

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación y Selección de Híbridos Experimentales de Tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot.) Apoyados con un Índice de Selección Básico

Por:

MARÍA FERNANDA ESPINOSA VILCHIS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Octubre, 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación y Selección de Híbridos Experimentales de Tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot.) Apoyados con un Índice de Selección Básico

Por:

MARÍA FERNANDA ESPINOSA VILCHIS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

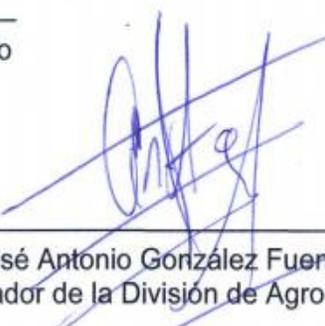
Aprobada por el Comité de Asesoría:


M.C. Eduardo Hernández Alonso
Asesor Principal Interno


Dr. Flavio Ramos Domínguez
Asesor Principal Externo


Dr. Humberto De León Castillo
Coasesor


Dr. Antonio Flores Naveda
Coasesor


Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Octubre, 2021



Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



María Fernanda Espinosa Vilchis

Firma y Nombre

ÍNDICE GENERAL

Declaración de no plagio.....	III
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ÍNDICE DE CUADROS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
AGRADECIMIENTOS	X
DEDICATORIAS	XI
RESUMEN	XII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	2
Hipótesis	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Importancia económica.....	3
2.1.1 Importancia económica en la industria	4
2.2 Sólidos solubles y pH en tomate de cáscara	5
2.3 Origen y distribución	5
2.4 Cracking.....	6
2.5 Blossom	7
2.6 Descripción botánica.....	8
2.7 Mejoramiento genético.....	9
2.8 Hibridación.....	10
2.9 Índices de selección.....	11
2.10 Condiciones para siembra de rendimiento.....	12
2.11 Biplot (AMMI)	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1 Localización del área de estudio.....	15
3.2 Material genético.....	15
3.3 Diseño experimental	16
3.3.1 Descripción de parcela experimental.....	16
3.4 Producción de plántulas.....	16
3.5 Preparación del terreno	17
3.6 Manejo agronómico del cultivo	18

3.7 Control de plagas.....	19
3.8 Variables evaluadas.....	19
3.8.1 Variables de componente de rendimiento	19
3.8.2 Variables de calidad	20
3.9 Análisis estadístico	21
3.9.1 Análisis de varianza combinado por cortes	21
3.9.2 Análisis de varianza de híbridos considerando los cinco cortes	21
3.9.3 Análisis de varianza combinado a través de condiciones.....	22
3.10 Índices de selección (IS).....	22
3.11 Modelos de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (AMMI) y su gráfico Biplot.....	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
4.1 Análisis de varianza combinado a través de cortes para la condición campo abierto piso	25
4.1.2 Análisis de los híbridos en campo abierto piso.....	27
4.1.3 Exploración del agrupamiento natural de las variables mediante el apoyo del modelo AMMI para la condición campo abierto piso.....	29
4.1.4 Cuadrados medios en atención al índice de selección para la condición de campo abierto piso	31
4.1.5 Gráfico Biplot (AMMI 1) para seleccionar híbridos rendidores, estables y clasificar cortes	33
4.2 Análisis de varianza combinado por cortes para la condición campo abierto estacado	35
4.2.2. Análisis de los híbridos para campo abierto estacado.....	37
4.2.3 Exploración del agrupamiento natural de las variables mediante el modelo AMMI para la condición de campo abierto estacado	39
4.2.4 Cuadrados medios en atención al índice de selección para la condición de CAE	39
4.2.5 Gráfico Biplot (AMMI 1) para seleccionar híbridos rendidores, estables y clasificar cortes	41
4.3 Análisis de varianza combinado a través de condiciones CAP y CAE.....	43
4.3.2 Gráfico Biplot (AMMI) combinado para dos condiciones de cultivo; CAP y CAE	46
4.3.3 Análisis del índice de selección como criterio para identificar los híbridos que se desempeñen eficientemente en los ambientes de CAP y CAE	47

4.3.4 Híbridos sobresalientes en atención al índice de selección combinado para CAP y CAE	48
V. CONCLUSIONES	50
VI. LITERATURA CITADA	51

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Descripción	Página
3.1	Genealogía de genotipos utilizados en la evaluación.....	15
4.1.1	Cuadrados medios del análisis de varianza combinado por cortes para la condición CAP de la evaluación de tomatillo en Los Mochis, Sinaloa, durante el ciclo otoño-invierno en el año 2020.....	26
4.1.2	Cuadrados medios del análisis de varianza de 35 híbridos de tomatillo evaluados en CAP en Los Mochis, Sinaloa, durante el ciclo otoño-invierno en el año 2020, considerando el aporte de los cinco cortes.....	28
4.1.3	Cuadrados medios del análisis de varianza con base a los valores de índices de selección (integrado por rendimiento, peso promedio de fruto y cracking) de 31 híbridos experimentales y 4 testigos comerciales para la condición CAP.....	31
4.1.4	Híbridos sobresalientes para la condición de campo abierto piso.....	33
4.2.1	Cuadrados medios del análisis de varianza combinado por cortes para la condición CAE de la evaluación de tomatillo en Los Mochis, Sinaloa, durante el ciclo otoño-invierno en el año 2020.....	36
4.2.2	Cuadrados medios del análisis de varianza de los 35 híbridos evaluados en CAE de tomatillo en Los Mochis, Sinaloa, durante el ciclo otoño-invierno en el año 2020, considerando el aporte de los 5 cortes.....	38
4.2.3	Cuadrados medios del análisis de varianza con base a los valores de índices de selección (integrado por	

	rendimiento, peso promedio de fruto y cracking) de 31 híbridos experimentales y 4 testigos comerciales para la condición CAE.....	40
4.2.4	Híbridos sobresalientes para la condición de campo abierto estacado.....	41
4.3.1	Cuadrados medios del análisis de varianza combinado a través de condiciones CAP y CAE para la evaluación de tomatillo en Los Mochis, Sinaloa, durante el ciclo otoño-invierno en el año 2020.....	45
4.3.2	Medias del análisis de varianza para cada condición de cultivo.....	46
4.3.3	Cuadrados medios del análisis de varianza con base a los valores de índices de selección (integrado por rendimiento, peso promedio de fruto y cracking) de 31 híbridos experimentales y 4 testigos comerciales para la condición CAP y CAE.....	48
4.3.4	Híbridos sobresalientes de un índice de selección combinado para CAP y CAE.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Descripción	Página
4.1.1	Gráfico Biplot (AMMI) para explorar el agrupamiento de las variables evaluadas para la condición de campo abierto piso.....	30
4.1.2	Biplot AMMI para estudiar los patrones de respuesta entre cortes de los híbridos de tomatillos sembrados en el estado de Sinaloa en campo abierto piso.....	34
4.1.3	Biplot AMMI 1 para explorar los patrones de respuesta de los híbridos de piso en cuanto al potencial de rendimiento y estabilidad.....	35
4.2.1	Gráfico Biplot (AMMI) para explorar el agrupamiento de las variables evaluadas para la condición de campo abierto estacado.....	39
4.2.2	Biplot AMMI para estudiar los patrones de respuesta entre cortes de los híbridos de tomatillos sembrados en el estado de Sinaloa en campo abierto estacado.....	42
4.2.3	Biplot AMMI 1 para explorar los patrones de respuesta de los híbridos de estacado en cuanto al potencial de rendimiento y estabilidad.....	43
4.3.1	Gráfico Biplot (AMMI) para explorar el agrupamiento natural de las variables de las evaluadas para la condición de campo abierto piso y campo abierto estacado.....	46

AGRADECIMIENTOS

A mi Gloriosa Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por ser mi segunda casa, donde conocí a mis mejores amigos, compañeros y grandes profesores quienes ayudaron a mi formación académica, agradezco por brindarme momentos muy gratos durante estos años.

Al Dr. Humberto de León Castillo, una persona admirable, gracias por brindarme sus conocimientos y sabiduría, por darme la confianza, apoyo y sobre todo por estar con la mejor disposición para guiarme en esta tesis realizada.

Al M.C. Eduardo Hernández Alonso, que más que un asesor para mí es un amigo, por brindarme su amistad tanto en el ámbito académico como el ámbito personal, gracias por todo el apoyo que me brindo y su disposición en cada momento durante la realización de esta tesis.

Al Dr. Antonio Flores Naveda, por su colaboración y por apoyarme en la revisión de esta tesis.

Al Dr. Flavio Ramos Domínguez por confiar en mí para realizar el presente trabajo de tesis y por el apoyo que me brindo durante el recorrido de esta tesis.

A la empresa HM. Clause Mexico por permitir realizar este trabajo de tesis.

A mis amigos y compañeros de la carrera, Ana, Francisco, Roberto, Armando, Raúl, y Daniel; gracias por su amistad y los mejores momentos compartidos en la universidad, en especial a Diana Vizcarra por ser mi compañía en el Instituto Mexicano del Maíz durante todo este tiempo de trabajo en esta tesis.

DEDICATORIAS

A DIOS, por iluminar, guiar y bendecir mi camino, por haber permitido terminar esta etapa de aprendizaje, por darme inteligencia, fuerza, paciencia, perseverancia para seguir adelante y no dejarme caer ante los obstáculos, sobre todo gracias por prestarme “vida” para disfrutar de mis logros compartiéndolos con mi familia y amigos.

Agradezco infinitamente A MIS PADRES, Freddy Espinosa Alvarado y Brenda Vilchis Álvarez, por todo su amor, sus sacrificios, por los valores que me han inculcado día a día, por hacer de mí una persona trabajadora y constante, alentándome a seguir luchando para alcanzar cada una de mis metas, por darme la confianza y fuerza superándome día a día. Siempre serán los mejores padres que me pudieron haber tocado, son mi mejor ejemplo a seguir. Este trabajo se los dedico especialmente a ustedes.

A MIS HERMANAS, María José y Frida por ser las mejores hermanas, siempre apoyándome y dándome los mejores consejos, por la unión y el amor que nunca nos ha faltado. Las quiero con todo mi corazón.

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se evaluaron 31 híbridos experimentales y cuatro testigos comerciales de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) de la empresa Harris Moran, bajo dos condiciones de producción, piso directo y estacado, con los objetivos de I) Evaluar los híbridos para demostrar que existen diferencias entre los materiales bajo estudio, con la finalidad de seleccionar híbridos experimentales de tomatillo que presenten atributos agronómicos superiores y estabilidad bajo dos condiciones de producción, auxiliado por la metodología de Índices de Selección II) Identificar el mejor sistema de producción que permita la máxima expresión de los materiales evaluados en base a componentes de rendimiento y calidad. El experimento se realizó bajo un diseño de bloques al azar con dos repeticiones. En resultados, se muestra un análisis de varianza combinado por cortes para cada condición, demostrando diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en las fuentes de variación cortes e híbridos; los híbridos detectados como superiores y estables a través de cortes fueron 33, 23, 15, 12, 13, 5 y 29; el corte 2 obtuvo el mejor rendimiento de 17.731 t ha^{-1} para la condición campo abierto piso, mientras que para la condición de estacado los híbridos superiores y estables fueron 23, 29, 3, 10, 11, 5 y 1; el corte 2 obtuvo el mejor rendimiento de 13.405 t ha^{-1} , en el análisis de varianza para híbridos (sumando cortes) se detectaron diferencias significativas en la fuente de variación híbridos ($P \leq 0.01$), esto sugirió hacer selección de los mejores híbridos en atención a un análisis de varianza combinado a través de condiciones utilizando el índice de selección, utilizando esta metodología se detectaron que los mejores híbridos fueron el 23 con un rendimiento de 71.402 t ha^{-1} y el híbrido 33 con un rendimiento de 69.518 t ha^{-1} . Para explorar la condición que permite una mejor expresión de los híbridos se realizó una comparación de las medias de cada condición, lo cual favoreció a campo abierto piso.

Palabras clave: Índices de Selección, AMMI, estabilidad, híbridos de tomate de cáscara.

I. INTRODUCCIÓN

El tomate verde o de cascará es un producto hortícola de importancia en México por su consumo per-cápita de 5.3 kg anuales. Además, participa con un 5.3% en la producción nacional de hortalizas, ubicándolo entre las principales cinco especies hortícolas cultivadas en México, solamente superada por el jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), chile (*Capsicum annun* L.), la cebolla (*Allium cepa* L.) y la papa (*Solanum tuberosum* L.). Sinaloa es el principal productor de tomate verde con un volumen anual de 161 mil toneladas, aportando el 28.5 % de la producción nacional, seguido de Jalisco y Zacatecas con una aportación del 12.5 % y 6.6 % respectivamente (SIAP, 2020).

Los tomates de cáscara son de gran interés para la industria agrícola y farmacéutica, debido a sus propiedades nutrimentales como son las vitaminas A (carotenoides: β , myricetina y ácido oleanólico) y C (ácido ascórbico) en hojas, raíces y frutos.

La dinámica agrícola del cultivo del tomate de cáscara demanda la generación de cultivares mejorados e híbridos sobresalientes 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. Para identificar genotipos superiores se emplean herramientas estadísticas; una de ellas es el índice de selección, esta metodología destaca por su ayuda en la identificación de materiales genéticamente superiores a través de la selección simultánea de múltiples características en un solo individuo para hacer más factible el éxito de la selección (Yáñez, 2018).

Para construir un índice de selección eficiente es importante apoyarse en los gráficos AMMI. El modelo AMMI unido al uso del “Biplot” es una técnica de representación gráfica, que además de 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); es propia para identificar los agrupamientos o correlaciones naturales entre las variables y después de cada grupo elegir la variable más indicada para construir el índice de selección

El propósito de esta investigación fue la evaluación de treinta y cinco híbridos de tomate de cáscara evaluados en dos condiciones de cultivo, con la finalidad de seleccionar híbridos superiores y estables a través de los sistemas de producción evaluados. Donde se plantean los siguientes:

Objetivos

- I) Evaluar los híbridos para demostrar que existen diferencias entre los materiales bajo estudio con la finalidad de seleccionar híbridos experimentales de tomatillo que presenten atributos agronómicos superiores y estabilidad bajo dos condiciones de producción, auxiliado por la metodología de Índices de Selección.
- II) Identificar el mejor sistema de producción que permita la máxima expresión de los materiales evaluados en base a componentes de rendimiento y calidad.

Hipótesis

- I) 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.
- II) Las condiciones de cultivo de evaluación son diferentes, de tal modo que se espera que al menos una de estas permita la máxima expresión de los materiales evaluados.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia económica

El tomate verde o de cascará es un producto hortícola de importancia en México por su consumo per-cápita de 5.3 kg anuales. Además, participa con un 5.3% en la producción nacional de hortalizas, ubicándolo entre las principales cinco especies hortícolas cultivadas en México, solamente superada por el jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), chile (*Capsicum annun* L.), la cebolla (*Allium cepa* L.) y la papa (*Solanum tuberosum* L.) (SIAP, 2020).

Dentro del aspecto culinario, se considera como un ingrediente básico en la cocina mexicana debido principalmente a la elaboración de salsas y otros guisados hechos a partir de este fruto, además de la importancia que tiene en su contenido nutricional, proteínas, grasas, carbohidratos, hierro, compuestos fenólicos y lactonas esteroides como las fisalinas, que tienen efectos antimicrobianos y antinarcóticos, las cuales hacen que la demanda por este producto crezca de forma considerable (Toledo, 2015; Gonzales y Guerrero, 2021).

Esta especie es originaria de Mesoamérica, su nombre original en náhuatl es “tomātl” que significa “agua gorda” y pasó al español como “tomate”. En la época prehispánica, el nombre tomate se refería únicamente al tomatillo, y el jitomate al mundo y lo llamaron simplemente “tomate”, por lo que internacionalmente la palabra “tomate” se empezó a utilizar de forma casi única para el tomate rojo (Santiaguillo y Blas, 2009). Entre las hortalizas en México, el tomate de cáscara ocupa uno de los primeros lugares en cuanto a superficie cultivada. Sinaloa continúa como el principal productor de tomate verde con un volumen anual de 161 mil toneladas, aportando el 28.5% de la producción nacional, seguido de

Jalisco y Zacatecas con una aportación del 12.5% y 6.6% respectivamente. En los últimos 10 años, esta hortaliza ha tenido una tendencia creciente en su producción. En 2019 tuvo un aumento de 6.7% con respecto al año 2018 (SIAP, 2020).

2.1.2 Importancia económica en la industria

Los tomates tienen un uso alimenticio tradicional y arraigado, formando parte de la dieta diaria de los mexicanos. Son esenciales en la preparación de salsas e ingredientes de diversos platillos. El valor nutrimental de las plantas y su utilidad como fuente de alimento se infiere a partir del análisis de los elementos nutritivos (Tardío, 2011)

Los estudios en el género *Physalis* spp., sobre compuestos nutrimentales y otros de interés farmacológico son numerosos, debido a su beneficio en la salud. Éstos se han realizado en las especies (*P. angulata*, *P. philadelphica*, *P. pubescens* y *P. peruviana*), *P. virginiana* (Gibson *et al.*, 2012), *P. orizabae* (Maldonado *et al.*, 2012) y otras especies. Estos autores han reportado la existencia de fitoquímicos bioactivos, como son las vitaminas A (carotenoides: β , myricetina y ácido oleanólico) y C (ácido ascórbico) en hojas, raíces y frutos.

Entre las moléculas bioactivas, especialmente los carotenoides, de los cuales destaca el licopeno, lo que les confiere no solo un alto valor nutrimental, sino también propiedades benéficas para la salud por su gran actividad antioxidante, aportando un notable valor desde el punto de vista del consumidor (Colle, 2010). El licopeno representa un compuesto interesante para la industria de los alimentos, al utilizarlo como colorante, así como en la industria farmacéutica para prevención del cáncer y en la elaboración de cosméticos (Inserra, 2008).

Estas propiedades hacen de los tomates de cáscara modelos biológicos de gran interés para la industria agrícola y farmacéutica.

2.2 Sólidos solubles y pH en tomate de cáscara

El sabor de los frutos depende del gusto, un balance entre dulzor, acidez, astringencia y aroma.

Los frutos de sabor dulce de algunas especies contienen niveles de azúcares; por ejemplo; *P. angulata* registra 8.5 °Brix, *P. philadelphica* 9.4 °Brix, y *P. peruviana* 13-15 °Brix, valores similares a los reportados por frutos de melón cantaloupe, con 11.5-13 °Brix (El Sheikha *et al.*, 2009), que los hace ideales para consumo en fresco, procesados como bebidas (jugo), mermeladas o fruta deshidratada (pasa).

El pH promedio de los frutos de tomate oscila entre 3.6 a 4.8, notando que es mayor al del limón (2.4) y similar o mayor al de la piña (3.2) y la naranja (3.6) (El Sheikha *et al.*, 2010), atributo que lo hace agradable al paladar del consumidor.

2.3 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 mayoría localizadas en América, 70 de ellas se encuentran restringidas a México, más de 17 se extienden a EUA y América central y tres a Guatemala (Martinez,1993; Knapp *et al.*, 2007). Muy pocas especies se localizan en el este de Asia, India, Australia, Europa y África tropical; solo 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).

Las especies de *Physalis* se distribuyen en casi todo el territorio mexicano y se desarrolla en ambientes tropicales, subtropicales, templados, áridos 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 cero hasta los 3,570 m s. n. m. (Magaña y Peña, 2016).

2.4 Cracking

El rajado es un término general que ha sido aplicado a ciertos desórdenes fisiológicos de las frutas, expresado como fractura en la cutícula o epidermis del fruto; se ha atribuido principalmente al balance hídrico de la planta, que condiciona el crecimiento y fisiología de las hojas, tallos y raíces, afectando la velocidad del crecimiento y la producción de frutos (Torres, 2004).

Más aún, frutos que llegan a los sitios de comercialización en perfecto estado, luego de la manipulación post-cosecha pueden presentar rajado, el cual origina castigo en el precio a los productores y pérdidas para los exportadores (Álvarez y Fischer, 2014).

El agrietamiento se acentúa más en frutos sobre maduros en la planta y en aquellos de alto volumen y peso, que muchas veces coinciden con los primeros frutos del primer ciclo de cosecha (Gordillo *et al.*, 2004) por lo que, en estos casos, se recomienda eliminar las primeras flores de la planta.

Como lo mencionó Gordillo (2004), es necesario evitar altas concentraciones de nitrógeno; sin embargo, no se ha investigado cuál forma de nitrógeno (NH_4^+ , NO_3^- o Urea) afecta primordialmente el agrietamiento del fruto.

El rajado del fruto es un problema fisiológico muy severo en varias especies, según (Wolf, 1971) encontrado en (Fischer, 2005) define dos formas del cuarteamiento del fruto: a) Por causa del crecimiento rápido del fruto y b) Por causa de senescencia (sobre madurez). Obviamente ocurre un desequilibrio entre el volumen del fruto y la capacidad de extensión de la epidermis, es decir, el aumento en el contenido de agua de los frutos no corresponde con el crecimiento de la epidermis de los mismos.

Se puede distinguir dos tipos de rajado:

- a) Agrietado profundo o splitting

El cuarteamiento profundo que penetra hasta el interior de la pulpa se denomina splitting (Fischer *et al.*, 2005) consiste en el agrietamiento de la corteza que se produce en los frutos, como consecuencia suele ser rápidamente atacada por hongos que originan descomposiciones, entra fácilmente *Botrytis*, el rajado de frutos se puede dar también por las condiciones climáticas, especialmente por un déficit hídrico o después de un verano seco se producen abundantes lluvia, condiciones edáficas y desequilibrios nutricionales (Agustí *et al.*, 2008).

b) Agrietado superficial o cracking

El agrietamiento se produce muy superficial se puede ver con frecuencia a manera de círculo cerca del pedúnculo, no muy notorio (Agustí *et al.*, 2008).

2.5 Blossom

La podredumbre apical o Blossom End Rot (BER) del tomate es la fisiopatía responsable de cuantiosas pérdidas económicas, en especial en aquellas variedades susceptibles. Su aparición se atribuye a alteraciones en absorción y transporte de calcio de las raíces a los frutos, concretamente en su parte distal. Otros estudios también correlacionan la aparición de esta fisiopatía con otros factores que afectan directa o indirectamente la absorción y transporte del calcio, estos incluyen: alta salinidad del suelo o en su caso solución nutritiva, estrés hídrico, anoxia (ausencia de oxígeno), entre otros factores abióticos (Hodges, 2007).

La aparición de Blossom End Rot en tomate básicamente se debe a la falta de coordinación entre el transporte de asimilados por el floema y el calcio por la xilema y la rápida elongación celular en el tejido placentario distal del fruto. Es decir, se trata de una interacción entre la tasa de crecimiento del fruto y la tasa de adquisición del calcio en la parte distal del mismo. También se le atribuye a un componente genético, es decir, las características genéticas de la variedad difieren en su capacidad de utilización del calcio. Esta variación se refiere tanto a nivel de raíces, como en su distribución dentro de la planta. De aquí la

importancia de una adecuada selección de variedades con menor susceptibilidad a pudrición apical del fruto (Bost, 2005).

La reducción en la calidad del fruto es evidente, comienza por un punto oscuro en la parte apical, que se expande a medida que el desorden fisiológico avanza, puede llegar a cubrir hasta la mitad de fruto observándose en la epidermis una textura lisa con apariencia seca de color café y tomando una coloración negra en el mesocarpio como resultado de la infección de organismos secundarios, principalmente hongos fitopatógenos, ocasionando la destrucción completa del fruto infectado (Castellanos, 2009).

2.6 Descripción botánica

Planta herbácea anual de 40 a 120 cm de altura o más dependiendo del hábito de crecimiento.

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 alternado 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 ovaladas, de 2 a 2.5 cm de diámetro, de colores amarillento, violáceo o verde brillante. La pulpa es amarilla y jugosa con materia mucilagosa 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, semierectas y erectas con frutos de color que varía desde amarillo, verde, hasta morado; hojas con coloración desde verde amarillo, hasta verde violáceo, las formas del fruto van desde aplanadas, circular, cordiforme y triangular en un corte longitudinal; elíptica, circular hasta angular en un corte transversal, 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 de cosecha, varía desde, verde amarillo, anaranjado hasta el purpura; la cobertura del fruto por el cáliz puede ser 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).

2.7 Mejoramiento genético

El cultivo de tomate de cascara en el país, se sustenta en variedades nativas y materiales sobresalientes que incrementan las empresas dedicadas a la venta y distribución de semilla. En ellas los productores han incorporado a través de la selección por domesticación, diversas características favorables, siendo las más notables en el hábito de crecimiento de la planta, tamaño y color del fruto.

La selección representa una alternativa geotécnica eficiente para el mejoramiento genético de la especie, utilizando variedades que incorporan alto rendimiento y otros caracteres deseables, como habito de crecimiento, precocidad, concentración de la producción, tamaño, color y forma del fruto (Saray *et al.*, 1997; Peña y Márquez, 1990; Pérez *et al.*, 1994).

Ante la demanda creciente del fruto y del aumento de superficie cultivada de esta hortaliza, se hace necesaria la obtención de mejores variedades a partir del mejoramiento genético. Las poblaciones silvestres y los materiales nativos o criollos cultivados constituyen una fuente de genes útiles en el mejoramiento

genético del tomate de cascara. Entre las características a mejorar destacan el rendimiento, hábito de crecimiento, distribución de la producción, así como color, forma, firmeza, tamaño del fruto y otros atributos como sabor y calidad nutraceútica en ella el contenido de antioxidantes (Santiaguillo *et al.*, 2010; Peña *et al.*, 2014).

2.8 Hibridación

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

En un estudio sobre heterosis intervarietal, (Peña *et al.*, 1998) encontraron que la heterosis media de ocho variedades analizadas en un dialélico fue significativa para peso promedio de fruto, número de frutos y rendimiento total por planta, lo que indicó que en principio es posible obtener híbridos de mayor rendimiento que las variedades.

Concluyeron que los mejores progenitores para un programa de hibridación o de selección recíproca recurrente son las variedades Verde Puebla (raza Puebla), CHF1-Chapingo (raza Rendidora) y Manzano (raza Manzano). Al estudiar cruzas intervarietales, (Sahagún, Gómez y Peña 1999) encontraron que el mayor efecto de ACG para rendimiento, peso de fruto y volumen de fruto ocurrió en la variedad Salamanca. También encontraron heterosis respecto al mejor progenitor de 139 % para el rendimiento de fruto del primer corte en la craza Salamanca x Rendidora. Posteriormente, (Santiaguillo *et al.*, 2004) en cruza planta x planta entre individuos de las variedades Verde Puebla x CHF1 Chapingo encontraron heterosis promedio positiva significativa para rendimiento total por planta. En cuanto a heterosis respecto al mejor progenitor, para la misma variable su mejor craza superó en 40.6 % al mejor progenitor. En contraste, cinco caracteres de calidad de fruto la heterosis promedio fue negativa.

Ramírez (2012), realizó cruzas diploides x tetraploides para obtener híbridos diploides, evaluó los componentes de rendimiento y calidad de fruto, estimó la heterosis y heterobelitosis 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.

2.9 Índices de selección

Para seleccionar genotipos superiores es necesario considerar un amplio número de características agronómicas, algunas de las cuales pueden estar correlacionadas de forma positiva o negativa (Rodríguez *et al.*, 2016). Para esto se utilizan los índices de selección que representan un valor sintetizado a partir de un diferente número de variables. En programas de mejoramiento genético ha sido utilizado para hacer selección de manera simultánea para varias características considerando los aspectos genéticos y la importancia económica de las características involucradas (Yáñez, 2018).

Soares *et al.*, (2011) mencionaron que un índice de selección (IS), concentra toda la información genética de un reproductor en un solo valor comparativo, seleccionando de manera simultánea varias características y tomando en consideración además los aspectos genéticos, dada la importancia económica de cada una de las características involucradas en dicho IS.

Ruales *et al.*, (2007) señalaron al índice de selección como una función lineal de valor genético de dos o más características, cada una con un peso acorde con un valor económico preasignado. Por ello la utilización de índices relacionados con atributos deseables en los materiales genéticos constituye una alternativa para la identificación de variables sobresalientes con mayor potencial económico.

Montes *et al.*, (2008), mencionaron 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.

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, 2006).

Costes y Ñustez, (2001) estos autores mencionaron que la utilización del índice de selección multivariado, tiene como objetivo primordial ayudar al investigador a cumplir sus intereses en la toma de decisiones sobre los genotipos con características superiores o de más interés para el fitomejorador, ganando así, un avance para el siguiente ciclo de selección.

2.10 Condiciones para siembra de rendimiento

El tomate de cáscara se produce 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, permiten una mayor producción y calidad del fruto generando así una mayor competitividad en mercados no solo regionales sino también a los de procesos y exportación.

Soldevilla *et al.*, (2002) indicaron 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 periodos vegetativo y reproductivo de la planta, lo cual eleva el rendimiento y la calidad del 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.

López *et al.*, (2017) comentaron que las plantas cultivadas en invernadero con cubiertas de polietileno transparente, debido al mayor número de frutos y de mayor tamaño, está cubierta disminuye en menor proporción la RFA y RFAI y la humedad relativa, aumentando la temperatura del ambiente, principalmente en los meses fríos, por lo tanto, el uso de invernaderos con polietileno transparente, es una alternativa viable para la producción de tomate de cáscara.

2.11 Biplot (AMMI)

Los programas de mejoramiento enfocados en 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) pueden hacer que esta predicción no sea tan precisa (Lozano *et al.*, 2015).

El modelo AMMI se define como el modelo de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (Gauch, 2006; Glaz y Kang, 2008), consiste esencialmente en combinar las técnicas del análisis de varianza y el análisis de componentes principales PCA en un solo modelo, aquí el análisis de varianza permite estudiar los efectos principales de genotipos y ambientes, en tanto que GEI se trata de forma multivariada mediante el PCA, donde se realiza una reparametrización del modelo de regresión para mejorar la interpretación de la interacción (Zobel *et al.*, 1988).

Para interpretar los resultados obtenidos del análisis AMMI, se apoya en la representación de los gráficos denominados GGE Biplot, que facilitan la identificación e interpretación visual de los genotipos y los ambientes de evaluación, así como la exploración de patrones de comportamiento atribuidos a los efectos de interacción genotipo por ambiente (Yant *et al.*, 2000; McDermott y Coe, 2012).

El gráfico permite visualizar el agrupamiento de genotipos y ambientes (megambientes o macroambientes) con patrones similares de respuesta, así como identificar los ambientes más representativos y los más discriminativos (Yan y Rajcan 2002).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del área de estudio

El presente trabajo se llevó a cabo durante el ciclo otoño-invierno del año 2020; en el campo experimental de la empresa HM. Clause México S.A de C.V., que se encuentra ubicada en el Ejido 2 de abril, km 6.5 de la carretera los Mochis – El Fuerte, Sinaloa. En las coordenadas geográficas 25° 53' 27.27" latitud norte y 108° 56' 43.42" longitud oeste, a una altitud de 19 m s. n. m., al noreste de país.

3.2 Material genético

Se evaluaron 31 híbridos experimentales de tomatillo, provienen del programa de mejoramiento genético de la empresa HM. Clause México S.A de C.V. y cuatro testigos comerciales (Dalí, Siqueiros, Majestic y Sakata), solo dos de estos testigos provienen de dicha empresa.

Cuadro 3.1 Genealogía de genotipos utilizados en la evaluación

EXP01	EXP09	EXP18	EXP27	Dalí
EXP02	EXP10	EXP20	EXP28	Majestic
EXP03	EXP11	EXP21	EXP29	Sakata
EXP04	EXP12	EXP22	EXP30	Siqueiros
EXP05	EXP13	EXP23	EXP31	
EXP06	EXP14	EXP24	EXP32	
EXP07	EXP15	EXP25	EXP33	
EXP08	EXP16	EXP26		

3.3 Diseño experimental

Se evaluaron 31 híbridos experimentales de tomatillo y 4 testigos, la plantación se hizo bajo un diseño de bloques al azar, con dos repeticiones. Siguiendo la siguiente ecuación lineal:

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

Donde:

μ = media general

τ_i = efecto del i -ésimo tratamiento

β_j = efecto del j -ésimo tratamiento

ε_{ij} = error del tratamiento i en el bloque j

3.3.1 Descripción de parcela experimental

La unidad experimental fue de camas de 1.2 m de ancho y 4 m de largo resultando una superficie de 8.64 m² por parcela. Plantando a una sola hilera a 0.33 m entre plantas. La separación entre camas fue de 1.80 m.

El experimento consto de 70 parcelas por condición de manejo de cultivo, resultando un área total de 604.8 m².

Los genotipos se evaluaron bajo dos condiciones de manejo: Campo abierto Piso (CAP) y Campo Abierto Estacado (CAE).

3.4 Producción de plántulas

La siembra se llevó a cabo el 17 de septiembre del 2020, en charolas de poliestireno de 224 cavidades, desinfectadas y marcadas de acuerdo al número asignado por parcela. Se utilizó sustrato orgánico (peat moss), mezclado con micorrizas y cubiertas con vermiculita.

Llenando así las charolas con el sustrato, se les paso un rodillo especial cuya función es compactar y marcar 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 de vermiculita, al final se regaron para lograr la germinación. Posteriormente las charolas se mantuvieron en el invernadero de plántulas donde se les dió el manejo y cuidado necesario en su desarrollo.

Riego: estos se realizaron después de la germinación cada tercer día con un aguilón de aspersión fina hasta que las plantas 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 utilizó 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. *Phythium* spp. y *Fusarium* spp.).

3.5 Preparación del terreno

Nivelación de terreno: el objetivo fue uniformizar el terreno con el fin de aumentar la productividad del cultivo y tener un 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 nutrición y son hospederas de insectos plagas.

Formación de camas (borde): se utilizó un bordero con tres discos por lado de 24" x ¼ 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.

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

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

3.6 Manejo agronómico del cultivo

Trasplante: se realizó el 16 de octubre del 2020 para CAP y CAE, de manera manual a una hilera por cama, con una separación de 0.33 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 del 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 el 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 en amarrar rafia en los estacones con el fin de darle soporte a

las plantas y ayudarles a soportar el peso de los frutos, esto se hace conforme van creciendo las plantas cada 20 cm.

Maleza: con el uso de acolchado plástico la presencia de maleza en la cama fue mínima y cuando existió el deshierbe se realizó 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 5 cosechas en cada una de las condiciones piso y estacado. El primer corte se realizó el 16 de diciembre, el segundo 28 de diciembre y los siguientes cada 12 días.

3.7 Control de plagas

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.

3.8 Variables evaluadas

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

3.8.1 Variables de componente de rendimiento

Número de frutos (#FRTS): se contaron frutos totales en cada cosecha, posteriormente se sacó el promedio de frutos por planta.

Peso promedio por fruto (PPF): se obtuvo al dividir el rendimiento total de la parcela entre el número total de frutos obtenidos.

Diámetro polar (DP): se midieron los diámetros polares de 10 frutos representativos en cada cosecha con una cinta métrica.

Diámetro ecuatorial (DE): se midieron los diámetros ecuatoriales de 10 frutos representativos en cada cosecha con una cinta métrica.

Rendimiento: se tomó el peso total de los frutos de cada parcela, para posteriormente transformar estos datos a $t\ ha^{-1}$ de acuerdo a la densidad de plantación de campo abierto piso y campo abierto estacado.

3.8.2 Variables de calidad

Cracking (CRK “Agrietamiento”): se realizó una inspección de 10 frutos al azar, separando la cascara y observando la presencia de daño y se obtuvo el promedio de frutos con este defecto.

Blossom (BL): se realizó seleccionando 10 frutos al azar, separando la cascara y observando la presencia de blossom, obteniendo al igual el promedio de frutos con este defecto.

Grados Brix (GB): se molieron 5 frutos y tomamos una pequeña muestra para mediar los valores utilizando un refractómetro modelo Automatic y se reportó como °Brix.

Potencial de hidrógeno (pH): se molieron 5 frutos y se tomó una pequeña muestra para medir los valores para esto se utilizó un potenciómetro.

3.9 Análisis estadístico

Como las variables cracking y blossom, se tomaron en porcentaje y realmente su distribución tendía a una distribución binomial, por esta razón los datos fueron transformados mediante la propuesta de arco seno angular (Segnini, 2008), cuyo procedimiento se describe a continuación.

Al número (proporción) registrado en cada variable se le sumo 0.5, con este nuevo valor se generó el porcentaje por variable, a este último estimado se le dividió entre 100, luego a este valor se le saco raíz cuadrada, por último, a este valor se les estimo el arco seno y con este procedimiento se generaron los datos transformados.

3.9.1 Análisis de varianza combinado por cortes

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

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

Donde:

μ = media general; C_i = efecto de la i -ésimo corte; $R_{j(i)}$ = efecto del i -ésima repetición dentro de la i -ésimo corte; G_k = efecto del k -ésimo genotipo; GC_{ki} = efecto del k -ésimo genotipo por la i -ésima corte; ε_{ijk} = efecto del error.

3.9.2 Análisis de varianza de híbridos considerando los cinco cortes

Para cada una de las características agronómicas se realizó un análisis de varianza considerando los cinco cortes, para el cual se utilizó el procedimiento ANVA del paquete estadístico SAS. El modelo para el análisis combinado a través de cortes es el siguiente:

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

Donde:

μ = media general; T_i = efecto del tratamiento i ; ε_{ij} = efecto del error.

3.9.3 Análisis de varianza combinado a través de condiciones

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

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

Donde:

μ = media general; C_i = efecto de la i -ésima condición; $R_{j(i)}$ = efecto del i -ésima repetición dentro de la i -ésima condición; G_k = efecto del k -ésimo genotipo; GC_{ki} = efecto del k -ésimo genotipo por la i -ésima condición; ε_{ijk} = efecto del error.

3.10 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.

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

Donde: IS= índice de selección; $Y_j \dots n$ = variables en unidades Z; $M_j \dots n$ = meta de selección; $I_j \dots n$ = intensidad de selección.

Para llevar a cabo la identificación y selección de los genotipos más sobresalientes se consideraron 3 variables: Cracking (CRK), Peso promedio de fruto (PPF) y Rendimiento (REN), se construyó un índice 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 +3.0, con valor negativo la selección será para aquellos genotipos que se encuentren por debajo de la media de la población para la variable en cuestión; 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 de valor 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 intensidades establecidas para cada variable fueron: Cracking 10, Peso promedio de fruto 8 y Rendimiento 9.

Las variables que fueron incluidas en la selección se encontraban con valores en unidades distintas (gramos, números 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:

$$Z = \frac{Y_j - \bar{Y}}{S}$$

Donde 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.

3.11 Modelos de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (AMMI) y su gráfico Biplot.

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

Ante esta situación se utilizaron gráficos 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 interacción se refiere.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados del análisis de varianza para dos condiciones de cultivo al que se sometieron los híbridos experimentales de tomatillo, i) campo abierto piso (CAP) y ii) campo abierto estacado (CAE), así como también las gráficas Biplot, los índices de selección y el análisis AMMI 1 para identificar los híbridos superiores y estables, en ambas condiciones.

4.1 Análisis de varianza combinado a través de cortes para la condición campo abierto piso

En el Cuadro 4.1.1., para la fuente de variación Corte se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) en todos los caracteres estudiados, lo que indica que los cortes no fueron iguales, posiblemente a diferentes estados de desarrollo por los que pasaba el cultivo, por ejemplo: estado fisiológico de la planta, al número de frutos al momento de la cosecha o al manejo de cosecha de cada cortador, excepto para la variable (BL) donde los cortes exhibieron el mismo comportamiento.

Santiaguillo *et al.*, (2004) sugiere que los valores de peso, tamaño, firmeza, acidez y sólidos solubles sean los criterios de evaluación para definir la calidad del fruto.

Para la fuente de Repetición dentro de Corte se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) solo para (DP y DE) lo que indica que estas variables tienen una respuesta diferente en cada una de las repeticiones dentro de cortes esta significancia indica que el diseño fue adecuado y que las estimaciones serán más precisas.

Cuadro 4.1.1. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado por cortes para la condición CAP de la evaluación de tomatillo en Los Mochis, Sinaloa, durante el ciclo otoño-invierno en el año 2020.

F. V.	CORTE	REP(CORTE)	HIB	COR*HIB	ERROR	TOTAL	C.V.	MEDIA (Entre Corte)	MIN	MAX		
G. L.	4	5	34	136	170	349						
#FRTS	628.8	**	7.79	97.15	**	30.97	**	19.46	30.77	14.33	9.834	24.884
REND	61406184	**	14812784	222801		29281	**	164656	32.28	12567.31	9560	15689
PPF	3469.17	**	622.53	2316.81	**	624.29		658.83	38.89	65.99	65.78	122.78
CRK	470.93	**	38.06	177.46	**	48.13		41.21	38.95	9.22	5	37
BL	0.41		0.55	0.54		0.56		0.55	5.74	5.07	5	6
GB	4.39	**	0.21	0.85	**	0.18		0.18	7.02	6.06	6.09	7.01
DP	1.56	**	0.65	**	1.07	**		0.08	5.81	4.9	4.92	5.49
DE	2.59	**	1.34	**	1.22	**		0.123	5.39	5.47	6.13	5.54
G. L.	3	4	34	102	136	279						
pH	1.95	**	0.005	0.036	**	0.008		0.0086	2.59	3.58	3.57	3.74

*,**= significancia al punto $p \leq 0.05$ de probabilidad y punto $p \leq 0.01$ respectivamente; F.V.= fuente de variación; C. V.= coeficiente de variación; G.L.= grados de libertad; REP(CORTE)= repeticiones dentro de cortes; HIB= híbridos; COR*HIB= cortes por híbrido; #FRTS= promedio de número de frutos por planta; REND=rendimiento; PPF= peso promedio del fruto; CRK= cracking; BL= blossom; GB= grados Brix; DP= diámetro polar; DE= diámetro ecuatorial; pH= potencial de hidrógeno.

Los resultados obtenidos coinciden con los reportados por Hernández *et al.*, (2016), quien encontró diferencias para repeticiones en las variables diámetro polar y diámetro ecuatorial, lo cual permitió conocer las diferencias existentes entre los progenitores y sus cruzas, así como los efectos de heterosis.

En lo que respecta a la fuente de variación Híbridos se encontraron diferencias altamente significativas al ($P \leq 0.01$) para las variables de (#FRTS, PPF, CRK, GB, DP, DE y pH), lo cual indica que al menos uno es diferente al resto de los híbridos. Dichas diferencias son atribuidas en gran parte a la diversidad genética que presentan los híbridos experimentales y a la máxima expresión que desarrollan en dicho ambiente.

Respecto a la fuente de variación Corte*Híbrido, para las variables (#FRTS, REND) se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) y diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para la variable (DE), esto indica que hay interacción entre cortes y los híbridos exhiben diferente orden a través de cortes mientras que para el resto de las variables se mostraron sin interacción, es decir son estables a través de los cortes. Este resultado concuerda con Jiménez *et al.*, (2012) quien encontró interacción significativa para diámetro ecuatorial del fruto (DEF), lo cual indica que de un corte a otro los híbridos cambian de orden.

4.1.2 Análisis de los híbridos en campo abierto piso

Para este análisis no se consideraron los efectos de cortes ni sus interacciones, con el objetivo de ver el potencial de cada híbrido.

En la fuente de variación Híbridos se encontraron diferencias altamente significativas al ($P \leq 0.01$) para las variables (CRK, GB, DP, DE y pH), y diferencias significativas al ($P \leq 0.05$) para (PPF y #FRTS), lo que indica que los híbridos evaluados presentan gran variabilidad genética y que al menos uno de estos es más sobresaliente, ya que presenta buen porte, mejor aspecto, buen tamaño, buen color, características favorables que definen la calidad como pH y grados

Cuadro 4.1.2 Cuadrados medios del análisis de varianza de 35 híbridos de tomatillo evaluados en CAP en Los Mochis, Sinaloa, durante el ciclo otoño-invierno en el año 2020, considerando el aporte de los cinco cortes

F. V.	HIB		REP	ERROR	TOTAL	C.V.	MEDIA	MIN	MAX
G. L.	34		1	34	69				
#FRTS	369.422	*	22.629	169.926		18.386	70.897	49.2	99.2
REND	111626135		322729	106610160		16.404	62823.23	48788	78447
PPF	423.4	*	73.441	163.261		19.264	66.327	37.4	122.15
CRK	77.973	**	4.375	20.198		19.264	9.37	5	40.25
BL	0.11		0.228	0.1109		6.585	5.057	5	6
GB	0.173	**	0.057	0.046		3.556	6.085	5.6	7.05
DP	0.159	**	0.075	0.043		4.224	4.921	4.1	5.5
DE	0.198	**	0.069	0.034		3.384	5.482	4.5	6.15
pH	0.010	**	0.0051	0.0039		1.76	3.577	3.45	3.75

*,**= significancia al punto $p \leq 0.05$ de probabilidad y punto $p \leq 0.01$ respectivamente; F. V.= fuente de variación; C. V.= coeficiente de variación; G.L.= grados de libertad; REP= repeticiones; HIB= híbridos; #FRTS= promedio de número de frutos por planta; REND=rendimiento; PPF= peso promedio del fruto; CRK= cracking; BL= blossom; GB= grados brix; DP= diámetro polar; DE= diámetro ecuatorial; pH= potencial de hidrógeno.

Brix, plantas con mayor número de frutos y potencial de rendimiento esto favorece si se busca explotar como híbrido comercial. Dichas diferencias son atribuidas en gran parte a la diversidad genética que presentan los híbridos experimentales y a la máxima expresión que desarrollan en dicho ambiente.

Este resultado coincide con los encontrados por Romero (2019), quien indicó que las diferencias entre híbridos se deben a la gran variabilidad genética y es altamente deseable para una buena selección.

Sin embargo, todas estas diferencias entre caracteres complican la selección de los mejores híbridos, por lo cual se utilizó la metodología índice de selección (IS), permite identificar los genotipos sobresalientes involucrando diferentes características, pero sintetizadas a través de un valor (Cerón y Sahagún, 2005).

Mientras que en la fuente de variación Repetición no hubo diferencias lo que demuestra que el modelo no es el más eficiente pero las estimaciones serán precisas.

4.1.3 Exploración del agrupamiento natural de las variables mediante el apoyo del modelo AMMI para la condición campo abierto piso.

Como hubo diferencias en las variables estudiadas, la selección de híbridos considerando las variables de forma individual dificultan y en ocasiones sesgan la identificación de los híbridos superiores por esta razón requerimos del apoyo de un índice de selección básico propuesto por (Barreto *et al.*, 1991).

En la Figura 4.1.1, se muestra el análisis gráfico de dispersión; en este se muestran los vectores característicos asociados a cada variable y la correlación con respecto a un determinado componente.

Las variables, número de frutos y calidad se encontraron correlacionadas al componente principal uno; el componente principal dos correlaciono especialmente con variables asociadas con el rendimiento.

En la Figura 4.1.1 se pudo apreciar la formación de tres grupos en los cuales se encontraron variables correlacionadas, en el primer grupo se encuentra número de frutos por planta (#FRUTOS), Rendimiento (REND) y (pH). En el segundo se encuentran BLOSSOM, grados Brix (GB) y Cracking (CRK), y en el tercer grupo se encuentra peso promedio del fruto (PPF), Diámetro ecuatorial (DE) y Diámetro polar (DP), en cada grupo se seleccionó la variable más representativa y de mayor interés.

Con base en la longitud del vector, indicativo de la variación asociada a las variables, en el primer grupo se seleccionó Rendimiento (REND), en el segundo Cracking (CRK) y en el tercer grupo la variable Peso promedio del fruto (PPF); con estas variables se buscaron genotipos con características de calidad y con el mayor potencial de rendimiento. Con las variables seleccionadas se construyó el índice de selección.

El gráfico permite visualizar el agrupamiento de genotipos y ambientes (megambientes o macroambientes) con patrones similares de respuesta, así como identificar los ambientes más representativos y los más discriminativos (Yan y Rajcan, 2002).

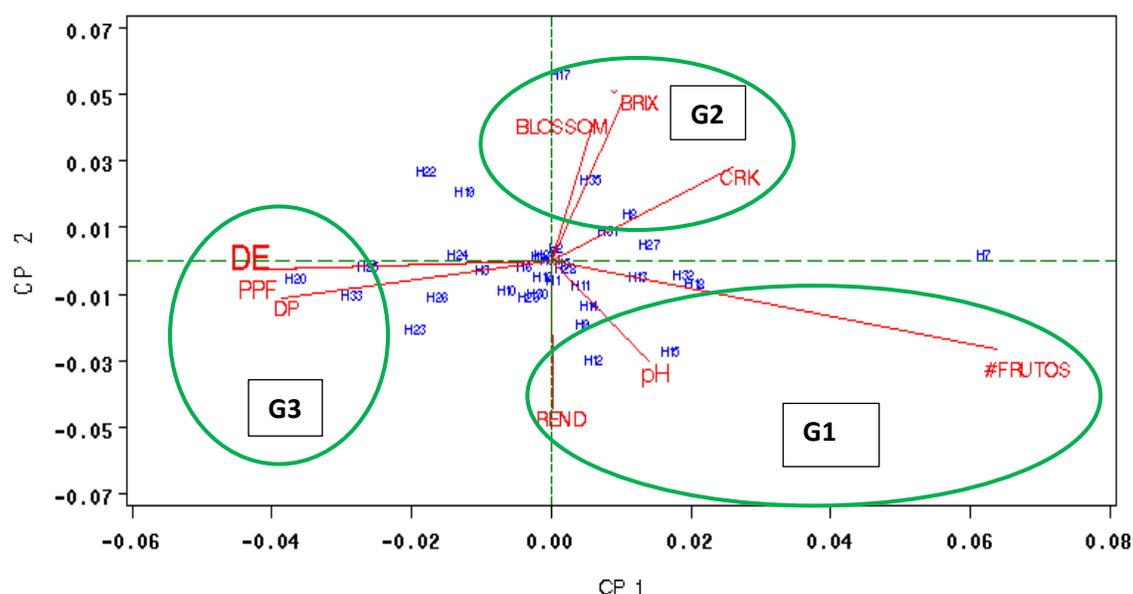


Figura 4.1.1. Gráfico Biplot (AMMI) para explorar el agrupamiento de las variables evaluadas para la condición de campo abierto piso.

4.1.4 Cuadrados medios en atención al índice de selección para la condición de campo abierto piso

El índice de selección representa una buena estrategia para agrupar diferentes variables en un valor único. Por ellos se utilizó esta metodología donde se integraron tres variables agronómicas de interés económico para el cultivo (rendimiento, peso promedio de fruto y cracking). Después de seleccionar las variables que construirían el índice de selección, se realizó el análisis de varianza y se analizó el comportamiento e identificando a los híbridos con el mejor índice el cual se muestra en el Cuadro 4.1.3.

En la fuente de variación Repetición no existe diferencia, indicando que las repeticiones se comportan de igual manera en esta condición.

La fuente de variación Híbridos indica que podemos encontrar al menos un híbrido diferente a los demás por presentar buenas características agronómicas como, alto potencial de rendimiento, buen aspecto y calidad, al tener diferencias altamente significativas al ($P \leq 0.01$), podemos lograr así una selección confiable.

Cuadro 4.1.3 Cuadrados medios del análisis de varianza con base a los valores de índices de selección integrado por (rendimiento, peso promedio de fruto y cracking) de 31 híbridos experimentales y 4 testigos comerciales para la condición CAP.

F. V.	REP	HIB	ERROR	TOTAL	C.V.	MEDIA
G. L.	1	34	34	69		
IS	9.46	16.1	** 5.23		20.00	11.58

*, **= significativo al punto $P \leq 0.05$ de probabilidad y punto $P \leq 0.01$ respectivamente: F.V. fuente de variación; C. V.= coeficiente de variación; G. L= grados de libertad; IS= índice de selección; REP= repetición; HIB= híbridos.

En el cuadro 4.1.4 se observan los híbridos seleccionados que respondieron mejor a la condición de campo abierto piso.

El híbrido 33, presentó el índice de selección (4.711), estadísticamente superior al resto de los híbridos (compartiendo este rango solamente con él 23), resaltando que

exhibe el mayor promedio de rendimiento 78.446 t ha^{-1} lo cual puede ser atractivo para el agricultor añadiendo que en diámetro polar y diámetro ecuatorial los valores fueron altos, esto se relaciona con los componentes de rendimiento del cultivo.

En relación a sanidad (Cracking y Blossom) presentó bajos porcentajes lo que indica que este híbrido tiene características de un buen aspecto lo que es muy atractivo para su explotación comercial.

Referente a las variables de calidad, el pH tiene un valor aceptable de 3.5. Garcia-Sahagun *et al.*, (2009), mencionaron que el pH o acidez del fruto es una característica importante en la calidad del fruto que puede ser modificada mediante la aplicación de tratamientos oligosacáridos pépticos, modificando el sabor que es un atributo de calidad de frutos de tomate de cáscara.

Monge-Pérez *et al.*, (2015), indicaron que el mejor sabor del fruto se da en los que presentan alto pH (baja acidez).

En cuestión a la variable grados Brix tuvo un valor de 6.15, un valor aceptable que resulta importante desde el punto de vista alimenticio.

Jiménez-Santana *et al.*, (2012) mencionaron que el contenido de sólidos solubles, es una variable importante, que está estrechamente relacionada con el sabor del fruto y con la acumulación de azúcares por parte de la planta, quien reporto resultados similares de las medias de sólidos solubles para 4 genotipos dentro de cortes, los resultados fueron 5.58, 6.38, 6.50 y 6.18, estos son los rangos de sólidos solubles para que el fruto sea considerado como un producto de calidad.

El híbrido 23 comparte el mismo grupo estadístico que el 33, con un índice de selección de 6.87 presentó un rendimiento de 71.353 t ha^{-1} , un peso promedio de fruto de 83.25 g y porcentajes bajos en cuestión a cracking y blossom.

Estos resultados indican que el híbrido 33 y 23 fueron los mejores estadísticamente, en cuanto a rendimiento, peso promedio de fruto, bajos porcentajes de cracking y blossom, valores muy favorables en cuanto a pH y grados brix características muy importantes que definen la calidad del fruto.

Cuadro 4.1.4 Híbridos sobresalientes para la condición de campo abierto piso.

HÍBRIDO	GENEALOGÍA	IS	FRUTOS (# por planta)	REND (t ha ⁻¹)	PPF (g)	CRK (%)	BL (%)	pH	GB (°brix)	DP (cm)	DE (cm)
33	EXP33	4.711	61.15	78.446	92.4	7	5	3.5	6.15	5.5	6.15
23	EXP23	6.878	61	71.353	83.25	6	5	3.6	5.6	5.2	5.8

IS=índices de selección; #FRUTOS= promedio de número de frutos por planta; REND= rendimiento; PPF= peso promedio de fruto; CRK= cracking; BL= blossom; pH=potencial de hidrógeno; GB= grados brix; DP= diámetro polar; DE; diámetro ecuatorial.

4.1.5 Gráfico Biplot (AMMI 1) para seleccionar híbridos rendidores, estables y clasificar cortes

Con la finalidad de que la selección de los híbridos se realice de manera integral considerando no solo un índice de selección, se realizó una gráfica Biplot para conocer el comportamiento de los híbridos por corte y seleccionar los de mejor comportamiento, y estables, los patrones de respuesta se concentran en la Figura 4.1.2.

En el gráfico Biplot muestra que los cortes tienen interacción cruzada (cambian el orden relativo de los híbridos), es decir, no se puede seleccionar un híbrido superior en los cinco cortes.

La selección más eficiente es elegir híbridos por corte; en los cortes 1 y 5 presentan patrones de respuesta similar el mejor híbrido es el 24 para ambos cortes, en el corte 2 los híbridos de mejor respuesta son el 30 y 31, mientras que para el corte 3 el mejor híbrido es el 22 y por último para el corte 4 el mejor híbrido es el 33.

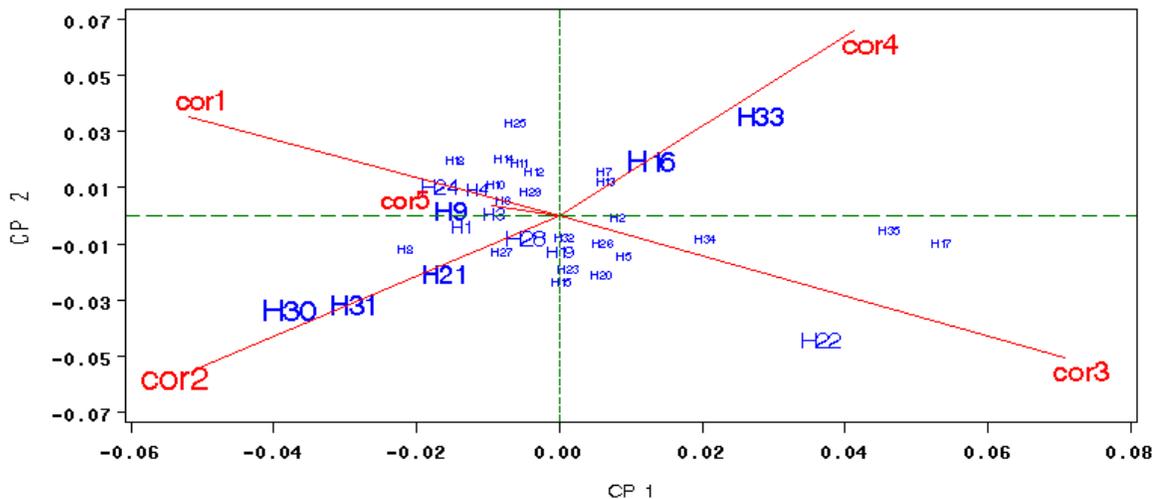


Figura 4.1.2 Biplot AMMI para estudiar los patrones de respuesta entre cortes de los híbridos de tomatillos sembrados en el estado de Sinaloa en campo abierto piso.

Una exploración en cuanto al rendimiento de los híbridos, su estabilidad y desempeño a través de cortes se muestra en la Figura 4.1.3, el corte 1=10.527 t ha⁻¹, corte 2=17.731 t ha⁻¹, corte 3= 11.733 t ha⁻¹, corte 4=12.107 t ha⁻¹ y corte 5=10.737 t ha⁻¹.

Estos resultados reflejan que el corte 2 tuvo el mayor rendimiento posiblemente se deba a las diferencias de los materiales evaluados algunos son más precoces que otros.

El primer corte generalmente es el de más alto rendimiento, ya que la producción se reduce en los cortes subsecuentes, lo cual es un comportamiento normal en este cultivo (Peña *et al.*, 2008).

En la exploración de los híbridos más estables y rendidores fueron 33, 15, 9, 12, 1, 23, 13 y los que presentaron mayor rendimiento en comparación a los testigos (17, 35, 34 y 19). Al respecto, Yan *et al.*, 2001, mencionó que los puntajes cercanos a cero, está relacionada con la buena estabilidad del genotipo.

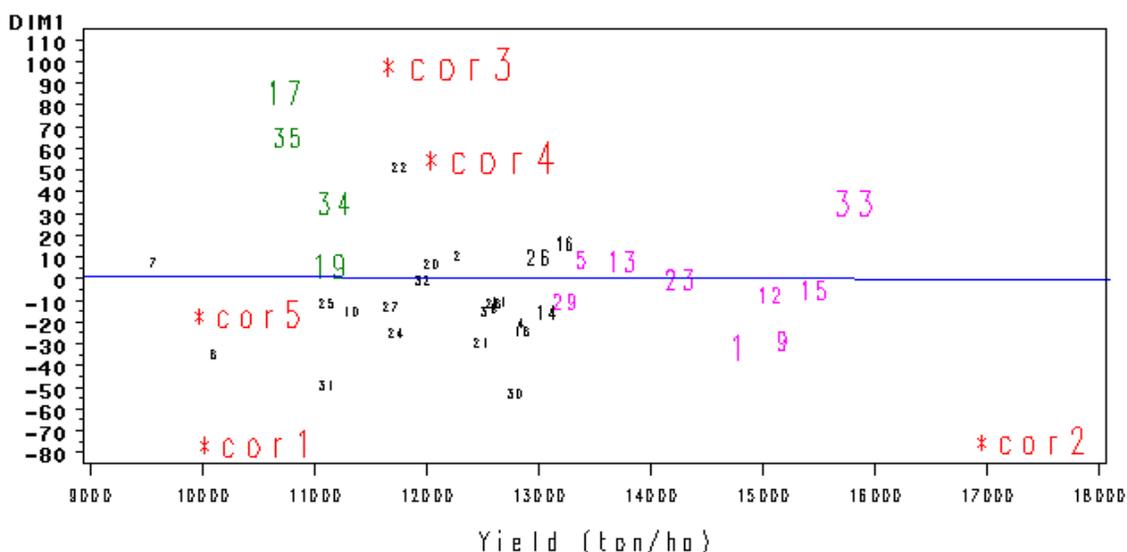


Figura 4.1.3 Biplot AMMI 1 para explorar los patrones de respuesta de los híbridos de piso en cuanto a potencial de rendimiento y estabilidad.

4.2 Análisis de varianza combinado por cortes para la condición campo abierto estacado

En la fuente de variación Corte que se observa en el Cuadro 4.2.1, se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) para todas las variables esto indica, que los cortes no fueron iguales posiblemente al estado fisiológico del cultivo, número de frutos por planta y manejo de cosecha que lleva cada cortador, con excepción de la variable (BL), donde los cortes exhibieron el mismo CP1 comportamiento.

Esto coincide con lo reportado por Martínez *et al.*, (2013), quienes obtuvieron diferencias significativas en las variables evaluadas, diámetros polar y ecuatorial, peso de frutos y rendimiento, indicando que al menos un corte es mejor.

En la fuente de variación Repetición dentro de Corte se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) en la variable (DP), lo que indica que esta variable tiene una respuesta diferente en cada una de las repeticiones dentro de cortes señalando que el diseño fue eficiente por llevarse este efecto reduciéndolo del error.

Cuadro 4.2.1 Cuadrados medios del análisis de varianza combinado por cortes para la condición CAE de la evaluación de tomatillo en Los Mochis, Sinaloa, durante el ciclo otoño-invierno en el año 2020.

F. V.	CORTE	REP(CORTE)	HIB	COR*HIB	ERROR	TOTAL	C.V.	MEDIA (Entre corte)	MIN	MAX
G. L.	4	5	34	136	170	349				
#FRTS	134.44	** 24.92	98.02	** 26.99	** 17.82		33.54	12.58	6.36	20.72
REND	149975295	** 33327550	3350859	** 2445339	** 123140		30.04	11679.36	7958	14290
PPF	2081.5711	** 117.618	2042.812	** 138.636	* 101.7		14.493	69.583	31.22	96.9
CRK	562.92	** 28.48	211.98	** 55.07	** 30.62		33.76	9.2	5	37
BL	12.511	16.123	12.551	10.95	11.44		25.41	5.4	5	13
GB	5.324	** 0.41	0.882	** 0.17	0.192		7.109	6.17	5.76	7.055
DP	1.437	** 0.39	** 1.261	** 0.182	** 0.113		6.719	5.004	3.65	5.575
DE	1.911	** 0.133	1.375	** 0.344	** 0.215		8.45	5.487	4.13	6.21
pH	2.014	** 0.032	0.039	** 0.014	0.0152		3.499	3.529	3.4	3.643

*, **= significancia al punto $p \leq 0.05$ de probabilidad y punto $p \leq 0.01$ respectivamente; F. V. fuente de variación; C. V.= coeficiente de variación; G.L.= grados de libertad; REP(CORTE)= repeticiones dentro de cortes; HIB= híbridos; COR*HIB= cortes por híbrido; #FRTS= promedio de número de frutos por planta; REND=rendimiento; PPF= peso promedio del fruto; CRK= cracking; BL= blossom; GB= grados brix; DP= diámetro polar; DE= diámetro ecuatorial; pH= potencial de hidrógeno.

Para la fuente de variación Híbridos, se encontraron diferencias altamente significativas al ($P \leq 0.01$) en todos los caracteres evaluados a excepción de (BL), lo cual refleja que existe una gran variabilidad genética entre los materiales evaluados e indica que por lo menos un híbrido a través de los cortes es de comportamiento superior.

Como existe variación en todos los caracteres se dificultará la selección por lo que requiere el del apoyo de un índice de selección.

Respecto a la fuente de variación Corte*Híbrido, se encontraron diferencias altamente significativas al ($P \leq 0.01$) para las variables (#FRTS, REND, DE, CRK y DP), y diferencia significativa al ($P \leq 0.05$) solo para la variable (PPF), mostrando la interacción, el mejor híbrido será el que tenga una estabilidad favorable a través de los diferentes cortes, lo que podemos ver en la (Figura 4.2.3).

4.2.2. Análisis de los híbridos para campo abierto estacado

Para este análisis no se consideraron los efectos de cortes ni sus interacciones, con el objetivo de observar el potencial de cada híbrido.

En la fuente de variación Híbrido se encontraron diferencias altamente significativas al ($P \leq 0.01$) para las variables (#FRTS, PPF, CRK, GB, DP y DE), y diferencias significativas al ($P \leq 0.05$) para (REND y pH), lo que indica que los híbridos evaluados presentan gran variabilidad genética y que al menos uno de estos es más sobresaliente en cuanto rendimiento, mejor aspecto y mayor número de frutos por planta, esto favorece a la selección del mejor material si se busca explotar como un híbrido comercial con las mejores características agronómicas.

Crisóstomo, (2016) indicó que la diferencias que existen en diferentes variables dificulta la correcta selección, por lo que se recomienda aplicar la metodología de Índices de Selección para asegurar que esta se realice de una manera integral y eficiente.

Con respecto a la fuente de variación Repetición se encontraron diferencias significativas al ($P \leq 0.05$) para la variable (REND), por lo que se deduce que esta variable tiene respuesta diferente en cada repetición bajo esta condición lo que indica que el diseño fue adecuado y las estimaciones serán más precisas.

Cuadro 4.2.2 Cuadrados medios del análisis de varianza de los 35 híbridos evaluados en CAE de tomatillo en Los Mochis, Sinaloa, durante el ciclo otoño-invierno en el año 2020, considerando el aporte de los 5 cortes.

F. V.	HIB		REP		ERROR	TOTAL	C.V.	MEDIA	MIN	MAX
G. L.	34		1		34	69				
#FRTS	281.285	**	266.565		70.823		16.973	49.58	25.15	74.6
REND	164396777	*	484944421	*	75465858		14.934	58168	39789	71453
PPF	397.573	**	0.514		27.222		7.545	69.151	31.2	96.9
CRK	81.452	**	41.657		13.539		39.748	9.257	5	37
BL	4.964		11.2		4.964		41.262	5.4	5	13
GB	0.183	**	0.057		0.04		3.245	6.168	5.75	3.65
DP	0.247	**	0.069		0.03		3.463	5.002	3.65	7.1
DE	0.267	**	0.024		0.065		4.676	5.49	4.15	7.1
pH	0.0083	*	0.0022		0.0043		1.869	3.525	3.4	6.2

*,**= significancia al punto $p \leq 0.05$ de probabilidad y punto $p \leq 0.01$ respectivamente; F. V. fuente de variación., C. V.= coeficiente de variación; G.L.= grados de libertad; REP= repeticiones; HIB= híbridos; #FRTS= número de frutos por planta; REND=rendimiento; PPF= peso promedio del fruto; CRK= cracking; BL= blossom; GB= grados brix; DP= diámetro polar; DE= diámetro ecuatorial; pH= potencial de hidrógeno.

4.2.3 Exploración del agrupamiento natural de las variables mediante el modelo AMMI para la condición de campo abierto estacado

Se realizó una gráfica Biplot bajo el modelo de AMMI para la condición de Campo Abierto Estacado, en el cual se muestra el agrupamiento natural de las variables, formando tres grupos.

Las variables que se utilizaron para los Índices de Selección coincidieron con las que se construyó el índice de la condición anterior, REND, PPF y CKR.

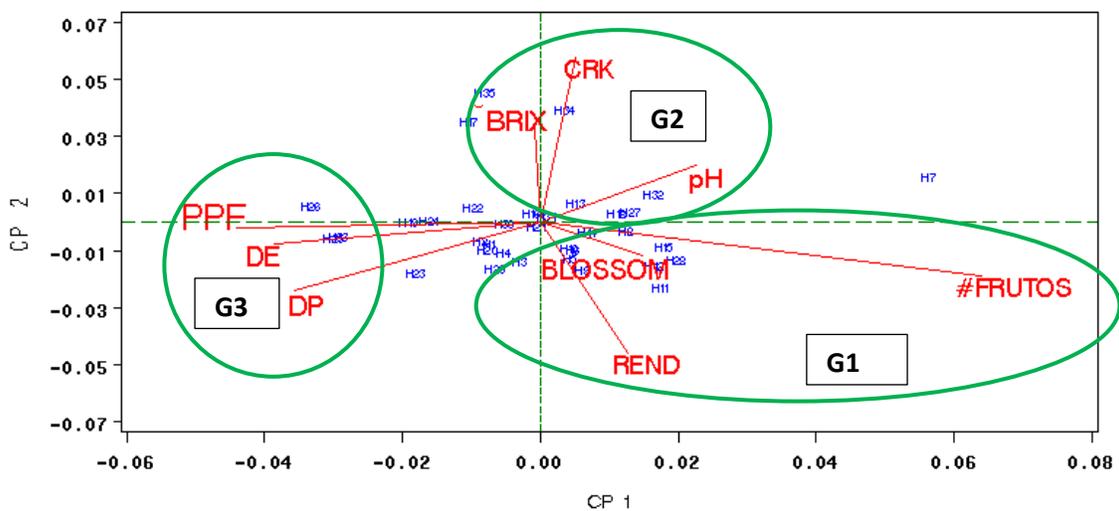


Figura 4.2.1 Gráfico Biplot (AMMI) para explorar el agrupamiento de las variables evaluadas para la condición de campo abierto estacado.

4.2.4 Cuadrados medios en atención al índice de selección para la condición de CAE

Con respecto a la fuente de variación Híbrido se observaron diferencias altamente significativas a ($P \leq 0.01$), indicando que entre híbridos al menos uno posee un Índice de Selección que supera a los demás y las mejores características lo cual es favorable ya que facilita la selección.

En el cuadro 4.2.4 se observan los híbridos seleccionados que respondieron mejor a la condición de Campo Abierto Estacado.

Cuadro 4.2.3 Cuadrados medios del análisis de varianza con base a los valores de índices de selección integrado por (rendimiento, peso promedio de fruto y cracking) de 31 híbridos experimentales y 4 testigos comerciales para la condición CAE.

F. V.	REP	HIB	ERROR	TOTAL	C.V	MEDIA
G. L.	1	34	34	69		
IS	13.36	20.8	**	3.16	18.93	9.38

*,**= significativo al punto $P \leq 0.05$ de probabilidad y punto $P \leq 0.01$ respectivamente; F. V. fuente de variación; C.V= coeficiente de variación; G.L= grados de libertad; IS= índice de selección; REP= repetición; HIB= híbridos.

El híbrido 23, presento el índice de selección (2.425) estadísticamente superior al resto de los híbridos (compartiendo este rango solamente con él 29), resaltando que exhibe el mayor promedio de rendimiento 71.452 t ha^{-1} , un valor muy atractivo para el productor por ser un híbrido muy sobresaliente en rendimiento, además de que en diámetro polar y ecuatorial fueron variables con resultados favorables para su alto rendimiento.

En relación a sanidad (Cracking y Blossom) presento bajos porcentajes lo que indica que este híbrido tiene características deseables para su producción comercial.

Referente a las variables de calidad, el pH tiene un valor de 3.55, y grados Brix con un valor de 6. Torres, (2012) mencionó que los rangos en pH son de 3.5 valores para que el fruto sea considerando de calidad para su comercialización e industrialización. Productos con pH menores a 4 son considerados de mejor acidez.

El híbrido 29 comparte el mismo grupo estadístico que el 23, con un índice de selección de 5.253, presentó un rendimiento de 68.652 t ha^{-1} , en peso promedio de fruto 78.65 g, referente a las variables de calidad como Cracking y blossom presento porcentajes bajos que reflejan un buen aspecto del fruto, para pH y grados brix los valores son muy favorables ya que definen el buen sabor del fruto para su uso en la industria.

Cuadro 4.2.4 Híbridos sobresalientes para la condición de campo abierto estacado

HÍBRIDO	GENEALOGÍA	IS	FRUTOS (# por planta)	REND (t ha ⁻¹)	PPF (g)	CRK (%)	BL (%)	pH	GB (°brix)	DP (cm)	DE (cm)
23	EXP23	2.425	43.85	71.452	96.35	6	5	3.55	6	5.35	5.85
29	EXP29	5.253	46.5	68.652	78.65	5	5	3.5	6.1	5.25	5.65

Is=índices de selección; FRUTOS= número de frutos por planta; REND= rendimiento; PPF= peso promedio de fruto; CRK= cracking; BL= blossom; pH=potencial de hidrógeno; GB= grados brix; DP= diámetro polar; DE; diámetro ecuatorial.

4.2.5 Gráfico Biplot (AMMI 1) para seleccionar híbridos rendidores, estables y clasificar cortes

Se realizó una gráfica Biplot para conocer los patrones de respuesta de los cortes e híbridos y seleccionar los de mejor comportamiento, los patrones de respuesta se concentraron en la Figura 4.2.2

En el gráfico Biplot muestra que los cortes 2 y 5 tienen interacción cruzada, así como el corte 3 con los cortes 4 y 1 es decir, no se puede seleccionar un híbrido para cada uno de estos. La selección más eficiente es elegir híbridos por corte; sin embargo, los cortes 1, 4 y 5 presentan patrones de respuesta similar el mejor híbrido en estos cortes es el 12, en el corte 2 el mejor híbrido es el 30 y por último para el corte 3 los híbridos de mejor respuesta son el 17 y 20.

Una exploración en cuanto al rendimiento de los híbridos, su estabilidad y desempeño a través de cortes se muestra en la Figura 4.2.3, el rendimiento de cada corte son los siguientes; el corte 1=9.683 t ha⁻¹, corte 2= 13.405 t ha⁻¹, corte 3= 12.086 t ha⁻¹, corte 4= 12.457 t ha⁻¹ y corte 5= 10.764 t ha⁻¹.

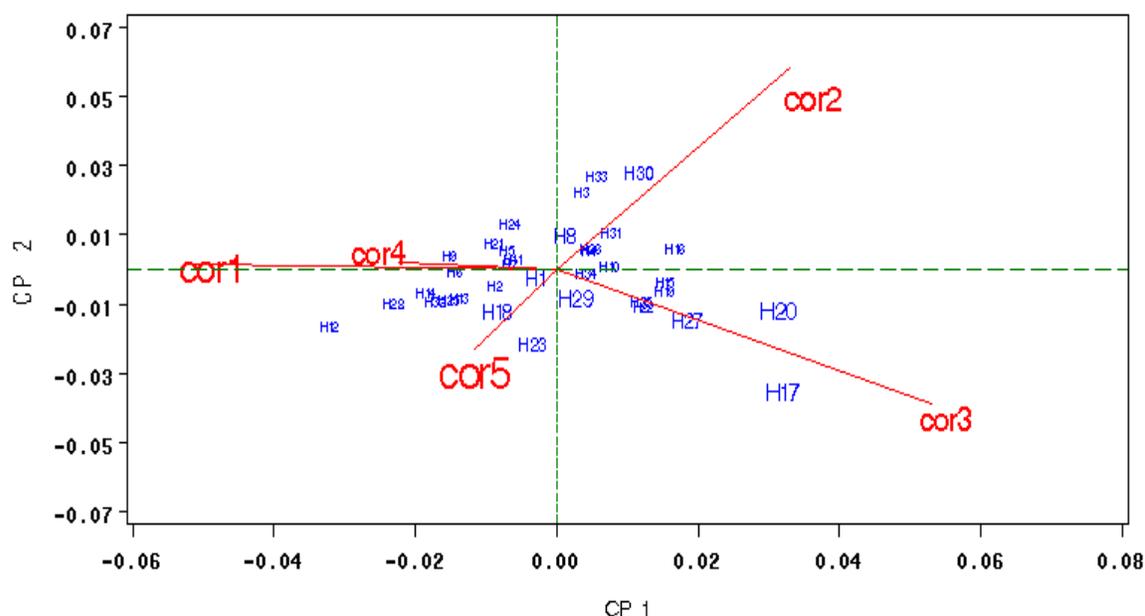


Figura 4.2.2 Biplot AMMI para estudiar los patrones de respuesta entre cortes de los híbridos de tomatillos sembrados en el estado de Sinaloa en campo abierto estacado

Estos resultados indican que el corte 2 tiene el mayor promedio de rendimiento; posiblemente se deba a la variabilidad de los híbridos evaluados, algunos son más precoces que otros, se puede deducir que la precocidad se asocia con alto rendimiento, en otras palabras, un ciclo tardío está relacionado con rendimientos menores, tal como lo indicaron Peña *et al.*, (2008).

En la exploración de los híbridos más estables y rendidores fueron 23, 3, 15, 28, 29, 9 y 11, los que presentaron mayor rendimiento en comparación a los testigos (17, 35, 34 y 19).

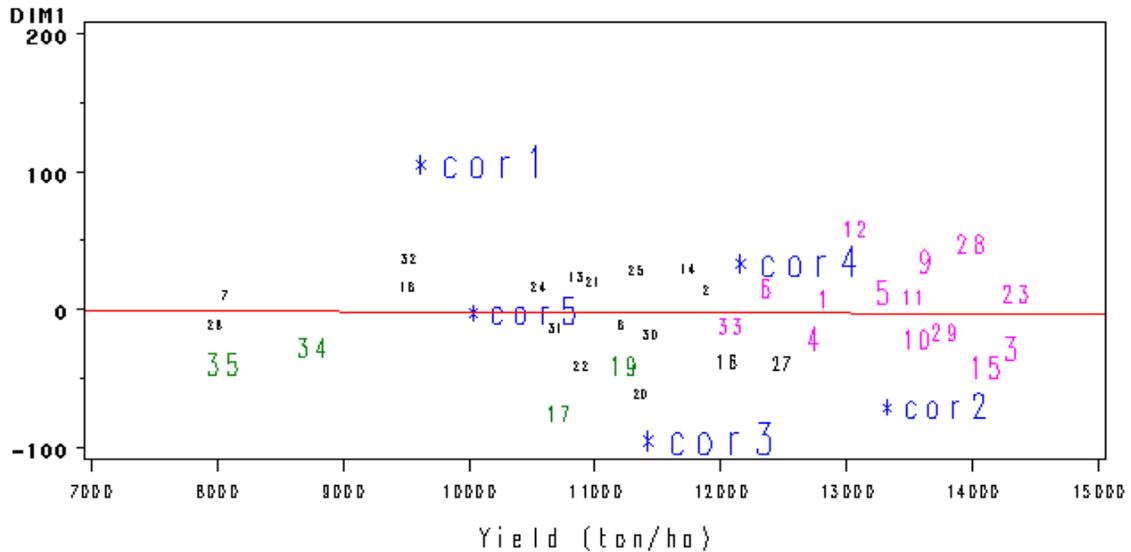


Figura 4.2.3 Biplot AMMI 1 para explorar los patrones de respuesta de los híbridos de estacado en cuanto a potencial de rendimiento y estabilidad.

4.3 Análisis de varianza combinado a través de condiciones CAP y CAE

Después de analizar el comportamiento de los híbridos en cada condición, es necesario conocer el desempeño promedio de los materiales para las dos condiciones de cultivo, por lo que se realizó un análisis combinado a través de las condiciones Campo abierto en Piso y Campo Abierto con Estacado cuya información aparece en el Cuadro 4.3.1

En el Cuadro 4.3.1 se muestra que en la fuente de variación Condición se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) para las variables (#FRTS, REND y pH); y diferencias significativas al ($P \leq 0.05$) para las variables (PPF, GB y DP), lo cual indica que las condiciones de cultivo no fueron iguales esto se atribuye posiblemente al manejo agronómico para cada condición, en el Cuadro 4.3.2 es obvia la variabilidad que existe en cada condición en base a las diferentes características agronómicas evaluadas, por lo que se deduce que la condición de campo abierto piso es la mejor condición presenta un promedio en rendimiento de 62.823 t ha^{-1} y con el mayor promedio de número de frutos por planta con un valor de 70.89 por lo tanto esta condición es mejor para la producción de tomate de cáscara en cuanto a rendimiento.

Este resultado coincide con lo mencionado con Hermes *et al.*, (2017) quienes argumentaron que los ambientes (localidades y años) son factores que atribuyen a la inestabilidad de producción, asociada con diferencias en los sistemas de cultivo, manejo agronómico, calidad de semilla, plagas enfermedades y condiciones climáticas.

Retomando el Cuadro 4.3.1 en la fuente de variación Repetición dentro de Condición se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para las variables (REND y DP), lo que indica que estas variables tienen diferente respuesta para cada repetición dentro de condiciones.

Para la fuente de variación Híbridos se encontraron diferencias altamente significativas al ($P \leq 0.01$) en todas las variables evaluadas con excepción de la variable (BLOSSOM), este resultado indica la diferente información genética propia de cada material, esta variabilidad que existe entre los genotipos hace posible la selección de híbridos que sean superiores en estas dos condiciones de cultivo. Estos resultados coinciden con los reportados por Ramiro, (2016) quien encontró diferencias significativas para la mayoría de las variables en la fuente de variación híbridos haciendo mucho más fácil la selección de híbridos con superioridad apoyado por un índice de selección para la identificación de los genotipos sobresalientes involucrando diferentes características, pero sintetizadas a través en un valor único.

En la fuente de variación Híbrido por Condición se encontró diferencia significativa a ($P \leq 0.05$) únicamente para la variable (GB), mientras que para las demás no hubo diferencias, este resultado indica que no hubo interacción de los genotipos dentro de las condiciones.

Los resultados anteriores indican que existen diferencias entre híbridos para estas condiciones de campo abierto piso y campo abierto estacado, por lo que es posible realizar selección de al menos uno que muestre eficiente desarrollo en ambas condiciones.

Cuadro 4.3.1 Cuadrados medios del análisis de varianza combinado a través de condiciones CAP y CAE para la evaluación de tomatillo en Los Mochis, Sinaloa, durante el ciclo otoño-invierno en el año 2020.

F. V.	CON		REP(CON)		HIB		CON*HIB		ERROR	TOTAL	C.V	MEDIA	MIN	MAX
G. L.	1		2		34		34		68	139				
#FRTS	15900.88	**	144.06		566	**	84.51		120.36		18.21	60.23	40.71	86.8
REND	758231129	**	242633496	*	210036165	**	65986993		90837989		15.75	60496.02	44554	73738
PPF	279.15	*	37.23		710.55	**	110.64		95.2		14.4	67.74	34.33	99.51
CRK	0.516		23.01		149.57	**	9.85		16.86		44.07	9.31	5	38.62
BL	4.11		5.71		2.49		2.58		2.53		30.46	5.22	5	9
GB	0.281	*	0.045		0.283	**	0.061	*	0.042		3.36	6.12	5.77	7.03
DP	0.220	*	0.089	*	0.374	**	0.037		0.034		3.73	4.96	3.89	5.53
DE	0.0035		0.039		0.426	**	0.039		0.049		4.07	5.48	4.3	6.14
pH	0.102	**	0.004		0.012	**	0.003		0.003		1.75	3.55	3.45	3.68

*,**= significancia al punto $p \leq 0.05$ de probabilidad y punto $p \leq 0.01$ respectivamente; F. V. fuente de variación; C. V.= coeficiente de variación; G.L.= grados de libertad; REP(CORTE)= repeticiones dentro de condición; HIB= híbridos; CON*HIB= condición por híbrido; #FRTS= promedio de número de frutos por planta; REND=rendimiento; PPF= peso promedio del fruto; CRK= cracking; BL= blossom; GB= grados brix; DP= diámetro polar; DE= diámetro ecuatorial; pH= potencial de hidrógeno.

Cuadro 4.3.2 Medias del análisis de varianza para cada condición de cultivo.

Variables	PISO MEDIA	ESTACADO MEDIA
#FRTS (#por planta)	70.89	49.58
REND (t ha ⁻¹)	62.823	58.168
PPF (g)	66.32	69.15
CRK (%)	9.37	9.25
BL (%)	5.05	5.4
GB (°brix)	6.08	6.16
DP (cm)	4.92	5.00
DE (cm)	5.48	5.49
pH	3.57	3.52

#FRTS= promedio de número de frutos por planta; REND= rendimiento; PPF=peso promedio de fruto; CRK= cracking; BL=blossom; GB= grados Brix; DP= diámetro polar; DE= diámetro ecuatorial; pH= Potencial de hidrógeno.

4.3.2 Gráfico Biplot (AMMI) combinado para dos condiciones de cultivo; CAP y CAE

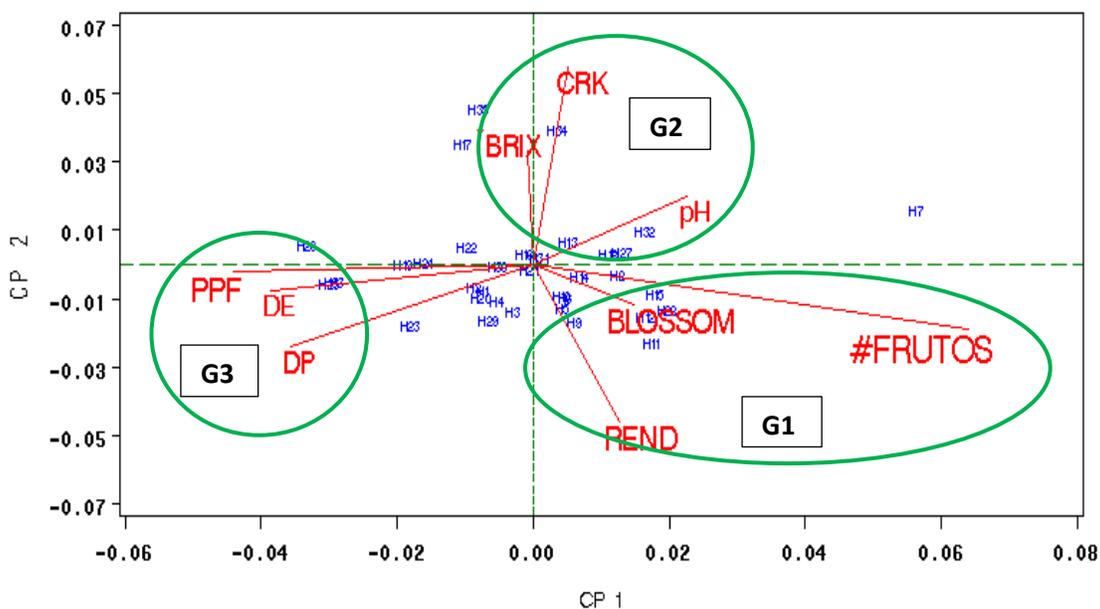


Figura 4.3.1 Gráfico Biplot (AMMI) para explorar el agrupamiento natural de las variables de las evaluadas para la condición de campo abierto piso y campo abierto estacado.

Es necesario conocer el comportamiento de los híbridos evaluados a través de la combinación de dos ambientes, por lo que se realizó un gráfico Biplot para dos condiciones de cultivo que son: CAP y CAE.

En la figura 4.3.1, se observa la relación que existe entre las variables, formando tres grupos, por lo tanto, si es posible hacer una selección de híbridos a través de estas dos condiciones.

4.3.3 Análisis del índice de selección como criterio para identificar los híbridos que se desempeñen eficientemente en los ambientes de CAP y CAE

En el Cuadro 4.3.3 que corresponde al análisis de varianza del índice de selección combinado en la fuente de variación Condición se observaron diferencias altamente significativas a ($P \leq 0.01$) lo que indica que las condiciones de cultivo no fueron iguales esto se atribuye al diferente manejo agronómico para cada una de ellas, condiciones edáficas y climáticas.

En lo que respecta para la fuente de variación Repetición dentro de Condición, se encontraron diferencias altamente significativas a ($P \leq 0.01$), este resultado indica que las repeticiones se comportan de manera diferente dentro de cada condición.

Para la fuente de variación Híbridos se detectaron diferencias altamente significativas a ($P \leq 0.01$), este resultado indica que los materiales evaluados presentan gran variabilidad genética y que al menos uno es superior para rendimiento, peso promedio de fruto y con un mejor aspecto.

Cuadro 4.3.3 Cuadrados medios del análisis de varianza con base a los valores de índices de selección (integrado por rendimiento, peso promedio de fruto y cracking) de 31 híbridos experimentales y 4 testigos comerciales para la condición CAP y CAE.

F. V.	CON	REP(CON)	HIB	CON*HIB	ERROR	TOTAL	C.V	MEDIA
G. L.	1	2	34	34	68	139		
IS	168.01	**	9.83	34.02	**	3.23	4.3	19.80 10.48

*,**= significativo al punto $P \leq 0.05$ de probabilidad y punto $P \leq 0.01$ respectivamente; F. V.= fuente de variación; C.V.= coeficiente de variación; G.L.= grados de libertad; IS= índice de selección; CON= condición REP(CON)= repetición dentro de condición; HIB= híbridos; CON*HIBRIDO= condición por híbrido

4.3.4 Híbridos sobresalientes en atención al índice de selección combinado para CAP y CAE

En el cuadro 4.3.4, el híbrido que sobresalió con un índice de selección combinado superior fue el 23 (compartiendo solo este rango con el 33), el cual tuvo un Rendimiento de 71.402 t ha⁻¹ con un peso promedio por fruto de 89.82 g. Cendejas (2017), indicó que el peso promedio por fruto está relacionado con su densidad y tamaño, determinando así los híbridos que producen los mejores frutos.

Las variables cracking y blossom presentaron porcentajes bajos indicando que los frutos mostraron buen aspecto y firmeza.

La variable de pH tuvo un valor de 3.57 muy favorable para la calidad del fruto. Esta variable representa una característica importante en cuanto a calidad de fruto como mencionan García *et al.*, (2009).

Con respecto para la variable de °Brix el resultado fue de 5.8. Según Castellanos (2009), el contenido de sólidos solubles totales está determinado en gran parte por la variedad; en un fruto de tomate maduro generalmente esta característica, expresada como °Brix, presenta valores alrededor de 4,0 a 4,5; la presencia de valores superiores a 4,5 °Brix corresponde a frutos que se catalogan como de buen sabor, mientras que contenidos por debajo de 4,0 °Brix son relacionados con frutos de calidad no aceptable.

El híbrido 33 comparte el mismo grupo estadístico que el 23, con un índice de selección (5.250), presentó un rendimiento de 69.518 t ha⁻¹ y un peso promedio por fruto de 94.64 g.

Para las variables de craking y blossom los porcentajes fueron bajos.

Estos resultados sugieren que los híbridos 23 y 33 son los mejores en cuanto a rendimiento, y calidad del fruto bajo estas condiciones de cultivo.

Cuadro 4.3.4 Híbridos sobresalientes de un índice de selección combinado para CAP y CAE.

HÍBRIDO	GENEALOGÍA	IS	FRUTOS	REND	PPF	CRK	BL	pH	GB	DP	DE
			(# por planta)	(t ha ⁻¹)	(g)	(%)	(%)		(°brix)	(cm)	(cm)
23	EXP23	4.651	52.4175	71.402.	89.82	6	5	3.57	5.81	5.2875	5.795
33	EXP33	5.250	49.2075	69.518	94.64	8	5.5	3.5	6.32	5.5375	6.1425

IS=índices de selección; FRUTOS=promedio de número de frutos por planta; REND= rendimiento; PPF= peso promedio de fruto; CRK= cracking; BL= blossom; pH=potencial de hidrógeno; GB= grados brix; DP= diámetro polar; DE; diámetro ecuatorial.

V. CONCLUSIONES

El análisis de varianza a través de las 9 variables agronómicas permitió demostrar la existencia de variación entre las variables estudiadas de los híbridos experimentales, lo cual posibilita hacer selección.

El índice de selección y el modelo AMMI apoyaron la identificación de los híbridos superiores y con mejor estabilidad bajo dos condiciones de cultivo, considerando características tales como rendimiento, y calidad. De tal manera que se seleccionaron los híbridos 33, 23, 15,12, 13, 5 y 29, para la condición de campo abierto piso, mientras que para la condición de campo abierto estacado los híbridos seleccionados fueron los siguientes: 23, 29, 3, 10, 11, 5 y 1.

Para determinar la mejor condición que permite una mejor expresión de los híbridos se realizó una comparación de las medias de cada condición, lo cual favoreció a campo abierto piso tuvo el mayor rendimiento de 62.823 t ha^{-1} , estos resultados sugieren que esta condición es la mejor para la producción de tomate de cáscara además es una gran ventaja para el productor ya que evitaría del uso de varas y la colocación de hilos que requiere de mucha inversión.

VI. LITERATURA CITADA

Agustí, M., Almela, V., Juan, M., Mesejo, C., Martínez, F. A. y Reing, C. (2008).

Desórdenes fisiológicos precosecha de los frutos cítricos y su control. 20 años de postcosecha en productos hortofrutícolas. Instituto Agroforestal Mediterráneo. Universidad Politécnica. Valencia Disponible en: <https://www.phytoma.com/la-revista/phytohemeroteca/201-agosto-septiembre-2008/desordenes-fisiologicos-precosecha-de-los-frutos-citricos-y-su-control>

Álvarez, J. y Fischer, G. (2014). Efecto del riego y la nutrición con calcio en la

producción, rajado y calidad postcosecha de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en invernadero. Tesis Doctoral en Ciencias Agropecuarias-Área Agraria. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/44423/1/797030.2014.pdf>.

Barreto, H. J. y Raun, W. R. (1991). Programas índices de selección. Guía para la

operación de software. Manual de Capacitación Regional. México. CIMMYT. P. 27.

Bost, S. (2005). Blossom End Rot. Plant Diseases. University of Tennessee. 2 p.

Disponible en: <https://extension.tennessee.edu/publications/Documents/SP277-Y.pdf>

Cendejas, G. V. (2017). Evaluación de híbridos experimentales de tomate verde,

en tres sistemas de producción. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guanajuato. P. 75.

Cerón, R. J. J. y Sahagún, J. (2005). Un índice de selección basado en

componentes principales. Agrociencia. 39(6): 667-677.

- Colle, I. (2010).** Degradación del licopeno y cinética de isomerización durante el procesamiento térmico de una emulsión de aceite de oliva / tomate. *Revista de Química Agrícola y Alimentaria*. 58:12784-12789.
- Cotes, T. J. M. y Ñustez, L. C. E. (2001).** Propuesta para el análisis de diseños aumentados en fitomejoramiento: Un caso en papa. *Revista Latinoamericana de la Papa*. 12:15-34.
- Crisóstomo, M. (2016).** Índices de Selección y Modelo AMMI para Seleccionar Híbridos Experimentales de Tomate de Cascara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. P 44.
- D'Arcy, W. G. (1991).** The Solanaceae since 1976, with Review of its Biogeography. In: J. G. Hawkes, R.N. Lester, M. Nee y N. Estrada (Eds) *Solanaceae III: Taxonomy, Chemistry and Evolution*. Royal Botanical Garden, Kew. Gran Bretaña. Pp. 75-138.
- El Sheikha, A. F., Zaki, M. S., Bakr, A. A., El Habashy, M. M. y Montet, D. (2010).** Calidad bioquímica y sensorial del jugo *Physalis* (*Physalis pubescens* L.). *Revista de Procesamiento y Conservación de Alimentos*. 34: 541-555.
- García, S. M., Martínez, J. V., Avendaño, L. A., Padilla, S. M. y Izquierdo, O H. (2009).** Acción de oligosacáridos en el rendimiento y calidad de tomate. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 32(4):295-301.
- Gauch, H. G. (2006)** AMMI analysis of yield trials. In: M S Kang and H G Gauch, Jr. (eds) *Genotype by environment interaction*. CRC Press. New York. P 416.
- Gerhard, F., Miranda, D., Piedrahita, W. y Romero J. (2005).** El problema del rajado del fruto de la uchuva y su posible control. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Disponible en: <http://www.researchgate.net/publication/256573763>.
- Gibson, K., Reese, R.N., Halaweish, F. T. y Ren Y. (2012).** Aislamiento y caracterización de un withanolide bactericida de (*Physalis virginiana*). *Revista Farmacognosia*. 29(8): 22-29

- Glaz, B. y Kang M. S. (2008)** Location contributions determined via GGE biplot analysis of multienvironment sugarcane genotype performance trials. *Crop Science* 48:941-950.
- González, P. J. E. y Guerrero, B. J. Á. (2021).** Tomatillo o tomate de cáscara (*Physalis philadelphica* y *Physalis ixocarpa*): Una revisión. *Scientia horticulturae*. 288: 304-4238.
- Gordillo, O. P., Fischer, G. y Guerrero, R. (2004).** Efecto del riego y de la fertilización sobre la incidencia del rajado en frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la zona de Silvania (Cundinamarca). Colombia: Agronomía Colombiana. 22(1): 53-62.
- Hermes, A.T., Espitia, C. y Cardona, A. C. (2017).** Adaptabilidad y Estabilidad Fenotípica en Cultivares de Frijol Caupin en el Caribe Húmedo Colombiano. *Biotechnología en el sector agropecuario y agroindustria*. 2: 14-22.
- Hernández, M. R. (2016).** Potencial genético y heterosis para rendimiento en líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 7: 349-362. Disponible en: [Índices de selección para el mejoramiento en bovino \(zoovetesmipasion.com\)](http://indices.de.selección.para.el.mejoramiento.en.bovino(zoovetesmipasion.com))
- Hodges, L. (2007).** Blossom End Rot in Tomatoes. Extension Vegetable Specialist. Neb Guide. University of Nebraska. 2 p. Disponible en: <https://extension.unl.edu/statewide/douglas-sarpy/pdfs/ce/resources/ce-g1752-blossom-end-rot-in-tomatoes.pdf>
- Jiménez, S. E. (2012).** Calidad de frutos de genotipos tetraploides de tomate de cascara (*Physalis ixocarpa* Brot). *Universidad y Ciencia*. 28 (2): 153-161.
- Kempton, R. A (1984).** El uso de biplots en la interpretación de la variedad por las interacciones del entorno. *J. Agric. Sci.* 103: 123-135.
- Knapp, S., Stanford, M. y Martínez, M. (2007).** A checklist of the Solanaceae of Guatemala. En: *Biodiversidad de Guatemala*. 1: 259-282.

- Lozano, R., Santacruz, V. A., San Vicente, G. F., Crossa, J. B. y Molina, G. (2015).** Modelación de la interacción genotipo x ambiente en rendimiento de híbridos de maíz blanco en ambientes. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 38(4): 337-347.
- Magaña, L. N., Peña, L. A., Sánchez, M., Caro, V. F., Grimaldo, J. O., Vargas, P. O. y Santiaguillo, H. J. F. (2016).** Perfil Diagnostico del Tomate de Cascara. Universidad Autónoma Chapingo. P.49. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/283492117_Diagnostico_del_Tomate_de_Cascara.
- Maldonado, E., Gutiérrez, R., Pérez, A. L. y Martínez, M. (2012).** Orizabolide, a New Withanolide from *Physalis orizabae* *Journal of the Mexican Chemical Society*. 56(2): 128-130.
- Martínez, M. (1993).** Systematics of *Physalis* Section *Epeteiorhiza*. Tesis Doctoral. Universidad de Texas, Austin. 69(2): 1-47.
- Martínez, M. L. (2013).** Efecto del nitrato de calcio y sustratos en el rendimiento de tomate. *Revista Mexicana de Ciencia Agrícola*. 4: 1175-1184.
- McDermott, B. y Coe, R. (2012).** Una introducción fácil a Biplots para ensayos multiambientes. Centro de Servicios Estadísticos, Universidad de Reading, Reino Unido y Centro Mundial de Agrosilvicultura, Kenia. P 62. <http://www.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/MN17359.pdf>.
- Monge, P. (2015).** Evaluación de 60 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Cultivados bajo invernadero en Costa Rica. *InterSedes*. 16 (33): 83-122.
- Montes, D. V., Vergara, G. O. y Prieto, M. E. (2008).** Determinación de un índice de selección para el peso al nacer y al destete en ganado bovino de la raza brahmán. *Rev. MVZ Córdoba*, 13(2):1365-1368.

- Peña, L. A. y Santiaguillo, H. J. F. (1998).** Variabilidad genética del tomate de cáscara en México. Boletín técnico # 2. Programa nacional de investigación en 50 olericultura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo México. P 26.
- Peña, L. y Márquez, S. F. (1990).** Mejoramiento genético del tomate de cascara (*Physalis ixocarpa* Brot.).
- Peña, L. A., Magaña, L. N., Montes, H. S., Sánchez, M. J., Grimaldo, J. O. y Contreras, R. A. (2011).** Manual Grafico para la Descripción Varietal de Tomate de Cascara (*Physalis ixocarpa* Brot. Ex Horm.) SNICS-SAGARPA, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de Mexico. P 90.
- Peña, L. A., Molina, G. J., Sahagún, C. J., Ortiz, C. J., Márquez, S. F., Cervantes S. T. y Santiaguillo, H. J. (2008).** Parámetros genéticos de la variedad CHF1 Chapingo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Revista Chapingo. Serie Horticultura. 14:5-11.
- Peña, L. A., Ponce, V. J., Sánchez, C. F. y Magaña, L. N. (2014).** Desempeño agronómico de variedades de tomate de cascara en invernadero y campo abierto. Revista Fitotecnia Mexicana, 37(4):381-391.
- Pérez, G. M., Márquez, S. F., Sahagún, C. J. y Peña L. A. (1994).** Mejoramiento genético de tomate de cascara (*Physalis ixocarpa* Brot). Selección y evaluación para concentración y precocidad de cosecha. Revista Chapingo, Serie Horticultura 1(2): 119-124.
- Ramírez, G. F., (2012).** Caracterización de tetraploides y formación de híbridos triploides en tomate de cascara (*Physalis ixocarpa* Brot). Tesis doctoral en ciencias de Acentuación en Manejo y Administración de Recursos Vegetales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Cd. Universitaria, San Nicolas de los Garza, N.L. Facultad de Ciencias Biológicas. P 118.
- Ramos-L, B. I., Martínez, G. G., Morales, I., Escamirosa, T. C. y Pérez. A. (2017).** Consumo de agua y rendimiento de tomate de cáscara bajo diferentes cubiertas de invernaderos Horticultura Brasileira. 35 (2): 265-270

- Rodríguez, P. G., Zavala, G. F., Gutiérrez, D. A., Treviño, R. J. E., Ojeda, Z. C. M. y Mendoza, E. M. (2016).** Estrategias de selección en familias de hermanos completos en dos poblaciones de maíces criollos. *Python* 85(2):194.
- Romero, G. L. A. (2019).** Selección de Híbridos Experimentales de Tomatillo (*Physalis ixocarpa Brot.*) con la Metodología de Índices de Selección y Modelo AMMI. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. P 49.
- Romero, P. y Manuel, J. (2000).** Métodos de selección para caracteres múltiples. Tesis. Licenciado en Estadística. Chapingo, Texcoco, Edo. De México. Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales. P 138.
- Rúales, F. R., Manrique, C. y Cerón, M. F. (2007).** Fundamentos en mejoramiento animal. 1 ed. Medellín: L. Vieco e Hijas Ltda.
- Sahagún, C. J., Gómez, R. F. y Peña L. A. (1999).** Efectos de aptitud combinatoria en poblaciones de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa Brot.*). *Revista Chapingo, Serie Horticultura*. 5(1):23-27
- Santiaguillo, H. J. F., Cervantes, S T. y Peña, L. A. (2004).** Selección para rendimiento y calidad de fruto de cruza planta x planta entre variedades de tomate de cáscara. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 27:85-91.
- Santiaguillo, H. J. F., Cedillo, P. E., Cuevas, S. J. A. (2010).** Distribución Geográfica de *physalis spp.* En México. Publicaciones de la Red de tomate de cascara. SINAREFI. P 245.
- Santiaguillo, H. J. F., Magaña, L. N., Grimaldo, O. J. y Vargas, P. O. (2013).** Conservación y uso de *Physalis spp.* en México. In Congreso Nacional SINAREFI. Pp. 443-449.

- Santiaguillo, H. J. F., S. Blas, Y. (2009).** Aprovechamiento tradicional de las especies de (*Physalis ixocarpa*). México. Revista de Geografía Agrícola 43: 81-86.
- Saray, M. C. y Loya R.J. (1997).** El cultivo de tomate en el Estado de Morelos.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2020).** Consultado: septiembre 2021. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx>
- Soares, L. J. M., Pravia, M. I., Ravagnolo, O. y Montossi, F. (2011).** Índice de selección para la Cría: “Una nueva herramienta disponible en Uruguay para seleccionar reproductores por su mérito económico en la raza Hereford”. Programa Nacional de Carne y Lana, INIA Uruguay. Disponible en línea: http://www.hereford.org.uy/sites/hereford/files/ObjetivoDeSeleccionAnuarioHE_2_011.pdf
- Soldevilla, S., Peña, L. A., Solís, M. F., Vázquez, R. y Colinas, L. (2002).** Aplicación al suelo de CO₂, uso de acolchados plásticos y sistemas de manejo en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Revista Chapingo Serie Horticultura. 8(1):25-38.
- Tardío, J., Molina, M., Aceituno, L., Pardo, M., Morales, R., Fernández, V., Morales, P., García, P., Cámara, M. y Sánchez, M. C. (2011).** Montia fontana L. (*Portulacaceae*), una interesante hortaliza silvestre tradicionalmente consumida en la Península Ibérica. Recursos genéticos y evolución de los cultivos. 58: 1105-1118.
- Toledo, P. J. (2015).** Caracterización Físico-Química del cáliz de tres variedades de tomate verde (*Physalis ixocarpa* Brot.), cultivados en ambientes protegidos. Oaxaca. México.
- Torres, C. (2004).** Determinación de causas del rajado del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.). Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 22 (2): 140-146.

- Tucuch-Cauch, C.A. (2006).** Índices de selección para producción y calidad forrajera en maíz QPM. Doctor en Ciencias en Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. P 100.
- Wolf, J. (1971).** Sobre la cuestión de la explosión de frutas carnosas después de la cosecha. Ciencia Hortícola. 36, 127-133.
- Yan W., Cornelius, P. L., Crossa, J. y Hunt, L. A. (2001).** Dos tipos de Biplots GGE para analizar datos de ensayos de múltiples entornos. Ciencia de los cultivos. 41: 656-663.
- Yan, W. y Rajcan, I. (2002).** Análisis Biplot de sitios de prueba y relaciones de rasgos de soja en Ontario. Ciencia de los cultivos. 42: 11-20.
- Yan, W., Hunt, A., Sheng, Q. y Szlavnics, Z. (2000).** Análisis estadístico de un ensayo de rendimiento. Revista agronomía. 40: 597-605.
- Yáñez, C. L. F. (2018).** Índices de selección. Disponible en: [Índices de selección para el mejoramiento en bovino \(zoovetespasion.com\)](http://zoovetespasion.com)
- Zobel, R. W., Wright, M. y Gauch, H. G. (1998).** Análisis estadístico de un ensayo de rendimiento. Revista agronomía.80: 388-393.