

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Índices de Selección y Modelo AMMI para Seleccionar Híbridos Experimentales  
de Tomate de Cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.)

Por:

**RAMIRO CRISÓSTOMO MARTÍNEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Índices de Selección y Modelo AMMI para Seleccionar Híbridos Experimentales  
de Tomate de Cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.)

Por:  
**RAMIRO CRISÓSTOMO MARTÍNEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:  
**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



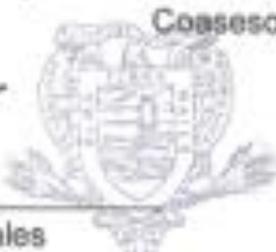
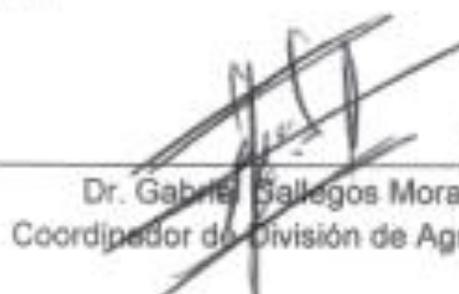
Dr. Humberto De León Castillo  
Asesor Principal



Ing. Raúl Gándara Huitron  
Coasesor



Ing. Eduardo Hernández Alonso  
Coasesor



Dr. Gabriel Sallegos Morales  
Coordinador de División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2016

## AGRADECIMIENTOS

A **DIOS** por prestarme la vida, salud, sabiduría, por cuidar de mí y de mi familia día a día y permitirme terminar esta etapa de aprendizaje. Por cada persona que puso en mi camino, por Él estoy aquí.

A mi amada **ALMA TERRA MATER** por ser mi casa, cobijarme, cuidarme y brindarme tantos momentos gratos durante estos años. A mi querido Departamento de Fitomejoramiento, sus docentes y personal que siempre me brindo la mano y su confianza, los llevare en mi corazón.

Al **Dr. Humberto de León Castillo** por las enseñanzas dentro y fuera del aula, por sus consejos y su amistad, al cual le debo más que mi gratitud y mi admiración.

Al **Dr. Flavio Ramos Domínguez** por confiar en mí para realizar el presente trabajo de tesis, por sus consejos y enseñanzas durante mis prácticas profesionales.

A **Ing. Raúl Gándara Huitron, Ing. Eduardo Hernández Alonso e Ing. Antonio de Jesús Vela Colorado** por dedicar su tiempo y conocimientos para revisar el presente trabajo de tesis.

A mis **compañeros y amigos** Anaceli, Graciela, Noemí, Reyna, María Magdalena, Roni, Diego, Oscar, Francisco, Jesús, Armando, Ismael, Israel, Javier, Eduardo, Abel, Fernando, Mauro, José Juan y Aurelio, gracias por tu amistad.

## DEDICATORIAS

A mis amados padres:

**Catalina Cirila Martínez Medina**

**Darío Erasmo Crisóstomo Martínez**

Por darme la vida, amor y cariño, por cuidar de mí siempre, por motivarme para superarme y su apoyo incondicional para terminar mis estudios de licenciatura.

A mis hermanas **Trini, Tere, Adi y Claris** por cuidar de mamá y papá durante este tiempo, por sus palabras de aliento, por su cariño y confianza, las quiero mucho.

A ti **Tía Luci** a quien admiro mucho, por sus consejos y apoyo la tengo siempre presente.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	7
Objetivos.....	8
Hipótesis.....	8
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	9
Importancia económica.....	9
Origen y distribución.....	10
Descripción botánica.....	11
Diversidad genética.....	13
Mejoramiento genético.....	13
Hibridación.....	14
Condiciones de manejo de cultivo.....	15
Índices de selección.....	17
Biplot (AMMI y SREG).....	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
Localización del área de estudio.....	20
Material genético.....	20
Diseño experimental.....	21
Descripción de parcela experimental.....	21
Producción de plántulas.....	21
Preparación del terreno.....	22
Manejo agronómico del cultivo.....	23
Control de plagas y enfermedades.....	24
Variables evaluadas.....	24

Variables de componentes de rendimiento.....	25
Variables de calidad .....	25
Análisis de varianza combinado por cortes .....	26
Índices de selección (IS) .....	26
Modelo de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (AMMI) y su grafico Biplot.....	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	30
Condición malla sombra con estacado .....	30
Condición campo abierto con estacado .....	35
Condición campo abierto en suelo .....	38
Análisis de varianza combinado a través de condiciones.....	41
Gráfico AMMI .....	46
VI. CONCLUSIONES .....	48
VII. RESUMEN .....	49
VIII. LITERATURA CITADA.....	51
IX. APÉNDICE .....	57

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
CUADRO 3.1 Genealogía de genotipos utilizados en la evaluación.....	20
CUADRO 4.1 Cuadrados medios de análisis de varianza combinado por cortes en malla sombra con estacado.....	31
CUADRO 4.2 Híbridos con Índice de Selección por debajo del valor crítico en malla sombra con estacado.....	32
CUADRO 4.3 Cuadrados medios de los análisis de varianza combinado en campo abierto con estacado .....	35
CUADRO 4.4 Híbridos con Índice de Selección por debajo del valor crítico en campo abierto con estacado .....	36
CUADRO 4.5 Cuadrados medios de análisis de varianza combinado en campo abierto en suelo.....	39
CUADRO 4.6 Híbridos con Índice de Selección por debajo del valor crítico en campo abierto en suelo .....	40
CUADRO 4.7 Resultados de análisis de varianza combinado para el Índice de Selección en el corte 1 para las tres condiciones de cultivo.....	42
CUADRO 4.8 Media de Índice de Selección para las tres condiciones de cultivo en base al primer corte.....	43
CUADRO 4.9 Genotipos de tomatillo con menor Índices de Selección para el corte 1 a través las tres condiciones de cultivo .....	43
CUADRO 4.10 Resultados de análisis de varianza combinado del Índice de Selección para los cortes 2,3 y 4 en tres condiciones de cultivo.....	44
CUADRO 4.11 Media de Índice de Selección para las tres condiciones de cultivo en los cortes 2, 3 y 4. ....	45
CUADRO 4.12 Genotipos de tomatillo con menor Índices de Selección para los cortes 2, 3 y 4 a través de las tres condiciones de cultivo.....	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
FIGURA 4.1 Biplot AMMI de agrupamiento de cortes en malla sombra con estacado.....	33
FIGURA 4.2 Proyección de híbridos estables a través de cortes en malla sombra con estacado .....	34
FIGURA 4.3 Biplot AMMI de agrupamiento de cortes en campo abierto con estacado.....	37
FIGURA 4.4 Proyección de híbridos estables a través de cortes en campo abierto con estacado .....	38
FIGURA 4.5 BiploT AMMI de agrupamiento de cortes en campo abierto en suelo.....	40
FIGURA 4.6 Proyección de materiales estables a través de cortes en campo abierto en suelo.....	41
FIGURA 4.7 Gráfico AMMI para las tres condiciones de cultivo de tomatillo...	46
FIGURA 4.8 Gráfico proyección de híbridos más estables para las tres condiciones de cultivo de tomatillo .....	47

## I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de híbridos resultado de programas de mejoramiento genético se realiza mediante de cruzas controladas de dos genotipos diferentes, estos materiales generados presentan mayor vigor, uniformidad, alta producción y calidad y en algunas ocasiones resistencia a enfermedades.

Para realizar la selección de híbridos es necesario su evaluación en varios ambientes representativos del área de interés, tomando en cuenta su estabilidad de producción, características agronómicas y potencial de rendimiento.

En los programas de mejoramiento genético se realiza la selección considerando varios caracteres para hacerla más completa y eficiente. El Índice de Selección combina información de todos los caracteres de interés en un solo índice. Esto permite asignar un valor a cada individuo. Además de información genética, también incluye una ponderación económica a cada una de las características en consideración.

Además de los índices de selección existen métodos que asisten eficientemente la selección de individuos evaluados a través de ambientes, tales como los gráficos AMMI. El modelo AMMI unido al uso del “Biplot” es una técnica de representación gráfica, herramienta útil para la interpretación de patrones de respuesta de los genotipos, ambientes y de la interacción G x A (Kempton, 1984; Yan *et al.*, 2000).

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) es una solanácea originaria de México. Se ubica dentro de las principales especies hortícolas cultivadas en nuestro país, siendo ingrediente de platillos mexicanos, principalmente en la elaboración de salsas. El tomate se utiliza también en la agroindustria donde se procesa para su consumo nacional y exportación

El tomate de cáscara presenta una media de rendimiento de 14.9 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2016), el cual es considerado bajo, de acuerdo al rendimiento potencial de 63.73 t ha<sup>-1</sup> (López-López *et al.*, 2009). El uso de híbridos, sistemas de tutoreo y uso de cubiertas son una alternativa para satisfacer las necesidades que exige de mercado nacional e internacional.

El propósito de esta investigación fue la evaluación de 64 híbridos experimentales en tres condiciones de cultivo con ayuda de Índices de Selección (IS) y gráficos Biplot, con la finalidad de seleccionar a los mejores híbridos a través de cortes y ambientes evaluados. Donde se plantean los siguientes:

### **Objetivos**

- Selección de híbridos experimentales de tomatillo con atributos agronómicos superiores y estabilidad bajo tres condiciones de cultivo, auxiliado por la metodología índices de selección y el modelo AMMI.
- Identificación del sistema de cultivo que permita la máxima expresión de los híbridos evaluados en base a componentes de rendimiento y calidad.

### **Hipótesis**

- Existe variabilidad genética en los híbridos experimentales evaluados, por lo que se espera que al menos uno de ellos sea superior agronómicamente y en cuanto a su estabilidad a través de condiciones de manejo.
- Las condiciones de cultivo de evaluación son diferentes, de tal modo que se espera que al menos una de estas permite la máxima expresión genética de los materiales evaluados.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### Importancia económica

El nombre botánico del tomate de cáscara es *Physalis ixocarpa* Brot. (Syn: *Physalis Philadelphica* Lam.), es una solanácea originaria de México. Siendo éste centro de origen, diversidad y domesticación del genero *Physalis*.

Sus frutos son conocidos en México como miltomate, tomatillo, tomate verde, tomate de cascara. La característica más representativa del género es el cáliz, el cual se expande ampliamente con la fruta y se infla hasta que envuelve totalmente a la baya (Alvarez *et al.* n.d.).

A través de la historia se ha documentado por los diferentes hallazgos arqueológicos que el tomate de cáscara se utilizó en la alimentación del pueblo mexicano desde tiempos remotos de los Mayas y Aztecas. A pesar de los cambios de hábitos alimenticios en el transcurso y evolución de las generaciones, los frutos de tomate de cáscara se mantienen en la dieta mexicana para la preparación de diversos platillos, principalmente en la elaboración de salsas. El tomate se utiliza también en la agroindustria donde se procesa para su consumo nacional y exportación (Santiaguillo Hernández & Blas 2009).

Se ubica dentro de las principales especies hortícolas cultivadas en México, solamente superada por el chile (*Capsicum annum* L.), la papa (*Solanum tuberosum* L.), el jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) y la cebolla (*Allium cepa* L.), con un consumo per cápita al año de 4.6 kg (SIAP, 2015).

La producción de tomate de cáscara en el año 2015 fue de 684, 000 toneladas, con un incremento de 3.5% con respecto al año anterior, y un rendimiento promedio de 16.2 t ha<sup>-1</sup>, este incremento es resultado de una mayor superficie sembrada y mejores rendimientos (SIAP, 2016).

En cuanto a su volumen de producción las principales entidades productoras son: Sinaloa, Zacatecas, Michoacán, Jalisco, Puebla, México, Nayarit, Sonora, Tlaxcala y Morelos. Siendo el estado de Sinaloa el mayor productor de tomate de cáscara, ya que produce una de cada cinco toneladas de tomate de cáscara (SIAP, 2015).

El principal mercado de tomate de cáscara después del nacional es Estados Unidos de América y Canadá, sin embargo la calidad de tomate de cáscara mexicano ha abierto las puertas de países europeos para su comercialización. El volumen de exportación de tomate de cáscara se incrementó en el 2015, el superávit comercial logró alcanzar los 64.7 millones de dólares (SIAP, 2015).

Este cultivo involucra la contratación de jornaleros para participar en el proceso de producción, cosecha y empaque del fruto, lo cual tiene una connotación de impacto social. Otro factor de impacto social, es la existencia de una cadena de comercialización nacional e internacional, que integra a productores, intermediarios, vendedores y consumidores; a través de esta actividad existe una gran movilización del germoplasma (Magaña-Lira & Peña, 2016).

## **Origen y distribución**

El género *Physalis* pertenece a la familia Solanaceae, incluye alrededor de 90 especies en el mundo (D'Arcy, 1991) que se han agrupado tentativamente en cuatro subgéneros, en su mayoría localizadas en América, 70 de ellas se encuentran restringidas a México, 17 más se extienden a EUA y

América central y tres a Guatemala (Martínez, 1993; Knapp *et al.*, 2007). Muy pocas especies se localizan en el este de Asia, India, Australia, Europa y África tropical; sólo una especie es endémica del viejo mundo (*Physalis alkekengi*); sin embargo, algunas otras como *P. pubescens*, *P. angulata*, *P. peruviana* han sido introducidas en estos lugares (Santiaguillo *et al.*, 2009).

Por ser considerado centro de origen, distribución y domesticación; México es poseedor de una amplia diversidad genética de tomate de cáscara, misma que ha sido agrupada en ocho razas: Silvestre, Milpero, Arandas, Tamazula, Manzano, Rendidora, Salamanca y Puebla (Pérez *et al.*, 1992).

*Physalis ixocarpa* es originaria y domesticada en México, desde épocas precolombinas los Mayas y Aztecas la cultivaban entre sus milpas. La evidencia fósil indica que su aprovechamiento y cultivo por los mesoamericanos, tiene una antigüedad al menos de 900 a 200 A. C. (Callen, 1965).

Las especies de *Physalis* se distribuyen en casi todo el territorio mexicano y se desarrolla en ambientes tropicales, subtropicales, templados, árido, semiáridos, subhúmedo, húmedo, fríos, semicálidas y cálido, y se asocia a una gran diversidad geológica, edáfica y de tipos de vegetación (Santiaguillo *et al.*, 2013), se les puede encontrar desde 0 hasta los 3570 msnm. (Magaña-Lira & Peña, 2016).

El tomate de cáscara se produce tanto en el ciclo primavera-verano como en el de otoño-invierno. En sistemas productivos de monocultivo y en asociación o intercalado con otras especies; de riego y de temporal, con establecimiento a partir de trasplante o siembra directa; así como conducción del cultivo en piso o con el uso de espaldera o tutores, a campo abierto o bajo sistemas de protección. (Castillo *et al.*, 1999).

### **Descripción botánica**

La planta de tomate de cáscara es una herbácea anual de tallos

pubescentes que llegan a medir hasta 1 m de altura, su ramificación es dicotómica, las hojas son alternas, grandes y lisas de consistencia blanda, largamente ovaladas (Peña *et al.*, 2011).

Las flores son hermafroditas, regulares y pequeñas, aparecen solitarias en las axilas de las hojas en la parte terminal de las ramillas; la corola es gamopétala, en forma de campana de 2 a 2.5 cm de diámetro, está constituido de cinco lóbulos de color amarillo; en el centro de la flor se localizan cinco estambres insertos en el tubo de la corola y alternando con los lóbulos, las anteras erectas, por las cuales sale el estilo; ovario supero con numerosos óvulos (Peña *et al.*, 2011).

El fruto es una baya esférica u ovalada, de 2 a 5 cm de diámetro, liso, de colores amarillento, violáceo o verde brillante. La pulpa es amarilla y jugosa, con materia mucilaginoso que rodea las semillas. El fruto se encuentra envuelto por el cáliz persistente, el cual es papiráceo y pegajoso interiormente, crece conforme se desarrolla el primero (Peña *et al.*, 2011).

El tomate de cáscara es un cultivo que posee variabilidad en cuanto a tipos de plantas y frutos, encontrándose variedades rastreras, semi-erectas y erectas con frutos de color que varía desde amarillo, verde, hasta morado; hojas con coloración desde verde amarillento, hasta verde violáceo; formas del fruto van desde aplanadas, circular, cordiforme y triangular en un corte longitudinal; elíptica, circular hasta angular en un corte trasversal; en cuanto a tamaño de frutos se clasifican en pequeños, medianos, grandes y muy grande; la coloración que se puede observar del fruto en la madurez fisiológica, así como en la madurez a la cosecha, varía desde blanco, verde amarillo, anaranjado hasta el púrpura; la cobertura del fruto por el cáliz puede ser desde completamente cerrada, ligeramente abierta hasta muy abierta; el color de las semillas puede ser amarillo o amarillo pardo y el tamaño de las mismas va desde pequeño, mediano y grande (Peña *et al.*, 2011).

## **Diversidad genética**

El género *Physalis* comprende alrededor de 90 especies en el mundo entre hierbas perenes y anuales, varias comestibles y cultivadas, muchas silvestres y poco conocidas. De las cuales 70 especies se localizan en territorio mexicano (D´Arcy, 1991; Martínez, 1993; Knapp *et al.*, 2007).

Esta diversidad se atribuye a que la especie presenta autoincompatibilidad gametofítica, determinada por dos loci con alelos múltiples (Pandey, 1957), lo que ocasiona que sea alógama obligada y presente poblaciones heterogéneas y heterocigóticas; las cuales tienen dificultad en su clasificación debido a esta heterogeneidad. En México aún se pueden encontrar todas las etapas que presenta una especie: materiales silvestres, tolerados, fomentados, en proceso de domesticación, nativos cultivados y mejorados (Santiaguillo *et al.*, 1997).

Muchas variedades locales o criollas de *P. ixocarpa* son cultivadas por los agricultores tradicionales. Las reconocen con base en un conjunto de rasgos que incluyen el color y tamaño del fruto y hábito de crecimiento de la planta, aunque es posible observar gran variación dentro de ellas debido quizá a la autoincompatibilidad que presentan (Santiaguillo *et al.*, 2009).

De forma natural y de acuerdo a estudios citogenéticos en tomate de cascara (*Physalis ixocarpa*), indican un número diploide de  $2n=2x=24$  (Menzel, 1951; Grimaldo *et al.*, 1999, citados por Ramírez, 2012).

## **Mejoramiento genético**

La dinámica agrícola del cultivo del tomate de cáscara demanda la generación de cultivares mejorados que se ajusten a las necesidades actuales del mercado nacional e internacional. Entre las características a mejorar destacan el rendimiento, hábito de crecimiento, distribución de la producción, así como color, forma, firmeza y tamaño de fruto (Peña-Lomelí *et al.*, 2014).

La amplia variabilidad genética del tomate de cáscara constituye un invaluable recurso para su mejoramiento (Peña & Márquez, 1999). A pesar de esta variabilidad genética en el tomate de cáscara silvestre y domesticado el rendimiento medio nacional es de 16.2 t ha<sup>-1</sup>(SIAP, 2016), el cual es considerado bajo, de acuerdo al rendimiento potencial de 63.73 t ha<sup>-1</sup> (López-López *et al.*, 2009). La causa estos bajos rendimientos se deben principalmente por el uso de variedades nativas de bajo potencial productivo, el uso de sistemas de producción tradicionales, técnicas de producción ineficiente y problemas de comercialización derivados de la sobreoferta del producto en algunas épocas de año (Peña & Santiaguillo, 1999).

En cuanto a las variedades con bajo potencial, es necesario utilizar materiales nuevos, más productivos, resultados de los diferentes programas de mejoramiento que existen en el país; una alternativa es el uso de híbridos generados por empresas dedicadas al mejoramiento genético de este cultivo. Antes de usar esos materiales es necesario probarlos y validarlos, para poder seleccionar los que mejor se adapten y tengan mayor rendimiento (Rodríguez-Burgos *et al.*, 2011).

## **Hibridación**

El desarrollo de híbridos resultado de programas de mejoramiento genético se realiza mediante de cruzas controladas de dos genotipos diferentes, estos materiales generados presentan mayor vigor, uniformidad, alta producción y calidad y en algunas ocasiones resistencia a enfermedades.

Sahagún *et al.*, (1999), encontraron que la craza ‘Salamanca’ x ‘Rendidora’, produjo una heterosis en rendimiento de fruto al primer corte, de 138.7 % con respecto al mejor progenitor y concluye que debido a su elevada producción y heterosis, esta craza puede considerarse como muy importante en

la planeación para la formación de híbridos.

Peña-Lomelí *et al.*, (2004), realizaron un trabajo experimental bajo el método uno del diseño dialélico de Griffing, haciendo todas las cruzas posibles entre diez variedades de diferente raza de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) con los objetivos de estudiar la magnitud de la heterosis intervarietal; encontró que la cruce entre las variedades Verde Puebla y CHF1-Chapingo rindió más (14.29 %) que el mejor progenitor y sus efectos de heterosis específica fueron más importantes que los de heterosis varietal en los tres caracteres estudiados, por lo que estas variedades podrían ser la base de un programa de mejoramiento por hibridación, dado el patrón heterótico detectado.

Santiaguillo *et al.*, (2004), evaluaron 220 cruzas planta a planta entre las variedades CHF1-Chapingo y Verde de Puebla encontrando híbridos intrevarietales superiores en rendimiento y algunas características de calidad de fruto, respecto a la media de los progenitores, al mejor progenitor y a la cruce intervarietal Chapingo-Puebla.

Ramírez (2012), realizó cruzas de diploides x tetraploides para obtener híbridos triploides, evaluó los componentes de rendimiento y calidad de fruto, estimó la heterosis y heterobeltiosis e identificó las cruzas (híbridos triploides) más sobresalientes para su explotación a nivel comercial.

Para realizar la selección de híbridos que se adapten a varios ambientes representativos del área de interés, se debe tomar en cuenta la estabilidad de producción y potencial de rendimiento antes de sacarlos al mercado.

### **Condiciones de manejo de cultivo**

El tomate de cáscara se produce ampliamente en nuestro país, bajo sistemas de producción tradicionales en suelo y riego rodado, pero también en sistemas de riego por goteo, acolchado, espalderas y bajo cubiertas plásticas. Estos últimos son más eficientes y permiten una mayor producción y calidad de

fruto generando así una mayor competitividad en mercados no solo regionales sino también a los de proceso y exportación.

Soldevilla *et al.*, (1997), mencionan que la superioridad de producción del cultivo de tomate de cáscara con acolchado, se asocia con mayor crecimiento de las plantas, las cuales desarrollan mayor número y longitud de ramas, mayor diámetro de tallos y mayor cantidad de flores y por tanto mayor cantidad de frutos por planta. Además de estas modificaciones morfológicas en las plantas, el acolchado impide el contacto directo del follaje y frutos con el suelo, lo cual evita un envejecimiento prematuro del follaje y pudriciones de los frutos.

Así mismo Soldevilla-Canales *et al.*, (2002) comentan que la conducción de plantas en espaldera permite un mejor aprovechamiento del espacio, con el consecuente incremento de la densidad de plantación; ampliación de los períodos vegetativo y reproductivo de la planta, lo cual eleva el rendimiento y la calidad de fruto por la eliminación del contacto del follaje con el suelo, principalmente en zonas y periodos lluviosos; favorece la eficiencia de los productos químicos aplicados y generan condiciones adversas para la proliferación de plagas y enfermedades.

Los factores climáticos dificultan, en algunas temporadas o regiones específicas, cultivar a la intemperie determinadas especies exigentes en temperatura y humedad. La solución a esas limitantes es cultivar dichas especies bajo cubierta artificial para lograr las condiciones óptimas para su crecimiento y desarrollo (Soldevilla *et al.*, 1997).

El uso de la malla-sombra, incrementa el rendimiento, la calidad de los frutos, la eficiencia en el uso del agua y disminuye los daños por aves, insectos, viento y temperaturas extremas (Rodríguez & Sánchez, 2003). La producción de tomate de cáscara bajo cubiertas es una alternativa rentable además de servir para la rotación de cultivos dentro de las cubiertas plásticas.

## Índices de Selección

En muchas especies en las que interesa mejorar más de una variable, se necesitan métodos de selección conjunta para varias características. Entre ellos se han estudiado las selecciones en tándem, selección simultánea de caracteres independientes e índices de selección (Turner & Young, 1969), siendo el índice de selección el método más eficiente para el mejoramiento en forma simultánea de varias características cuantitativas mediante selección.

Un Índice de Selección es la metodología utilizada para hacer selección de manera simultánea por varias características, la cual toma en consideración además de los aspectos genéticos, la importancia económica de las características involucradas (Yáñez, 2005).

La importancia genética de los caracteres varía según el programa de mejoramiento. También varían los valores de heredabilidad y las relaciones genéticas y fenotípicas según las poblaciones y los ambientes, lo que hace difícil recomendar algún Índice de Selección general (Romero, 2000).

Montes *et al.*, (2008), mencionan que el índice de selección se puede estimar de acuerdo con los objetivos de cada sistema de producción. Para ello se debe considerar que cada índice es particular para cada sistema, ya que este va a depender de los parámetros genéticos (heredabilidad y correlaciones), sistema de producción, comercialización y la importancia económica relativa que se le dé a cada carácter en cuestión.

En el contexto de selección, la correlación genética aditiva es la más importante, ya que indica el cambio de un carácter en función de otro y permite hacer predicciones al respecto e incluso selección indirecta para caracteres no visibles fácilmente o de baja heredabilidad (Mode & Robinson, 1959; Falconer, 1984; citados en Peña *et al.*, 2004).

El índice de selección es un método de puntaje total en el cual se desarrolla una ecuación de regresión múltiple que da valores óptimos a la importancia económica de cada característica, la heredabilidad de cada carácter y a las correlaciones genéticas y fenotípicas entre las características,

de manera que permite separar genotipos con base en la evaluación simultánea de varios caracteres (Cardelillo *et al*, 1987).

El método de índices de selección es ampliamente utilizado con la finalidad de auxiliar la selección de líneas e híbridos, debido a que los índices de selección (IS) condensan información de distintas fuentes y características en un solo valor para cada individuo. Luego la selección procede como si este valor fuera una característica simple (Barreto, 1991).

El programa de índice de selección desarrollado por Barreto *et al.*, (1991), genera una variable llamada índice, que incorpora matemáticamente en un solo valor numérico todas las características expresadas por el usuario, lo ideal es que las variables consideradas para construir este tipo de índice se encuentren lo más cercano al prototipo para cada variable, es decir, la distancia entre el valor observado y el prototipo sea mínima por lo tanto, mientras más pequeño es el valor del índice más cerca se encuentra el genotipo de los criterios deseados, se considera el genotipo superior.

El rendimiento es un carácter muy complejo e influenciado altamente por el ambiente, por lo tanto, aquellos caracteres que estén correlacionados con dicho carácter, de alta heredabilidad y debidamente ponderados, pueden servir como mejores indicadores de potencialidad genética del rendimiento de las progenies (Tucuch-Cauch, 2006).

### **Biplot (AMMI y SREG)**

Los programas de fitomejoramiento enfocados a la obtención de genotipos con mayor rendimiento y estables en una amplia gama de condiciones ambientales enfrentan factores ambientales que enmascaran el potencial de los genotipos. La interacción genotipo x ambiente (G x A) puede hacer que esta predicción no sea tan precisa (Lozano-Ramírez *et al.*, 2015).

La presencia de la interacción G x A, se expresa como una respuesta inconsistente de algunos genotipos, cuando son evaluados en diferentes ambientes provocando la alteración del orden de los genotipos, cuando nos movemos de un ambiente a otro (Camargo-Buitrago *et al.*, 2011).

Para evaluar el comportamiento agronómico de los cultivares, generados de los programas de mejoramiento genético de cualquier rubro agrícola, es necesario medir la estabilidad relativa de los genotipos sometidos a la totalidad de los ambientes predominantes en una región potencial de adaptación (Alejos *et al.*, 2006).

El modelo de los Efectos Aditivos Principales e Interacciones Multiplicativas o su equivalente de las siglas AMMI provenientes del inglés “Additive Main Effects and Multiplicative Interaction” fue propuesto por Mandel en 1971.

El método AMMI no sólo permite estimar estabilidad, sino, también evaluar localidades y como consecuencia clasificar los ambientes (Crossa *et al.*, 1990). El procedimiento AMMI consiste en combinar las técnicas del análisis de varianza y el análisis de componentes principales (CP) en un solo modelo, donde el análisis de varianza permite estudiar los efectos principales de los genotipos y ambientes y los análisis de CP la interacción G x A la cual es tratada de forma multivariada para su interpretación (Alejos *et al.*, 2006).

El modelo AMMI unido al uso del “Biplot”, una técnica de representación gráfica, es una herramienta útil para la interpretación de patrones de respuesta de los genotipos, ambientes y de la interacción G x A (Kempton, 1984; Yan *et al.*, 2000).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### Localización del área de estudio

El presente trabajo se llevó a cabo durante el ciclo otoño – invierno en el año 2015; en el campo experimental de la empresa Semillas Harris Moran Mexicana S. A. de C. V. que se encuentra ubicada en el Ejido 2 de Abril, en el Km 6.5 de la carretera Los Mochis – El Fuerte, Municipio del Fuerte, Sinaloa. En las coordenadas geográficas 25°53'27.27" latitud norte y 108°56'43.42" longitud oeste y a una altitud de 19 msnm, al noroeste del país.

#### Material genético

Se evaluaron 64 híbridos experimentales de tomatillo y cuatro testigos comerciales (Tamayo, Siqueiros, Gran Esmeralda y Tecozautla). Estos materiales experimentales provienen del programa de mejoramiento genético de tomatillos de la empresa Semillas Harris Moran Mexicana S. A. de C. V.

**Cuadro 3.1** Genealogía de genotipos utilizados en la evaluación

---

H302	H315	H325	H338	H348	H359	H370
H303	H316	H326	H339	H349	H360	H371
H304	H317	H327	H340	H350	H361	H372
H305	H318	H329	H341	H351	H362	H373
H306	H319	H330	H342	H352	H363	Siqueiros
H307	H320	H332	H343	H353	H364	Tamayo
H308	H321	H333	H344	H354	H365	GE
H310	H322	H334	H345	H355	H366	Tecozautla
H312	H323	H335	H346	H357	H367	
H314	H324	H337	H347	H358	H368	

---

## Diseño experimental

Se evaluaron 64 híbridos experimentales de tomatillo y cuatro testigos, la plantación se hizo bajo un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones. Siguiendo la siguiente ecuación lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

$\mu$  = media general

$\tau_i$  = efecto del i-ésimo tratamiento

$\beta_j$  = efecto del j-ésimo tratamiento

$\epsilon_{ij}$  = error experimental del tratamiento i en el bloque j

## Descripción de parcela experimental

La unidad experimental fue de camas de 1.2 m de ancho y 4 m de largo y 1.90 m de separación entre camas, resultando una superficie de 7.6 m<sup>2</sup> por parcela y plantado a una sola hilera a 0.40 m entre plantas. El experimento consto de 136 parcelas experimentales por condición de manejo de cultivo, resultando un área total de 1,033.6 m<sup>2</sup>.

Los genotipos se evaluaron bajo tres condiciones de manejo: malla sombra con estacado (MSE), campo abierto con estacado (CAE) y campo abierto en suelo (CAS).

## Producción de plántulas

Siembra. Se realizó el 21 de septiembre del 2015 en charolas de poliestireno de 242 cavidades, se utilizó una mezcla de sustrato orgánico

(BM2), vermiculita y micorrizas, misma que se humedeció hasta tener la humedad necesaria. Se llenaron las cavidades de la charolas con el sustrato y se le pasó un rodillo especial el cual compacta y marca el lugar para cada semilla con una profundidad de 0.5 cm, se depositó una semilla por cavidad y posteriormente se cubrió con una capa ligera de vermiculita, al final se le dio un riego fuerte para lograr la germinación. Posteriormente las charolas se mantuvieron en el invernadero de plántula donde se les dio el manejo y cuidado necesario en su desarrollo.

Riego. Estos se realizan después de la germinación cada tercer día con un aguilón de aspersión fina hasta que las plántulas tuvieron cuatro hojas verdaderas.

Fertilización. Se realizó cada tercer día, con tres productos distintos los cuales son MPK, Triple 20 y como adherente se utilizó DAP Plus.

Reguladores de Crecimiento. Para la producción de raíces se utilizó el producto llamado Rooting, el cual contiene auxinas, citoquininas, vitaminas y fosforo asimilable aplicándolo una vez por semana.

Control de Plagas y Enfermedades. Se usó Confidor 350 sc como insecticida preventivo; para control de hongos se utilizaron, DEROSAL 500 SC, PREVICUR N y Ridomil Gold 480 SL; para prevenir enfermedades del complejo Damping off (*Phytophthora* spp., *Pythium* spp, y *Fusarium* spp.), para control de bacterias se utilizó KASUMIN, como preventivo.

## **Preparación del terreno**

Nivelación de Terreno. El objetivo es uniformizar el terreno (topografía) con el fin de aumentar la productividad del cultivo, tener mejor aprovechamiento del agua.

Subsuelo. Al penetrar las capas arables del suelo de 40 a 50 cm de profundidad se reduce la compactación, se recupera la porosidad de las

diferentes capas del suelo logrando condiciones muy favorables para el crecimiento radicular del cultivo.

Rastreo. El objetivo es desmenuzar los terrones producidos por el subsuelo además de eliminar malezas que puedan competir con las plantas en su nutrición y son hospederas de insectos, plagas, se realizaron dos pases en sentidos diferentes utilizándose una rastra de 22 discos a una profundidad de 15 a 20 cm.

Formación de camas (bordeo). Se utilizó bordero con tres discos por lado de 24"x 1/4 formando un bordo de dos surcos a 90 cm de separación previamente marcados, finalmente quedando una separación entre bordo de 180 cm entre ambos de 40 cm de alto por 28 m de largo.

Rotatil. Esta práctica se realizó con el fin de desmenuzar por completo los terrones y acondicionar el bordo en forma óptima para la instalación de cinta de riego y acolchado.

Colocación de cintilla y acolchado. Se depositó la línea regante al centro con los goteros hacia arriba y se colocó plástico acolchado sujetado con tierra por los costados por medio de equipo mecanizado.

### **Manejo agronómico del cultivo**

Trasplante. Se realizó el 22 de octubre del 2015 de manera manual a una hilera por cama con una separación de 0.40 m entre plantas, previo a esto se regó por espacio de dos horas para obtener un 70% de humedad en el suelo con la finalidad de reducir el estrés en la planta, al siguiente día se aplicó un riego por espacio de una hora para recuperar la humedad en suelo.

Riego. Se aplicó una hora de riego (1L/gotero/hora), el riego fue de acuerdo a las lecturas de tensiómetros instalados en el cultivo para tener el suelo en las condiciones óptimas de humedad y buen desarrollo de la planta.

Fertilización. Durante la del riego se aplicaron los nutrientes necesarios al cultivo en base a la etapa fenológica y a los resultados de los análisis foliares.

Estacado. Se colocan los estacones por el medio de la cama a cada dos metros de separación en camas de 32 m de largo y a cada extremo se coloca un soporte en el último estacón.

Puestas de hilo. Esta actividad se realiza cuando la planta alcanza de 25 a 30 cm de altura, consiste amarrar rafia (fajado) en los estacones con el fin de darle soporte a las plantas y ayuda a soportar el peso de los frutos, esto se hace conforme van creciendo las plantas cada 20 cm.

Malezas. Con el uso del acochado plástico la presencia de maleza en la cama fue mínima y cuando existió el deshierbe se hizo de forma manual.

Cosecha. Para realizar esta actividad se utilizaron algunos signos visuales de madurez de frutos como llenado de bolsa, tamaño y firmeza.

Durante el ciclo se realizaron cuatro cosechas en cada uno de los ensayos establecidos en malla sombra y campo. El primer corte se realizó el 16 de diciembre (54 días después del trasplante) y los siguientes cada 10 días.

### **Control de plagas y enfermedades**

Insectos. Para tener un mejor control de plagas, se colocaron trampas amarilla y azul con pegamento por el perímetro del ensayo, para tener un mejor control y monitoreo. Se realizaron aplicaciones de plaguicidas como se muestra en los cuadros agregados a los anexos.

### **Variables evaluadas**

Para el registro de esta información fue necesario elegir seis plantas de cada parcela experimental con la misma uniformidad, las plantas se marcaron con banderas para su distinción, las cuales se colocaron cerca del tallo para tener un mejor control de las plantas que se cosecharon.

## **Variables de componentes de rendimiento**

Número de frutos (NF).- Se contaron los frutos totales que se cosecharon en las seis plantas previamente elegidas, esto en cada corte, posteriormente se sacó el número de frutos por planta.

Peso por parcela. - Se pesaron los frutos cosechados por cada parcela experimental con ayuda de una balanza electrónica.

Peso por Fruto (PPF).- Se obtuvo al dividir el peso total por parcela entre el número total de frutos obtenidos.

Diámetro polar (DP).- Se midieron los diámetros polares de 5 frutos representativos en cada cosecha con un vernier.

Diámetro Ecuatorial (DE).- Se midieron los diámetros ecuatoriales de 5 frutos representativos en cada cosecha con un vernier.

Rendimiento (REN).- Se tomó el peso total de los frutos de las 6 plantas cosechadas, para posteriormente transformar estos datos a  $t\ ha^{-1}$  de acuerdo a la densidad de plantación en malla sombra y campo abierto (13,200 plantas/ha en malla sombra con estacado, y 14,000 plantas/ha en campo abierto con estacado y campo abierto en suelo).

## **Variables de calidad**

Cracking (CK): (agrietamiento).- Se realiza una inspección de 10 frutos al azar, se separó la cáscara y se observó la presencia de daño, y se obtuvo el promedio de frutos con este defecto.

Frutos rajados (FR).- Se realiza una inspección de 10 frutos al azar, se separó la cáscara y se observó la presencia de daño, y se obtuvo el promedio de frutos con este defecto.

## **Análisis de varianza combinado por cortes**

Para cada una de las características agronómicas evaluadas se realizó un análisis de varianza combinado a través de cortes, para lo cual se usó el procedimiento ANOVA del paquete estadístico SAS. El modelo para el análisis combinado a través de cortes es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + R_{j(i)} + G_k + GC_{ki} + \varepsilon_{IJK}$$

Dónde:

$Y_{ijk}$  = valor de i-ésimo corte de la j-ésima repetición del k-ésimo genotipo;  $\mu$  = media general;  $C_i$  = efecto del i-ésimo corte;  $R_{j(i)}$  = efecto de la j-ésima repetición dentro del i-ésimo corte;  $G_k$  = efecto de k-ésimo genotipo;  $GC_{ki}$  = efecto del k-ésimo genotipo por el i-ésimo corte;  $\varepsilon_{IJK}$  = efecto del error.

## **Índices de selección (IS)**

Los índices se construyeron con base a la metodología propuesta por Barreto *et al.*, (1991), la estimación se realizó para cada una de las repeticiones, la fórmula empleada para estimar el índice fue la siguiente:

$$IS = \{ [Y_j - M_j]^2 \cdot I_j + [Y_i - M_i]^2 \cdot I_i + \dots + [Y_n - M_n]^2 \cdot I_n \}^{1/2}$$

Dónde: IS = índice de selección;  $Y_{j...n}$  = variable en unidades Z;  $M_{j...n}$  = meta de selección;  $I_{j...n}$  = intensidad de selección.

La meta de selección asignada a cada variable se refiere a las unidades de desviación estándar del promedio que se desea lograr en la selección. La

meta toma valores de -3.0 a +3, con valor negativo la selección será para aquellos genotipos que se encuentre por debajo de la media de la población para la variable en evaluación; por el contrario, con valores positivos aquellos genotipos que se encuentren por arriba de la media de la población y para seleccionar genotipos que se encuentren cercanos al promedio se utilizan metas con valor cero.

La intensidad de selección asignada a cada variable se refiere a las unidades de desviación estándar que se desea lograr en la selección. La meta toma valores de -3.0 a +3, con valor negativo la selección será para aquellos genotipos que se encuentren por debajo de la media de la población para la variable en evaluación; por el contrario, con valores positivos aquellos genotipos que se encuentren por arriba de la media de la población y para seleccionar genotipos que se encuentren cercanos al promedio se utilizan metas con valor de cero.

La intensidad de selección es el grado e importancia que se le asignan a cada una de las variables a ser utilizadas en la selección y toma valores de 1 a 10. Este valor es diferente a cada una de las variables, según el criterio del investigador. El valor de intensidad más pequeño (1) es asignado a la variable de menor interés y el valor más alto (10) representa la variable de mayor importancia.

Las variables que fueron incluidas en la selección se encontraban con valores en unidades distintas (gramos, número de frutos, centímetros, toneladas) por lo que fue necesario estandarizar cada uno de ellos y de esta forma las características pudieran combinarse mediante la fórmula siguiente:

$$Z = \frac{y_j - \bar{y}}{s}$$

Dónde: Z = valor estandarizado;  $y_j$  = valor observado para la entrada j;  $\bar{y}$  = promedio de todas las entradas; s= desviación estándar del grupo de entradas.

El valor estandarizado de cada una de las variables entre más cerca se encuentre a la meta deseada más pequeño será el valor del índice de selección y más cerca se encontrará el genotipo de los criterios deseados, y entre más grande sea el valor del índice más alejado se encuentra del genotipo con los criterios establecidos. El genotipo que tenga el valor del índice de selección más pequeño es considerado como superior, ya que reúne la mayoría de los caracteres requeridos en la selección.

### **Modelo de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (AMMI) y su grafico Biplot.**

En este trabajo de investigación se consideran ocho características agronómicas, lo que hace difícil el proceso de selección aún y cuando se utilice la metodología de índices de selección propuesto por Barreto *et al.*, (1991).

Ante esta situación se procedió a realizar un gráfico Biplot bajo el modelo AMMI, ya que, permite modelar la IGA mediante la técnica de componentes principales, generando una gráfica “Biplot”, en la cual se observan con mayor claridad los resultados en lo que a la interacción se refiere.

$$Y_{ij} = \mu + g_i + e_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \alpha_{ik} \gamma_{jk} + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = valor de IS del i-ésimo genotipo en el j-ésimo ambiente;  $\mu$  = media general;  $g_i$  = efecto del i-ésimo genotipo;  $e_j$  = efecto del j-ésimo ambiente;  $\lambda_k$  = raíz cuadrada del vector característico de k-ésimo eje del ACP;  $\alpha_{ik}$  = calificación del ACP para el k-ésimo genotipo;  $\gamma_{jk}$  = calificación del ACP para el k-ésimo

ambiente;  $\varepsilon_{ij}$  = error del genotipo  $i$  en el ambiente  $j$ ;  $n$  número de componentes principales considerados en el modelo AMMI.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la finalidad de cumplir los objetivos, probar las hipótesis planteadas y establecer la diferencia estadística existente entre híbridos, los cortes y las interacciones posibles a través de tres condiciones de siembra I) malla sombra con estacado II) campo abierto con estacado y III) campo abierto en suelo, se presentan y discuten los resultados de análisis de varianza combinado para 64 híbridos experimentales y cuatro testigos, esto para ocho variables representativas de los materiales evaluados: número de frutos (NF), rendimiento por parcela (RP), peso por fruto (PPF), frutos rajados (FR), frutos crackeados (CK), diámetro ecuatorial (DE), diámetro polar (DP), y rendimiento t ha<sup>-1</sup> (REN).

### **Condición malla sombra con estacado**

Para fuente de variación corte, se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) para todos los caracteres, estas se deben a que los materiales evaluados se comportan de manera diferente en estas variables a través de cortes, indicando que al menos un corte es mejor (Cuadro 4.1).

Para la fuente de variación repetición dentro de corte se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) solo para DE, lo que indica que el diseño fue eficiente y que las repeticiones se comportan de manera diferente dentro de cada corte.

En la fuente de variación híbrido se encontró diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) para todos los caracteres, este resultado refleja la gran variabilidad que existe entre los materiales evaluados e indica que por lo menos un híbrido es de comportamiento superior en las variables evaluadas, lo que posibilita hacer selección. Sin embargo, esta diferencia que involucra diferentes variables dificulta la correcta selección, por lo que se recomienda aplicar la teoría de índices de selección para asegurar que esta se realice de una manera integral y más eficiente.

Respecto a la fuente de variación corte\*híbrido, para las variables NF, RP, FR y REN se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ), esto indica que hay interacción dentro de los híbridos por corte y ello dificulta la correcta selección, por lo que se requiere de una mayor exploración de la capacidad de amortiguamiento que tiene cada híbrido a los cambios debido a los cortes, mientras que para el resto de las variables se mostraron sin interacción, es decir, son estables, lo que facilitará la selección.

Se muestra que dos veces el error estándar nunca fue mayor al valor de la media en cada una de las variables evaluadas, esto indica que el efecto del error fue muy reducido y por lo tanto los estimados son confiables. Debido a que no se logró tomar datos de los caracteres DE, DP, FR y CK en algunos cortes se indican dentro de paréntesis los correspondientes grados de libertad

**Cuadro 4.1** Cuadrados medios de análisis de varianza combinado por cortes en malla sombra con estacado

F.V	CORTE		REP (CORTE)	HÍBRIDO		CORTE*HÍBRIDO		ERROR	EE	MEDIA
G.L	3		4	67		200		267		
NF	111366.435	**	895.738	1685.965	**	1102.140	**	522.895	8.0846	63.31
RP	475.799	**	3.206	4.202	**	4.063	**	1.933	0.4916	3.56
PPF	7707.722	**	189.79810	866.116	**	70.249		58.779	2.7106	55.24
DE	12.025(1)	**	0.344(2)	* 0.492(67)	**	0.067(66)		0.054(133)	0.1171	4.48
DP	4.024(1)	**	0.191(2)	0.328(67)	**	0.039(66)		0.040(133)	0.1004	3.82
FR	2286.301(2)	**	146.388(3)	120.192(67)	**	74.585(26)	**	74.585(133)	0.4978	3.85
CK	1453.072(2)	**	9.240(3)	78.154(67)	**	39.541(26)		25.068(133)	0.7502	12.89
REN	2302.9270	**	15.52604	20.34451	**	19.6686	**	9.3598	1.0816	7.8355

\*, \*\* = significativo al punto  $P \leq 0.05$  de probabilidad y punto  $P \leq 0.01$  respectivamente; (GL) = grados de libertad, Rep (corte)= repetición dentro de corte, corte\*híbrido=corte por híbrido. EE= error estándar.

Debido a que la selección individual de genotipos sobresalientes para todas las variables es complicada, se utilizó metodología índices de selección (IS), metodología propuesta por Barreto *et al.*, (1991), para seleccionar genotipos de manera simultánea por varias características.

Montes *et al.*, (2008) y Romero, (2000), mencionan que es difícil recomendar algún índice de selección general, no obstante se pueden estimar de acuerdo con los objetivos de cada sistema de producción. Por lo tanto, en este trabajo de investigación se consideraron las siguientes variables para construir los IS: corte 1 (NF, DE y REN), corte 2 (PPF, DE y REN), corte 3 y 4. (NF, PPF y REN). Esta combinación se debe a que la toma de datos de las variables DE y DE no se alcanzó a realizar para los cuatro cortes.

**Cuadro 4.2** Híbridos con Índices de Selección por debajo del valor crítico en malla sombra con estacado

Corte 1		Corte 2		Corte 3		Corte 4	
Híbrido	IS	Híbrido	IS	Híbrido	IS	Híbrido	IS
H367	7.476	H347	3.4113	H347	7.731	H308	7.6615
H355	8.0786	H355	3.7048			H338	7.9822
H334	8.2539	H333	4.924			H347	8.6862
H316	8.5484	H334	5.4242			H337	8.6876
H321	9.3348	H360	6.4253			H333	8.7318
H307	9.6285	H365	7.6693			H318	9.0735
H357	10.4313	H370	7.7158				
H365	10.8208	H339	7.7175				
H350	11.0973	H353	9.2403				
H346	11.1782	H337	9.5524				
H330	11.8138	H302	9.5692				
		H372	10.2921				

Y los más estables a través de cortes son H367, H329

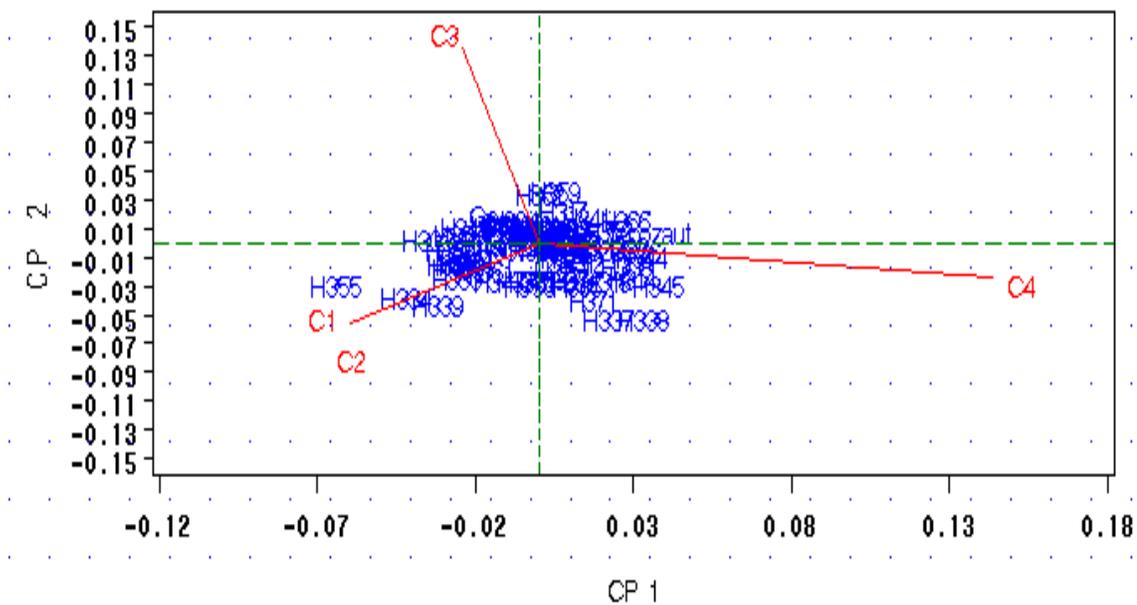
IS= valor de índice de selección

Barreto *et al.*, (1991), mencionan que en la estimación de los IS, mientras más pequeño es el valor del índice, más cerca se encuentra el genotipo de los criterios deseados y se considera el genotipo superior. La selección de híbridos

se realizó en base a  $\mu - 2\sigma$  (la diferencia entre la media menos dos desviaciones estándar), a partir de este valor se seleccionaron aquellos con el valor de índice de selección más pequeño.

En el cuadro 4. 2, se observa que, los híbridos se comportan de manera diferente a través de cortes, esto demuestra la variabilidad genética de los genotipos evaluados pero dificulta la selección de híbridos estables a través de cortes.

Con la finalidad de que la selección de los híbridos se realice de manera integral considerando no solo el índice de selección, se realizó una gráfica Biplot bajo el modelo SREG para conocer el comportamiento de cortes e híbridos y seleccionar los de mejor comportamiento, así como estabilidad, los resultados de la gráfica se concentraron en la Figura 4.1 donde se observa una mejor visualización del comportamiento de los híbridos experimentales a través de cortes, como mencionan Kempton, 1984 y Yan *et al.*, 2000.

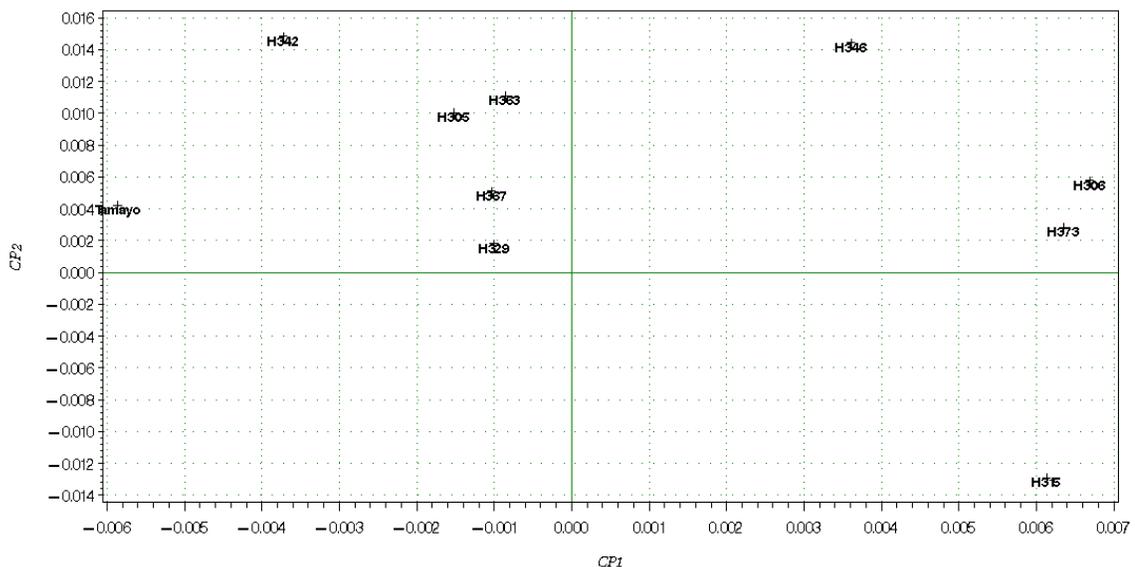


**Figura 4.1** Biplot AMMI de agrupamiento de cortes en malla sombra con estacado

Los patrones de respuesta que se destacan de este gráfico Biplot es que los cortes muestran interacción cruzada (cambia el orden relativo de los híbridos), es decir, no se puede seleccionar un híbrido superior en los cuatro cortes, por lo que la selección más eficiente es elegir híbridos por corte como se presentó en el Cuadro 4.2; únicamente los cortes 1 y 2 presentan patrones de respuesta similar por lo que ahí sí se puede elegir un híbrido de buen comportamiento para ambos cortes.

Se realizó una proyección del grafico para observar aquellos híbridos que presenten mayor estabilidad. Annicchiarico, (2002) menciona que la estabilidad de rendimiento usualmente se refiere a genotipos con capacidad para actuar de forma constante, ya sea en altos o bajos niveles de rendimiento a través de un amplio rango de ambientes.

Una proyección de los híbridos más estables a través de los cuatro cortes en malla sombra con estacado, son aquellos que están cercanos a los orígenes de los dos componentes principales, en este caso los híbridos más estables a través de los cuatro cortes son H367, H329.



**Figura 4.2** Proyección de híbridos estables a través de cortes en malla sombra con estacado

## Condición campo abierto con estacado

En la fuente de variación corte, se encontró diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) en la mayoría de las variables evaluadas, esto indica, que los materiales evaluados se comportan diferente a través de cortes, y sugiere que al menos uno de los cortes es mejor.

Para la fuente de variación repetición dentro de corte se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) para la mayoría de las variables evaluadas, a excepción de la variable DE. Esto indica que el diseño fue eficiente y que las repeticiones se comportan de manera diferente dentro de cada corte.

En la fuente de variación híbrido, se encontró diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) en mayoría de la variables evaluadas, este resultado refleja la gran variabilidad que existe entre los materiales evaluados e indica que por lo menos un híbrido es de comportamiento superior en las variables mencionadas, lo que posibilita hacer selección.

Respecto a la fuente de variación corte\*híbrido se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ), solo para las variables NF, RP y REN, esto indica que hay interacción dentro de los híbridos por corte para estos caracteres, mientras que para el resto se mostraron sin interacción, es decir, son estables.

**Cuadro 4.3** Cuadrados medios de los análisis de varianza combinado en campo abierto con estacado

F.V	CORTE	REP (CORTE)	HÍBRIDO	CORTE*HÍBRIDO	ERROR	EE	MEDIA
G.L	3	4	67	201	265		
NF	61997.8638 **	1698.5720 **	707.0937 **	861.9963 **	448.0838	7.5235	54.123
RP	181.9362 **	21.5121 **	1.9688 **	2.9628 **	1.0461	0.3635	2.729
PPF	10641.9338 **	3739.1772 **	599.2207 **	85.2525 **	82.0892	3.2202	50.349
DE	24.0428(1) **	2.9407(2) **	1.3777(67) **	1.0243(67) **	0.9920(131)	0.5030	4.909
DP	7.1502(1) **	2.9516(2) **	0.2644(67) **	0.0972(67) **	0.0609(131)	0.1246	4.015
FR	31.6327(3) **	121.9928(4) **	35.3908(67) **	11.3405(200) **	13.3125(265)	1.2755	2.361
CK	223.1950(3) **	236.3582(4) **	55.8118(67) **	13.4222(200) **	15.3314(265)	1.3688	3.731
REN	990.4699 **	117.1578 **	10.7191 **	16.1293 **	5.6962	0.8482	6.3693

\*, \*\* = significativo al punto  $P \leq 0.05$  de probabilidad y punto  $P \leq 0.01$  respectivamente; (GL) = grados de libertad, Rep (corte)= repetición dentro de corte, corte\*híbrido=corte por híbrido, EE= error estándar.

Se muestra que dos veces el error estándar nunca fue mayor al valor de la media en cada una de las variables evaluadas, esto indica que el efecto del error fue muy reducido y por lo tanto los estimados son confiables

Para la identificación de los genotipos más sobresalientes por cada corte se realizó la estimación de IS, se consideraron las variables agronómicas NF, DE Y REN para el corte 1, NF, PPF Y REN, para los cortes 2, 3 y 4.

La selección de híbridos se realizó en base a la diferencia entre la media menos dos desviaciones estándar, a partir de este valor se seleccionaron aquellos con el valor de índice de selección más pequeño.

En el cuadro siguiente se observa que los híbridos se comportan de manera diferente a través de cortes, debido a la variabilidad genética de los genotipos, pero a su vez dificulta la selección de híbridos con comportamiento estable a través de cortes, por lo que se buscó a los genotipos que mostraran estabilidad y fueron los siguientes: H316, Tamayo y H318.

**Cuadro 4.4** Híbridos con Índices de Selección por debajo del valor crítico en campo abierto con estacado

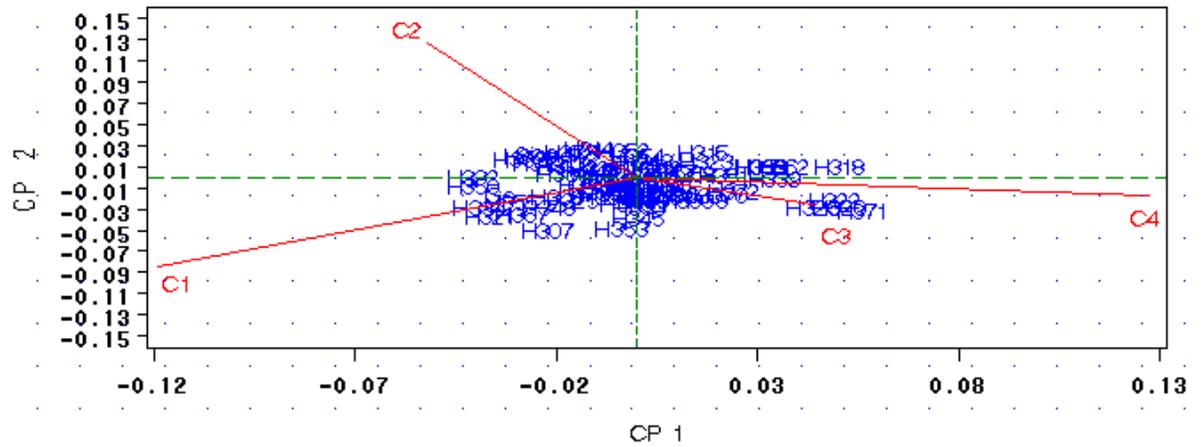
Corte 1		Corte 2		Corte 3		Corte 4	
Híbrido	IS	Híbrido	IS	Híbrido	IS	Híbrido	IS
H321	3.8056	H373	6.0309	H347	5.9746	H318	2.1295
H334	6.203	H315	6.6115	H372	6.8012	H371	2.8576
H355	7.2011	H314	7.3557			H320	7.9745
H367	7.4543	H303	7.8296			H316	8.6663
H350	7.6928	H317	8.221			H322	9.0879
		Tamayo	8.4719			H306	9.2073
		H343	9.2125			H315	9.4585
		H347	9.3488			Tamayo	9.8319
		Siqueiros	9.9847				
		H323	10.0713				
		H352	10.2455				

Y a través de cortes H316, Tamayo y H318

---

IS= valor de índice de selección

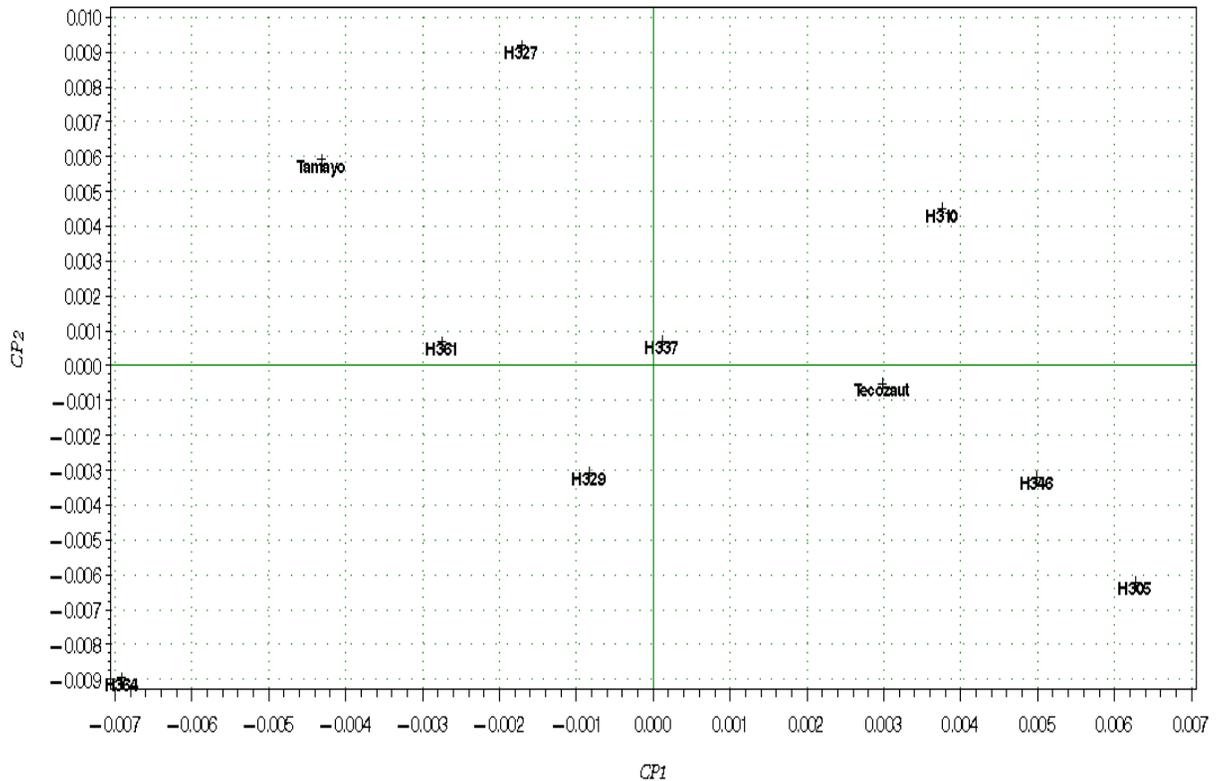
Además del índice de selección, se realizó una gráfica Biplot bajo el modelo AMMI para seleccionar los de mejor comportamiento y estabilidad, tal como se hizo en la condición de manejo anterior. Los resultados de la gráfica se concentraron en la Figura 4.1 donde se observa una mejor visualización del comportamiento de los híbridos experimentales a través de cortes.



**Figura 4.3** Biplot AMMI de agrupamiento de cortes en campo abierto con estacado

Los patrones de respuesta que se pueden destacar de este gráfico Biplot, que los cortes muestran interacción cruzada, es decir no se puede seleccionar un híbrido superior en los cuatro cortes; únicamente los cortes 3 y 4 presentan patrones de respuesta similar, por lo que ahí sí se puede elegir un híbrido de buen comportamiento para ambas situaciones.

Una proyección de los híbridos más estables se muestra a continuación, donde se destaca que Tamayo y Tecozautla son testigos que responden igual en todos los cortes, pero los híbridos más estables a través de cortes en campo abierto con estacado son H361, H337, y H329.



**Figura 4.4** Proyección de híbridos estables a través de cortes en campo abierto con estacado

### Condición campo abierto en suelo

En la fuente de variación corte, se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) en todas las variables evaluadas, por lo que se deduce que los materiales evaluados se comportan diferente a través de cortes, y al menos uno de los cortes es mejor.

Para la fuente de variación repetición dentro de corte no se encontraron diferencias significativas para ninguna de las variables evaluadas, lo que indica que esta fuente de variación no tiene efecto sobre la evaluación de los híbridos.

En la fuente de variación híbrido, se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) solo en las variables PPF, DP, DP, FR y CK. Mientras que para las variables restantes no se encontraron diferencias significativas, esto debido al efecto del ambiente no controlado y su efecto sobre los genotipos.

Respecto a la fuente de variación corte\*híbrido, se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ), en las variables NF, RP, FR y REN, y ( $P \leq 0.01$ ) para la variable CK, esto indica que hay interacción dentro de los híbridos por corte y ello dificulta la correcta selección, mientras que para el resto de las variables se mostraron sin interacción, es decir, son estables.

**Cuadro 4.5** Cuadrados medios de análisis de varianza combinado en campo abierto en suelo

F.V	CORTE		REP (CORTE)	HÍBRIDO		CORTE*HÍBRIDO	ERROR	EE	MEDIA	
G.L	3		4	67		201	259			
NF	203640.7577	**	1573.8635	1089.0001		2028.7400	**	901.4630	10.7658	61.201
RP	618.9990	**	6.2279	4.1126		6.6345	**	3.2779	0.6491	3.283
PPF	7853.5914	**	25.3141	665.8763	**	89.8231		94.8931	3.4929	53.116
DE	15.2276(2)	**	0.4127(3)	0.6893(67)	**	0.3201(134)		0.2627(194)	0.2123	5.035
DP	8.7198 (2)	**	0.2019(3)	0.4343(67)	**	0.0561(34)		0.0605(194)	0.1019	4.145
FR	580.1927	**	51.5552	45.4984	**	32.3679	**	18.0821	1.5522	2.729
CK	274.2546	**	93.7347	70.2921	**	34.5912	*	25.2965	1.8360	3.707
REN	7583.0385	**	76.2705	50.3868		81.2823	**	40.1576	2.2722	11.494

\*, \*\* = significativo al punto  $P \leq 0.05$  de probabilidad y punto  $P \leq 0.01$  respectivamente; (GL) = grados de libertad; Rep (corte)= repetición dentro de corte; corte\*híbrido=corte por híbrido; EE= error estándar.

Los resultados anteriores indican que los resultados son confiables, además de que existen diferencias entre híbridos a través de cortes, por lo que es posible realizar selección entre ellos. Para esto se utilizó el método IS para seleccionar genotipos de manera simultánea por varias características a través de cortes y hacer una selección más precisa.

Para la identificación de los genotipos más sobresalientes por cada corte, se integraron tres variables agronómicas para formar un IS y su estimación, considerando para corte 1. NF, PPF y REN; corte 2, 3 y 4 NF, PPF y REN.

Los valores obtenidos de los IS siguen una distribución normal, luego de restar a la  $\mu - 2\sigma$  es posible seleccionar a un 95% de superioridad aquellos genotipos con valor de IS más pequeño como muestra el Cuadro 4.6.

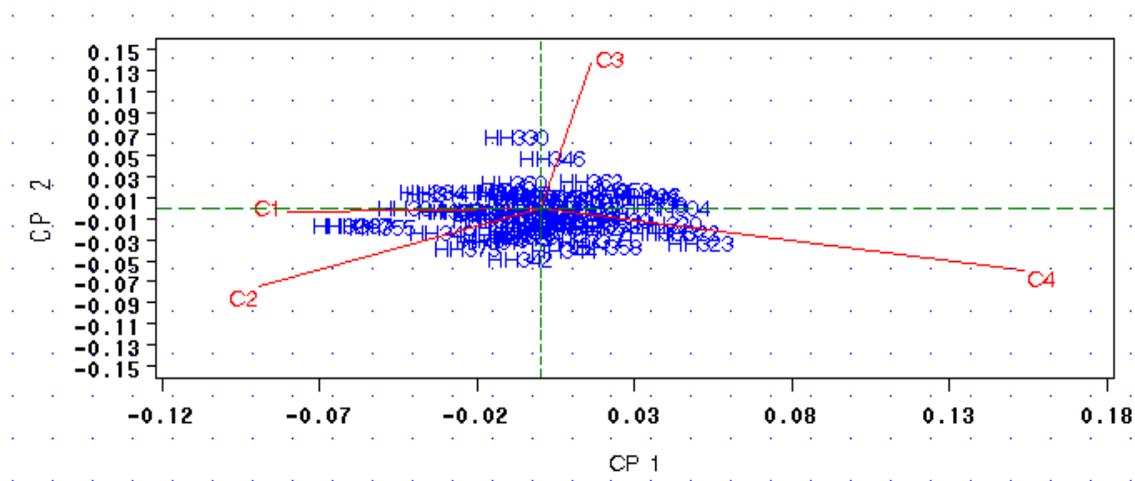
**Cuadro 4.6** Híbridos con Índices de Selección por debajo del valor crítico en campo abierto en suelo

Corte 1		Corte 2		Corte 3		Corte 4	
Híbrido	IS	Híbrido	IS	Híbrido	IS	Híbrido	IS
H334	10.3839	H355	6.2467	H330	10.527	H323	4.769
H321	12.0784	H373	6.529			H304	6.0878
H367	14.1636	H308	7.8844				
H316	14.6976	H342	8.1879				
H333	15.1231						
H307	15.7149						
H373	15.8527						

Y los más estables a través de cortes H366, H352 y H363  
 IS= valor de índice de selección

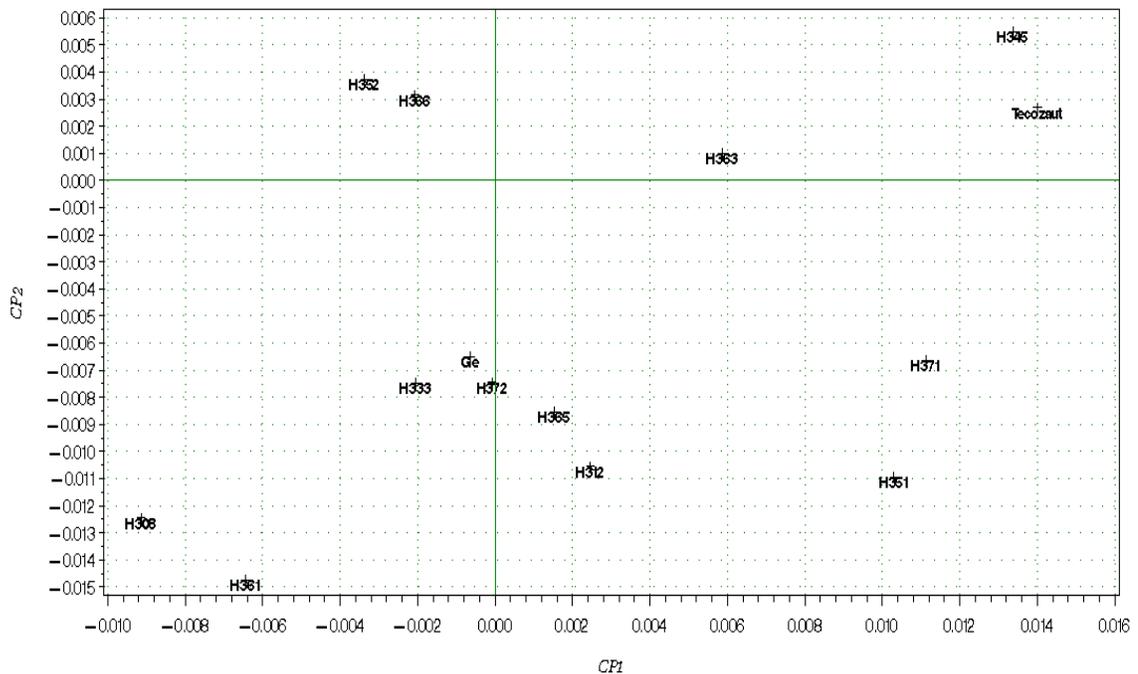
En el cuadro anterior se observa que los híbridos se comportan de manera diferente a través de cortes, esto demuestra la variabilidad genética de los híbridos, pero a su vez dificulta la selección de híbridos con comportamiento estable a través de cortes.

En el gráfico Biplot muestra que los cortes tienen interacción cruzada, es decir, no se puede seleccionar un híbrido superior en los cuatro cortes. La selección más eficiente es elegir híbridos por corte; los cortes 1 y 2 presentan patrones de respuesta similar, los cortes 3 y 4 por lo que se puede elegir un híbrido de buen comportamiento para ambas situaciones.



**Figura 4.5** Biplot AMMI de agrupamiento de cortes en campo abierto en suelo.

Una proyección de los híbridos más estables son los siguientes, dónde se puede destacar que los híbridos H366, H352 y H363 son muy estables y responden igual en todos los cortes. De manera similar la variedad GE (Gran Esmeralda).



**Figura 4.6** Proyección de materiales estables a través de cortes en campo abierto en suelo.

### Análisis de varianza combinado a través de condiciones

Después explorar el comportamiento de los híbridos en cada corte, es necesario conocer la estabilidad de los híbridos a través de condiciones de cultivo, por lo que se realizó un análisis de varianza combinado a través de condiciones utilizando el valor de IS de selección por repetición.

Esto se realizó en dos etapas la primera para el corte 1 para determinar genotipos precoces y la segunda para los cortes 2, 3 y 4 para determinar la estabilidad de híbridos a través de cortes; los índices se formaron con las

variables NF, DE y REN en la primera etapa y NF, PPF, REN para la segunda etapa.

A continuación, se presenta e interpreta el cuadro de resultados del análisis de varianza combinado para el índice de selección para el corte 1 en las tres condiciones de cultivo.

**Cuadro 4.7** Resultados de análisis de varianza combinado para el Índice de Selección en el corte 1 para las tres condiciones de cultivo

Fuente de Variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F cal
<b>Cond</b>	2	2744.8141	1372.4070	<.0001
<b>Rep (Cond)</b>	3	4510.771234	1503.5904	<.0001
<b>Hibri</b>	67	4391.6415	65.5468	<.0001
<b>Cond*Hibri</b>	133	374.7312	2.8175	0.999
<b>Error</b>	200	971.8707	4.8593	
<b>Total</b>	405	13005.8209		
<b>C.V.</b>				12.307
<b>Media</b>				17.910

\*, \*\* = Significativo al punto 0.05 de probabilidad y punto 0.01 respectivamente; C.V = coeficiente de variación.; GL= grados de libertad.

En la fuente de variación condición se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ), esto indica que los materiales evaluados se comportan diferente a través de condiciones de cultivo, debido a que éstas tienen efecto en el comportamiento de los genotipos y se deduce que al menos una de las condiciones de cultivo es mejor para la producción de tomatillo.

Para la fuente de variación repeticiones dentro de condición se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ), lo que indica que las repeticiones se comportan de manera diferente dentro de cada condición, debido a las características propias de cada condición.

En la fuente de variación híbridos, se encontró diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ), esto indica la variabilidad genética de los genotipos y esto posibilita hacer selección de híbridos que muestren superioridad.

Respecto a la fuente de variación condición\*híbrido no se encontraron diferencias significativas, esto indica que no existe interacción dentro de híbridos por condición debido a que solo se evaluó el primer corte.

Se realizó una comparación de medias del IS para las tres condiciones de cultivo para el primer corte y poder determinar que condición permite una mejor evaluación de los genotipos evaluados.

Se observa que la condición de cultivo en CAE tiene una media del IS más pequeña, por lo que sugiere que en esta condición los híbridos expresan mejor su potencial genético.

**Cuadro 4.8** Media de Índice de Selección para las tres condiciones de cultivo en base al primer corte.

Condición	Media de IS
Malla sombra con estacado	16.922688
Campo Abierto con estacado	15.3287831
Campo Abierto en suelo	21.4663331

IS= valor de índice de selección

Además, se realizó una prueba de medias ajustadas para IS por híbrido y se seleccionó aquellos que tuvieran el índice más pequeño al valor crítico de 13.501992 que es resultado de  $\mu - 2\sigma$ , los híbridos que obtuvieron un valor menor a éste se consideran como superiores.

**Cuadro 4.9** Genotipos de tomatillo con menor IS para el corte 1 a través las tres condiciones de cultivo

Híbrido	IS
H334	9.8011667
H367	9.8228667
H321	10.3727333
H316	11.1776333
H355	11.2064667
H307	11.9673667

IS= valor de índice de selección

En este caso los híbridos con IS menor al valor crítico fueron H334, H367, H321, H316, H355 y H307, lo que indica que estos presentan precocidad y tienen buen rendimiento para el primer corte, por lo que se pueden seleccionar para estas características.

En la segunda etapa también se realizó un análisis de varianza combinado a través de condiciones utilizando el valor de IS de selección por repetición para determinar la estabilidad de híbridos a través de cortes.

**Cuadro 4.110** Resultados de análisis de varianza combinado del índice de selección para los cortes 2,3 y 4 en tres condiciones de cultivo

Fuente de Variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F cal
<b>Cond</b>	2	404.579306	202.289653	<.0001
<b>Rep (Cond)</b>	3	48.802954	16.267651	<.0001
<b>Hibri</b>	67	2334.086543	34.837113	<.0001
<b>Cond*Hibri</b>	134	1891.121333	14.112846	<.0001
<b>Error</b>	200	261.970048	1.309850	
<b>Total</b>	406	4942.488529		
<b>C.V.</b>				1.144487
<b>Media</b>				15.11293

\*, \*\* = Significativo al punto 0.05 de probabilidad y punto 0.01 respectivamente; coeficiente de variación (C.V.); (GL) = grados de libertad.

Para la fuente de variación condición se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ), esto indica que los materiales evaluados se comportan diferente a través de condiciones de cultivo, y al menos una de las condiciones de cultivo es recomendable para el cultivo de tomatillo.

Para la fuente de variación repeticiones dentro de condición se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ), lo que indica que las repeticiones se comportan de manera diferente dentro de cada condición.

En la fuente de variación híbrido, se encontró diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ), lo que indica la variabilidad genética de los genotipos evaluados, además sugiere que al menos un genotipo es superior en alguna de las condiciones.

Respecto a la fuente de variación condición\*híbrido se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ), esto indica que existe interacción dentro de los genotipos por condición, lo que permitirá hacer selección de genotipos que se adecuen mejor a una de las condiciones evaluadas.

El valor del coeficiente de variación este análisis es aceptable e indica que los estimados son confiables.

Junto con el análisis de varianza combinado se realizó una comparación de medias de IS entre condiciones de cultivo para determinar que condición permite la máxima expresión de los genotipos evaluados y permita una evaluación más precisa.

**Cuadro 4.11** Media de IS para las tres condiciones de cultivo en los cortes 2, 3 y 4.

Condición	Media de IS
Malla sombra con estacado	16.3810750
Campo Abierto con estacado	13.9485419
Campo Abierto en suelo	15.0079721

IS= valor de índice de selección

En el cuadro anterior se observa que en la condición CAE se tiene una media de IS más pequeño, por lo que sugiere que en esta condición los genotipos expresan mejor su potencial genético y es recomendada para el cultivo de tomatillos.

Además, se realizó una prueba de medias LSMEANS para IS por híbrido y se seleccionaron aquellos genotipos con valor de IS menor al valor crítico

12.8239, que es la diferencia de la  $\mu - 2\sigma$  y que permite seleccionar al 5% de genotipos superiores.

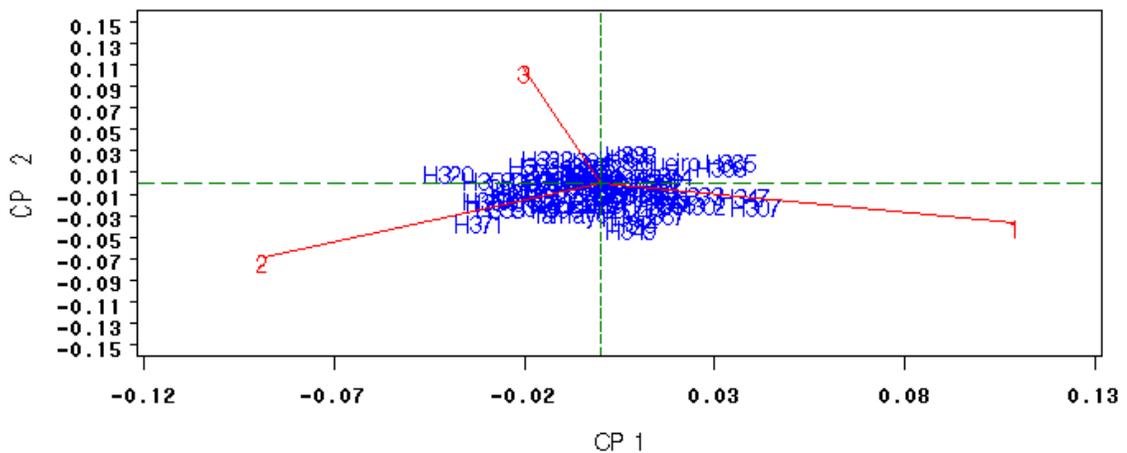
**Cuadro 4.12** Genotipos de tomatillo con menor IS para los cortes 2, 3 y 4 a través de las tres condiciones de cultivo.

Híbrido	IS
H318	10.092966
H308	10.658678
H316	10.870633
H333	11.310583
H315	11.922900
H347	11.947450

IS= valor de índice de selección

Como se muestra en el cuadro anterior los híbridos H318, H308, H316, H333, H315 y H347 obtuvieron valores de IS más pequeños a través de los cortes 2,3 y 4 para las tres condiciones de cultivo. Esto indica que estos genotipos, aunque no muestran precocidad en el primer corte, para los cortes siguientes se comportaron de manera superior y estable, lo que permite su selección.

### Gráfico AMMI

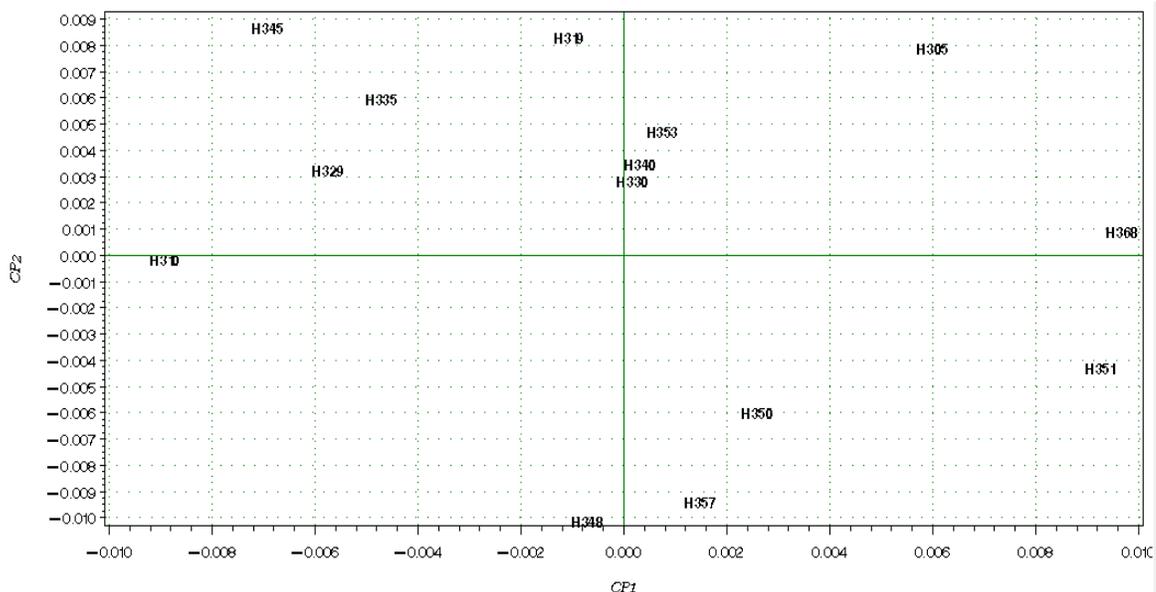


**Figura 4.7** Gráfico AMMI para las tres condiciones de cultivo de tomatillo.

En el gráfico AMMI se observa que el ángulo entre ambientes es mayor a  $90^{\circ}$  y por lo tanto indica que existe interacción cruzada entre condiciones de cultivo, por lo tanto, no es posible hacer selección a través de condiciones y solo se puede recomendar a los híbridos que mejor se comportan en cada condición de cultivo.

Finalmente se muestra una proyección de los híbridos más estables, donde se puede destacar que los híbridos H330, H340 y H353 son muy estables y responden igual en las tres condiciones de cultivo. El híbrido H329, presentó estabilidad de producción pero además mayor potencial de rendimiento en las condiciones de cultivo malla sombra con estacado y en campo abierto con estacado.

Esto concuerda con Annicchiarico, (2002), el cual menciona que la estabilidad de rendimiento usualmente se refiere a genotipos con capacidad para actuar de forma constante, ya sea en altos o bajos niveles de rendimiento a través de un amplio rango de ambientes.



**Figura 4.8** Gráfico proyección de híbridos más estables para las tres condiciones de cultivo de tomate

## **VI. CONCLUSIONES**

Se concluye que entre los 64 híbridos evaluados bajo las tres condiciones y a través de cortes existe variabilidad genética, lo que permitió hacer selección. De tal manera que atendiendo al mérito de los Índices de Selección por híbrido se seleccionó a los híbridos H334, H367, H321, H316, H355 y H307 para el primer corte; mientras que H318, H308, H316, H333, H315 y H347 para los cortes 2,3 y 4 para las tres condiciones de cultivo evaluadas.

Con la comparación de medias del IS para las tres condiciones de cultivo en dos etapas, se observa que la condición de cultivo en campo abierto con estacado permite una mejor evaluación de los genotipos evaluados, y se sugiere que en esta condición de manejo de cultivo los híbridos expresan mejor su potencial genético, y confirmando de esta manera nuestras hipótesis planteadas.

## VII. RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se evaluaron 64 híbridos experimentales de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) de la empresa Harris Moran con sus respectivos testigos bajo tres condiciones de cultivo, con los objetivos de I) Identificar híbridos experimentales de tomatillo con atributos agronómicos superiores y estabilidad bajo tres condiciones de cultivo, auxiliado por la metodología índices de selección y el modelo AMMI; II) Identificar el sistema de manejo de cultivo que permita la máxima expresión de los híbridos evaluados. El experimento se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones. El análisis de varianza combinado por cortes mostró diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) en las fuentes de variación cortes e híbridos en las tres condiciones de cultivo, esto permite hacer selección a través de cortes. El procedimiento para determinar la estabilidad y potencial genético de los híbridos evaluados fue mediante Índices de Selección (IS) y gráfico AMMI, donde se observa que los híbridos se comportan de manera diferente a través de cortes en tres condiciones de manejo cultivo. Además se realizó un análisis de varianza combinado a través de condiciones utilizando el valor de IS de selección por repetición en dos etapas, en la primera etapa (corte 1) se seleccionó a H334, H367, H321, H316, H355 y H307 como genotipos precoces; en la segunda etapa (cortes 2, 3 y 4) H318, H308, H316, H333, H315 y H347 como híbridos con estabilidad a través de cortes. Para determinar la condición que permite una mejor expresión genética se hizo una comparación de medias del IS para las tres condiciones de cultivo, donde se observa que la condición de cultivo en campo abierto con estacado tiene una media del IS más pequeña en ambas etapas, por lo que sugiere que en esta condición los híbridos expresan mejor su potencial genético. Por último con ayuda del gráfico AMMI se

muestra que los híbridos más estables para las tres condiciones de cultivo son H330, H340, H353 y H329.

**Palabras clave:** índices de selección, grafico AMMI, híbridos de tomate de cáscara, *Physalis ixocarpa*.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Annicchiarico, P. 1997.** Joint regression vs. AMMI analysis of genotype-environment interactions for cereals in Italy. *Euphytica*. 94(1):53-62.
- Alejos, G., et al., 2006.** Análisis de la interacción genotipo - ambiente para rendimiento de maíz en la región maicera del estado Yaracuy, Venezuela. *Agronomía Tropical*, 56(3), pp.369–384. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2006000300004&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000300004&lng=es&nrm=iso&tlng=es) [Accessed September 12, 2016].
- Alvarez, G.V. et al., N. D.** Segundo informe parcial. proyecto: “recopilación de información acerca de la evolución del género *Physalis* en México y del origen y diversidad de *Physalis philadelphica* lam. (Tomate verde), México. Disponible en: [http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/centrosOrigen/Physalis/2do\\_Informe/Segundo informe Physalis.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/centrosOrigen/Physalis/2do_Informe/Segundo informe Physalis.pdf).
- Barreto, H.J. & Raun, W.R., 1991.** Programa índices de selección. Guía para la operación del software. *CIMMYT*, p.27.
- Camargo-Buitrago, I., et al., 2011.** Identificación de ambientes representativos y discriminatorios para seleccionar genotipos de arroz mediante el Biplot GGE. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2), pp.245–255.
- Callen, 1965.** Analyses of the Tehuacan corpolites, 261-289 pp. En: D.S. Byer

(ed.) The prehistory of the Tehuacan Valley, 1. Environment and subsistence. University of Texas Press. Austin, Texas.

**Cardelillo, R. Rovira, J. 1987.** Mejoramiento Genético Animal. Ed. Hemisferio Sur. Montevideo.

**Castillo P., I.; A. Peña L.; R. A. Cruz G. 1992.** Densidad de Población, sistemas de manejo y arreglos topológicos en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo*, 15(73-74): 53-56.

**D'Arcy, W. G. 1991.** The Solanaceae since 1976, with Review of its Biogeography. Pp. 75-138. En: J.G.Hawkes, R.N. Lester, M. Nee y N. Estrada (Eds) *Solanaceae III: Taxonomy, Chemistry and Evolution*. Royal Botanical Garden, Kew. Gran Bretaña.

**Frutos, B.M.E., 2011.** Interacción Genotipo - Ambiente: GGE Biplot y Modelos AMMI. UNIVERSIDAD DE SALAMANCA.

**Grimaldo JO, García VA, Peña LA. 1999.** Morfología Cromosómica y comportamiento meiótico en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5(1) 31-35.

**Knapp, S.; M. Stanfford; M. Martínez. 2007.** A checklist of the Solanaceae of Guatemala. En: *Biodiversidad de Guatemala*, Vol. 1.

**López-López, R. et al., 2009.** Producción de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) basado en láminas de riego. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 15(1), pp.83–89.

**Lozano-Ramírez, Á. et al., 2015.** Modelación de la interacción genotipo x ambiente en rendimiento de híbridos de maíz blanco en ambientes. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38(4), pp.337–347.

- Magaña-Lira, N. & Peña Lomeli, A., 2016.** Perfil Diagnóstico del Tomate de Cáscara. ResearchGate, (February), p.49. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/283492117\\_Diagnostico\\_del\\_Tomate\\_de\\_Cascara](https://www.researchgate.net/publication/283492117_Diagnostico_del_Tomate_de_Cascara).
- Martínez, M. 1993.** Systematics of *Physalis* Section *Epeteiorhiza*. Tesis Doctoral, Universidad de Texas, Austin.
- Menzel YM. 1951.** The cytotaxonomy and genetics of *Physalis*. Proc. Amer. Philos. Soc. 95(2):132-183.
- Montes, D. V., et al., 2008.** Determinación de un índice de selección para el peso al nacer y al destete en ganado bovino de la raza brahmán. *Rev. MVZ Cordoba*, 13(2), pp.1365–1368.
- Pandey K., K. 1957.** Genetics of self-incompatibility in *Physalis ixocarpa* Brot. A new system. *American Journal of Botany* 44: 879-887.
- Peña L., A; F. Santiaguillo H. 1999.** Variabilidad Genética de Tomate de Cáscara en México. Boletín Técnico Núm. 2. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. 26 p.
- Peña Lomelí A. y F. Márquez S. 1999.** Mejoramiento de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot). Resumen del XIII Congreso de la Sociedad Mexicana de Fitogenética. Cd. Juarez Chihuahua, p. 320.
- Peña, Lomelí A. et al., 2004.** Parámetros genéticos de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot .) variedad verde puebla. *Revista Fitotecnia Fitogenética*, 27(1), p.7.
- Peña-Lomelí, A. et al., 2004.** Heterosis intervarietal en tomate de cascara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 10(1), pp.37–41.

- Peña, Lomelí A., et al., 2011.** Manual Gráfico para la Descripción Varietal de Tomate de Cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. Ex Horm.). SNICS-SAGARPA. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México. México. 90 p.
- Peña-Lomelí, A. et al., 2014.** Desempeño agronómico de variedades de tomate de cáscara en invernadero y campo abierto. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37(February 2016), pp.381 – 391.
- Pérez A., J. P.; Peña L., A.; Mulato B., J. 1992.** Caracterización de germoplasma de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en Chapingo, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 16(79-80): 128- 137.
- Ramírez, G.F., 2012.** Caracterización de tetraploides y formación de híbridos triploides en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Tesis Doctoral en Ciencias con Acentuación en Manejo y Administración de Recursos Vegetales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, N.L. Facultad de Ciencias Biológicas. pp 118.
- Rodríguez, et al., 2003.** Uso de malla-sombra en la producción intensiva de chile piquín. ,volumen 3, p. 2. Disponible en: <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/279/18.pdf?sequence=1>.
- Rodríguez-Burgos, A. et al., 2011.** Desarrollo de fruto y semilla de cinco variedades de tomate de cáscara en Sinaloa. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(5), pp.673–687. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342011000500004&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342011000500004&lng=es&nrm=iso&tlng=es) [Accessed October 25, 2015].
- Romero, P. y Manuel, J., 2000.** Métodos de seleccion para caracteres

múltiples. Tesis. Licenciado en Estadística. Chapingo, Texcoco, Edo. de México. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. pp. 138.

**Sahagún-Castellanos, J., et al., 1999.** Efectos de aptitud combinatoria en poblaciones de tomate de cáscara ( *Physalis ixocarpa* Brot .). , 5(595), pp.19–23.

**Santiaguillo Hernández, J.F. & Blas, Y.S., 2009.** Aprovechamiento tradicional de las especies de *Physalis* en México. *Revista de Geografía Agrícola*, 43, pp.81–86. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/757/75715608006.pdf>.

**Santiaguillo, H.J. et al., 2009.** Aprovechamiento tradicional y moderno de tomate (*Physalis* ) en México, Publicaciones de la Red de Tomate de Cáscara. Folleto Tecnico Número 2. pp. 28.

**Santiaguillo, H.J.F. et al., 2012.** Perfil Diagnóstico del Tomate de Cáscara. Primera ed., MÉXICO: Prometeo Editores S.A. de C.V.; pp45.

**Santiaguillo, H.J.F. et al., 2013.** Conservación y uso de *Physalis spp.* en México. In *Congreso Nacional SINAREFI*. pp. 443–449.

**Santiaguillo, H.J.F., et al., 2004.** Selección para rendimiento y calidad de fruto de cruza planta x planta entre variedades de tomate de cáscara. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27(1), pp.85–91.

**Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 2015.** Atlas Alimentario 2015. Disponible en: [http://nube.siap.gob.mx/publicaciones\\_siap/](http://nube.siap.gob.mx/publicaciones_siap/).

**Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 2016.** Atlas Alimentario 2016. disponible en: [http://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/pag/2016/Atlas-](http://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2016/Atlas-)

Agroalimentario-2016

**Soldevilla-Canales, S. et al., 2002.** Aplicación al suelo de  $CO_2$ , uso de acolchados plásticos y sistemas de manejo en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 8(1), pp.25–38.

**Tucuch-Cauich, C.A., 2006.** Índices de selección para producción y calidad forrajera en maíz QPM. Doctor en Ciencias en Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. pp 100.

**Yáñez, C.L.F., 2005.** Índices De Selección: Sugerencias para su utilización. *Manual de Ganadería Doble Propósito*. pp. 106 – 110.

## IX. APÉNDICE

Tabla 1. Fertilizantes utilizados para nutrición del cultivo

Nitrato de potasio	Cloruro de Potasio
Nitrato de Magnesio	Sulfato de Zinc
Nitrato de Calcio	Boro
Sulfato de Magnesio	Ácido Nítrico
Fosfato Mono potásico	Ácido Sulfúrico

Tabla 2. Insecticidas utilizados para el control de Insectos plaga

<b>Nombre comercial</b>	<b>Ingrediente activo</b>	<b>plaga</b>
Versoato	Dimetoato	Diabrotica
Proaxis	Gama celatrina	Trips
Agrimec 1.8%	Abamectina	Ácaros
Spintor	Espinosab	Gusano soldado
Confidor	Imidacropid	Mosquita blanca
Endosulfan	Endosulfan	M. blanca y pulgón
Rescate	Acetamiprid	Trips
Beelef	Fionicimid	Pulgones
Giro	Fenfpropratina	Mosquita blanca
Vidate	Oxamil	Picudo
Agrimicin	Abamectina	Minador

Tabla 3. Fungicidas utilizados para el control de Enfermedades.

<b>Nombre comercial</b>	<b>Ingrediente activo</b>	<b>plaga</b>
Previcur	Propamocarb	Complejo Damping off
Derosal	Clorhidratado	Complejo Damping off
Cuperhidro	Hidroxido cúprico	Prevención
Purozeb	Mancozeb	Prevención
Fionex	Mancozeb	Prevención
Captan 50	Captan	Prevención
Cuprifun	Hidroxido cúprico	Prevención
Dhitane	Mancozeb	Prevención