se tiene la mayor demanda de agua y nutrientes y c) la fase del estado constante, donde se acumula la mayor cantidad de materia seca, se le conoce como madurez fisiológica, en esta fase las ganancias en materia seca están equilibradas con las pérdidas (Gardner *et al.*, 1990).

3.4 Metodología para el estudio del crecimiento vegetal

Desde el punto de vista agronómico, el crecimiento y la productividad de una planta o un cultivo, están determinados por cinco características fisiológicas del crecimiento: a) la cantidad de energía luminosa interceptada por el dosel; b) La eficacia con que la energía luminosa interceptada se usa en la producción de nueva materia seca; c) la proporción de la nueva materia seca asignada a las diferentes partes de la planta; d) La proporción de pérdida de materia seca de la planta, por cualquier causa; e) La duración del crecimiento en la planta de la parte de interés (Hunt, 1990).

Uno de los métodos que se emplea con más frecuencia para expresar el crecimiento vegetal, es la acumulación del peso seco, se tiene la gran ventaja de que al determinar el peso seco, se elimina totalmente el agua de los tejidos vegetales, factor que puede distorsionar los resultados finales; sin embargo, también tiene la gran desventaja de que para realizar las mediciones hay que destruir totalmente el órgano vegetal objeto de estudio, lo que lo hace inviable en ciertas ocasiones (Pérez y Martínez, 1994).

Las hojas son los órganos más ricos en materiales minerales (hasta 50 % de la materia seca) en comparación con las raíces, probablemente porque las raíces son órganos de paso. Con el cambium, las yemas y los órganos florales son el centro más activo de la fisiología de la planta, sin embargo, aquí también es muy grande la variabilidad (5 a 25 %) (Baeyens, 1970).

3.4.1 Análisis de crecimiento y sus parámetros

Los eventos que ocurren desde el inicio hasta el final del proceso de crecimiento pueden tener marcada influencia sobre el rendimiento de la materia seca. Una aproximación al análisis de los factores que influyen en el rendimiento y desarrollo vegetal es la acumulación de fotosintatos a través del tiempo, lo que ha sido conocido como análisis de crecimiento.

Para realizar un análisis de la eficiencia fisiológica de una planta en función de sus parámetros de crecimiento se requieren dos operaciones básicas: A. La cuantificación del material vegetal existente en una planta o cultivo, B. La medida del sistema asimilador de esa planta o ese cultivo en intervalos de tiempo sucesivos.

De esas operaciones se obtienen medidas directas, como masa seca (W), área foliar total (AF), tiempo (t) e índices derivados como la tasa relativa de crecimiento (TRC), índice de área foliar (IAF), tasa de asimilación neta (TAN), tasa de crecimiento del cultivo (TCC), área foliar específica (AFE) y relación de área foliar (RAF), que se deben obtener por cálculos del análisis funcional. El índice de crecimiento evalúa cuantitativamente el crecimiento de las plantas e involucra técnicas mediante comparaciones que permiten estudiar los patrones de crecimiento vegetal (Hunt, 1978). Puede efectuarse mediante dos métodos:

A. Método clásico: el cual evalúa el crecimiento con base en datos que provienen de muestras con un alto número de repeticiones pero a intervalos prolongados, en este método no se realiza el ajuste de datos mediante modelos matemáticos, aunque pueden analizarse estadísticamente (Hunt 1982).

B. Método funcional: donde el crecimiento es evaluado a datos con pocas repeticiones pero a intervalos cortos sobre todo cuando existe mucha variación en la información, los cuales pueden ser utilizados para ajuste de modelos (Hunt, 1982). El análisis de crecimiento con el enfoque funcional, utiliza datos a partir de

muestras colectadas periódicamente y se ha utilizado con éxito en plantas anuales, bianuales y perennes (Brand y Weetman, 1987).

3.4.2 Tasa absoluta de crecimiento (TAC)

Es una clara y simple medición de la tasa de incremento en peso seco de la planta por unidad de tiempo, es un índice importante para cuantificar la fuerza de demanda de cualquier órgano de la planta demandante, es una relación de crecimiento en términos de peso en función del tiempo, expresado en $\text{g} \cdot \text{día}^{-1}$, por lo general adopta una forma sigmoideal y la diferencia entre dos puntos consecutivos de cualquier serie proporciona la tasa de crecimiento en este periodo (Hunt, 1982).

La TAC está en función de la cantidad de material de crecimiento presente y de la tasa de crecimiento *per se*, motivo por el cual, al inicio del desarrollo existe un periodo en que esta función del crecimiento es cada vez mayor, posteriormente se mantienen casi constante y luego comienza a disminuir, de tal forma que al final del ciclo se vuelve negativa por que la muerte de las hojas es superior a la formación de hojas nuevas (Mithorphe y Moorby, 1982).

3.4.3 Tasa relativa de crecimiento (TRC)

Representa la eficiencia de la planta para producir nuevo material en un tiempo determinado, dado en gramos de materia seca ganados por gramo de materia seca existente por unidad de tiempo ($\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$) (Hunt, 1982; Gardner *et al.*, 1990). La TRC provee una mejor comparación de la producción relativa de plantas, debido a que en su cálculo se corrige por pesos iniciales de los individuos a comparar, siendo considerada esta tasa como un índice de eficiencia en la producción de peso seco de las plantas, es constante durante su fase inicial y a medida que aumenta la edad de la planta esta va disminuyendo (Silvori y Montaldi, 1980).

3.4.4 Tasa de asimilación neta (TAN)

Representa la ganancia neta en peso seco por unidad de área foliar, es una medida indirecta de la fotosíntesis (Hunt, 1982). Es conocida también como la tasa foliar unitaria, y definida como el incremento de material vegetal por unidad de tiempo y se expresa en $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{dia}^{-1}$ (Beadle, 1988). La TAN es una medida de la eficacia del follaje, el cual constituye la principal fuente de fotoasimilados en la producción de materia seca; e indica también la velocidad de fotosíntesis neta en un lapso relativamente largo, entre dos muestreos.

Este parámetro es aplicable a una planta o a un cultivo, no es constante con el tiempo, y muestra una tendencia a disminuir con la edad de la planta. La disminución se acelera por un ambiente desfavorable y la ganancia de materia seca por unidad de área foliar decrece en la medida que salen nuevas hojas, debido al sombreamiento recíproco (Gardner *et al.*, 1990). El subsecuente incremento en la TAN, después de alcanzar el área foliar máxima, es difícil de explicar, se esperaría que esto sucediera por un aumento en la fotosíntesis.

3.4.5 Razón de área foliar (RAF)

Se refiere a la razón de material asimilatorio por unidad de material vegetal presente, indica la cantidad de área foliar producida con relación al peso seco total de la planta (Beadle, 1985; Hunt, 1982). Se expresa en unidad de área por gramo de peso seco ($\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$).

3.5 Análisis de la parte aérea de las plantas

Los análisis de la parte aérea de la planta proporcionan información acerca de la concentración de los nutrimentos de esta y cuando están debidamente relacionados con la producción de materia seca. Existen dos variantes, el análisis

secuencial o en varias etapas del crecimiento y el análisis al final del ciclo de crecimiento del cultivo (Etchevers, 1999).

3.5.1 Análisis secuencial

El análisis secuencial se hace periódicamente desde el inicio del crecimiento hasta la madurez de la planta. Se emplea para establecer la dinámica de la absorción, esto es, cuales son las concentraciones nutrimentales que se observan en distintas fases del desarrollo de la planta y las demandas particulares de nutrimentos (cantidades de nutrimentos presentes en la parte aérea) en los diversos estados fisiológicos de la planta. Esta última información sirve para determinar los momentos más adecuados para el suministro de fertilizantes dentro del ciclo de desarrollo del cultivo (Etchevers, 1999).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Localización del experimento

La presente investigación se realizó en uno de los invernaderos, del Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, localizado en Chapingo, Estado de México, ubicado a 19° 29' Latitud Norte y 98° 53' Latitud Oeste, y una altitud de 2240. El invernadero donde se estableció el experimento fue tipo túnel, con una superficie total de 1000 m², con cubierta de polietileno con 70 % de trasmisión de luz. El componente del sistema de ventilación estuvo integrado por ventanas laterales protegidas con malla antiáfidos.

4.2 Diseño de tratamientos y unidad experimental

Para el análisis de crecimiento de las colectas se utilizó un diseño completamente al azar, con un solo tratamiento con la solución de Steiner a 75% de acuerdo a las investigaciones hechas por (Barraza, 2008), en pepino (*Cucumis sativus* L.) en las cuales se obtuvo el mayor acumulación de materia seca y rendimiento a esta concentración, la unidad experimental estuvo compuesta de 4 plantas, con 4 repeticiones cada una, teniendo 16 plantas por tratamiento, dando un total de 32 plantas por todos los tratamientos. Las plantas fueron cultivadas en macetas de plástico con capacidad para 10 litros cada una (Figura 1), con una separación entre hileras de 60 cm y entre macetas 40 cm, como sustrato se utilizó tezontle rojo con un tamaño de partícula 5 mm.



Figura 1. Plantas sembradas en macetas con “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.)

4.3. Muestreos

Los muestreos fueron destructivos y se realizaron cada 10 días, en las diferentes etapas fenológicas representativas del “pepino mixteco”. Las muestras obtenidas de la parte aérea de la planta (hojas, tallo principal, ramas primarias, secundarias y terciarias) y subterránea (raíz) se cortaron en partes pequeñas de cada órgano de la planta y se colaron en bolsas de papel del numero 14, y se prosiguió con el secado en estufa de aire forzado marca Felisa®, modelo, FE-243, a una temperatura de 60°C durante 48 h, salidas las muestras de la estufa se tomó el

peso seco por órganos (tallos, ramas, hojas, raíz, fruto), con una balanza analítica digital marca Sartorius 1205 MP®, modelo AS-120, para determinar el área foliar de las plantas se utilizó el integrador de área foliar marca, LICOR-300® Lincon, Nebraska.

4.4. Análisis estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo con el análisis de varianza (ANAVA), pruebas de comparación de medias de Tukey ($\alpha \leq 0.05$). Se empleo el modelo logístico (Richard, 1959), en las variables morfológicas (longitud de ramas primarias, longitud de raíz, longitud de tallo principal, número de hojas en tallo principal y en ramas primarias), así como para materia seca de los órganos de la planta (tallos, hojas, raíz, fruto) obtenida, en el ciclo de cultivo de 160 días.

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

Donde:

y = Variable respuesta.

A= Punto de asintoticidad; A/2 corresponde a la ordenada del punto de inflexión de la curva.

B= Parámetro relacionado con la ordenada al origen.

e= Base de logaritmo natural (2.718281828).

C=Parámetro relacionado con el punto de inflexión.

x= Días después de trasplante (ddt).

A partir de este modelo se obtuvieron los índices de análisis de crecimiento siguientes:

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

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

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

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

Donde:

y' = Primer derivada de la variable respuesta.

TAC = Tasa absoluta de crecimiento.

TRC = Tasa relativa de crecimiento.

TAN = Tasa de asimilación neta.

RAF = Razón de área foliar.

AF = área foliar.

MS = Materia seca.

4.5. Manejo del cultivo

A los 25 días después de la siembra, las plántulas fueron obtenidas a través de la siembra de semilla en charolas de unicel de 200 cavidades con sustrato Peat-Moss® (Figura 2). El trasplante se realizó cuando las plántulas tuvieron las primeras hojas completamente desarrolladas y una altura de 10 a 15 cm de longitud. El sustrato para llenar las bolsas de polietileno fue arena volcánica tezontle rojo de 5 mm de granulometría. El intervalo entre riegos fue de cuatro horas con un gasto promedio diario de 1.5 litros. Se empleó sistema hidropónico abierto con riego por goteo, con pH de la solución nutritiva de 5.5 y conductividad eléctrica (CE) de 2 µs. El cultivo se llevó a cabo a libre crecimiento, sin realizar podas, pero se utilizó tutorado de espaldera colocado 15 días después del trasplante mediante malla plástica con cuadrícula de 10x10 cm.



Figura 2. Aspecto de plántulas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) germinadas en charolas de poliestireno, 25 días después de la siembra, en Chapingo, México, 2011.

Como fuente de nutrimentos en el sistema hidropónico se empleó la solución nutritiva de Steiner (1984), a 100% de concentración. La cual se caracteriza por tener una relación mutua de aniones y cationes y una concentración total de solutos (macronutrimentos) de 30 mole ion·m³ que corresponde a un potencial osmótico de -0.072 Mpa, y un pH de 5.0-5.5. De esta solución se diluyo con agua para obtener el tratamiento a una concentración de 75 % (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cantidad de fertilizantes para preparar 1100 litros de solución nutritiva a una concentración de 75%.

Nutrientes	Cantidad (g)
Acido fosfórico*	100
Nitrato de calcio	876.15
Sulfato de potasio	215.73
Nitrato de potasio	249.97
Fosfato monopotásico	112.2
Sulfato de magnesio	198
Sulfato ferroso	41.25
Sulfato de manganeso	8.25
Sulfato de zinc	4.12
Sulfato de cobre	4.12
Bórax	12.37

*Esta fuente es liquida, esta expresada en mililitros.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Etapas fenológicas

En el Cuadro 2 se describen las etapas fenológicas observadas en el “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.), en invernadero e hidroponía y los días transcurridos después del trasplante. En la Figura 3 se representa a la planta a través de un dibujo (a) y también de manera fotográfica (b) a los 160 días después de la siembra.

En el estudio del cultivo de “pepino mixteco” es importante conocer la fenología de este, para mejorar su manejo y practicas culturales en invernadero (fertilización, podas, tutureo, etc), que se deben realizar, con esto asegurar una mejor respuesta del cultivo que se vea reflejada en rendimiento y calidad del fruto, que es el órgano de interés en esta especie (Modolo y Costa, 2003), además es necesario desarrollar y aplicar prácticas agrícolas específicas para una máxima expresión del potencial productivo del cultivo (Sánchez *et al.*, 1998). Es una hortaliza de alto potencial económico que se cultiva y consume en algunas regiones del mundo; además que en México es nula la información acerca de este cultivo, con lo cual se puede empezar a formar variedades de alto rendimiento y con prácticas de manejo que permitan maximizar su producción bajo invernadero. En el Cuadro 2 se observa que a partir de los 50 días después del trasplante y hasta los 160 días que duró el ciclo de cultivo en condiciones de invernadero la planta presentó traslapes en las diferentes etapas, es decir, en la formación de hojas, ramas, flores masculinas, flores femeninas y frutos, razón por la cual demanda mayor cantidad de agua y nutrimentos.

Cuadro 2. Etapas fenológicas registradas en el ciclo del cultivo de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) bajo invernadero en Chapingo, México, 2011.

Etapa fenológica	Clave	Días después del trasplante
Trasplante		0
Formación de ramas primarias	A	10
Floración masculina	B	40
Floración femenina	C	45
Madurez hortícola de fruto	D	50

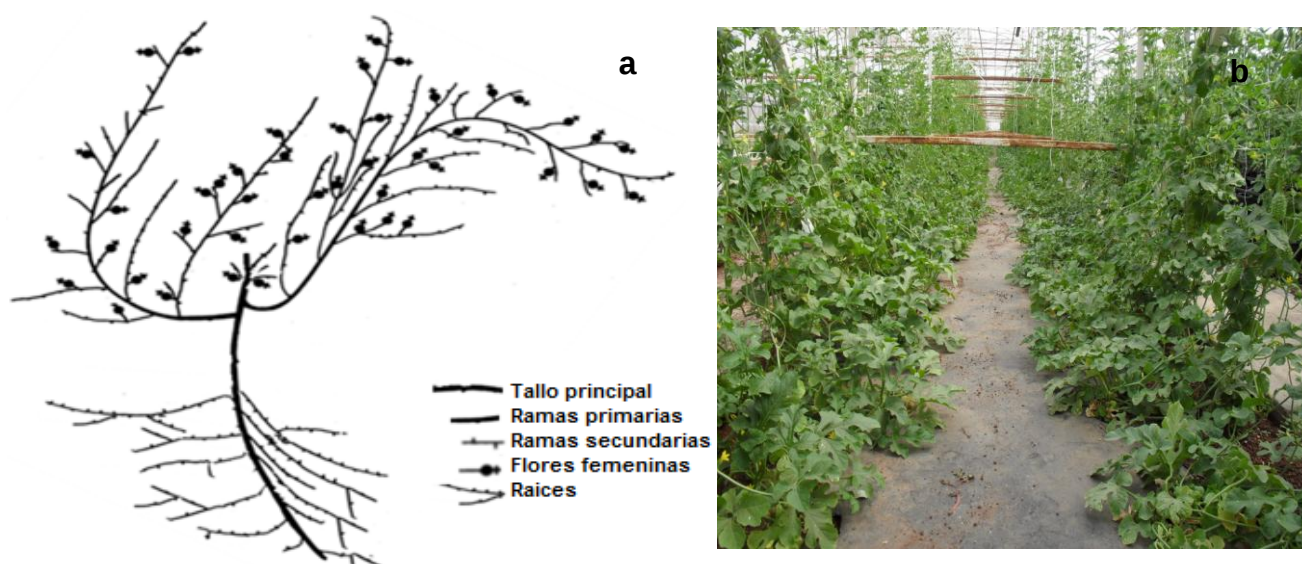


Figura 3. Aspecto morfológico de la planta de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) a los 160 días después del trasplante evaluado en invernadero en Chapingo, México, 2011. a) Dibujo, b) Fotografía.

5.2 Análisis de crecimiento

El crecimiento de las plantas a través del tiempo toma formas sigmoidales, pero conforme se acerca a la senescencia estas se van haciendo más estables con el tiempo (Hunt, 1982).

De acuerdo con lo anterior el comportamiento del crecimiento del “pepino mixteco” en longitud, número de hojas en tallo principal, así como longitud de ramas primarias, número de hojas en ramas primarias y longitud de raíz, además del área foliar, presentaron formas sigmoides, y se hizo estable, en general, desde los

80 días después del trasplante, ya que en esta etapa, los frutos son el principal sitio de demanda de fotoasimilados, y las estructuras vegetativas disminuyen su crecimiento, para dar prioridad al desarrollo de estructuras reproductivas, de acuerdo con Barraza (2008) y Marcelis (1994a), hechas en pepino (*Cucumis sativus* L.) en ambiente protegido.

5.2.1 Número de hojas en tallo principal

En lo que respecta al número de hojas en tallo principal los resultados muestran en la comparación múltiple de medias, que en las colectas evaluadas no existieron diferencias significativas, San Pablo y Xichu presentaron similar número de hojas en el tallo principal que fueron alrededor de 18 (Cuadro 3, Figura 4). Solo hubo diferencias en dos muestreos, a los 40 días, San Pablo con 7.25 y Xichu 5.50, y para los 110 días con 14.25 y 17.50, respectivamente.

De acuerdo con (Sheehy y Cooper, 1973) el número de hojas y arquitectura foliar varían en las plantas, dentro de la misma especie, así como también entre variedades. El número de hojas esta directamente relacionada con la eficiencia de interceptación y absorción de radiación fotosintéticamente activa, también con la organización espacial de las hojas y ángulo de inserción foliar (Moreira, 2005), con lo que es una variable morfológica importante ya que es utilizada frecuentemente para los arreglos topológicos en los cultivos, para determinar la densidad de población ideal para interceptar la máxima radiación solar, y reducir la competencias por luz (Oliveira *et al.*, 2010).

Cuadro 3. Comparación múltiple de medias de número de hojas en tallo principal, de dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) en Chapingo, México, 2011.

Número de hojas en tallo principal			
DDT	San Pablo	Xichu	DMS
10	0a ^z	0a	0
20	1.0a	1.0a	0
30	2.0a	2.00a	0
40	7.25a	5.50b	0.934
50	9.0a	8.2 a	1.83
60	12.50a	14.25a	1.96
70	13.50a	14.75a	2.97
80	13.50a	14.50a	1.730
90	13.75a	15.25a	1.93
100	15.00a	16.25a	2.31
110	14.25b	17.50a	2.61
120	16.50a	17.25a	3.72
130	17.25a	16.75a	2.59
140	16.00a	17.25a	3.51
150	16.50a	16.50a	2.64
160	16.75a	18.75a	3.83

DDT: días después del trasplante, DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

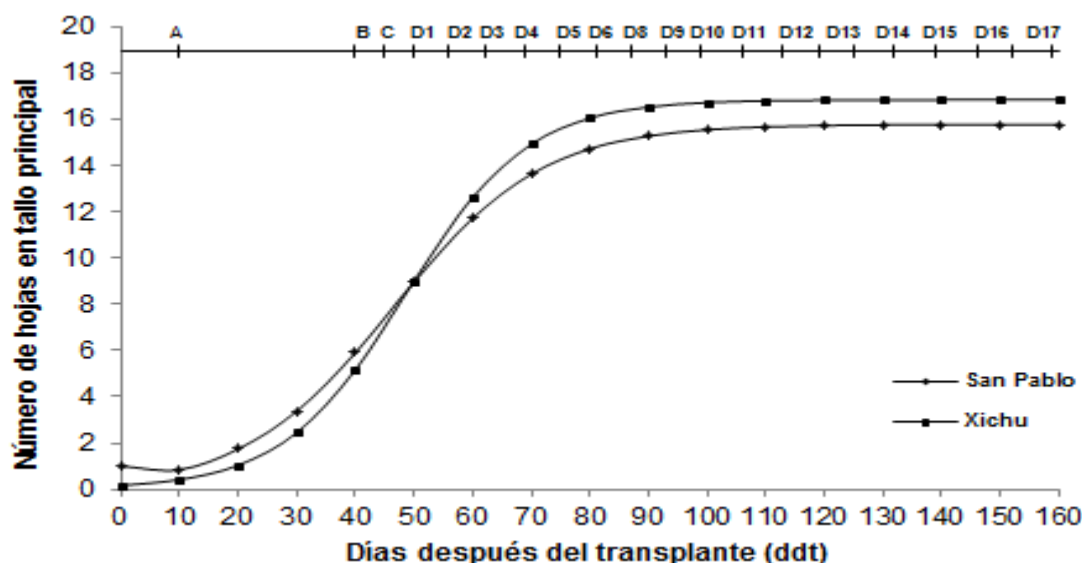


Figura 4. Comportamiento del número de hojas en tallo principal del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.

5.2.2 Longitud de tallo principal

En el análisis estadístico de la comparación de medias hechas en las dos colectas estudiadas arrojó que existen diferencias significativas en longitud de tallo principal, San Pablo tuvo una longitud promedio de 14.80 cm y Xichu de 33.30 cm (Cuadro 4, Figura 5). Es importante conocer esta variable morfológica ya que en las investigaciones hechas por Modolo y Costa (2004a) proponen como alternativa para el soporte de las plantas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) malla plástica para el cultivo en invernadero, mejorando con esto el tutoreo de las mismas y facilitando la cosecha. Ortiz *et al.* (2009) indican que el arquetipo de pepino para invernadero debe de ser de hábito determinado, con un tallo sin ramas que reduce la competencia por asimilados entre órganos reproductivos y vegetativos, favoreciendo a los órganos de interés (frutos) y acorta el ciclo para posibilitar más cosechas por año. De acuerdo con lo anterior es necesario conocer las dimensiones de algunas partes vegetativas como los tallos en cada genotipo ya que varían entre cada cultivar, con esto se puede tomar la mejor decisión para elegir el tipo de soporte correcto que se usará para el manejo de este cultivo.

Cuadro 4. Comparación múltiple de medias de la longitud de tallo principal, de dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) en Chapingo, México, 2011.

Longitud de tallo principal (cm)			
DDT	San Pablo	Xichu	DMS
10	3.60a ^z	4.45a	0.993
20	4.45a	3.600a	1.073
30	4.90a	2.62b	0.873
40	7.025a	6.90a	1.561
50	10.77a	8.37b	1.99
60	11.22a	12.82a	2.37
70	11.12a	12.00a	2.44
80	12.35a	11.02a	1.61
90	11.50a	11.32a	2.55
100	12.25a	11.85a	1.52
110	14.27a	14.97a	3.65
120	14.62a	15.42a	2.70
130	14.65a	19.10a	6.64
140	14.82a	21.52b	3.97
150	14.85 a	26.02b	2.97
160	14.87b	33.30a	1.72

DDT: días después del trasplante, DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

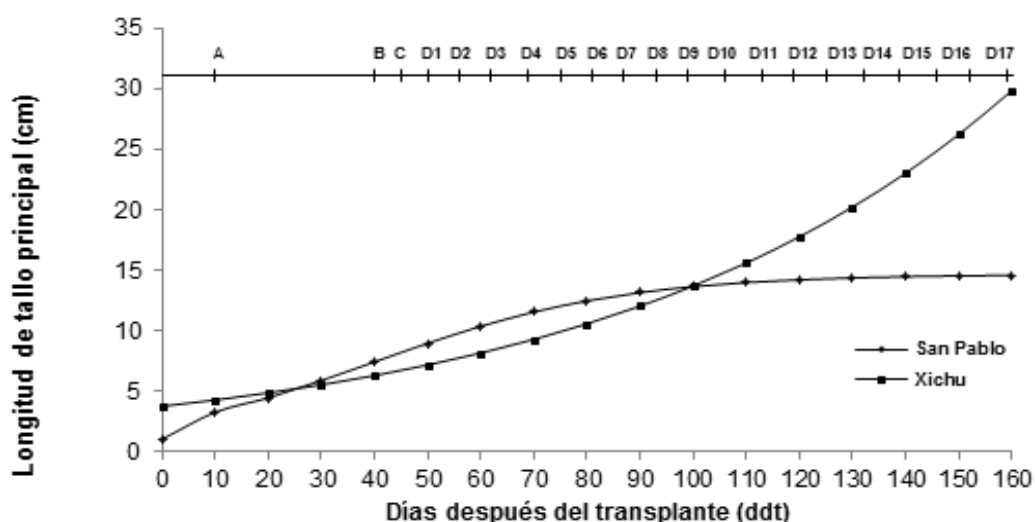


Figura 5. Comportamiento de la longitud tallo principal del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.

5.2.3 Longitud de ramas primarias

Respecto a la longitud de ramas primarias, muestran las comparaciones múltiples de medias, para las primeras etapas del cultivo, que no hubo diferencias significativas para esta variable morfológica. Pero en los últimos muestreos que fueron a los 140 y 150 días hubo diferencias significativas para San Pablo con 1021 cm y Xichu con 1156 cm y para el muestreo de 150 días 1144.68 cm y 1287.08 cm, respectivamente (Cuadro 5, Figura 6). En las investigaciones realizadas por Ortiz *et al.* (2009), para las características deseables de plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.) encontraron diferencias entre variedades (rendimiento, área, foliar, longitud de tallos), y recomiendan el estudio de las características morfológicas y selección de variedades sobresalientes, para iniciar un programa de mejoramiento genético encaminado a formar arquetipos para el sistema de producción de pepino basado en despuntes tempranos y altas densidades de población en invernadero. De tal modo que para “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.), el arquetipo deseado para cultivarlos en altas densidades será aquel que presente pocas ramas primarias, pero con un mayor número de

frutos presentes en estas, en forma general la mayoría de las cucurbitáceas cultivadas en altas densidades producen mayor número de frutos por área, pero con pesos menores, atribuido a la disminución de los niveles de reservas de asimilados principalmente a la competencia entre plantas (Peil y López, 2002).

Cuadro 5. Comparación múltiple de medias de ramas primarias, de dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) en Chapingo, México, 2011.

Longitud de ramas primarias (cm)			
DDT	San Pablo	Xichu	DMS
10	0 a ^z	0a	0
20	0a	0a	0
30	0a	0a	0
40	36.12 a	33.05a	14.68
50	47.96 a	18.28a	50.16
60	615.43 a	534.08a	109.03
70	664.75 a	732.10a	150.56
80	665.00a	730.05a	154.45
90	953.63a	815.33b	133.77
100	840.55a	792.48a	91.77
110	1136.28a	926.10b	202.87
120	1112.20a	1093.03a	169.29
130	1050.33a	1102.25a	166.87
140	1021.35a	1156.65b	131.11
150	1144.68b	1287.08a	93.105
160	1163.45a	1305.83a	168.89

DDT: días después del trasplante, DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

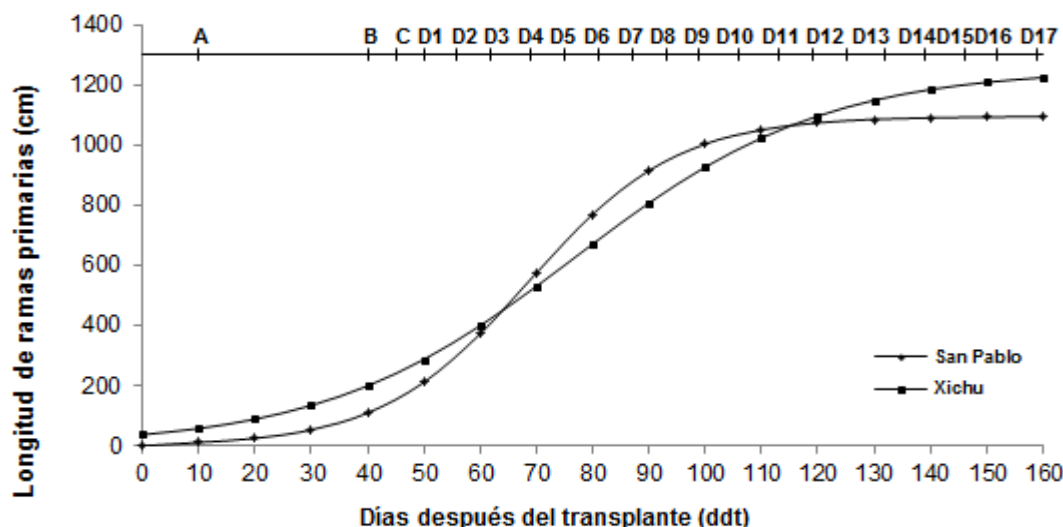


Figura 6. Comportamiento de la longitud de ramas primarias del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.

5.2.4 Longitud de raíz

De acuerdo con los resultados de la comparación de medias para la variable longitud de raíz de las colectas estudiadas de la especie *C. anguria* la que presentó mayor longitud de raíz fue la colecta denominada San Pablo teniendo una longitud de 46.90 cm vs contra Xichu que tuvo una longitud menor con 37.87cm (Cuadro 6, Figura 7). De acuerdo con Nieto *et al.* (2002), es importante la evaluación de esta variable morfológica puesto que la raíz es el principal órgano de absorción de las plantas, en la cual la longitud es importante, ya que la raíz entre mayor tamaño presente, será capaz de explorar más volumen de suelo, así también captar con mayor facilidad ciertos elementos (fósforo, nitrógeno, calcio y potasio) y agua del suelo. Andriolo *et al.* (1999) indica que la principal ventaja de cultivar en ambiente protegido, es el manejo adecuado del agua, en donde la raíz de la mayoría de los cultivos no tiene restricciones para absorber nutrientes, en contraparte en donde se cultiva en suelo, donde tiene problemas para absorber ciertos nutrientes. Además, es necesario conocer la longitud radicular en cada especie a establecer para determinar la lámina de riego y evitar exceso de agua y a su vez disminuir problemas de enfermedades en la zona radicular.

Cuadro 6. Comparación múltiple de medias de la longitud de raíz, de dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) en Chapingo, México, 2011.

Longitud de raíz (cm)			
DDT	San Pablo	Xichu	DMS
10	1.30a	0.52a	0.832
20	12.825a ^z	10.82a	7.161
30	14.87a	15.75a	7.523
40	15.35a	12.67a	2.898
50	25.82a	23.47a	7.392
60	33.07a	33.80a	2.40
70	40.45a	42.15a	6.703
80	40.47a	39.97a	9.527
90	37.75a	44.00a	9.607
100	37.05a	43.62a	6.825
110	44.35a	41.42a	8.75
120	38.40a	40.22a	5.724
130	39.77a	44.37a	7.257
140	40.85a	41.95a	5.741
150	40.20a	41.15a	3.279
160	46.90a	37.87b	2.923

DDT: días después del trasplante, DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

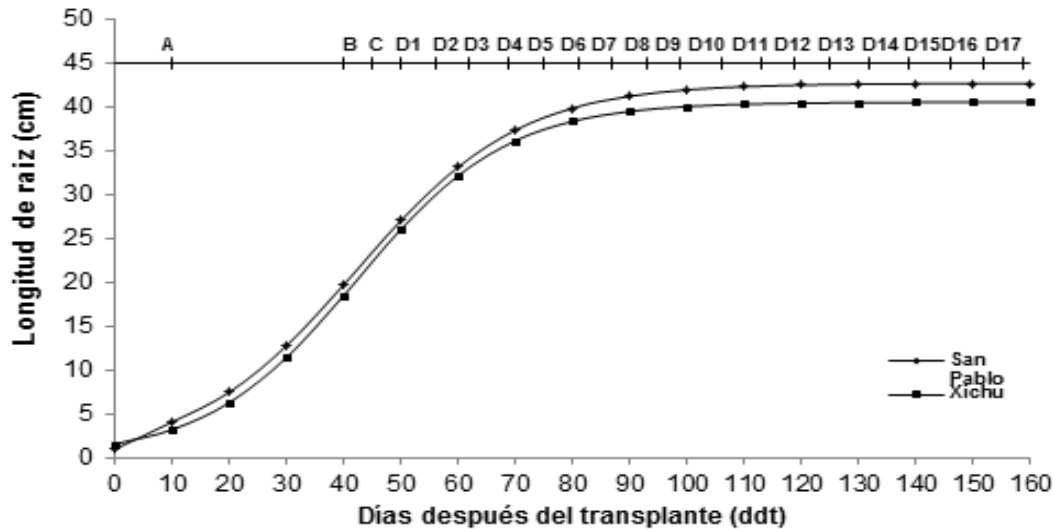


Figura 7. Comportamiento de la longitud de raíz del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.

5.2.5 Número de hojas en ramas primarias

El análisis estadístico de las comparaciones múltiples de medias hechas de las dos colectas de “pepino mixteco” arrojó la existencia de diferencias significativas para la variable número de hojas en ramas primarias, en la cual la colecta Xichu fue la que mayor número de hojas presentó en ramas primarias con 392 hojas, y San Pablo 321 hojas (Cuadro 7, Figura 8). San Pablo presentó menor número de hojas pero más grandes y se recomienda para su cultivo en invernadero ya que tuvo el rendimiento más alto y de mayor peso por fruto los cuales son criterios de selección para *Cucumis anguria* L. recomendados por Modolo y Costa (2004b). Para las variables número de hojas y área foliar en las investigaciones hechas por Barraza (2008), en pepino (*Cucumis sativus* L.) y melón (*Cucumis melo*), no encontró modelos que explicaran de manera adecuada el comportamiento real de estas dos especies, contrario a lo encontrado en este estudio ya que el modelo usado describió de manera adecuada su comportamiento real. Al respecto, Fogg (1967) explica que el número de hojas es favorable en la producción, ya que la cantidad de fotosíntesis y el crecimiento están íntimamente relacionados.

Cuadro 7. Comparación múltiple de medias del número de hojas en ramas primarias, de dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) en Chapingo, México, 2011.

Número de hojas en ramas primarias			
DDT	San Pablo	Xichu	DMS
10	0a ^z	0a	0
20	0a	0a	0
30	0a	0a	0
40	10.75a	9.5a	5.08
50	15.75a	10.25a	9.87
60	107a	100.25a	45.34
70	152.25a	100.90a	86.18
80	137.50a	157.25a	26.52
90	182.25a	145.75b	36.20
100	226.00a	181.75b	30.601
110	255.25a	257.50a	75.08
120	284.10a	319.00a	35.27
130	289.75a	319.50a	49.37
140	319.00b	387.50a	26.04
150	339.25a	365.50a	65.42
160	312.00b	392.00a	38.83

DDT: días después del trasplante, DMS: Diferencia mínima significativa, z valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

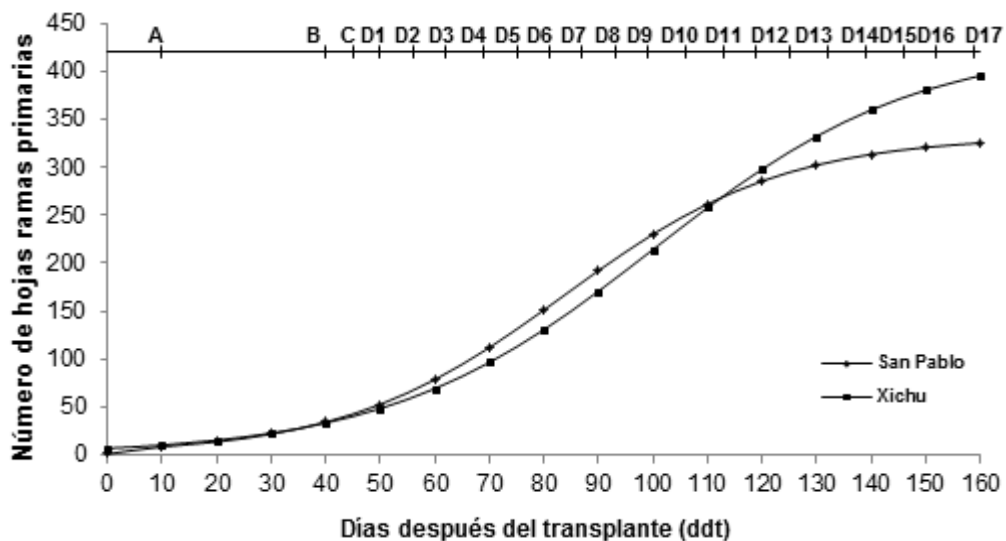


Figura 8. Comportamiento del número de hojas en ramas primarias del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.

5.2.6 Área foliar

Respecto al área foliar, la comparación de medias mostró que no hubo diferencias entre las colectas San Pablo y Xichu en ninguna etapa del cultivo (Cuadro 8, Figura 9). Coincidiendo con las investigaciones hechas por Barraza (2005) quien no encontró diferencias significativas en las concentraciones de la solución de Steiner, para un mismo genotipo, en área foliar en el cultivo de pepino evaluado en invernadero para las condiciones de Chapingo México. Sin embargo, dicho autor no encontró el modelo adecuado que explicara el comportamiento real de esta variable. En las primeras etapas, el crecimiento del área foliar del “pepino mixteco” fue lento, posiblemente por que las hojas recién formadas del cultivo se comportan más como sitios de demanda, e importan asimilados procedentes de otra hojas (Peil y López, 2005). Al respecto, Ortiz *et al.* (2009) indican que el rendimiento por planta, número de frutos y área foliar, son componentes importantes del arquetipo de pepino (*Cucumis sativus* L.) deseable para el sistema de producción en altas densidades en invernadero.

Cuadro 8. Comparación múltiple de medias de área foliar, de dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) en Chapingo, México, 2011.

Área foliar (cm ²)			
DDT	San Pablo	Xichu	DMS
10	0.52a ^z	0.50a	0.11
20	2.37a	2.25a	1.33
30	5.59a	6.84a	3.27
40	217.54a	209.09a	123.27
50	418.62a	370.59a	77.40
60	3256.1a	3582.0a	522.2
70	3438.5a	3173.1a	795.62
80	3793.5a	3444.4a	422.05
90	3580.5a	3597.8a	889.44
100	3260.2a	3289.0a	1074.1
110	4163.6a	4540.4a	955.52
120	4937.1a	5624.1a	2386.4
130	4537.8a	5355.1a	2398.4
140	5510.2a	5975.8a	1737.3
150	5706.8a	6725.1a	1773.6
160	5696.0a	4530.8a	1786.5

DDT: días después del trasplante, DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

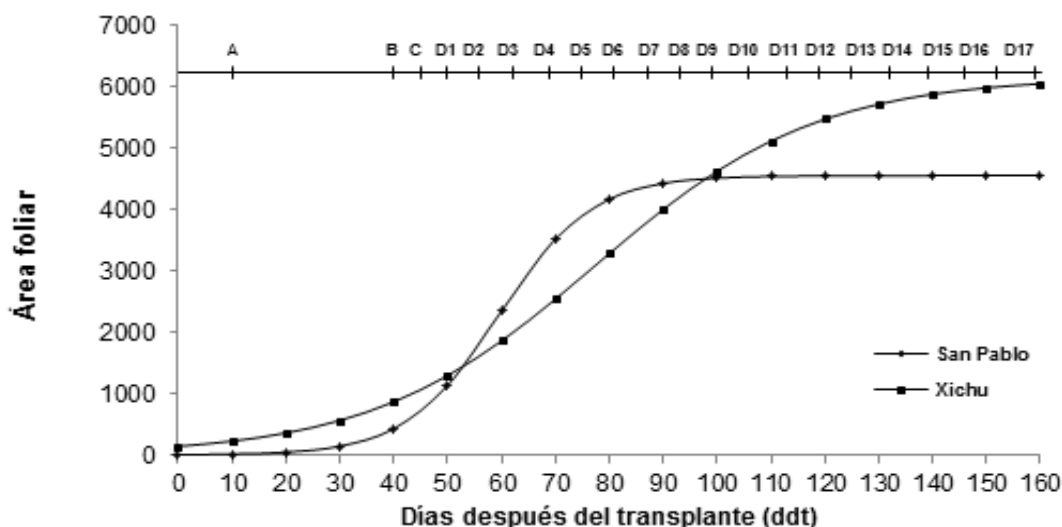


Figura 9. Comportamiento del área foliar del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.

5.3 Materia seca en hojas

En lo que respecta a la acumulación de materia seca de hojas del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) presentó un comportamiento tipo sigmoide (Figura 10) y coincide con la de pepino (*Cucumis sativus* L.) cultivado en invernadero (Marcelis, 1994a; Barraza 2008).

Los resultados muestran en la comparación múltiple de medias que no existen diferencias significativas para acumulación de materia seca en hojas (Cuadro 9), del “pepino mixteco” en las colectas evaluadas San Pablo y Xichu. La acumulación de materia seca se ve reflejada en la capacidad para producir hojas es una parte especial del aumento del rendimiento y productividad en pepino, con lo que posiblemente se propicio intensa respiración, gran actividad fotosintética y mayor absorción de agua y elementos minerales del suelo (Liebig, 1980). Moreira (2005) indica que las plantas tienen la capacidad de captar la radiación solar, lo cual se ve reflejado en la acumulación de la materia seca en los diferentes órganos, presentando variaciones entre genotipos de la misma especie, ya que va a depender del arreglo y forma de las hojas. Almeida *et al.* (2004) describen que la

adaptación de las plantas a diferentes luminosidades es una característica genética, con lo que las hojas presentan estructuras anatómicas y propiedades fisiológicas que tiene la capacidad del uso efectivo de la radiación solar disponible, ya que estas estructuras juegan un papel importante en la elaboración de fotoasimilados para los sitios de demanda en crecimiento.

Cuadro 9. Comparación múltiple de medias de acumulación de materia seca de hoja, de dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) en Chapingo, México, 2011.

Materia seca en hoja (g planta ⁻¹)			
DDT	San Pablo	Xichu	DMS
10	0.001a ^z	0.001a	0.0005
20	0.0059a	0.005a	0.0039
30	0.012a	0.014a	0.0108
40	1.375a	1.200a	0.2089
50	1.200 a	1.250a	0.441
60	9.1500a	9.350a	1.882
70	17.150a	16.375a	2.438
80	18.025a	17.350a	1.755
90	18.425a	17.375a	2.803
100	18.375a	19.650a	3.956
110	21.125a	22.32a	4.122
120	26.925a	29.000a	10.825
130	24.375a	27.600a	11.39
140	30.375a	27.475a	7.5754
150	33.600a	34.100a	4.1477
160	35.225a	37.350a	6.889

DDT: días después del trasplante, DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

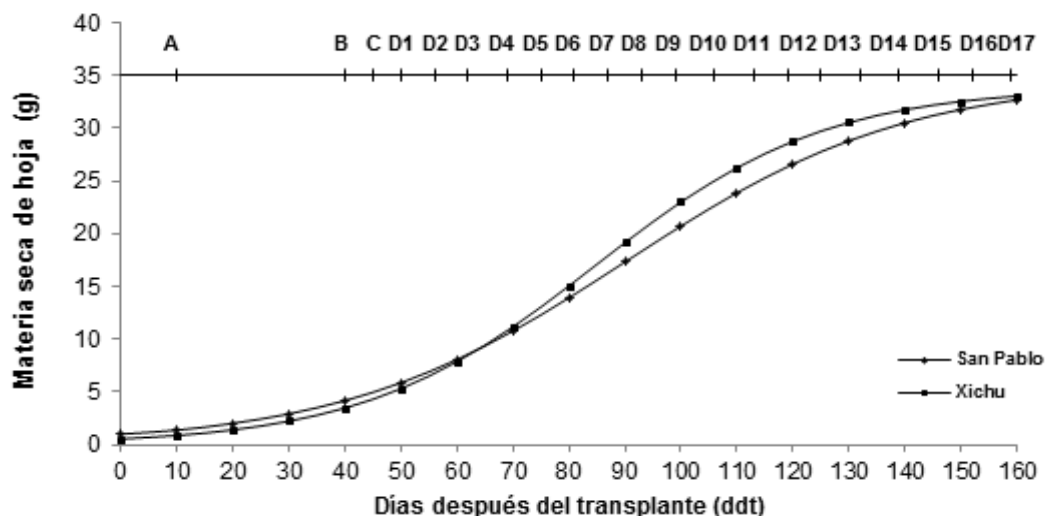


Figura 10. Comportamiento de la materia seca de las hojas del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.

5.3.1 Materia seca de ramas

El análisis estadístico de las comparaciones múltiples de medias hechas de las dos colectas de “pepino mixteco” arrojó que no existen diferencias significativas para la acumulación de materia seca en ramas (Cuadro 10, Figura 11). Al respecto Barraza (2008) indica en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) evaluado en ambiente protegido en diferentes concentraciones de la solución de Steiner, que a la concentración a 75 % presentó menor acumulación de materia seca en los tallos que a la concentración a 175 %. Sedgley (1991) y Acquaah *et al.* (1991) indican que una vía potencial para incrementar el rendimiento de un cultivo en ambientes poco restrictivos está el tallo, el cual debe de ser grueso, esto implica mayor área del floema y en consecuencia un transporte más eficiente, y mayor capacidad de reserva de asimilados para su uso posterior en el llenado de frutos. Lo anterior se relaciona con la mayor cantidad de nutrimentos suministrados que favorece al crecimiento para la formación de tallos fuertes y con floema bien formado para transportar los carbohidratos y además productos elaborados hacia los sitios de demanda, lo que en la mayoría de las *Cucurbitaceas* tiene importancia en la cantidad y calidad de la producción de frutos (Marcelis, 1994b).

Cuadro 10. Comparación múltiple de medias de acumulación de materia seca de ramas, de dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) en Chapingo, México, 2011.

Materia seca de ramas (g.planta ⁻¹)			
DDT	San Pablo	Xichu	DMS
10	0.003 a ^z	0.007a	0.005
20	0.013a	0.012a	0.008
30	0.027a	0.031a	0.019
40	2.350a	1.850b	0.264
50	4.675a	4.400a	1.548
60	20.550a	19.400a	6.887
70	50.500a	50.600a	10.383
80	70.325a	72.650a	3.408
90	82.975a	88.425a	10.28
100	103.625a	107.425a	21.236
110	122.225a	120.325a	9.387
120	138.93a	149.88a	32.23
130	145.250a	143.625a	20.907
140	152.48a	152.38a	29.586
150	147.90a	147.68a	26.196
160	154.525b	174.900a	17.424

DDT: días después del trasplante, DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

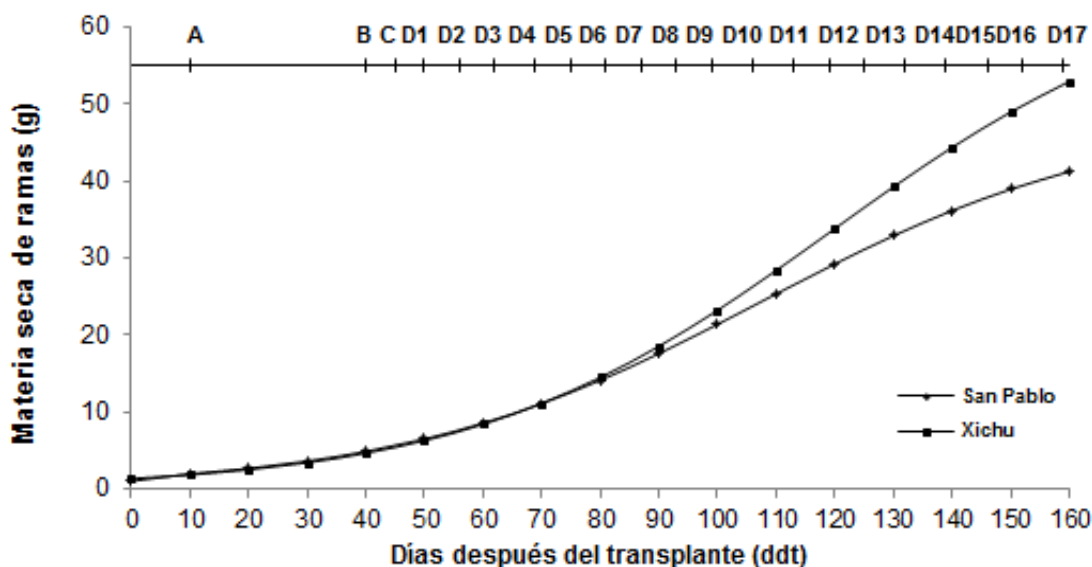


Figura 11. Comportamiento de la materia seca de ramas del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.

5.3.2 Materia seca de fruto

Para la acumulación de la materia seca en los frutos de las colectas San Pablo y Xichu, los resultados en la comparación de medias evidencian que no hubo diferencia entre ellas (Cuadro 11, Figura 12) evaluadas en invernadero en las condiciones de Chapingo México. Al respecto, Marcelis (1994a) indica que las plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.) con tallo grueso tienen mayor capacidad de sostener a las estructuras reproductivas sin que se doblen o quiebren, también se relaciona con mayor área transversal del floema que permite mayor flujo de asimilados hacia los frutos. Sedgley (1991) indica que las plantas idóneas para incrementar el rendimiento por unidad de superficie son las que poseen características morfológicas que minimizan la competencia y sufren menor interferencia de sus vecinas, con alta eficiencia fisiológica que les permite explotar al máximo el ambiente favorable que les rodea y optimizar la distribución de asimilados hacia el grano o fruto.

Cuadro 11. Comparación múltiple de medias de acumulación de materia seca de fruto, de dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) en Chapingo, México, 2011.

Materia seca de fruto (g.planta ⁻¹)			
DDT	San Pablo	Xichu	DMS
10	0a ^z	0a	0
20	0a	0a	0
30	0a	0a	0
40	0a	0a	0
50	1.475a	1.525a	0.739
60	1.175a	1.225a	2.865
70	12.750a	11.875a	7.105
80	27.525a	32.800a	5.291
90	43.025a	47.725a	4.770
100	66.075a	69.100a	13.981
110	77.425a	72.550a	6.322
120	80.325a	87.675a	16.104
130	86.300a	76.950a	20.187
140	82.225a	72.175a	18.187
150	68.625a	62.550a	21.03
160	75.500a	79.375a	5.0744

DDT: días después del trasplante, DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

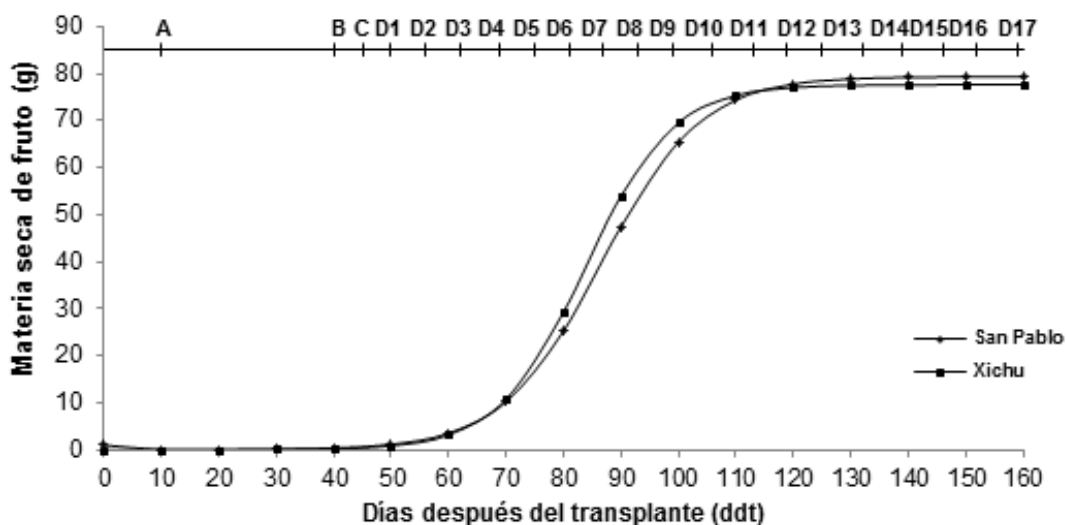


Figura 12. Comportamiento de la materia seca de fruto del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.

5.3.3 Materia seca de raíz

En la comparación múltiple de medias en la acumulación de la materia seca en raíz en los 160 días solo presentaron diferencias significativas los últimos cuatro muestreos que fueron a los 130, 140, 150, 160 días después del trasplante (Cuadro 12, Figura 13), en donde la colecta denominada Xichu fue la que mayor acumulación de materia seca en raíz presentó, con 4.40 g contra San Pablo con 3.30 g planta⁻¹. De acuerdo con Nieto *et al.* (2002) es importante la evaluación de esta variable morfológica puesto que la raíz es el principal órgano de absorción de las plantas, en la cual la longitud es importante para exploración del suelo. Resh (1992) indica que la raíz permite el intercambio de nutrientes del suelo hacia la planta, a demás de oxígeno, el cual permite el intercambio de aniones entre las raíces y el medio exterior, en la medida que el sistema de raíces explora mayor volumen de sustrato tiene mejor acceso a la humedad, nutrientes y oxígeno lo cual permite incremento en la tasa de crecimiento.

Cuadro 12. Comparación múltiple de medias de la acumulación de materia seca de raíz, de dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) en Chapingo, México, 2011.

Materia seca de raíz (g.planta ⁻¹)			
DDT	San Pablo	Xichu	DMS
10	0.00092a ^z	0.00502a	0.0056
20	0.00472a	0.00412a	0.004
30	0.00760 a	0.00845a	0.0048
40	0.300a	0.200b	0.085
50	0.225a	0.2500a	0.093
60	0.90a	0.925a	0.378
70	1.675a	2.00a	0.594
80	2.625a	2.25a	0.43
90	2.150a	2.150a	0.556
100	2.32a	2.40a	0.618
110	2.47b	3.32a	0.759
120	2.85a	3.20a	0.764
130	2.42b	3.32a	0.571
140	3.35b	4.07a	0.169
150	3.075b	4.07a	0.822
160	3.30b	4.40a	0.662

DDT: días después del trasplante, DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

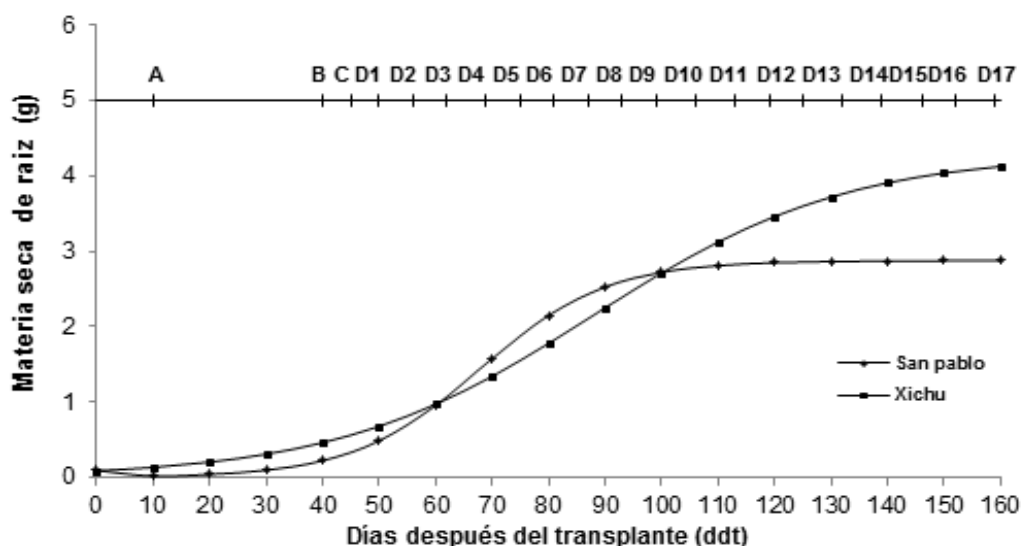


Figura 13. Comportamiento de la materia seca de la raíz del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.

5.3.4 Materia seca total

La materia seca total de la plantas representa la integración espacial y temporal de todos los procesos de crecimiento y desarrollo, por lo tanto es un parámetro relevante de estudio (Hunt, 1990). El rendimiento de un cultivo esta dado por la capacidad y eficiencia de acumulación de biomasa en las diferentes estructuras (tallos, hojas, raíz, flores, frutos), que finalmente serán órganos de interés comercial.

Las colectas evaluadas San Pablo y Xichu, en el sistema hidropónico en invernadero presentaron similar contenido de materia seca total de todos los órganos durante el ciclo de cultivo (Cuadro 13, Figura 14). Respecto al contenido de la materia seca total en pepino (*Cucumis sativus* L.) Barraza (2008), encontró que en las concentraciones de la solución nutritiva de Steiner al 75, 125, 175 % comportamiento similar en la acumulación de materia seca total, también cultivado en condiciones de invernadero.

La materia seca total acumulada indica que la mayor cantidad de nutrimentos suministrado a la mayoría de los cultivos hortícolas como *Cucumis sativus* L. influye de manera favorable sobre el crecimiento y formación de órganos, de tal forma que favorece el crecimiento y desarrollo de la planta, lo cual conduce al aumento de la acumulación y calidad de la producción, con la interacción del cultivo con las condiciones de nutrición y ambiente en donde se desarrolle Gifford *et al.* (1984). Ambas colectas tuvieron una acumulación de 200 g durante 160 días de cultivo con una solución nutritiva de Steiner al 75 % de concentración por lo que para el manejo de esta especie en cultivo intensivo en invernadero, es suficiente aplicar la concentración de la solución nutritiva indicada en lugar de valores superiores que incrementarán el costo de producción por concepto de fertilizantes. En este sentido ambas colectas son recomendables para su cultivo en invernadero e hidroponía.

Cuadro 13. Comparación múltiple de medias de acumulación de materia seca total, de dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) en Chapingo, México, 2011.

Materia seca total (g.planta ⁻¹)			
DDT	San Pablo	Xichu	DMS
10	0.003 a ^z	0.007a	0.005
20	0.01a	0.01a	0.008
30	0.02a	0.03a	0.019
40	2.35a	1.85b	0.26
50	4.67a	4.40a	1.54
60	20.55 a	19.40a	6.88
70	50.50a	50.60a	10.38
80	70.32 a	72.65a	3.40
90	82.97a	88.42a	10.28
100	103.62 a	107.42a	21.23
110	122.22 a	120.32a	9.38
120	138.93 a	149.8 a	32.23
130	146.63 a	148.80a	29.24
140	152.63 a	177.18a	57.26
150	150.47 a	155.42a	23.44
160	199.93 a	202.95a	108.82

DDT: días después del trasplante, DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

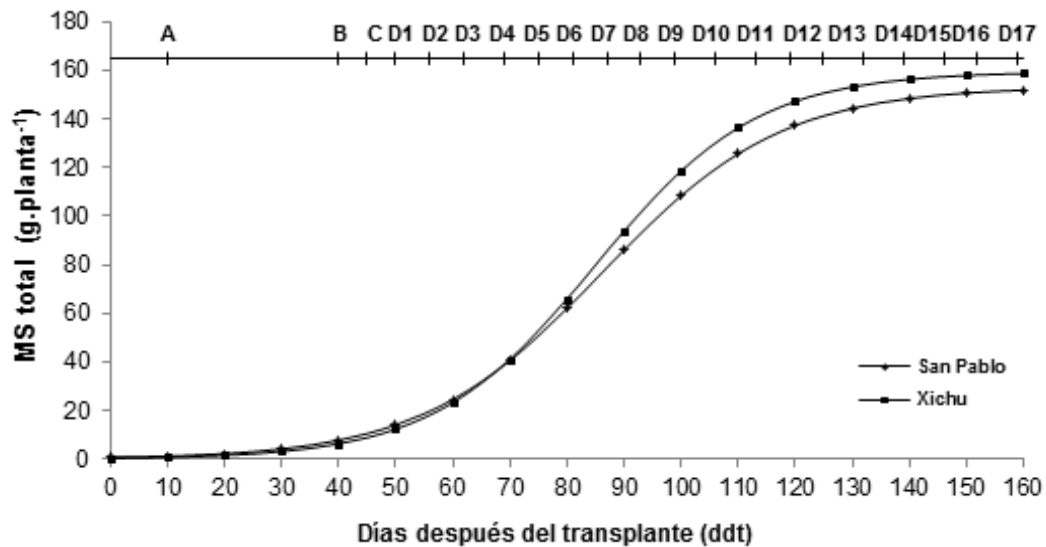


Figura 14. Comportamiento de la materia seca total del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.

5.4 Distribución relativa de materia seca por órgano

De acuerdo con el comportamiento en las etapas fenológicas que presentaron las colectas estudiadas en la distribución de la materia seca en cada órgano del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) fueron similares para ambas colectas evaluadas, solo la colecta San Pablo presentó una acumulación de materia seca en la raíz de 3.30 g, menor que la colecta Xichu con 4.40 g, representando para ambas colectas 2 % de la materia seca total. La raíz es el órgano principal de absorción para llevar minerales a los sitios de demanda que están en constante crecimiento, seguido de las hojas, ya que estas participan en la acumulación de la materia seca que se ve reflejada en la capacidad para formar nuevas estructuras e interceptación de radiación y fijación como tallos y ramas (Marcelis,1994). Es decir, no existieron diferencias entre colectas en la distribución de fotoasimilados a los órganos de interés antropocéntrico como son los frutos por lo que cualquiera de ellas podría ser útil para el sistema de producción intensivo en invernadero o para iniciar un programa de mejoramiento genético por selección o hibridación.

Por otra parte, los frutos presentaron una acumulación de biomasa de 52 %, ramas y tallos 27 %, y las hojas que es el principal órgano asimilatorio 21 %, durante el ciclo de cultivo de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) evaluado en invernadero e hidroponía (Figura 15). De acuerdo con Marcelis (1994a) la concentración en la materia seca de los frutos de pepino (*Cucumis sativus* L.) varía durante el ciclo de vida y esta puede estar entre 40 y 90 %, ya que cambios en la distribución de materia seca no siempre se asocian a cambios en las condiciones de crecimiento, sino que indicando una regulación interna principalmente regulada por los sitios de demanda. Peil y López (2002) reportan que a medida que se incrementa la densidad de población en el cultivo de pepino, se ve disminuido el porcentaje de la materia seca, en todos los órganos de la planta, viéndose afectado el peso de fruto y en consecuencia disminución de la materia seca en este órgano.

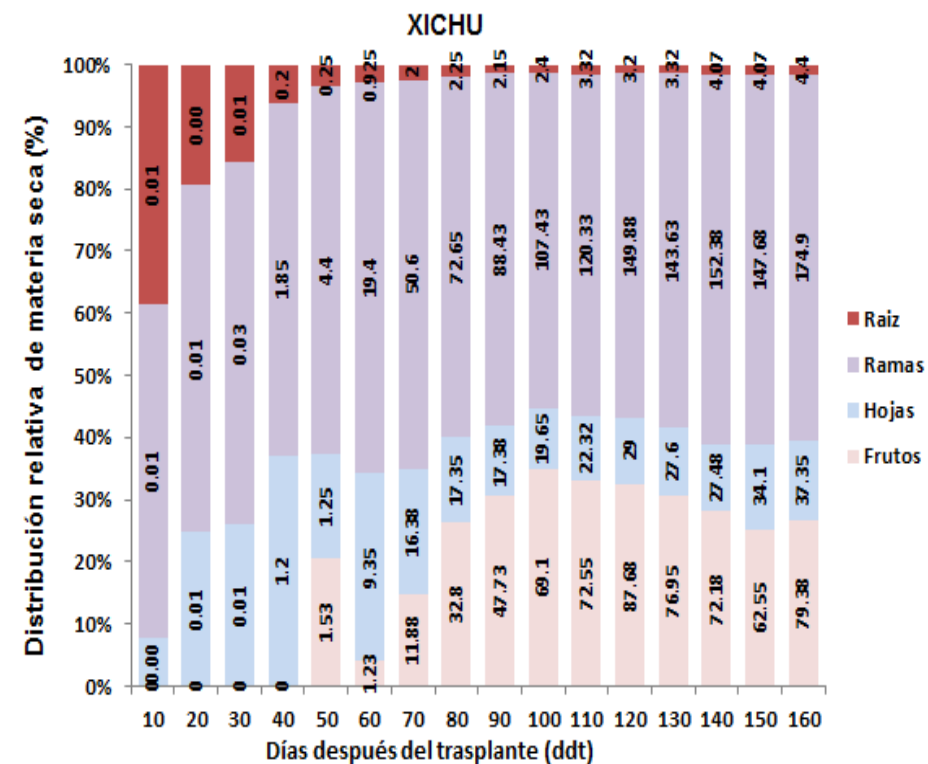
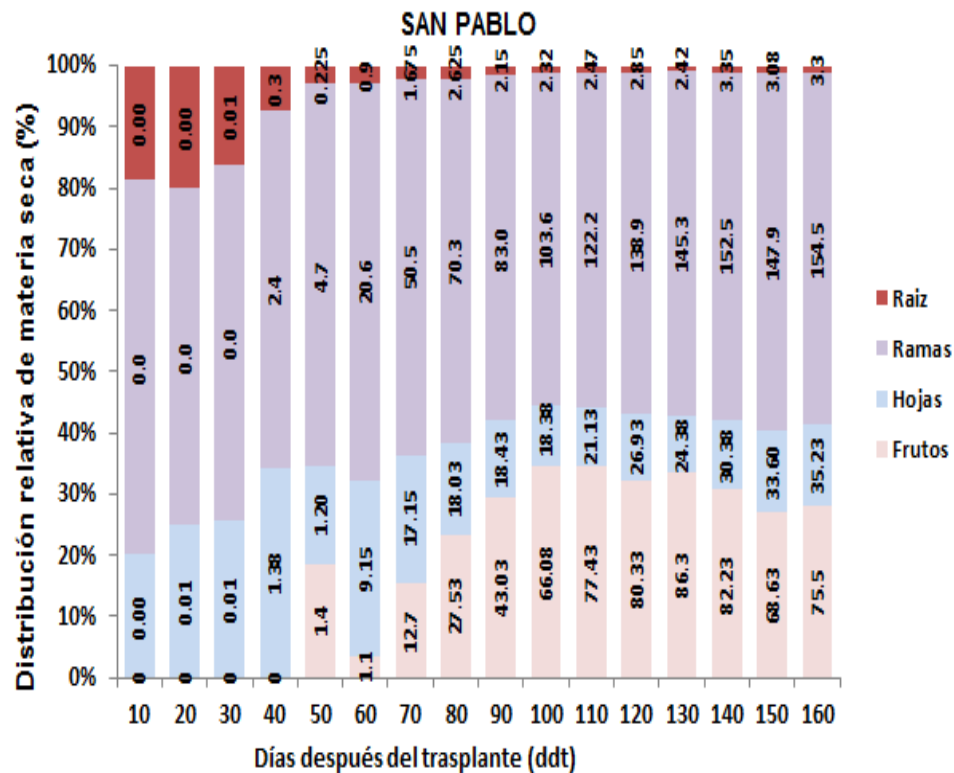


Figura 15. Distribución relativa de materia seca de cada órgano de dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) evaluado en invernadero en Chapingo, México, 2011.

5.5. Índices de eficiencia fisiológica

5.5.1 Tasa absoluta de crecimiento (TAC)

La tasa absoluta de crecimiento aumentó progresivamente en las colectas evaluadas; el máximo valor se alcanzó a los 85 días después del trasplante, en donde la colecta denominada Xichu presentó una tasa absoluta de crecimiento (TAC) de $2.8200 \text{ g día}^{-1}$ vs San Pablo con $2.4189 \text{ g día}^{-1}$. Sin embargo, esos valores fueron estadísticamente iguales (Figura 16). Al respecto Barraza (2008) encontró, en *Cucumis sativus* L. evaluado en invernadero, la máxima tasa de crecimiento a los 90 días en la solución de Steiner a la concentración de 75 % y en la de 175 %, presentando similar comportamiento de la TAC en ambas concentraciones.

Gómez *et al.* (2003) indica que durante el periodo de formación y llenado de los frutos se alcanza la mayor acumulación de materia seca, después empieza a disminuir considerablemente, es en esta etapa cuando se da la distribución de la materia seca, enviando gran cantidad de fotoasimilados hacia los órganos de alta demanda, por lo tanto, en el sistema de producción intensivo de “pepino mixteco” en invernadero se deberá considerar estos valores para el programa de fertilización y aporte de agua en el manejo del cultivo.

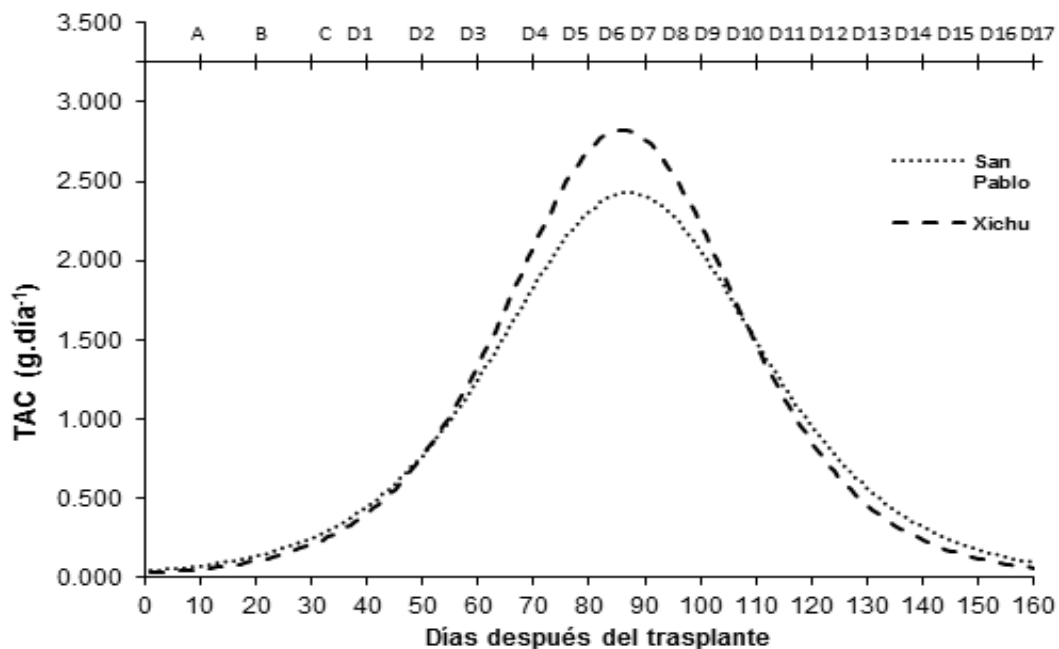


Figura 16. Tasa absoluta de crecimiento (TAC) de dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.

5.5.2 Tasa relativa de crecimiento (TRC)

La tasa relativa de crecimiento presentó un comportamiento similar en las dos colectas evaluadas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.). En los primeros 85 días los valores de TRC fueron altos y después fueron disminuyendo al transcurrir el tiempo (Figura 17). Lo anterior se atribuye a la proporción diferencial de órganos en crecimiento durante las etapas iniciales del desarrollo de las plantas (Mora *et al.*, 2006), coincidiendo con las investigaciones de Marcelis (1994a), Barraza (2008) y Gómez *et al.* (2003), realizadas en el cultivo de pepino en ambiente protegido. Lo que indica que los valores altos en el comportamiento en la tasa relativa de crecimiento (TRC) en “pepino mixteco” son atribuidos al crecimiento de los diferentes órganos como frutos, raíz, ramas, tallos y hojas, en los primeros 85 días, los cuales actúan como sitios de demanda y no como órganos de abastecimiento. Schvambach *et al.* (2002) indican que es importante el estudio de

la translocación de los fotoasimilados a los sitios de demanda, ya que diversos factores pueden afectar el desarrollo y crecimiento de los diferentes órgano causando baja eficiencia en la captación de éstos.

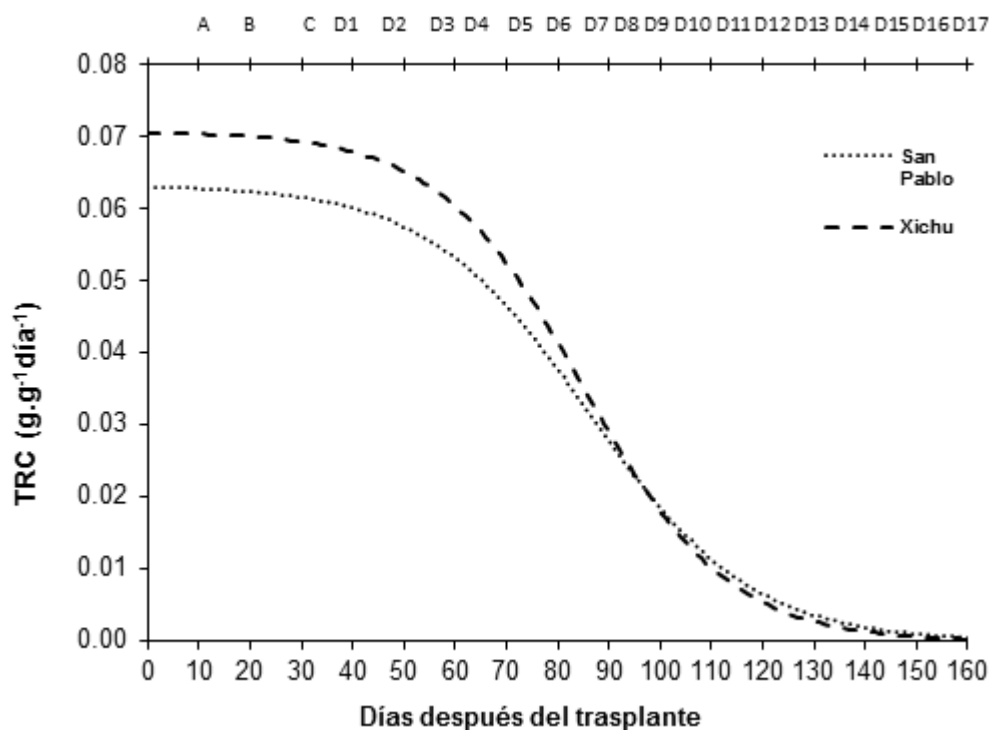


Figura 17. Tasa relativa de crecimiento (TRC) de dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.

5.5.3 Tasa de asimilación neta (TAN)

En lo que respecta a la tasa de asimilación neta de las dos colectas evaluadas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.), San Pablo fue la que tuvo mayor ganancia neta en peso seco por unidad de área foliar (Figura 18), lo que significa que tuvo más eficiencia para captar la energía luminosa y convertirla en energía química, la cual constituye la principal fuente de fotoasimilados en la producción de materia

seca y enviarlos a los principales sitios de demanda. De acuerdo con lo anterior este comportamiento de la tasa de asimilación neta, en un principio los valores son altos en las primeras etapas de desarrollo y posteriormente el valor decrece aunque exista formación de nuevas hojas fotosintéticamente activas, estas son sombreadas lo que impide su funcionamiento total; del mismo modo las hojas interiores del dosel no reciben suficiente radiación lo que provoca que no fotosintetizen eficientemente Marcelis (1994a). Lo anterior concuerda con lo que encontraron Gardner *et al.* (1990) quienes mencionan que la ganancia de materia seca por unidad de área foliar decrece en la medida que salen nuevas hojas, debido al sombreadamiento recíproco.

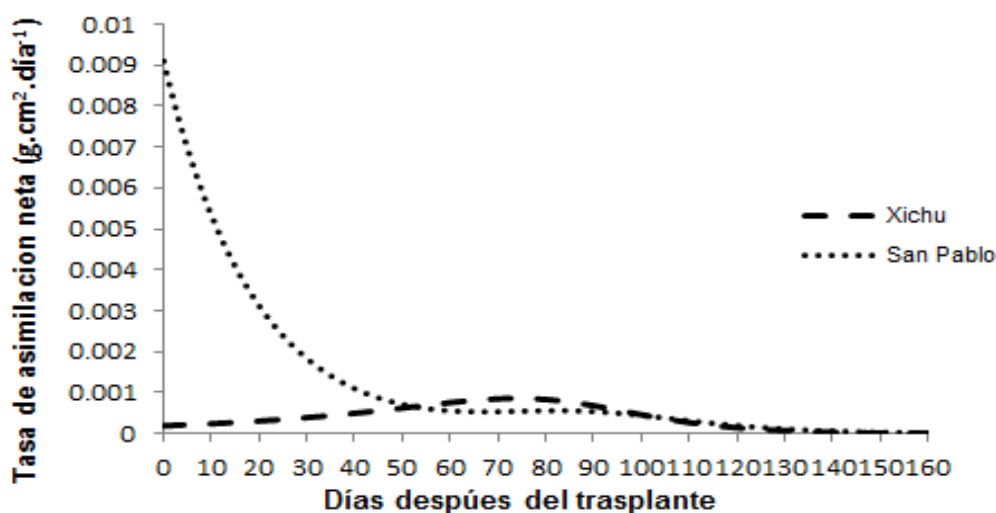


Figura 18. Tasa de asimilación neta (TAN) de dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.

5.5.4 Relación de área foliar (RAF)

De acuerdo con Figura 15 el comportamiento fue diferente para la relación de área foliar en las colectas estudiadas de la especie *C. anguria*, la que presentó mayor relación de área foliar fue la colecta Xichu, es decir, tuvo una mayor área foliar con relación al peso seco de la misma, en contraste con San Pablo la cual tuvo menor área foliar con relación a su materia seca (Figura 19).

El comportamiento que presentó la colecta denominada Xichu en las primeras etapas fue alta presentando una RAF de $285.63 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$, después fue decreciendo hasta mantenerse constante con $37.95 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ a los 105 días después del trasplante, en contraste la colecta San Pablo alcanzó una relación de área foliar menor con $95.22 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ a los 61 ddt, y valores constantes con $30.95 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ a los 135 ddt. Este comportamiento se atribuye a que la formación de materia seca fue más rápida lo cual permite a la planta formar mayor área foliar en virtud de que la oferta de nutrimentos fue suficiente, lo cual coincide con lo establecido por Schvambach *et al.* (2002) en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.).

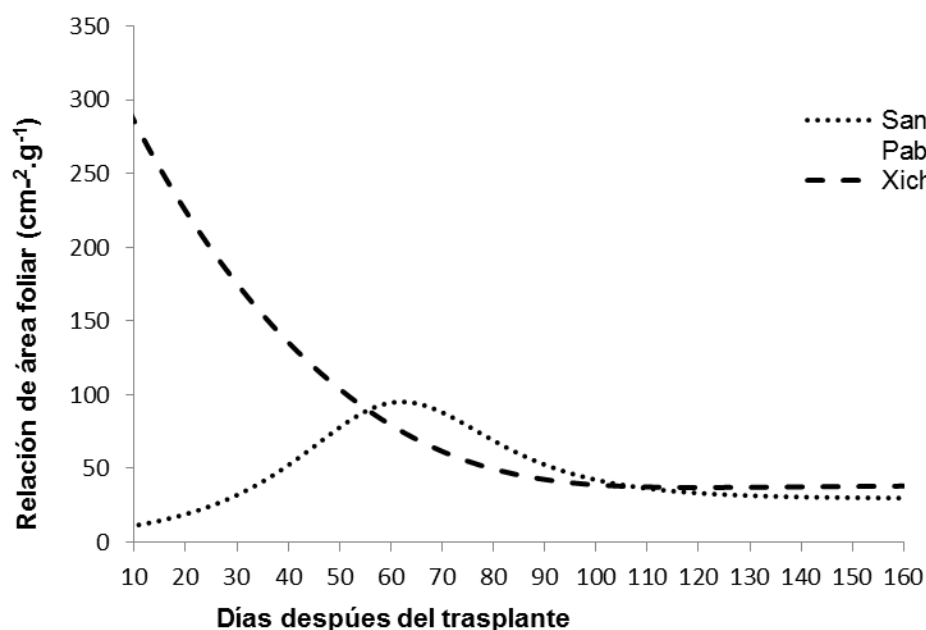


Figura 19. Relación de área foliar (RAF) de dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.

VI. CONCLUSION

Las dos colectas de “pepino mixteco” San Pablo y Xichu evaluadas en invernadero e hidroponía mostraron comportamiento similar en tasa absoluta de crecimiento, tasa relativa de crecimiento, materia seca total, no así en tasa asimilación neta y relación de área foliar. Respecto a las variables morfológicas número de hojas en tallo principal, longitud de ramas primarias, área foliar, no hubo diferencias pero si en longitud de tallo principal, longitud de raíz y número de hojas en ramas primarias. En relación a la distribución de materia seca, en promedio, estas colectas presentaron 52, 27, 21 y 2 % en frutos, ramas, hojas y raíz, respectivamente.

VII. LITERATURA CITADA

- Acquaah, G. M.; Adams, W.; Kelly, J. D .1991. Identification of effective indicators of erect plant architecture in dry Bean. Crop Sci. 31:261-265.
- Almeida, L. P.; Alvarenga, A. A.; Castro, E. M.; Zanela, S. M.; Vieira, C. V. 2004. Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetidas a níveis de radiação solar. Ciência Rural. Núm 34.Vol 1. 83-88.
- Andriolo, J.L.; Streck, N.A.; Buriol, G.A.1998. Growth, development and dry matter distribution of a tomato crop as affected by environment. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, Ashford Kent. Núm 1. Vol.73. 125-130.
- Baeyens, J. 1970. Nutrición de las plantas de cultivo (Fisiología Aplicada a las Plantas Agrícolas). Ed. Lemos. Madrid, España. 631 p.
- Barraza, A. F. V. 2008. Análisis del crecimiento y extracción nutrimental en el cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L.) Tesis de Doctorado en Ciencias en Horticultura. Instituto de Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 76 p.
- Barraza, F. 2005. Fisiología del cultivo del melón. Ed. Compugráficas y comunicaciones. Montería, Córdoba, Colombia. 163 p.
- Beadle, C. L. 1985. Análisis del Crecimiento Vegetal. pp.16-22. In: Técnicas en Fotosíntesis y Bioproductividad. COOMBS, J.; MAY, D.O.; LONG, S. P.; SCHURLOCK, J. (eds.). Ed. Futura. Chapingo, México.
- Beadle, C. L. 1988. Análisis del Crecimiento Vegetal. pp.17-21. In: Técnicas en Fotosíntesis y Bioproductividad. Traducido 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.
- Bidwell, R.G.S. 1979. Fisiología Vegetal. 2da Edición. Traducido al español por Cano y Cano, G.G; Rojas Garcidueñas, M.A.G.T. Editor. DF., México. 784 p.
- Burgueño H.; Uribe F.; Valenzuela M. 1994. La fertirrigación de cultivos hortícolas con acolchado plástico. Vol.1 Bursag S.A de C.V. Sinaloa, México. 46 p.
- Brand G. D., Weetman, F.G. 1987. Growth Analysis of Perennial Plants: The Relative Production Rate and its Yield Components. Annals of Botany 59: 45-53.

- Cadahia, L. C. 1988. Fertirrigacion. Cultivos Hortícolas y Ornamentales. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 435 p.
- Etchevers, J. D. 1999. Técnicas de diagnostico útiles en la medición de la fertilidad del suelo y el estado nutrimental de los cultivos. *Terra* 17:209-219.
- Evans, C. E. 1972. The quantitative analysis of plant growth. University of California Press. Berkeley. 253 p.
- Fogg, G.E.1967. El crecimiento de las plantas. Editorial Universitaria de Buenos Aires (EUDEBA). Buenos Aires, Argentina.327 p.
- Gardner, F., P.; Brent P., R.; Mitchell R., L. 1990. Physiology of crop plants. Second Edition. Iowa state University. AMES. USA. 208 p.
- Gómez, M.D.; Baille, A.; Gonzales-Real, M.M.; Mercader, J.M. 2003.Dry matter partitioning of greenhouse cucumber crop as affected by fruit load. *Acta Horticulturae (ISHS)* 614:573-578
- Gifford,R.M.; Thorne, J.H.; Hitz, W.D.; Giaquinta, R.T.1984. Crop productivity and photoassimilate partitioning. *Science* 225 (4644): 801-808
- Hunt, R. 1978. Plant Growth analysis. Studies in biology. No. 96. Edward Arnold (Plubliser). London. 67 p.
- Hunt, R. 1982. Plant growth curves: the functional approach to plant growth analysis. Edward Arnold (Publisher). Ltd. London. 67 p.
- Hunt, R. 1990. Basic Growth Analysis For Beginners. Hyman L.T.D., London, UK. 112 p.
- Kvet, J.; J. Ondok; J. Necas Y P. Jarvis. 1971. Methods of growth análisis. Plant photosynthetic production.Manual of methods. W. Junk Publishers, The Hague, The Netherlands.
- Lambers, H.; Poorter H. 1992. Inherent variation in growth rate between higher plants: A search for physiological causes and ecological consequences. *Adv. Ecol. Res.* 23: 187-261.
- Liebig, H.P.1980. Physiological and economical aspects of cucumber crop density. *Acta Horticulturae* 118:149-163.
- Marcelis, L.F.M.1994a. Effect of fruit growth, temperature and irradiance on biomass allocation to the vegetative parts of cucumber. *Netherlands Journal*

of Agricultural Science, Wageningen, The Netherlands. Vol. 42, Núm.2.115-123

- Marcelis, L.F.M. 1994b. Fruit growth and dry matter partitioning in cucumber. The DLO-Research Institute of Agrobiology and Soil Fertility. Wageningen, The Netherlands. 173 p.
- Marín, D. 1986. Rendimiento en granos en *Canavalia ensiformis* (L.) DC. bajo diferentes arreglos espaciales, épocas y densidades de siembra. Rev. Fac. Agron. 14: 205-219.
- Mithorphe F., L.; Moorby J. 1982. An introduction to crop physiology. Cambridge University Press. 202 p.
- Modolo, V.A.; Costa, C.P. 2003. Avaliação de linhagens de maxixe paulista cultivadas em canteiros com cobertura de polietileno. Horticultura Brasileira, Brasília. Vol. 21, Núm. 3. 534-538.
- Modolo, V.A.; Costa, C.P. 2004a. Gherkin elite line selection. Crop Breeding and applied biotechnology. Brasil. 4:63-67p.
- Modolo, V.A.; Costa, C.P. 2004b. Production of Paulista gherkin using trellis net support. Sci. Agric. Piracicaba, Brazil. Vol. 61, Núm.1. 43-46.
- Mora, A.R.; Ortiz, C.J.; Rivera, P. A.; Mendoza, C.C.A.; Colinas, L.M.T.; Lozoya, S. H. 2006. Indices de eficiencia de genotipos de papa establecidos en condiciones de secano. Revista Serie Horticultura 12 (1):85-94
- Moreira, M. A. 2005. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação, 3ª ed. Viçosa. 320 p.
- Nieto, G. A., A. B. Murillo., D. E. Troyo., M. L. Larrinaga., J. A. García. 2002. El uso de compostas como Vermicomposta como alternativa. Alternativa ecológica para la producción sostenible de Chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. Interciencia 27(8):417-421.
- Oliveira, A.P.; Silva, J.A.; Oliveira, A.N.P; Silva, D.F.; Santos, R.R.; Silva, N.V. 2010. Produção do maxixeiro em função de espaçamentos entre fileiras e entre plantas. Horticultura Brasileira 28: 344-347.
- Ortiz, C, J.; Sánchez, del C.F.; Mendoza, C. Ma. del C.; Torres, G. A. 2009. Características deseables de plantas de pepino crecidas en invernadero e hidroponía en altas densidades de población. Revista Fitotécnica Mexicana. Vol. 32. Núm 4. 289-294.

- Peil, R.M; López, G.J.2005.Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *Agrociencia*. 11(1).5-11.
- Peil R.M.; López, G.J. 2002. Fruit Growth and Biomass Allocation to the Fruits in Cucumber: Effect of Plant Density and Arrangement. *Acta Horticulturae*. (ISHS). 588.
- Pérez G.; Martínez L., F. 1994. Introducción a la Fisiología Vegetal. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 102 p.
- Resh, H. 1992. Cultivos hidropónicos, Nuevas Técnicas de Producción. 3a edición. Mundi-Prensa. Madrid, España. 369 p.
- Richard, F. 1959. A Flexible growth function empirical use. *J. Exp. Bot.* 10:290-300.
- Roberts, M. J.; Long, S. P.; Tieszen, L. L.; Beable, C. L. 1985. Measurement of plant biomass and net primary production. Pp 1-19. In: *Techniques and bioproductivity and photosynthesis*. Coombs, J. D. O.; Hall, S. P.; Long and J. M. O. Scurlock (eds.) Edit. Pergamon Press.
- Sánchez, del C. F, J.; Ortiz, C. Ma C.; Mendoza, C. V. A.; González, H. J.; Bustamante, O.1998. Parámetros fisiológicos y agronómicos de jitomate en dos sistemas nuevos de producción. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Núm 21.1-13
- Sedgley, R. H. 1991. An appraisal of the Donald ideotype after 21 years. *Field Crops Res.* 26:93-112.
- Schvambach, L. J.; Andriolo, L. J.; Heldwein, B. A. 2002. Produção e distribuição da matéria seca do pepino para conserva em diferentes populações de plantas. *Ciência Rural*, Santa Maria, V.32. Núm. 135-41.
- Sheehy, J. E.; Cooper, J.P.1973. Light interception, photosynthetic activity, and crop growth rate in canopies of six temperate forage grasses. *Journal of Applied Ecology*, Oxford, 10 (1): 239-250.
- Silvori M. E.; Montaldi R., E. 1980. Fisiología Vegetal. Ed. Hemisferio sur S.A. Buenos Aires, Argentina. 106 p.
- Wild, A. 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas. Ed. Mundiprensa. Madrid, España. 1045 p

CAPITULO 3.

EXTRACCIÓN DE MACRONUTRIMENTOS DE DOS COLECTAS DE “PEPINO MIXTECO” (*Cucumis anguria* L.)

EXTRACCION DE MACRONUTRIMENTOS DE DOS COLECTAS DE “PEPINO MIXTECO” (*Cucumis anguria* L.)

C.J. Hernández-Rojas¹; C. Villanueva-Verduzco²; R.Castro-Brindis²; M. Pérez-Grajales²

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el propósito de generar información que contribuya al conocimiento de la extracción nutrimental de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.), ya que puede ser una hortaliza con gran potencial de ser cultivado en invernadero. Se estableció un experimento en Chapingo, México en condiciones de invernadero e hidroponía bajo un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones, la unidad experimental estuvo compuesta de 4 plantas, con 4 repeticiones cada una, teniendo 16 plantas por tratamiento, dando un total de 32 plantas por todos los tratamientos. Los resultados mostraron en las comparaciones múltiples de medias que no hubo diferencias para la extracción de nitrógeno, fósforo y magnesio, solo mostraron diferencias para potasio, San Pablo con 32.230 g por planta, y Xichu menor absorción con 29.36 g por planta y para calcio 34.33 g por planta y 28.59 g por planta respectivamente. Con respecto a la tasa de absorción de macronutrientes nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio se presentó en fechas similares en ambas colectas, para calcio se presentó la tasa de absorción en fechas distintas, donde Xichu fue a los 23 ddt, y San Pablo a los 46 ddt.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Cucumis anguria* L., extracción nutrimental, hidroponía, “pepino mixteco”.

¹Estudiante de Maestría en Ciencias en Horticultura.

²Profesor-investigador del Instituto de Horticultura, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México C.P 56230.

MACRONUTRIENT EXTRACTION OF TWO COLLECTIONS OF “PEPINO MIXTECO” (*Cucumis anguria* L.)

C.J. Hernández-Rojas¹; C. Villanueva-Verduzco²; R. Castro-Brindis²; M. Pérez-Grajales²

ABSTRACT

This study was conducted in order to generate knowledge that contributes to nutrient extraction of "cucumber mixteco" (*Cucumis anguria* L.), which can be a vegetable with great potential to be grown in a greenhouse. Experiment was established in Chapingo, Mexico in the greenhouse and hydroponics under a completely randomized design with four replications, the experimental unit was composed of 4 floors, with 4 repetitions, with 16 plants per treatment, giving a total of 32 plants for all treatments. The results showed multiple comparisons of means that there was no difference for the removal of nitrogen, phosphorus and magnesium, only showed differences for potassium, San Pablo and 32,230 g per plant, and lower absorption Xichu 29.36 g calcium per plant and 34.33 g per plant and 28.59 g per plant respectively. With respect to the rate of absorption of macronutrients nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium are present on similar dates in both collections, to present the calcium absorption rate at different times, where Xichu was at 23 ddt, and San Pablo to the 46 ddt.

ADDITIONAL KEY WORDS: *Cucumis anguria* L., macronutrient extraction, hydroponics “pepino mixteco”.

¹Estudiante de Maestría en Ciencias en Horticultura.

²Profesor-investigador del Instituto de Horticultura, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México C.P 56230.

I. INTRODUCCIÓN

La nutrición mineral de los cultivo es importante, ya que los análisis hechos a partir de la materia seca de las plantas revelan la presencia de noventa o más elementos, con lo cual es importante el suministro de estos elementos minerales en las diferentes etapas de crecimiento, así como la cantidad exacta de nutrientes extraídos por cultivos, con lo cual se pueden hacer las estimaciones para las distintas unidades edafoclimaticas o agrosistema , en las cuales se consideran las variaciones del suelo, clima, manejo y tipo de cultivo (Volke et al., 1998). Ejemplo de ello son las Solanáceas así como Cucurbitáceas como jitomate y pepino que son altamente demandantes de nutrientes minerales, con los cuales se pueda cumplir las exigencias de calidad como tamaño, textura, firmeza y sabor; por lo cual se necesitan grandes cantidades de insumos para llegar a esos estándares de calidad. Es por ello que la dosis de fertilización adquiere gran relevancia, que es el objetivo de este trabajo, pues si el productor aplica una dosis baja, podría tener un bajo rendimiento con lo cual repercutiría en una gran perdida en sus utilidades y si sobre dosifica la fertilización, sus beneficios netos también se verían mermados. Por lo que en esta investigación se centra en estimar la extracción y las tasas absolutas de absorción de N, P, K, Ca, Mg, en el cultivo de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) a una concentración de 75 % de la solución nutritiva de Steiner.

II. OBJETIVO E HIPÓTESIS

OBJETIVO

Determinar el contenido y estimar la extracción de N, P, K, Ca, Mg en el cultivo de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.).

HIPÓTESIS

El mayor requerimiento de N, P, K, Ca y Mg se da en la etapa de fructificación por lo que se plantea es en esta etapa cuando ocurre la máxima velocidad de extracción.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Eficiencia de recuperación de los nutrientes

Los estudios sobre población y demanda de alimentos proyectan que para el año 2020 solo 28% de los requerimientos alimenticios de la población serán cubiertos a través del incremento de la superficie agrícola (Grageda, 1999). Sin embargo, el continuo uso excesivo de altas dosis de fertilizantes químicos tienen efectos adversos sobre las propiedades biológicas de los suelos y la salud humana (Kumar *et al.*, 2006).

Por otro lado, los estudios de la eficiencia de recuperación de los nutrimentos nitrógeno y fosforo provenientes de los fertilizantes para diferentes cultivos y condiciones edafo-climáticas indican que solamente menos de 50 % y 25% para N (Peña *et al.*, 2002), y P respectivamente, son recuperados por los cultivos (Covarrubias *et al.*, 2005).

Estos estudios indican claramente la necesidad de generar alternativas que aumenten la eficiencia en el manejo de estos insumos y disminuyan el impacto ambiental generado por el abuso en la aplicación de los fertilizantes químicos tradicionales (Smil, 1997).

Las cucurbitáceas generalmente absorben grandes cantidades de nutrimentos, las cantidades dependen de la cantidad de frutos y esto a su vez está influenciado por variables genéticas y ambientales. Con base en la cantidad de materia seca acumulada en las plantas y a su contenido relativo de elementos en el tejido, se determina la extracción nutrimental, en función de diferentes condiciones ambientales y rendimientos (Castellanos, 1999).

3.2 Importación de los fertilizantes

Debido a razones comerciales, la industria nacional de los fertilizantes empezó a reducir sus operaciones desde hace casi 10 años. Así, mientras que en 1995 se importaban 9000 toneladas de urea, seis años mas tarde, durante 2001, se importaron cerca de 1.5 millones de toneladas (Dr.L.Lazcano, 2005, com. Per.). En la actualidad la planta nacional de fertilizantes funciona a muy baja capacidad y México importa casi 70% del nitrógeno, el 80% del fosforo y 100% del potasio. Esta situación hace muy vulnerable a la agricultura nacional, ya que depende del exterior para asegurar el suministro del insumo de mayor importancia en la agricultura (Castellanos, 2005).

El aumento en los precios de la urea ha sido mucho más elevado en el 2004 y parte del 2005, y tal vez parece que no se revertirá en el corto plazo. Por esta razón es importante buscar formas de aumentar la eficiencia en el uso de fertilizantes en general, y en especial el de los nitrogenados, para sostener la productividad agrícola y asegurar el abasto nacional de alimentos.

3.3 Nutrición mineral

El rendimiento de un cultivo depende de varios factores, los internos de la planta que están determinados, por su potencial genético; y otros que son de tipo externo como las condiciones climáticas las características del suelo, factores nutrimentales, la técnica de producción y los factores bióticos (plagas y enfermedades).

En las plantas en su metabolismo necesitan elementos químicos esenciales, los cuales deben ser aportados en cantidad y proporción adecuadas y en forma de iones asimilables (Cuadro 1). Por su parte Vanoordwijk (1900) hace hincapié en la necesidad de sincronizar el aporte de nutrientes con la demanda de los mismos.

Cuadro 1. Elementos esenciales para las plantas y principales formas iónicas en que son absorbidos o asimilados.

Elemento	Símbolo	Peso atómico	Forma de absorción	Peso iónico molecular	Concentraciones en tejido seco (ppm)
Nitrógeno	N	14.0	$\text{NO}_3^-; \text{NH}_4^+$	62.0;18.0	15000
Fosforo	P	31.0	H_3PO_4^-	98.0	2000
Potasio	K	39.1	K^+	39.1	10000
Calcio	Ca	40.1	Ca^{+2}	40.1	5000
Magnesio	Mg	24.3	Mg^{+2}	24.3	2000
Azufre	S	32.1	SO_4^{-2}	96.1	1000
Sodio	Na	23.0	Na^{+2}	23.0	100
Cloro	Cl	35.5	Cl^-	35.5	100
Hierro	Fe	55.9	Fe^{+2}	55.9	50
Manganeso	Mn	54.9	Mn^{+2}	54.9	6
Cobre	Cu	63.6	Cu^{+2}	63.6	20
Zinc	Zn	65.4	Zn^{+2}	65.4	20
Boro	B	10.8	H_3BO_3	61.8	0.1
Molibdeno	Mo	95.9	MoO_4^{-2}	159.9	
Carbono	C	12.0	$\text{CO}_2; \text{HCO}_3^-; \text{CO}^3$	44;61;60	
Oxígeno	O	16.0	H_2O y en otros iones	18.0	
Hidrogeno	H	1.0	H_2O y en otros iones	1.0	

Fuente: Castellanos, 2004

3.3.1 Los elementos minerales esenciales en las plantas

Hay 16 elementos que han sido identificados como esenciales (C, H, O, N, P, S, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B, Cl) para el crecimiento y desarrollo normal de todas las plantas. Estos 16 elementos se dividen en dos grupos: macronutrientes (C, H, O, N, P, S, K, Ca, Mg) y micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B, Cl). Los criterios de esencialidad fueron establecidos por Arnon y Stout (1939).

Ya que es difícil justificar la calificación de los elementos minerales en macro y micronutrientes desde el punto de vista fisiológico, considerando solo la

concentración presente en los tejidos de las plantas, también se recurre al papel bioquímico y función fisiológica que cada elemento mineral juega en la nutrición.

Los elementos minerales también se clasifican en cuatro grupos por sus correspondientes funciones, Mengel y Kirkby (1979).

Grupo uno. Nutrimientos mayores que constituyen a la materia orgánica:

- **Nitrógeno.** Es un elemento mineral de mayor utilidad en el desarrollo de los plantas. Sus formas iónicas de absorción son como nitratos (NO_3^-) y como amonio (NH_4^+) (Sánchez, 2000). En la planta, el N participa en la formación de compuestos de elevado peso molecular como las proteínas y ácidos nucleicos; y de forma orgánica como los aminoácidos, amidas, aminas, y nucleótidos (Taiz y Zeiger, 2002). El contenido del nitrógeno en la materia seca de las plantas esta alrededor de 15000 ppm (Castellanos, 2004).

- **Azufre.** Las formas asimilables del azufre por la planta son como un ión sulfato (SO_4^{2-}) (Papadopoulos, 1991). Se transporta por el xilema y los estomas, se pueden absorber como dióxido de azufre (SO_2). Forma parte de los sulfolípidos y heteropolisacaridos (como sulfato), del amino ácido como la cistina, la metionina, la cistina y las proteínas (en forma reducida); de diversas coenzimas como la tiamina, biotina, coenzima A, ácidos orgánicos, pirofosfatos, glutatión, adenosin-s-fosfosulfato 3-fosfoadenosina. Los niveles de concentración normal fluctúan entre 0.1 y 1 % de materia seca (Bonilla, 2000).

Grupo dos. Nutrimientos importantes en la integridad estructural o almacenamiento de la energía:

- **Fosforo.** Las plantas absorben como ión fosfato (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}). Se encuentran en las plantas como fosfato, ya sea en forma libre o como compuesto orgánico de éster fosfórico con grupos hidroxilos que forma enlaces anhídridos ricos en energía como ATP o ADP. Juega un papel clave en la fotosíntesis, la

respiración y todo el metabolismo energético, formando ácidos nucleicos, nucleótidos, coenzimas, fosfolípidos y varios tipos de azúcares fosfatados (Mengel y Kirkby, 1979; Sánchez, 2000).

- **Boro.** Se encuentra en pared celular puede estar disponible como ácido bórico (H_3BO_3) o como borato (BO_3^-). Se le asocia con la estabilidad de estas debido a sus enlaces éster que establece con los grupos cis-dioles polimanurónico. Se le involucra en alargamiento celular, germinación, regulación hormonal y en metabolismo de ácido nucleicos. También evita la acumulación excesiva de compuestos fenólicos, tanto en la raíz como en los tallos. La concentración de boro oscila entre 25-250 mg en la materia seca de la planta (Mengel y Kirkby, 1979).

Grupo tres. Nutrientes que permanece en la forma de ión:

- **Potasio.** Su absorción se da como ión monovalente K^+ , juega un papel importante en la osmoregulación que tiene lugar en los procesos de apertura y cierre de estomas. Participa como un cofactor en más de 50 sistemas enzimáticos, como los óxidos reductasas, deshidrogenasas, transferasas, sintetasas y quinasas. Su concentración va de 1 a 6 % del peso de la materia seca (Sánchez, 2000).

- **Calcio.** Se absorbe como ión divalente Ca^{2+} , se localiza fuera de la célula en la pared celular de la lámina media y en las membranas. Participa como factor de algunas enzimas involucradas en la hidrólisis de ATP y de fosfolípidos. Actúa como mensajero secundario en la regulación metabólica. Su concentración normal se encuentra 3 y 4 % de la materia seca (Mengel y Kirkby, 1979).

- **Magnesio.** Se absorbe como ión divalente Mg^{+2} actúa como un activador de la enzima fosfoenol-piruvato carboxilasa y la glutamato sintasa; participa en el metabolismo de la planta, forma complejos con ATP y en la biosíntesis de

proteínas y como un activador de la RNA polimerasa. Es el átomo central del núcleo tetrapirrólico de la molécula de clorofila, por lo tanto, es vital para el proceso de la fotosíntesis. El contenido total de Mg^{2+} en las plantas oscila entre 0.1 y 0.5 % de peso seco (Sánchez, 2000).

- **Manganeso.** Se absorbe como un catión divalente Mn^{2+} , actúa como activador de numerosas enzimas, como por ejemplo el complejo manganeso-proteína que transporta los electrones del agua al fotosistema II, forma parte de la manganeso-superoxidodismutasa (Mn-SOD) y en enzimas respiratorias del ciclo de Krebs (carboxilasa, deshidrogenasa, cinasas, oxidasas y peroxidasas), su contenidos en planta son de 40 a 500 ppm (Mengel y Kirkby, 1979).

Grupo cuatro. Elementos minerales que se involucran en las reacciones redox:

- **Hierro.** Se absorbe como ión ferroso (Fe^{2+}) o férrico (Fe^{3+}). El 80 % del hierro se acumula en los cloroplastos; forma parte de muchas enzimas redox del tipo hemoproteínas como los hierro-azufre o las sulfero proteínas que son clave en la fotosíntesis (ferredoxina, nitritoreductasa, sulfito, reductasa), en la fijación de N_2 y en la respiración (Taiz y Zeiger, 2002) sus niveles en la planta oscilan entre 40 a 300 ppm (Jones, 1999).

- **Zinc.** Es absorbido como un ión divalente (Zn^{2+}), aunque mayormente en formación de quelato. Juega un papel estabilizador en la molécula de clorofila y participa en la síntesis de ácido indolacético. Es necesario para actividades de la alcohol deshidrogenasa, deshidrogenasa glutámica y anhidrasa carbónica que aceleran la hidratación del dióxido de carbono a bicarbonato en la fotosíntesis (Taiz y Zeiger, 2002). En la planta su concentración se encuentra entre 20 y 100 ppm (Jones, 1999).

- **Cobre.** Se absorbe como ión cuproso Cu^+ o como ión divalente (Cu^{2+}) en suelos con escasez de oxígeno. Participa con diversas proteínas y enzimas como la

plastocianina, proteína que se involucra en la respiración y cataliza la transferencia de electrones hasta oxígeno. Se le relaciona con la biosíntesis de lignina y participa en reacciones de síntesis de ácido ascórbico oxidasa, tirosina, oxidasa monoamina, fenolasa y la plastocianina (Taiz y Zeiger, 2002). En la planta los niveles se encuentran de 5 a 20 ppm (Jones, 1999).

- **Molibdeno.** Forma parte de la enzima nitrato reductasa, responsable de la reducción de nitrato a nitritos; de la nitrogenasa, fundamental en la fijación biológica del nitrógeno. Esta última enzima se involucra en la degradación de adenina y guanina, y es parte estructural de la enzima que genera el ácido abscísico. Los niveles de concentración en planta oscilan de 0.9 a 10 ppm (Jones, 1999).

3.4 Condiciones de los sistemas de cultivo para el estudio de la nutrición mineral

Steiner (1961) y Asher y Edwards (1983), establecen una serie de consideraciones que deben de tomarse en cuenta cuando se pretende realizar estudios relacionados con la nutrición de las plantas, con el propósito de que la información que se obtenga tenga un valor aceptable.

Los trabajos de investigación que emplean métodos de cultivo con soluciones nutritivas para estudiar el efecto de la concentración de iones sobre el consumo de nutrimentos, el crecimiento y desarrollo de las plantas, así como para estudiar la concentración en sus tejidos y establecer el diagnóstico de deficiencias y toxicidades, son establecidos frecuentemente en experimentos con sistemas hidropónicos en solución nutritiva o de cultivo en arena (en este caso el cultivo en arena proporciona un medio adecuado para el enraizamiento de la planta) y se realizan bajo el supuesto de que la concentración en el tejido es una característica de la planta que no es afectada por la variación temporal de las propiedades de la solución nutritiva. Sin embargo, algunos factores de la planta y del ambiente pueden alterar las características iniciales de la solución nutritiva, ocasionando con ello serios problemas en los resultados experimentales obtenidos. Una de las

principales alteraciones es la disminución en la composición y concentración iónica de la solución nutritiva, entre otros factores. La importancia de este problema y su tolerancia está en función del propósito y objetivos del experimento, de la concentración a la cual el experimento debe ser conducido, del volumen de solución nutritiva proporcionado a la planta y de la tasa media de consumo por unidad de peso de raíz.

Los niveles en la alteración de la concentración de la solución nutritiva pueden ser establecidos en términos de la relación del consumo diario con la aplicación total de nutrientes o en términos de la frecuencia con la que debe renovarse ésta, lo cual es necesario para poner un límite de disminución a un porcentaje específico de la concentración inicial de los iones que se estén estudiando.

Para contrarrestar estos problemas existen dos alternativas que pueden emplearse; por un lado, incrementar el volumen de solución nutritiva que se aplica a cada planta, principalmente en sistemas cerrados, o bien, emplear sistemas hidropónicos abiertos con un constante de la solución nutritiva, este sistema permite controlar y mantener constantes de manera práctica algunos parámetros ambientales del medio donde crecen las raíces como el pH, Conductividad Eléctrica, la concentración y balance de la solución nutritiva y la temperatura; al respecto, Tindall *et al.*, (1990) señala que la mejor absorción de nutrimento se lleva a cabo a 25°C.

Los sistemas hidropónicos con flujo de la solución nutritiva representan una herramienta valiosa para la investigación, ya que ofrecen una forma práctica de obtener datos cuantitativos del efecto que tiene sobre la planta la concentración iónica externa donde se desarrolla la raíz.

3.4.1 Diagnósticos nutrimentales

Con la finalidad de mantener rendimientos altos en los cultivos, es indispensable conocer el estado nutrimental de las plantas y evitar que algún nutrimento este deficiente o en exceso para la planta y aplicarle al cultivo las fuentes y dosis de

fertilizantes que realmente necesita. De ahí la importancia de realizar análisis para conocer de manera precisa el estado nutrimental de las plantas. El diagnóstico nutrimental es una herramienta de trabajo que nos permite en base a análisis de suelo/sustrato, agua de riego y material vegetal, proponer la dosificación de fertilizantes con el objetivo de optimizar los rendimientos y calidad de fruta (FAO, 2002).

3.4.2 Deficiencias nutrimentales

Hasta muy recientemente se ha malinterpretado una deficiencia fisiológica con una toxicidad nutricional. Para aclarar este aspecto se tiene que entender que en la deficiencia fisiológica el nutrimento se encuentra mayormente inactivado con poca o nula participación en el metabolismo vegetal, y en el caso de la toxicidad nutricional puede decirse que el nutrimento es “Hiperactivo” desplazando o bloqueando otros nutrimentos de los sitios metabólicamente activos, o bien acelerando los procesos que a él le corresponden a tal grado que se colapsa el metabolismo vegetal. La confusión ha tenido su origen en el hecho que la sintomatología visual de la deficiencia nutricional y la deficiencia fisiológica presentan el mismo patrón de planta en el diagnóstico de campo, y cuando se lleva el material vegetal al laboratorio y se analiza, las altas concentraciones en el tejido enfermo tenían dos explicaciones: una, la más común y sencilla, era atribuir este hecho a un “error” analítico y la otra consignarlo a una toxicidad nutricional sin mayor verificación (Castellanos, 2000a).

Diagnóstico de deficiencias nutrimentales en un cultivo se puede realizar mediante observación visual, ensayos con plantas vivas en invernaderos o en campo, análisis de suelo y análisis vegetal.

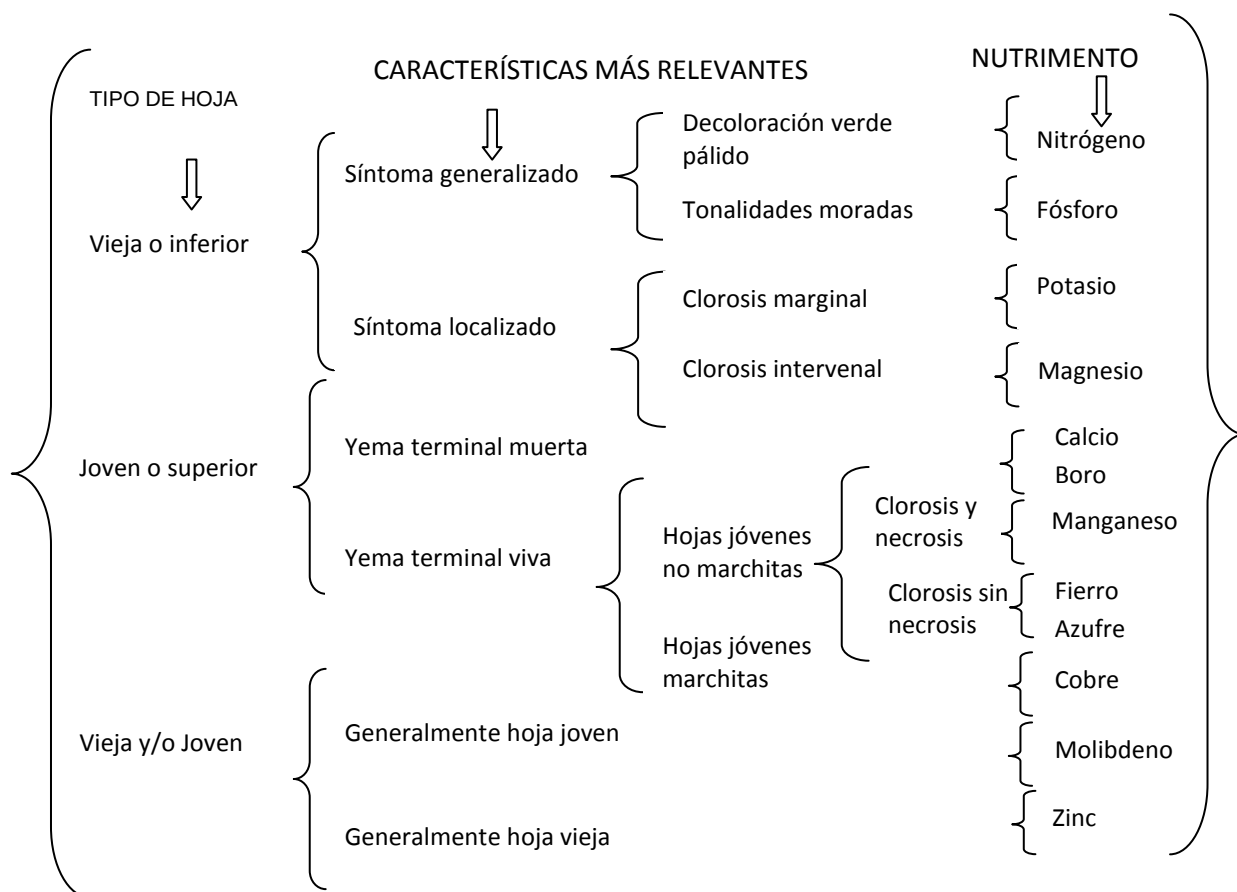
3.4.3 Diagnóstico visual

Consiste en detectar síntomas en las plantas, que puedan apreciarse como cambio de coloración en forma o respecto a una ideal; sin embargo, esta técnica requiere que la persona responsable del diagnóstico tenga conocimientos y

experiencia con el propósito de no confundir los síntomas de deficiencias de algunos nutrimentos con otro tipo de síntomas producidos por factores no nutrimentales, como enfermedades, efecto de agroquímicos, daños ocasionados por el clima, etc. Es recomendable corroborar estas observaciones con el análisis de suelos y/o planta.

La localización de los síntomas en la planta puede ayudar a identificar de qué nutrimento se trata (Cuadro 2). Las deficiencias de los nutrimentos móviles dentro de la planta son evidentes en las hojas inferiores o más adultas, mientras que las deficiencias de los nutrimentos inmóviles se localizan en las partes jóvenes (Castellanos, 2000).

Cuadro 2. Cuadro sinóptico de la sintomatología visual de las deficiencias.



Fuente: Tomado de Días de León, 2006

3.4.4 El análisis de suelo

El análisis de suelo, es la técnica que se utiliza para identificar las características físicas (textura, capacidad de campo, punto de marchitamiento permanente, porosidad etc.), y química (N, P, K, Mg, S, Zn, pH, CIC, cantidad de sodio intercambiable, etc.), que permite conocer la fertilidad del suelo antes de establecer un cultivo. El análisis de suelo es una herramienta de las más rentables en agricultura y se utiliza conjuntamente con toda la información disponible del predio, para formular recomendaciones de fertilización que permitan elevar los rendimientos del cultivo y la productividad de los suelos. Los laboratorios de fertilidad de suelos que están en todo el país ofrecen a los productores y técnicos información sobre la manera de realizar el muestreo, dado que las muestras de suelo deben representar la condición para la cual se requiere del análisis. Estos laboratorios disponen de personal capacitado y equipo moderno para realizar análisis de suelos, plantas, agua de riego, abonos y fertilizantes (Días de León, 2006.)

3.4.5 Análisis vegetal

El análisis vegetal es una técnica que conjuntamente con las anteriores ayuda a definir con mayor precisión el estado nutrimental del cultivo y los requerimientos de fertilizantes para obtener los rendimientos óptimos. Comúnmente se utiliza para confirmar el diagnostico de los síntomas visuales, para detectar deficiencias, excesos o desbalances nutrimentales, determinar si los fertilizantes aplicados han sido absorbidos por la planta, conocer las interacciones entre ellos y el balance nutrimental de cultivo (Castellanos y Guerra, 2000).

El análisis vegetal en la mayoría de los cultivos puede hacerse en toda la planta o bien colectando solamente las hojas; la elección será en función de los niveles de suficiencia con los que se cuente para hacer la comparación. La concentración nutrimental en una planta se ve afectada por la variedad, por la edad del cultivo que provoca el efecto de dilución nutrimental y por la posición de las hojas en la

planta que se toman para el análisis; las hojas superiores tienen mayor concentración que las hojas inferiores (Castellanos y Guerra, 2000).

La muestra que se tome de hojas o de la planta completa para hacer el análisis debe de ser representativa de la situación que se quiera conocer del cultivo. Es común que los laboratorios que realizan análisis de plantas proporcionen información sobre el procedimiento para la toma de muestras de manera adecuada. Recomienda utilizar materiales limpios para manejar la muestra y evitar su contaminación, llevarla al laboratorio lo más pronto posible durante el día en que se tomó la muestra, o bien, mantenerla en refrigeración durante la noche para evitar su alteración, y entregarla al siguiente día (Castellanos *et al.*, 2000)

3.5 Curva de demanda de nutrientes

Una vez que se han solucionado los problemas de suelo es necesario trabajar con el cultivo. Los programas de fertigación se basan en el conocimiento de la demanda nutrimental de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo. Esta variable se determina mediante muestreo secuencial de la biomasa total. Es decir, se toman muestras de toda la planta en una superficie determinada que puede ser de 2 o 3 m². Estos muestreos se realizan cada 2 o 3 semanas, teniendo especial precaución de que cada muestreo sea representativo de una etapa particular del desarrollo del cultivo. Las muestras se secan, pesan y muelen para su análisis en el laboratorio. Conociendo el peso de la materia seca total y la concentración de nutrientes en las muestras de las plantas se pueden calcular las curvas de acumulación de nutrientes. Es importante recordar que el cultivo debe crecer sin ninguna restricción, pues lo que se desea es que las plantas expresen todo su potencial de rendimiento para completar su ciclo de producción (Castellanos, 2007)

Estos estudios no constituyen una herramienta de diagnóstico como lo es el análisis foliar, sino más bien, contribuyen en forma cuantitativa a dar solidez a los programas de fertilización a recomendar, específicamente, permite conocer cuanta

cantidad de nutrientes en Kg/ha, es absorbida por un cultivo para producir un rendimiento dado, en un tiempo definido (Bertsch, 2003).

Datos provenientes de estos estudios son importantes pues constituyen una medida real, quizá la más real posible de lo que consume un cultivo desde la siembra hasta la cosecha, y por lo tanto representan las cantidades mínimas a las que debe de tener acceso un cultivo para producir un determinado rendimiento. Estos estudios son muy puntuales, son los que se refieren a requisitos totales y de cosecha, en los cuales incluyen todo el ciclo de vida del cultivo, las cuales dan origen a las llamadas curvas de absorción (Bertsch, 2003).

Por otro lado, la capacidad de absorción de un cultivo bajo condiciones nutricionales limitantes, se verá obviamente disminuida. De allí radica la importancia que los estudios de absorción se lleven acabo bajo condiciones nutricionales controladas.

En cada cultivo y en cada variedad de una misma especie presenta características particulares de comportamiento, producción y respuesta a la capacidad de absorber nutrientes, por lo que los resultados de un estudio de absorción resulten extrapolables a otras situaciones más allá de la circunstancia particular en la que se efectuaron, es necesario que se realicen bajo condiciones nutricionales y ambientales óptimas y con variedades definidas. En caso de cultivos anuales es común encontrarse la extracción por cada órgano de la planta o absorción total, mientras en cultivos perennes lo frecuente es contar con los datos de la extracción hecha particularmente por la parte comercial de interés (fruto, grano etc.)

A pesar de las consideraciones establecidas anteriormente, y con la certeza de contar con los datos sobre las cantidades consumidas por un cultivo o contar con aproximaciones nutrimentales de otros sitios para variedades ya establecidas se procederá al establecimiento de un rendimiento esperado sobre el cultivo que se tiene interés transformado los datos tanto de consumo como de rendimiento a las mismas unidades por ejemplo en kg/ha (Bertsch, 2003).

Finalmente con los datos de consumo total (Cuadro 3) efectuado, por el cultivo es posible generar una grafica que se asocie el rendimiento con la cantidad absorbida de cada elemento, de modo que con ellas podrán estimarse las necesidades de N,P,K para cualquier rendimiento con un grado de confiabilidad alto (Bertsch, 2003).

Cuadro 3. Cantidades totales de macronutrientes extraídos por el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en kg/ton de fruto producido.

Concentración	N	P	K	Ca	Mg
Solución de Steiner al 75%	1.65	0.33	1.78	3.79	0.98

Fuente: Barraza (2008).

3.6 Curvas de respuesta

Las curvas de respuesta muestran gráficamente la relación entre el crecimiento o rendimiento y el nivel de un nutrimento en la materia seca, y se deriva del modelo matemático de Mitscherlich, Prevot y Ollagnier en 1956 plantean la curva de respuesta para macronutrientes y posteriormente 1986 Loué la desarrolla para micronutrientes, pero parece ser mas aceptada a la de Amberger propuesta en el mismo año, su mayor aceptación radica en que el umbral óptimo que separa la deficiencia de la toxicidad es mucho mas estrecho que el propuesto por Loué y sobre todo por que concuerda más con la realidad, pero adolece de la comprensión del efecto de Piper-Steenberg.

3.7 Curva de abastecimiento nutrimental

Los intervalos de abastecimiento, también llamados niveles críticos, se refiere a los intervalos de concentración nutrimental, asociados con algunas zonas dentro de los distintos segmentos de una curva de respuesta, resultante de relacionar los rendimientos con la concentración (deficiencia aguda, deficiencia latente o hambre

oculta, suficiencia exceso y toxicidad). Cuando se trabaja con un intervalo de abastecimiento (Figura 1), es fácil darse cuenta que la interpretación del análisis puede ser menos errática que con un nivel crítico, el cual es un valor específico y puntual, mientras que cuando se utiliza el primero se tiene índices inferiores y superiores dentro de los cuales se puede inferir en que intervalo de abastecimiento se encuentra la muestra analizada, lo que proporciona un mejor índice para la interpretación (Alcántara y Trejo-Téllez, 2009).

De acuerdo con Prevot y Ollaguiet en 1956, se reconocen seis zonas de abasto y cuatro valores críticos. Atterberg en 1901 y Mancy en 1936 son los precursores de los valores críticos, a partir de los cuales el abasto de nutrimentos elimina las deficiencias. Después de reconocer las zonas de abasto y valores críticos, en 1956 cuestionaron la curva asintótica de respuesta de mitscherlich, que incluye el efecto Piper-Steenberg. De 1960 a 1973 Kenworthy desarrolla la idea básica de que si un cultivo tiene un rendimiento relativo alto, la composición mineral tiene que ser tal que produzca ese rendimiento.

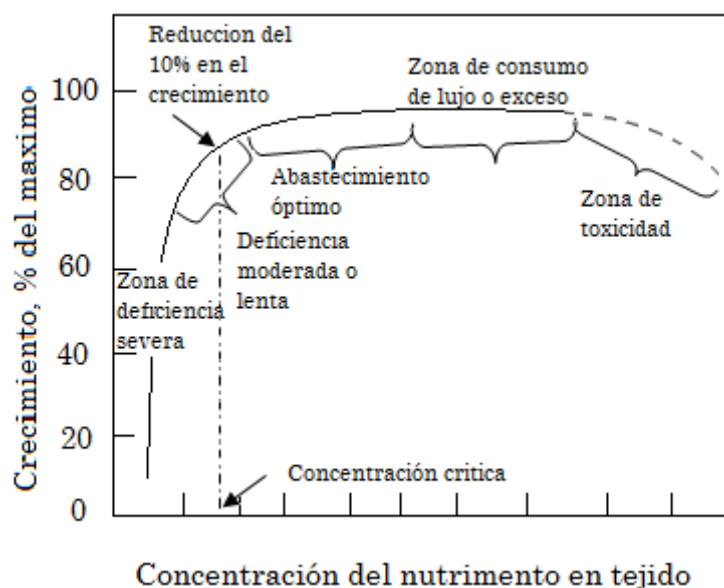


Figura 1. Intervalos de abastecimiento nutrimental (Alcántara y Trejo-Téllez, 2009.)

3.8 Interpretación de resultados del análisis de laboratorio

Para estimar la dosis de fertilizantes, se pueden utilizar relaciones que consideren la demanda del cultivo menos el suministro del suelo, entre la eficiencia del fertilizante, en las condiciones específicas de manejo del cultivo. Estas relaciones establecen que cuando la cantidad de nutrimentos suministrada por el suelo es inferior a la demandada por el cultivo para alcanzar un rendimiento dado, se precisa aplicar fertilizantes para mejorar el rendimiento (Etchevers, 1999). Este autor establece que la cantidad de nutrimentos extraídos por las plantas para producir el fruto, follaje, tallos y raíces, son valores importantes para conocer la cantidad de nutrimentos retirados de las reservas del suelo y por lo tanto, la cantidad de fertilizante que debe suministrarse.

3.9 Establecimiento de la dosis de fertilización

3.9.1 Dosis de fertilización

Para elaborar un programa de fertilización en cualquier cultivo que permita obtener altos rendimientos, es indispensable conocer la demanda nutrimental del cultivo, la cual está determinada por el nivel de producción de biomasa (hojas, tallos, frutos, flores, raíz), y las curvas de extracción nutrimental en función del tiempo. También es importante conocer la fertilidad del suelo a través de un análisis físico y químico, lo cual, sumado a lo que aporta el agua, forma el suministro existente de nutrimentos. Por último, para formular la dosis se necesita conocer el nivel de eficiencia en la aplicación de fertilizantes, principalmente portadores de NPK. Con estos elementos se elabora la dosis que requiere un cultivo en determinado sitio (Días de León, 2006).

3.9.2 Metodología DRIS

La metodología DRIS (Sistema Integrado de Diagnostico y Recomendaciones) es para determinar los fertilizantes requeridos por cierto cultivo en determinado sitio y aumentar la posibilidad de obtener altos rendimientos. Es esencial entender que cualquier factor correspondiente a suelo, planta o clima puede ser limitante en un

caso particular; entonces, para obtener buenos resultados en el diagnóstico y en la recomendación es necesario conocer todos los factores posibles que puedan afectar el rendimiento (Sumner, 1982).

El sistema DRIS caracteriza los nutrientes en términos de índices, los cuales son derivados como funciones de rendimiento: estos índices no solo clasifican los factores de rendimiento en orden de importancia limitativa, sino que también dan una indicación de la intensidad con la cual la planta o el suelo requieren determinado nutriente. Los índices simplemente indican la naturaleza y el grado de balance nutricional en la planta y a partir de lo cual establece la demanda por la planta. Los índices de planta no dan una indicación automática de la naturaleza y cantidad de un elemento en particular que deba de ser adicionado al suelo (Sumner, 1982).

En general los índices de las plantas (Cuadro 4), se interpretan dentro de los siguientes intervalos.

Cuadro 4. Índices del balance nutricional en las plantas

Limitante	Adecuado		Consumo de lujo	
-30	-15	0	+15	+30

Ventajas del DRIS

- Orden de los nutrientes por su importancia limitativa ($P > N > K > S$).
- La etapa de muestreo en el cultivo es menos importante, por que las relaciones nutricionales son más estables que los porcentajes durante la estación.

Desventajas del DRIS

- Los índices DRIS no han sido establecidos para muchos cultivos

3.9.3 Recomendación de dosis y fuentes adecuadas para la fertilización

Para llevar a cabo un programa de fertilización de cultivos es necesario considerar lo siguiente:

- 1) Requerimientos nutrimentales del cultivo
- 2) Estado nutrimental del suelo (Análisis químico)
- 3) Tipo de suelo y otras características (Análisis físico)
- 4) Eficiencia de los fertilizantes

La fórmula para calcular y dar una recomendación dosis de fertilización para los macronutrientes propuestas por (Castellanos, 2005), es necesario contar con los requerimientos nutrimentales del cultivo y la disponibilidad de nutrientes en el suelo, así como la eficiencia de los fertilizantes.

Para sustituir la disponibilidad de nutrimentos, se utilizan los resultados obtenidos del análisis del suelo de la huerta. Se transforma la cantidad de nutrimento por kilogramo de suelo, en kilogramos de nutrimento por hectárea. Para calcular el requerimiento nutrimental del cultivo, se considera la extracción por cada tonelada de fruta que se cosecha, con la producción esperada en $t \cdot ha^{-1}$, la inversión que hace la planta para la generación y mantenimiento de órganos y la eficiencia de los fertilizantes nitrogenados.

3.10 La aplicación de fertilizantes en la calidad de los productos agrícolas

La finalidad de la aplicación de fertilizantes no consiste sólo en obtener elevadas producciones, sino también alta calidad de los productos. La necesidad de obtener alimentos de alta calidad debe ser algo común tanto en las regiones con escasez de alimentos, como en las regiones que los producen en abundancia (FAO, 2002).

Tanto los productores como los consumidores deben estar interesados en que los productos agrícolas sean de la máxima calidad. El productor desea vender sus

productos a un buen precio y por eso intenta obtener los parámetros de calidad que lo elevan. El consumidor desea una alimentación de buen aspecto, agradable, nutritiva y carente de sustancias nocivas.

El nivel nutrimental de las plantas, así como su regulación por las prácticas de fertilización, tiene gran influencia sobre la calidad. El empleo de abonos orgánicos o minerales puede mejorar considerablemente la calidad de las cosechas, pero puede tener también efectos negativos (Fink, 1988).

El problema central de la discusión sobre la calidad de los alimentos se encuentra en la cuestión de si los nuevos sistemas de fertilización con productos orgánicos (sobre todo abonos orgánicos de granja) o productos minerales, que han permitido aumentar la producción agrícola y mejorar incluso el aspecto externo de las cosechas, afectan o no la calidad de los alimentos.

Cuando se efectúan de manera correcta, el abonado (orgánico o mineral) es un medio adecuado para mejorar la producción y la calidad; pero si se efectúan incorrectamente, puede reducir la calidad de los productos (FAO, 2002).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Localización del experimento

La presente investigación se realizó en uno de los invernaderos, del Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, localizado en Chapingo, Estado de México, ubicado a 19° 29' Latitud Norte y 98° 53' Latitud Oeste, y una altitud de 2240 msnm.

4.2 Diseño de tratamientos y unidad experimental

Para la extracción nutrimental de las colectas se utilizó un diseño completamente al azar, con un solo tratamiento con la solución de Steiner a 75% de acuerdo a las

investigaciones hechas por (Barraza, 2008), en pepino (*Cucumis sativus* L.) en las cuales se obtuvo el mayor crecimiento y rendimiento, la unidad experimental estuvo compuesta de 4 plantas, con 4 repeticiones cada una, teniendo 16 plantas por tratamiento, dando un total de 32 plantas por todos los tratamientos. Las plantas fueron cultivadas en macetas de plástico con capacidad para 10 litros cada una (Figura 2), con una separación entre hileras de 60 cm y entre macetas 40 cm, como sustrato se utilizó tezontle rojo con un tamaño de partícula 5 mm.



Figura 2. Plantas sembradas en macetas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.).

Como fuente de nutrimentos en el sistema hidropónico, se empleó la solución nutritiva de Steiner (1984), a 100% de concentración (Cuadro 5). La cual se caracteriza por tener una relación mutua de aniones y cationes y una concentración total de solutos (macronutrimentos) de 30 mole ion·m³ que corresponde a un potencial osmótico de -0.072 Mpa, y un pH de 5.0-5.5. De esta solución se diluyó con agua para obtener el tratamiento a una concentración de 75 %.

Cuadro 5. Cantidad de fertilizantes para preparar 1100 litros de solución nutritiva a una concentración de 75%.

Nutrientes	Cantidad (g)
Acido fosfórico*	100
Nitrato de calcio	876.15
Sulfato de potasio	215.73
Nitrato de potasio	249.97
Fosfato monopotásico	112.2
Sulfato de magnesio	198
Sulfato ferroso	41.25
Sulfato de manganeso	8.25
Sulfato de zinc	4.12
Sulfato de cobre	4.12
Bórax	12.37

*Esta fuente es líquida, esta expresada en mililitros.

4.3 Extracción nutrimental

Después de deshidratar las muestras obtenidas de todas las partes de la planta (hojas, tallos, flores, zarcillos y raíz) se cortaron en partes pequeñas, y se procedió a la molienda, esto fue hecho con un molino eléctrico marca Wiley Mill Thomas®, una vez molidas estas, se procedió al análisis de N por medio del método de digestión Kjeldahl y P, K, Ca, Mg por medio de espectrometría de inducción de plasma acoplado (ICP), en el laboratorio de Nutrición Vegetal del programa de edafología del Colegio de Postgraduados de Montecillo, Estado de México.

4.4 Análisis estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo con el análisis de varianza (ANAVA), y pruebas de comparación de medias de Tukey ($\alpha \leq 0.05$). A las variables obtenidas de las muestras de extracción nutrimental se les aplicó regresión no lineal con el

modelo logístico $y = \frac{A}{(1 + B \cdot e^{-Cx})}$, donde y es la variable respuesta; A máximo

valor observado; B no tiene significado biológico, y solo toma lugar en el tiempo inicial, cuando $x=0$; x =días después del trasplante; C: parámetro relacionado con el valor de x para el punto de inflexión; e: constante matemática, base del logaritmo natural igual a 2.718281828.

4.5 Manejo del cultivo

Se obtuvo las plántulas a través de la siembra de semilla en charolas de unicel de 200 cavidades cada una, se llenaron con sustrato Peat-Moss®; 25 días después de la siembra, se realizó el trasplante, cuando las plántulas tuvieran las primeras hojas verdaderas completamente desarrolladas o alcancen una altura de 10 a 15 cm de longitud (Figura 3). El intervalo entre riegos fue de 4 horas. Se utilizó un sistema hidropónico abierto con riego por goteo, con un pH en la solución nutritiva de 5.5. El cultivo se desarrolló a libre crecimiento, sin realizar podas.



Figura 3. Plántulas en almacigo de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.)

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para establecer la cantidad de nutrimento absorbido por una planta durante el ciclo de crecimiento es importante tener en cuenta su acumulación y distribución de materia seca en los órganos que constituyen la planta (Cuadro 2.). El rendimiento de un cultivo está definido por la capacidad de acumular biomasa en los órganos que se destinan a la cosecha y un incremento proporcional de la materia seca destinada a estos órganos garantiza un incremento del rendimiento (Grageda, 1999; Hedge, 1997).

Los datos de extracción de acuerdo con rendimiento por planta permitió calcular de manera aproximada la cantidad de nutrimento para producir una tonelada de fruto. Para obtener estos índices de extracción nutrimental (Cuadro 6), se tomó como referencia la cantidad de materia seca total acumulada en todo el ciclo del cultivo.

Cuadro 6. Requerimientos nutricionales para producir una tonelada de fruto, del cultivo de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) evaluado en invernadero en Chapingo, México, 2011.

Colecta	Nutrimento (kg)				
	N	P	K	Ca	Mg
San Pablo	4.73	1.14	5.039	4.5	1.91
Xichu	5.47	1.48	5.178	4.47	2.45

5.1 Nitrógeno

En el análisis estadístico de la comparación de medias hechas de las dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) arrojo que no existieron diferencias significativas para la extracción de nitrógeno entre colectas evaluadas, solo se presento diferencias a los 80 días después del trasplante para San Pablo con 3.53 g por planta en donde Xichu presento para esta fecha una extracción de 2.86 g, (Cuadro 7, Figura 4), pero aun así no fueron estadísticamente diferentes ambas colectas para este elemento.

En lo que concierne a la tasa de absorción de nitrógeno, esta mostro un comportamiento durante los 160 días, una fase lenta en los primeros 10 días y después de estos hasta los 60 ddt acelerada, durante este periodo comprendido, fue donde ocurrió la máxima tasa de absorción de este elemento aproximadamente ocurrió a los 45 días después del trasplante en donde San Pablo presento 0.1809 g/ planta y Xichu con 0.1622 g /planta (Figura 5), después de este periodo la tasa de absorción bajo comportándose así hasta el final del

ciclo del cultivo. No coincidiendo con las investigaciones hechas por (Barraza, 2008) en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) en donde indica que la máxima extracción para nitrógeno se presentó a los 120 días, en las investigaciones hechas por Oliveira, *et al.*, 2010, en (*Cucumis anguria* L.) dos fuentes de nitrógeno (sulfato de amonio y urea) para su aplicación en diferentes fechas, en donde encontró que la mejor respuesta en rendimiento y número de frutos por planta la tuvo agregando el sulfato de amonio a los 60 días después del trasplante, coincidiendo con este autor para la fechas en donde se extrae mas nitrógeno para el “pepino mixteco”.

Cuadro 7. Comparación múltiple de medias del contenido de nitrógeno (N) de dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) evaluadas en invernadero, en Chapingo 2011.

Días después del trasplante (ddt)	Contenido de nitrógeno (g/planta)		DMS
	San Pablo	Xichu	
10	0 a ^z	0a	0
20	0.10 a	0.10a	0
40	2.40a	2.50a	0.226
60	2.63a	2.63a	0.13
80	3.53a	2.86b	0.47
100	3.40a	3.36a	0.40
120	2.66a	2.66a	0.130
140	3.26a	3.20a	0.370
160	3.06a	3.10a	0.333

DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

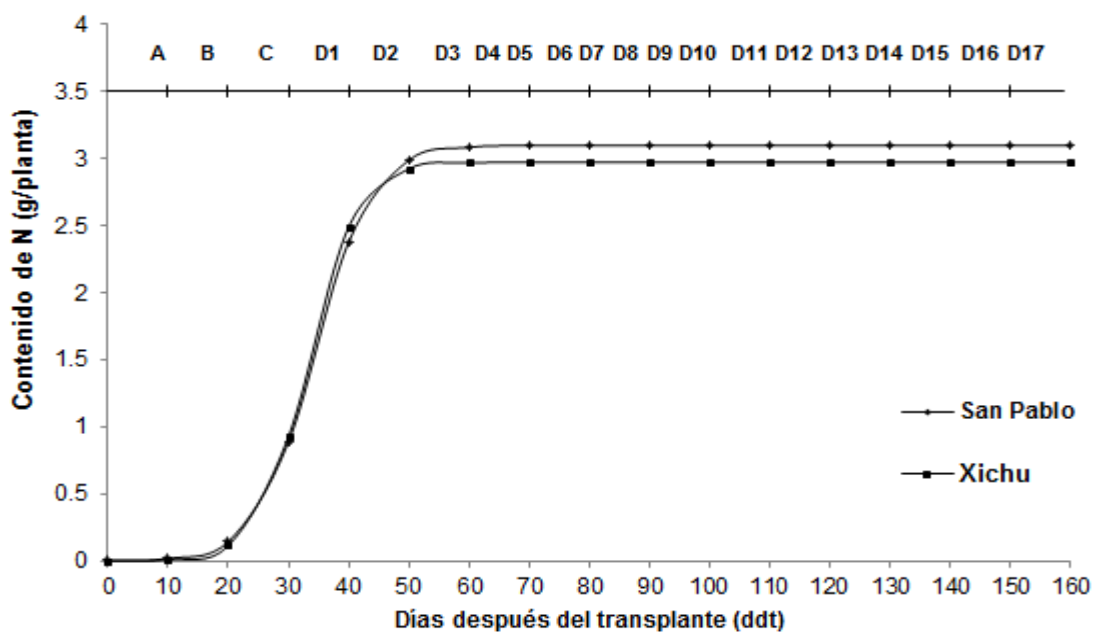


Figura 4. Contenido de nitrógeno durante el ciclo del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.

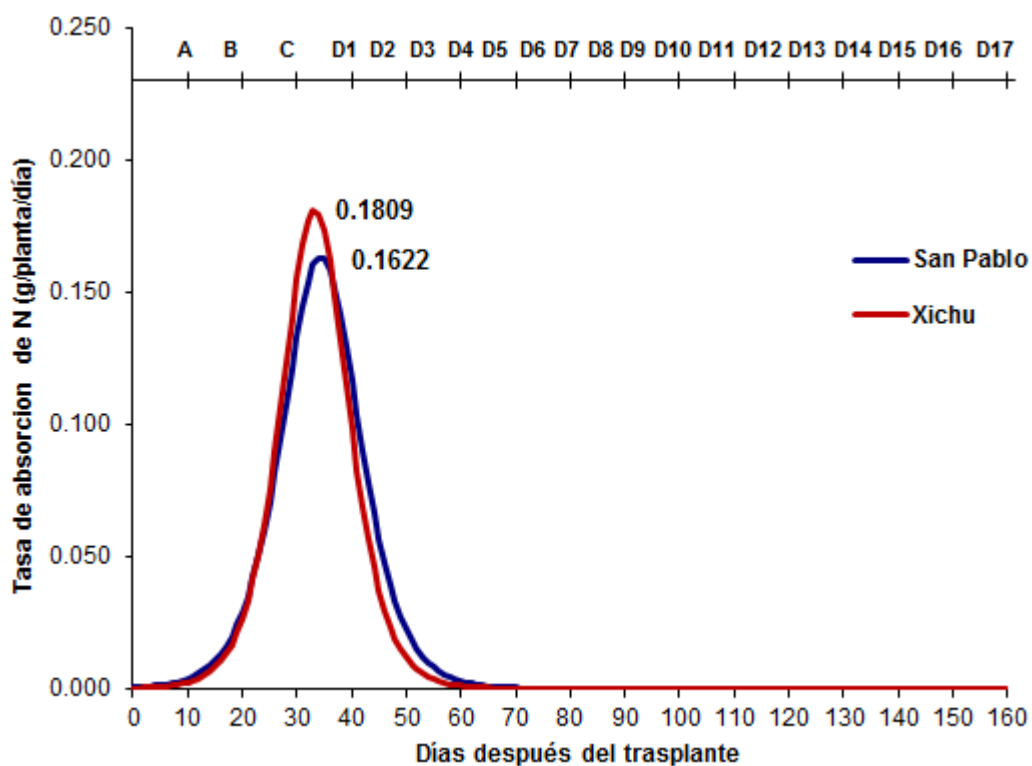


Figura 5. Tasa de absorción de nitrógeno durante el ciclo del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez

5.2 Fosforo

De acuerdo con la comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$), para las dos colectas estudiadas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) no hubo diferencia para el contenido de fosforo a excepción de los 80 días después del trasplante, en la cual San Pablo extrajo 4.20 y Xichu con 5.965 g por planta (Cuadro 8). En las primeras etapa del crecimiento de *Cucumis anguria* L. mostro una curva típica sigmoide para la extracción de fosforo, pero fue después de los 50 días después del trasplante donde ocurrió la mayor contenido de este elemento (Figura 6). De acuerdo con Oliveira, *et al.*, 2008 la aplicación de fosforo en forma de P_2O_5 en “pepino mixteco” fue favorecido en la producción de fruto y mejorar el rendimiento en esta hortaliza, Filgueira, 2000, indica que el fosforo al ser agregado en la etapa de desarrollo y en dosis adecuadas favorece a la floración y fructificación en (*Cucumis anguria* L.).

Para la tasa de absorción del fosforo fue evidente en las primeras etapas de desarrollo del cultivo de “pepino mixteco”, pero donde tuvo su máxima absorción fue a los 48 días después de trasplante, en los cuales la máxima absorción la tuvo la colecta fue Xichu 0.0903, San Pablo tuvo menor tasa de absorción para este elemento, con 0.0657 g por planta (Figura 7), con lo que este comportamiento probablemente obedece a que las condiciones de balance iónico y conductividad eléctrica de la solución nutritiva a 75 % (Barraza 2008), favorecieron el adecuado funcionamiento del sistema de absorción y transporte de la planta, lo que permitió mejor desarrollo (Thomson y Bolger, 1993).

Cuadro 8. Comparación múltiple de medias del contenido de fósforo (P) de dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) evaluadas en invernadero, en Chapingo 2011.

Contenido de fósforo (g/planta)			
Días después del trasplante	San Pablo	Xichu	DMS
10	0 a ^z	0	0
20	1.08a	1.08a	0
40	2.40a	2.50a	0.22
60	3.51a	4.47a	2.22
80	4.20b	5.965a	0.981
100	4.53a	6.65a	3.88
120	5.61a	8.14a	5.083
140	6.56a	6.90a	5.836
160	7.53a	8.43a	3.55

DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

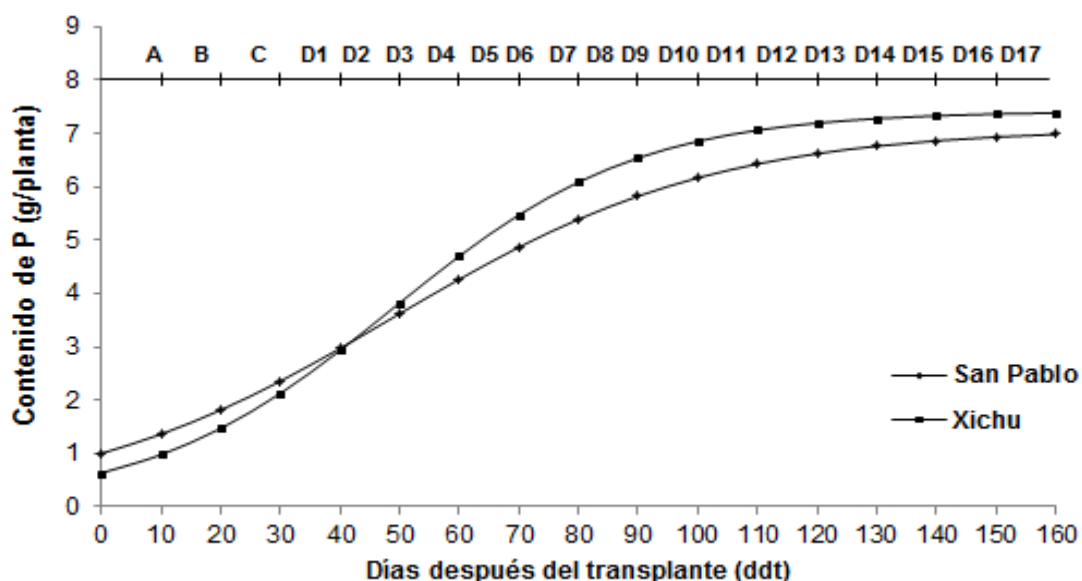


Figura 6. Contenido de fósforo durante el ciclo del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.

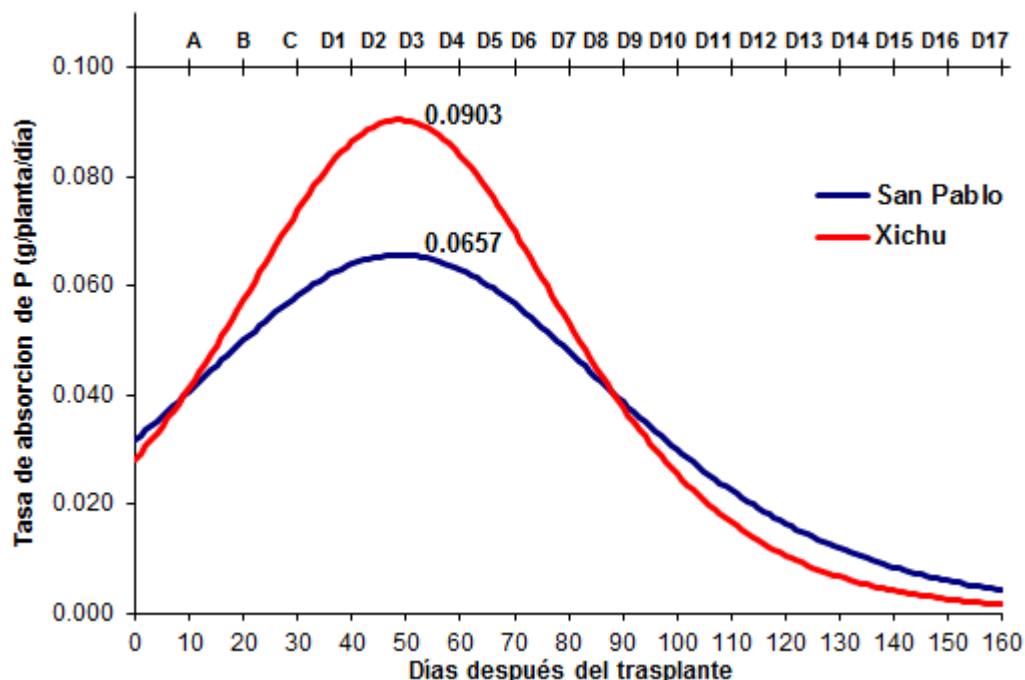


Figura 7. Tasa de absorción de fósforo durante el ciclo del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.

5.3 Potasio

En lo que se refiere a la extracción de potasio de acuerdo con la comparación de medias para las dos colectas evaluadas mostraron la existencia de diferencias significativas para la extracción de este elemento, San Pablo tuvo una extracción de 32.230 g, Xichu presentó menor extracción con 29.36 g/planta (Cuadro 9). En las primeras etapas de los 10 a los 20 días después del trasplante, las dos colectas mostraron una extracción menor, pero de los 20 días a los 50 fue cuando la extracción de este elemento presentó su máxima concentración, después se mantuvo estable hasta el final del ciclo (Figura 8). Lo anterior fue encontrado por Barraza (2008) en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) relacionándolo con el incremento de la demanda de este nutrimento a medida que se desarrolla la planta y ocurre el llenado de frutos, según (Sánchez, 2000) juega un papel importante en la osmoregulación que tiene lugar en los procesos de apertura y cierre de estomas, también participa como un cofactor en más de 50

sistemas enzimáticos y es uno de los elementos más demandantes en hortalizas de fruto.

Para la tasa de absorción de este elemento en cultivo de “pepino mixteco” fue evidente de 10 a los 60 días, es en esta etapa donde aparecieron las ramas primarias, así como la formación y llenado de fruto, pero fue aproximadamente a los 37 días después del trasplante cuando tuvo su máxima absorción para este elementos en ambas colectas (Figura 9), San Pablo con 2.3788g por planta y Xichu con 1.8960. Lo anterior no coincide con las investigaciones hechas por (Barraza, 2008) para potasio en pepino (*Cucumis sativus* L.), ya que la máxima tasa de absorción para este elemento se presento a 75 días después del trasplante, y las concentraciones fueron mayores que las encontradas en este trabajo. La mayoría de las *Cucurbitaceas* son grandes demandantes de potasio, ya que parte de este nutrimento y demás elementos minerales son enviados a los sitios de demanda como flores y frutos para desarrollo de los mismos (Marcelis, 1994).

Cuadro 9. Comparación múltiple de medias del contenido de potasio (K) de dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) evaluadas en invernadero, en Chapingo 2011.

Días después del trasplante	Contenido de potasio (g/planta)		DMS
	San Pablo	Xichu	
10	0 a ^z	0a	0
20	0.03a	0.03a	0
40	26.35a	23.77a	4.53
60	28.93a	28.24a	3.09
80	33.25a	28.32b	4.88
100	34.55a	33.73a	5.37
120	35.29a	43.17a	7.89
140	37.49a	34.07a	4.19
160	32.230a	29.36b	2.666

DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

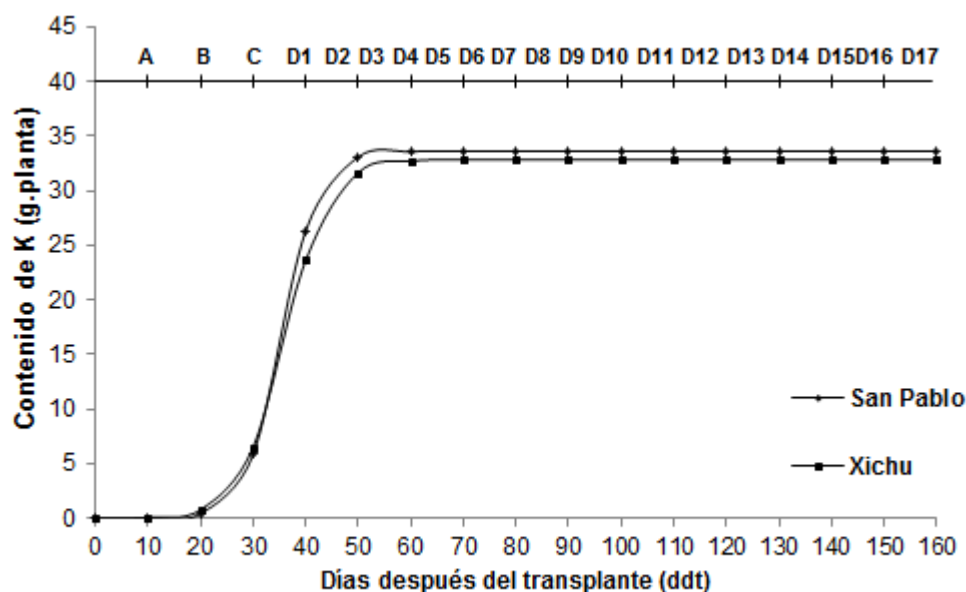


Figura 8. Contenido de potasio durante el ciclo del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.

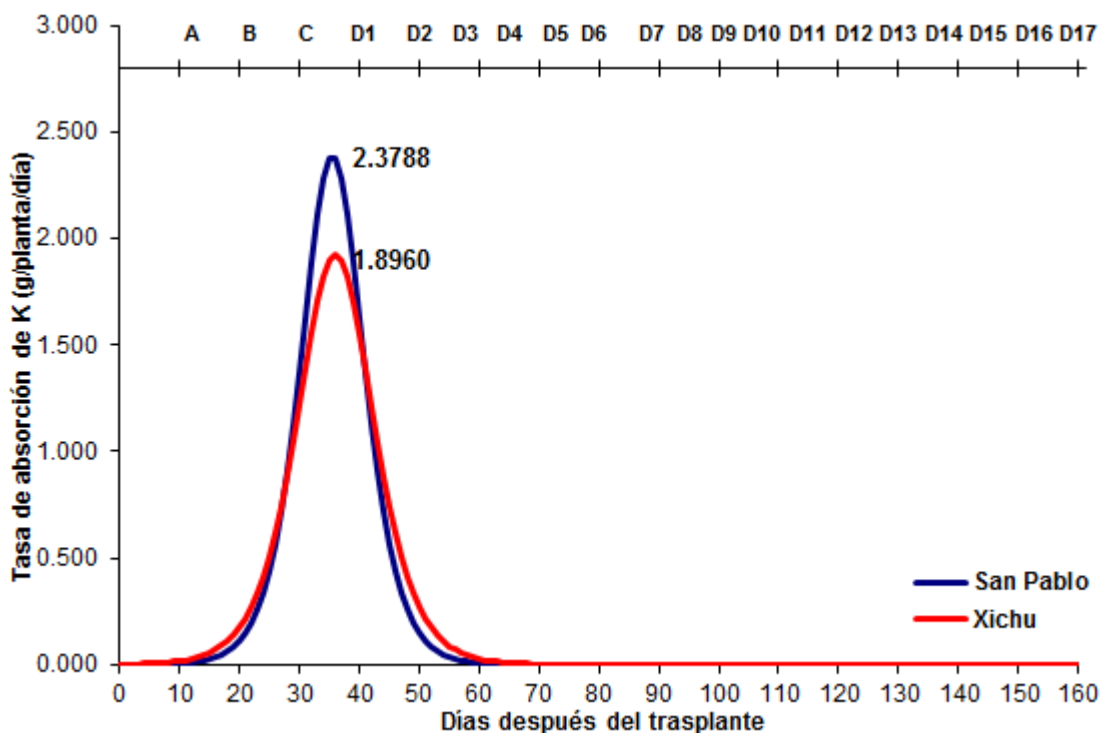


Figura 9. Tasa de absorción de potasio durante el ciclo del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.

5.4 Calcio

En la comparación múltiple de medias de la extracción de calcio presentó diferencias significativas desde los 120 días después del trasplante y hasta el final de cultivo en donde la máxima extracción para este nutrimento la tuvo la colecta denominada San Pablo con 34.33 g por planta siendo menor en Xichu con 28.59 g planta (Cuadro 10).

En las primera etapas fue evidente la extracción de calcio por *Cucumis anguria* L., ya que este participa en la germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico (Brewbaker y Kwack, 1963), pero las máximas extracciones de calcio se presentaron después de los 80 días después del trasplante (Figura 10), conforme se acercaba a la senescencia el contenido se estabilizo, ya que este nutrimento participo en el crecimiento de los brotes y en la acumulación de azúcares y firmeza del fruto (Marschner, 1995).

Para la tasa de absorción de calcio es evidente que es uno de los elementos más importantes que participan para la formación de órganos de las plantas, en las primeras etapas del ciclo de *Cucumis anguria* L. fue rápida, pero las máximas absorciones se presentaron para Xichu a los 23 ddt y para San Pablo a los 46 ddt con 0.2825 y 0.2879, respectivamente, después fue decreciendo con el tiempo. Lo cual concuerda con (Barraza, 2008) para este elemento el cual se presento en fechas similares en pepino, como resultado de crecimiento y llenado frutos, ya que este elemento forma parte de la estructura de la pared celular para formación de nuevos tejidos, en contraste con las primera etapas de crecimiento vegetativo, en donde no se encontró diferencias significativas (Figura11).

Cuadro 10. Comparación múltiple de medias del contenido de calcio (Ca) de dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) evaluadas en invernadero, en Chapingo 2011.

Contenido de calcio (g/planta)			
Días después del trasplante	San Pablo	Xichu	DMS
10	0 a ^z	0a	0
20	0a	0a	0
40	18.73a	16.29a	3.67
60	18.86a	19.00a	3.76
80	21.68a	25.14a	3.46
100	30.52a	26.82a	3.90
120	34.33a	28.59b	3.26
140	32.38a	25.34b	2.142
160	28.09a	23.51b	3.60

DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

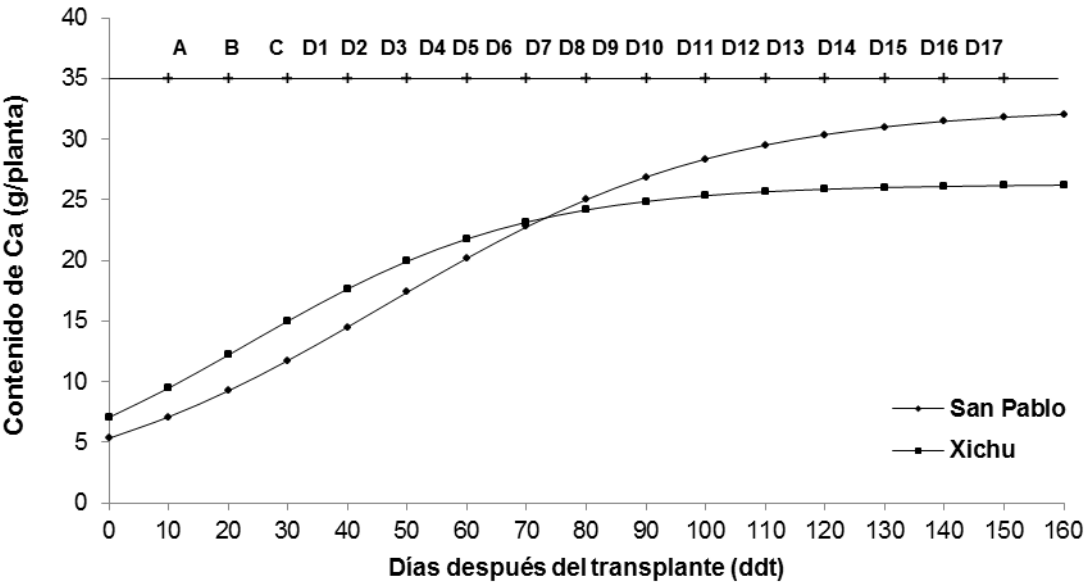


Figura 10. Contenido de calcio durante el ciclo del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.

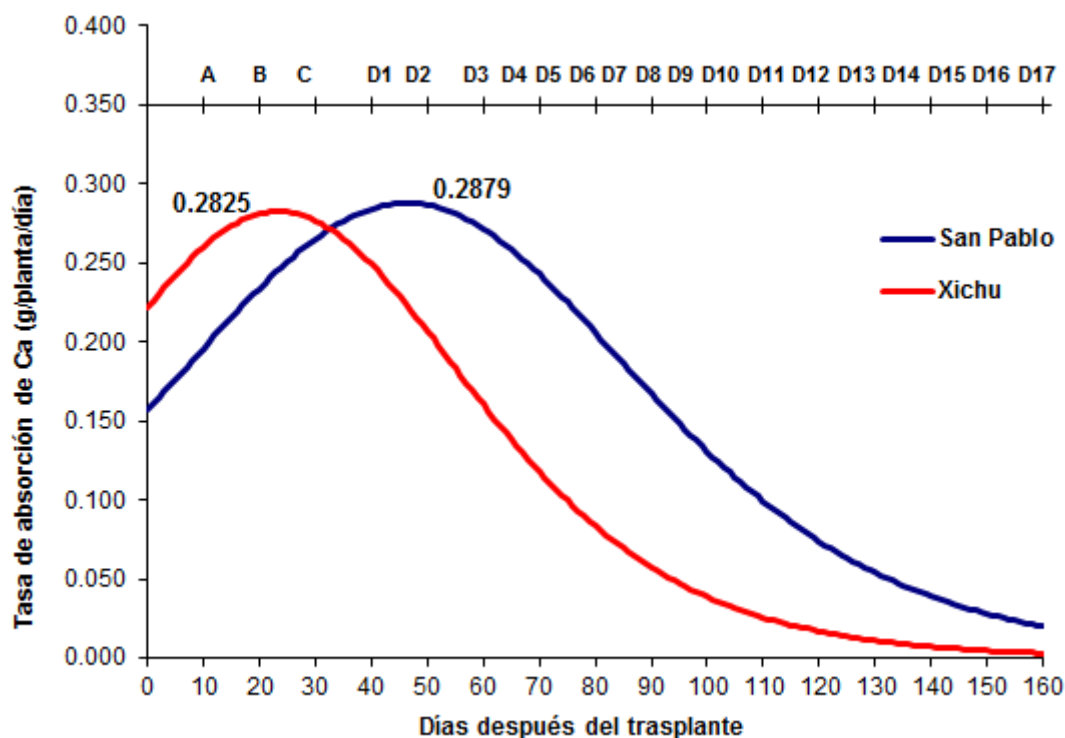


Figura 11. Tasa de absorción de calcio durante el ciclo del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.

5.5 Magnesio

Jones *et al.* (1991) señalan que el contenido de magnesio de una planta es variable, con valores de suficiencia de 0.25 % en la mayoría de los cultivos. Arcos *et al.* (1998) señalan 0.31- 1 % en follaje y Piggott (1986) menciona que de acuerdo a la fenología se tiene 1- 1.7 % en etapa vegetativa intermedia y de 0.25 a 1.2 % al inicio de fructificación.

Para el nutrimento magnesio en la comparación de medias para las colectas evaluadas no hubo diferencias significativas para este elemento evaluado solo se evidencio que para los días 120 y 140 días después del trasplante mostraron diferencias significativas para ambas colectas (Cuadro11). Para la extracción de magnesio los primeros veinte días no fue tan rápida en este elemento debido a la reducida área foliara que presentaba esta especie, después de los 20 días y hasta los 50 días después del trasplante fue rápido la absorción, después fue

estabilizándose hasta el final del ciclo debido a la senescencia de las plantas (Figura 12). Esto coincide con otras investigaciones hechas por Barraza (2008) en las cuales observo que a medida que transcurría el tiempo el contenido estuvo en aumento, después de los 90 días después del trasplante fue decreciente, en la cual lo asocio este autor con la producción de hojas y frutos en pepino, (Sánchez, 2000) indica que este nutrimento participa en el metabolismo y es vital para el proceso en la fotosíntesis de las plantas.

Para tasa de absorción para el magnesio se comporto de manera lenta los primeros 20 días después de estos tuvo una máxima absorción a los 45 ddt en ambas colectas en la que San Pablo presento la máxima absorción con 0.5772 g por planta y Xichu con 0.3765 g por planta, después de lo 60 y 70 ddt respectivamente disminuyo la tasa de absorción para magnesio en ambas colectas estudias (Figura 13), en invernadero e hidroponía en solución de Steiner al 75% de concentración.

Cuadro 11. Comparación múltiple de medias del contenido de Magnesio (Mg) de dos colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) evaluadas en invernadero, en Chapingo 2011.

Días después del trasplante	Contenido de Magnesio (g/planta)		DMS
	San Pablo	Xichu	
10	0 a ^z	0a	0
20	0.542a	0.542a	0
40	8.98a	8.36a	2.28
60	11.66a	11.18a	1.69
80	13.63a	10.86a	2.78
100	16.48a	16.28a	2.84
120	34.33a	28.59b	3.26
140	32.38a	25.34b	2.14
160	10.67a	9.43a	3.47

DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

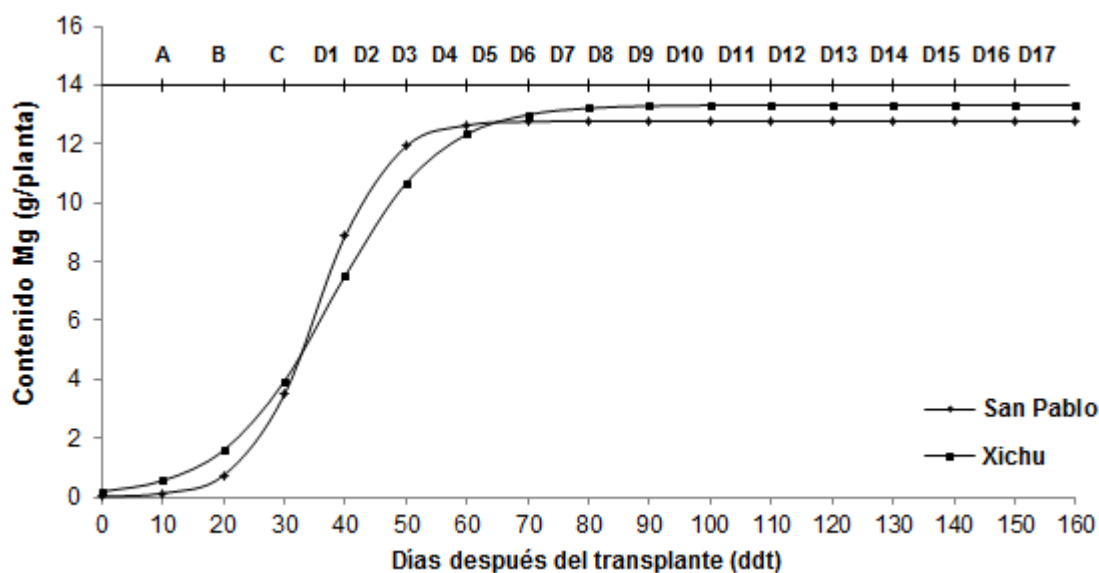


Figura 12. Contenido de magnesio durante el ciclo del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.

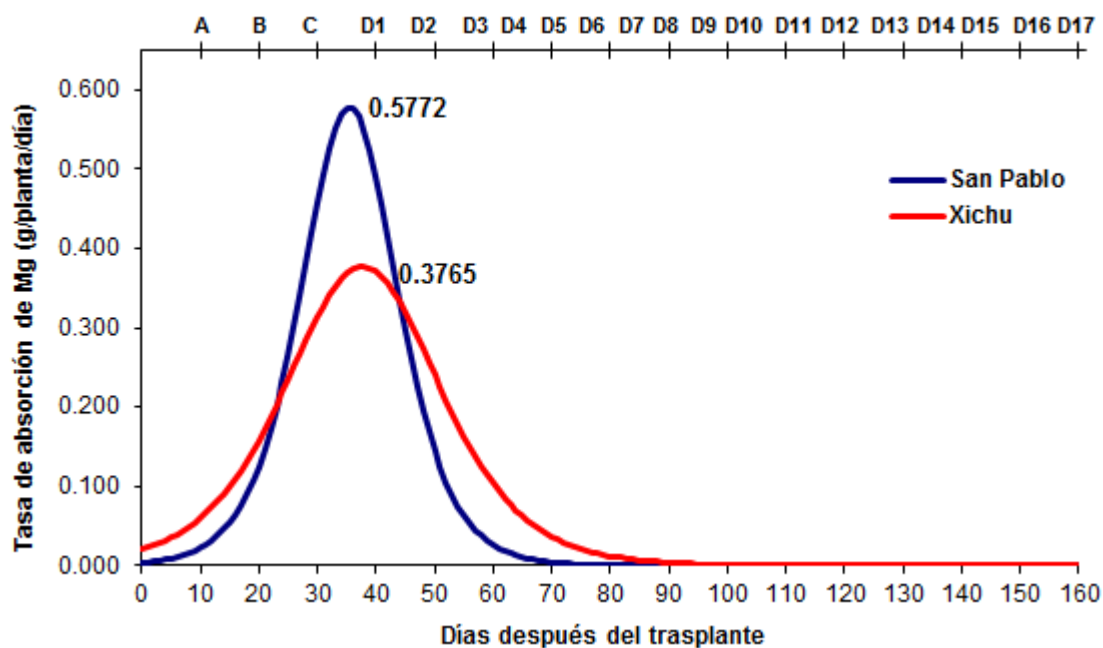


Figura 13. Tasa de absorción de magnesio durante el ciclo del “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.) cultivado en invernadero. Formación de ramas secundarias A, floración masculina B, floración femenina C, Madurez hortícola de fruto D.

VI. CONCLUSIONES

La extracción de los macronutrientes nitrógeno, fósforo y magnesio fue similar para ambas colectas de “pepino mixteco” no así para potasio y calcio en donde la colecta San Pablo presentó mayor extracción de potasio con 32.230 g por planta, para calcio fue con 34.33 g por planta y 28.59 g planta, respectivamente. La máxima tasa de absorción de los nutrientes, nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio ocurrió al mismo tiempo para ambas colectas en cada uno de los nutrientes, solo para calcio se presentó en diferentes fechas en Xichu aproximadamente a los 23 ddt, y San Pablo a los 46 días después del trasplante.

VII. LITERATURA CITADA

- Alcántara, G. G; Trejo-Téllez, L.L. 2009. Nutrición de cultivos. Ed. Mundi-Prensa México. México, D.F.451 p.
- Arcos C., G.; Hernández H., J.; Uriza A., D.; Pozo C.; Olivera A. 1998. Tecnología para producir Chile Jalapeño en la planicie costera del Golfo de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Folleto técnico 24. Veracruz, México. 206 p
- Asher,C.J;Edwards,D.G.1983. Modern solution culture technique. *In*. A. Pirson, Göttingen and Zimermann,M.H. Harvard. Eencyclopedia of plant Physiology. 15 A. Springer-Verlang, Germany.150 p.
- Arnon, D. I.; Stout, P. R. 1939. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. *Plant physiology* 14:371-375.
- Barraza, A. F. V. 2008. Análisis del crecimiento y extracción nutrimental en el cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L.) Tesis de Doctorado en Ciencias en Horticultura. Instituto de Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 76 p.
- Bertsch, F. 2003. Absorción de nutrimentos por los cultivos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS). San José, Costa Rica.307p.
- Bonilla, D. 2000. Introducción a la nutrición mineral de las plantas. Los elementos minerales. p.83-97. *In*: Fundamentos de fisiología vegetal. Azcon-Bieto. J.; Talón. M. (eds).Ed. McGraw-Hill. Madrid, España.
- Brewbaker J. L.; Kwack B. H. 1963. The essential role of calcium ion in pollen germination and pollen tube growth. *American Journal of Botany* 50(9): 859-865.
- Cadahia, L. C. 1988. Fertirrigacion. Cultivos Hortícolas y Ornamentales. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 435 p.
- Castellanos, J. Z. 1999. Nutrición de cultivos bajo sistemas de fertigación. Instituto de la Potasa y el Fosforo (INPOFOS).Informaciones Agronómicas. Núm. 35. 5-11 p.
- Castellanos, J. Z.; Uvalle, B.J.X; Aguilar, S. A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelo y agua. 2a edición.201 p.

- Castellanos, J. Z.; Guerra, O. H. 2000a. Prácticas de mejoramiento del suelo para incrementar la productividad del mismo y preservar su fertilidad. Simposium Internacional de la Fresa. Zamora, Michoacán, México.
- Castellanos, J. Z. 2004. Manual de producción hortícola en invernadero. Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura (INTAGRI).469 p.
- Castellanos, J. Z. 2005. La fertilización en los cultivos de maíz, sorgo y trigo en México, estudios de nutrición vegetal de los principales cultivos básicos de México. INIFAP, Campo Experimental Bajío, Celaya, Gto., México, Folleto Técnico Núm.1. 44 p.
- Castellanos, J. Z. 2007. Nutrición de cultivos bajo sistemas de fertirrigación. Revista Informaciones Agronómicas. Núm 35: 5-11 p.
- Covarrubias, R.J.M.; Castillo, A.J.A.; Vera, N.R.; Núñez, E.P.; Sanchez, G.R.; Avelaño, S.; Peña, C.P.P. 2005. Absorción y eficiencia de uso de fósforo en papa cultivar Alpha con ^{32}P . Agrociencia. 39:127-36.
- Días de León, T.G.J. 2006. La nutrición mineral y fertilización del trigo .In: Memoria Científica del 1er Foro de producción y Comercialización de trigo en Guanajuato. Ríos, R.S.A; Solís, M. E; y Hernández, M.M. (eds.). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto, México. 202 p.
- Etchevers, J. D. 1999. Técnicas de diagnóstico útiles en la medición de la fertilidad del suelo y el estado nutricional de los cultivos. Terra 17:209-219.
- FAO. 2002. Los fertilizantes y su uso. Asociación internacional de la industria de los fertilizantes. Roma, Italia. 77p.
- Filgueira, F.A.R. 2000. Nuevo manual de olericultura: Agrotecnología moderna para productores y comercialización de hortalizas. Vicoso: UFV. 402 p.
- Fink, A. 1988. Fertilizantes y fertilización. Fundamentos y métodos para la fertilización de cultivos. Reverté. Barcelona, España. 86 p.
- Grageda, C .O.A. 1999. La fertilización nitrogenada en el Bajío Guanajuatense como fuente potencial de contaminantes ambientales. Tesis de Doctorado en Biotecnología y Bioingeniería. CINVESTAV-IPN. México, D. F. 145 p.
- Hedge, D. M. 1997. Nutrient requirements of solanaceous vegetable crops. Extension bulletin 441. Food Fertilizer Technology Center. Asian and Pacific Council. 43 p.

- Jones, J. B.; Wolf, B.; Mills, H. A. 1991. Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide. Micro-Macro Pub.Athens, Ga, USA. 213 p.
- Jones, J. B., JR. 1999. Plant nutrition. P.51-72. *In*: Tomato plant culture: in the field, greenhouse, and home garden. Ed. CRC Press, New York. USA.
- Kumar, B.R;Narula,N;Vasudeva,M;Sato,A;Shinano,T;Osaki,M.2006.Harnessing wheat genotype x Azotobacter strain interactions for sutainable wheat production in semi arid tropics. *Tropics* 15(1):121-133.
- Loué, A.1986. Los microelementos en agricultura. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España.166 p.
- Marcelis, L.F.M.1994. Effect of fruit growth, temperature and irradiance on biomass allocation to the vegetative parts of cucumber. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, Wageningen, The Netherlands. Vol. 42, Núm.2.115-123
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press. San Diego, CA, USA.889 p.
- Mengel, K.; Kirkby, E. A. 1979. Principals of plant nutrition. 2ed Edition. International Potash Institute. Worblaufen-Bern/ Switzerland. 593p.
- Oliveira, A. P; Oliveira, P.N.A; Alves,U.E; Alves, U. A; Leonardo, P. F. A; Santos, R. R.2008.Rendimiento de maxixe em função de doses P_2O_5 en solo arenoso. *Ciênc agrotec*. V. 32, Núm. 4. 1203-1208
- Oliveira, A.P; Oliveira, F.J.V; Silva, J.A; Oliveira, A.N.P; Santos, R.R; Silva, D.F. 2010. Parcelamento e fontes de nitrogênio para produção de maxixe. *Horticultura Brasileira* 28: 218-221.
- Papadopoulos, A. P. 1991. Growing green house tomatoes in soil and in soiless media. Research Program Service. Harrow, Ontario. 80 p.
- Peña,C.J.J;Grajeda,C.J.A;Vera,N.J.A.2002. Manejo de los fertilizantes nitrogenados en México: Uso de las técnicas isotópicas (^{15}N).*Terra*. 20(1) 51-56.
- Piggott, T. J. 1986. Vegetable crops. pp. 147-187. *In*: Plant Analysis: An Interpretation Manual. Reuter, D. J.; Robinson J. B. (eds.). Inkata Press. Sydney, Australia.

- Prevot, P. y Ollagnier, M. 1957. Methode d'utilisation du diagnostie foliaire. p. 177-190. In: Plant Analysis and Fertilizer Problems. Institut Rechercbes Huiles Oleagineux, Paris, Francia.
- Sánchez, P. A. 2000. Análisis y diagnóstico nutricional en los cultivos sin suelo. *in*: Manual de cultivo sin suelo. Urrestarazo, G. M. (Ed.) Ed Mundi-Prensa. España. pp. 105-136.
- Smil, V.1997. Global population and the nitrogen cycle. Scientific American.76-81
- Steiner, A. 1984. The Universal Nutrient Solución. pp.633-649. *In*: Proceedings of the 6th International Congress on Soilles Culture.ISOSC.Wageningen, The Netherlands. Sedgley, R. H. 1991. An appraisal of the Donald ideotype after 21 years.
- Steiner, A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired compositions. Horticultural Experiment Station, Naaldwijk, Netherlands. Reprint from Plant and Soil. XV (1961):134-154.
- Sumner, M.E.1982.The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). Soil/Plant Analysts Seminar. Council on Soil Testing and plant Analysis. Anaheim, California. U. S. A.
- Taiz, L. E. Zeiger. 2002. Plant physiology. Third Edition. Sinauer associates Inc., Publishers. Sunderland, Massachusetts. 690 p.
- Tindall, J.A;Mills,H.A;Radcliffe.1990. The effect of root zone temperature on nutrient uptake of tomato. Journal of plant nutrition. 13: 939-956.
- Thomson, C. J.; Bolger, T. 1993. Effects of seed phosphorus concentration on the emergence and growth of subterranean clover (*Trifolium subterraneum*), pp. 353 – 356. In: Plant Nutrition-from Genetic Engineering to Field Practice. Proceedings of the twelfth International Plant Nutrition Colloquium. Volumen 45. Barrow, N. J. Ed. Kluwer Academic Publishers. Australia
- Vanoordwijk, M. 1900. Synchronization of supply and demand in necessary to in crease efficiency of nutrient use in soilless horticulture, 525-531*in*:M.L Van Beusichem (Ed.) Plant nutrition. Kluwer Academic Publishers.
- Volke, H.V;Etchevers,B.J.D; San Juan, R. A;Silva, P.T. 1998. Modelo de balance nutrimental para la generación de recomendaciones de fertilización para cultivos. Terra.16 (1). 79-91.

VIII. DISCUSIÓN GENERAL

De las colectas de “pepino mixteco” evaluadas en invernadero e hidroponía, “San Pablo” fue la presente mayor rendimiento con 174 t.ha^{-1} y “Xichu” con 142.91 t.ha^{-1} , debido que la primera presento frutos más grandes y pesados, aunque con menor número de estos, en ambas colectas presentaron similarmente número de ramas primarias, secundarias y terciarias, así como en días a floración masculina y femenina, en donde la producción se distribuyo en 17 cortes, realizados cada dos días. Para los índices de eficiencia fisiológica el comportamiento fue similar en tasa absoluta de crecimiento, tasa relativa de crecimiento, materia seca total, no así en tasa asimilación neta y relación de área foliar, para las variables morfológicas número de hojas en tallo principal, longitud de ramas primarias, área foliar, no hubo diferencias, para longitud de tallo principal, longitud de raíz y número de hojas en ramas primarias fue evidente las diferencias. Con respecto a la distribución de materia seca, en promedio, estas colectas presentaron 52, 27, 21 y 2 % en frutos, ramas, hojas y raíz, respectivamente. En relación con la extracción de los macronutrientes nitrógeno, fosforo y magnesio fue similar para ambas, San Pablo presento mayor extracción de potasio con 32.230 g por planta, para calcio fue con 34.33 g por planta y Xichu con 28.59 g planta, respectivamente. La máxima tasa de absorción de los nutrientes, nitrógeno, fosforo, potasio y magnesio ocurrió al mismo tiempo para ambas colectas en cada uno de estos, solo para calcio se presento en diferentes fechas en Xichu aproximadamente a los 23 ddt, y San Pablo a los 46 días después del trasplante.

