



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

**Evaluación Agronómica y Calidad de Grano en
Maíz Dulce (*Zea mays* L.)**

Tesis

Que para obtener el grado de

**Maestro en Ciencias en Biosistemática y
Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas**

Presenta

José Alberto Sánchez Nuño

Director

José de Jesús Sánchez González

Zapopan, Jalisco

15 de Julio de 2017



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

Evaluación Agronómica y Calidad de Grano en Maíz Dulce (*Zea mays* L.)

Por

Ing. Agr. José Alberto Sánchez Nuño

**Maestría en Ciencias en Biosistemática y Manejo de Recursos
Naturales y Agrícolas (BIMARENA)**

Aprobado por:

Dr. José de Jesús Sánchez González
Director de Tesis e integrante del jurado

Junio 21/2017
Fecha

Dr. Lino de La Cruz Larios
Asesor del Comité Particular e integrante del jurado

Junio 21/2017
Fecha

Dr. Fernando Santacruz Ruvalcaba
Asesor del Comité Particular e integrante del jurado

21/JUNIO-2017
Fecha

Dr. Moisés Martín Morales Rivera
Sinodal e integrante del jurado

Junio 21/2017
Fecha

Dr. Eduardo Rodríguez Guzmán
Sinodal e integrante del jurado

Fecha

DEDICATORIA

Dedico mi proyecto de Investigación a las personas que estuvieron presentes a mi lado durante este proceso, a todas aquellas personas que me apoyaron, aconsejaron, enseñaron y sobre todo me motivaron a cumplir mis objetivos y superar metas. A mi papá y mamá por su apoyo entregado que sin ellos hubiera sido más complicado concluir mis estudios, a mi novia por su apoyo, ayuda y consejos. También a todos mis compañeros alumnos y maestros de licenciatura, maestría y doctorado por sus consejos, apoyo y ayuda en el proceso de mi investigación. Y sobre todo a Dios.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a CONACyT por la beca otorgada para llevar a cabo mis estudios de posgrado en Maestro en Ciencias En Biosistemática y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas (BIMARENA) y a la Universidad de Guadalajara por haberme permitido llevar acabo mis estudios de posgrado en investigación, por haberme aceptado como su alumno y por brindarme las herramientas necesarias para cumplir los objetivos.

Quiero agradecer muy especialmente al Dr. José de Jesús Sánchez González por toda su dedicación y por brindarme sus conocimientos y gran experiencia científica; por haberme aceptado como su alumno y por su disponibilidad y los valiosos consejos y enseñanzas.

Al Dr. Lino de la Cruz Larios, Dr. José Ron Parra (DEP) por haberme aceptado en su comité de asesoría y su disponibilidad, agradezco los valiosos consejos y tiempo que me ofrecieron investigadores como el Mc. José Sánchez Martínez, Dr. Moisés Martín Morales Rivera, Dr. Roberto Miranda Medrano, Dr. Fernando Santacruz Ruvalcaba y Dr. Eduardo Rodríguez Guzmán por su apoyo para mejorar la investigación,

ÍNDICE

Contenido

ÍNDICE DE FIGURAS	2
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
I INTRODUCCIÓN	5
1.1 Justificación	7
1.2. Objetivos	9
1.3 Hipótesis	9
II. MARCO TEÓRICO	10
2.1 Origen del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.)	10
2.1.1 La diversidad genética del maíz en México	10
2.1.2 El maíz como parte de los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación (RFAA)	12
2.1.3 Diversidad del maíz dulce	13
2.1.4 Mutaciones del grano del maíz	14
2.1.5 Tipos genéticos de algunos genes en maíces dulces	15
2.2 Clasificación y características de la planta de maíz dulce	17
2.2.1 Metabolismo del almidón en grano de maíz	18
2.2.2 Biosíntesis del almidón	19
2.3 Transporte de sacarosa a la planta	20
2.4 Teoría de la Presión-Flujo para la Transferencia de Nutrientes	20
2.5 Principales plagas y enfermedades del maíz	22
2.6 Importancia y usos del maíz dulce	22
2.7 Producción del maíz dulce en México	25
2.8 Antecedentes de la calidad en maíz dulce	25
2.9 Diseños Experimentales	26
2.9.1 Alfa látice	26
2.9.2 Bloques completos al azar	26
III MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1 Material genético	28
3.2 Sitios de estudio	30

3.2.1 Evaluación de híbridos, experimento 2015. Etapa I.	30
3.2.2 Formación de híbridos sobresalientes, Etapa II.....	33
3.3.3 Evaluación de híbridos sobresalientes, experimento 2016. Etapa III.	34
3.4 Variables medidas	35
3.4.1 Número de plantas por unidad experimental.....	36
3.4.2 Altura de planta (APL).....	36
3.4.3 Altura de mazorca (AMZ).....	36
3.4.4 Longitud de mazorca (LonM)	36
3.4.5 Diámetro de mazorca (DiaM)	36
3.4.6. Contenidos de azúcar expresada en grados Brix (°Bx).....	37
3.4.7 Días a floración masculina (FM)	37
3.4.8 Días a floración femenina (FF)	37
3.4.9 Número de granos por hilera (Grxhil).....	37
3.4.10 Número de hileras por mazorca (Hil).....	37
3.4.11 Peso de elote fresco	38
3.5.1 Modelo estadístico lineal, Etapa experimental I.....	38
3.5.2 Modelo estadístico lineal, Etapa experimental III.....	39
IV RESULTADOS	40
4.1 Evaluación de 40 híbridos trilineales, Etapa I.....	40
4.2 Evaluación de híbridos sobresalientes, análisis combinado Etapa III.	46
V. DISCUSIÓN	61
VI. CONCLUSIONES.....	64
VII BIBLIOGRAFÍA.....	66

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1; Clasificación y características de la planta de maíz dulce	17
Cuadro 2. Nutrientes del maíz dulce, datos tomados del Departamento de Agricultura y Servicios del consumidor de Carolina del Norte.....	25
Cuadro 3. Claves para los cruzamientos trilineales evaluados en el CUCBA 2015.	30
Cuadro 4. Cruzas simples y trilineales dulces evaluadas en el CUCBA, 2015.	32
Cuadro 5. Genealogía de progenitores de híbridos sobresalientes.....	34
Cuadro 6. Evaluación de híbridos sobresalientes, Etapa III. 2016	35
Cuadro 7. ANOVA; Cuadrados medios de variables agronómicas y de calidad de híbridos trilineales dulces. CUCBA 2015. ¹	40 41
Cuadro 8. DUNNETT; Medias ajustadas de variables agronómicas y de calidad de híbridos trilineales. CUCBA 2015 ¹	42
Cuadro 9. ANOVA; Cuadrados medios de variables agronómicas y de calidad de híbridos simples y trilineales dulces. CUCBA 2015 ¹	30 44
Cuadro 10. DUNNETT; Medias ajustadas de variables agronómicas y de calidad de híbridos trilineales y simples. CUCBA 2015 ¹	45
Cuadro 11. DUNNETT; Cuadrados medios de variables agronómicas y de calidad de 11 híbridos simples y trilineales dulces. Análisis combinado 2015- 2016 ¹	48
Cuadro 12. ANOVA; Cuadrados medios de variables agronómicas y de calidad de 11 híbridos simples y trilineales dulces. CUCBA 2015 ¹	49
Cuadro 13. DUNNETT; Medias ajustadas de variables agronómicas y de calidad de híbridos trilineales y simples. CUCBA 2015 ¹	50
Cuadro 14. DUNNETT; Continuación de medias ajustadas de variables agronómicas y de calidad de híbridos trilineales y simples. CUCBA 2015 ¹	50
Cuadro 15. ANOVA; Cuadrados medios de variables agronómicas y de calidad de 11 híbridos simples y trilineales dulces. CUCBA 2016, experimento 1 ¹ .	53
Cuadro 16. DUNNETT; Medias ajustadas de variables agronómicas y de calidad de híbridos trilineales y simples. CUCBA 2016. Experimento 1 ¹	54

Cuadro 17. DUNNETT; Continuación Medias ajustadas de variables agronómicas y de calidad de híbridos trilineales y simples. CUCBA 2016. Experimento 1 ¹ .	54
Cuadro 18. ANOVA; Cuadrados medios de variables agronómicas y de calidad de 11 híbridos simples y trilineales dulces. CUCBA 2016, experimento 2 ¹ .	55
Cuadro 19. DUNNETT; medias ajustadas de variables agronómicas y de calidad de híbridos trilineales y simples. CUCBA 2016. Experimento 2 ¹ .	57
Cuadro 20. DUNNETT; continuación de medias ajustadas de variables agronómicas y de calidad de híbridos trilineales y simples. CUCBA 2016. Experimento 2 ¹ .	57
Cuadro 21. ANOVA; Cuadrados medios de variables agronómicas y de calidad de 11 híbridos simples y trilineales dulces. El Salitre 2016T ¹ .	59
Cuadro 22. DUNNETT; Medias ajustadas de variables agronómicas y de calidad de híbridos trilineales y simples. El Salitre 2016 ¹ .	60
Cuadro 23. DUNNETT; Continuación Medias ajustadas de variables agronómicas y de calidad de híbridos trilineales y simples. El Salitre 2016 ¹ .	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Maíz dulce Mazorcas típicas de las razas Maíz Dulce (izquierda) y Dulcillo del Noroeste.	29
Figura 2. Mazorcas frescas cortadas a los 35 días después de floración de híbridos sobresalientes.	51

RESUMEN

En el año 2004 se iniciaron colectas de variedades nativas de maíces dulces tipo *su1* en estados del occidente de México por parte del Instituto de Manejo y Aprovechamiento de los Recursos Fitogenéticos (IMAREFI). En el 2010 se iniciaron cruzamientos de líneas de maíces normales con los maíces nativos tipo *su1*; a partir de la generación F₂ entre líneas normales y razas como Maíz Dulce y Dulcillo del Noroeste se obtuvieron líneas recombinantes con características fenotípicas similares a las líneas normales, pero con grano azucarado, gen tipo *su1* y precocidad similar a las razas originales. En los años 2015 y 2016 se llevaron a cabo evaluaciones de 47 cruza trilineales y 20 híbridos de maíz dulce de cruza simple con genes recesivos azucarados (*su1*), con fines de identificar las mejores en calidad y producción. La evaluación se realizó en campo en dos etapas; la primera etapa evaluó, bajo diseños alfa látice dos grupos de cruzamientos en experimentos 4x10 y 5x6. En la segunda etapa se eligieron los 11 mejores híbridos, los que se evaluaron en el 2016 en dos localidades Nextipac, y El Salitre, en Jalisco, fueron tres experimentos evaluados, con base en un diseño de Bloques al Azar con ocho repeticiones. Con la finalidad de evaluar la calidad del grano en elote se tomaron diferentes medidas (1) Peso de elote fresco, (2) Diámetro de mazorca, (3) Longitud de mazorca, (4) Altura de mazorca, (5) Altura de planta, (6) Contenido de azúcar en diferentes etapas, (7) Número de hileras de mazorca, (8) Número de granos por una hilera de la mazorca, (9) Días a floración femenina, (10) Días a floración masculina (11) y peso de grano seco. Los datos obtenidos se analizaron con el Statistical Analysis System (SAS) versión 9.0. Se llevó a cabo un análisis de varianza y comparación de medias ajustadas por tratamientos y prueba de comparación de medias Dunnett para cada una de las variables. Se encontraron diferencias importantes entre experimentos y entre híbridos para las diferentes variables medidas, con marcada superioridad sobre los testigos. Fue posible demostrar que la modificación de los maíces nativos dulces por medio de líneas normales sobresalientes, permitieron la formación de híbridos dulces superiores a los testigos comerciales, manteniendo la calidad de los criollos y mejorando significativamente la calidad de planta y mazorca. Se contribuyó al mejoramiento genético de razas nativas de México con genes *su1* y a su vez mejorando la calidad, sabor y sanidad de la planta en general.

ABSTRACT

In the year 2004, collections of native varieties of sweet corn *su1* type were collected in some states of western Mexico by the Instituto de Manejo y Aprovechamientos de los Recursos Fitogenéticos (IMAREFI). In 2010, crosses were made between normal maize lines and *su1* landraces. From F₂ generation resulting from crosses among normal maize lines and races of Maíz Dulce and Dulcillo del Noroeste, recombinant lines were obtained with phenotypic characteristics similar to normal lines and with grain *su1* and earliness similar to the original germplasm. In the years 2015 and 2016, evaluations of 47 tree way crosses and 20 hybrids of single cross sweet corn with sugary recessive genes (*su1*) were carried out in order to identify the best quality and production. The Field evaluation was conducted in two stages. The first stage was evaluated, under alpha lattice designs two groups of crosses in 4x10 and 5x6 experiments. In the second stage, the 11 best hybrids were chosen, which were evaluated in 2016 in two locations Nextipac, and El Salitre, in Jalisco, were three experiments evaluated, based on a Randomized Blocks design with eight replicates. In order to evaluate the quality of the sweetcorn hybrid, different measures were taken (1) Fresh corn weight, (2) Ear diameter, (3) Ear length, (4) Ear height, (5) Height of plants, (6) Sugar content in different stages, (7) Number rows of cob (8) Number of grains per row of cob, (9) Days to female flowering, (10) Days to male flowering (11) and Grain weight. The data obtained was analyzed with the Statistical Analysis System (SAS) version 9.0. An analysis of variance and comparison of treatments-adjusted means and Dunnett's means comparison test were performed for each of the variables. Significant differences were found between experiments and between hybrids for the different measured variables, with marked superiority over the controls. It was possible to show that the modification of sweet native maize by means of normal lines, allowed the formation of sweet hybrids superior to the commercial controls, maintaining the quality of the criollos and significantly improving the quality of plant and ear. It contributed to genetic improvement of native breeds of Mexico with *su1* genes and in turn improving the quality, flavor and sanity of the plant in general.

I INTRODUCCIÓN

La subsistencia del maíz (*Zea mays* L.) es importante en México en varios aspectos de estudio como en lo cultural, económico y alimentación. México es un país muy ligado a estos aspectos, además es conocido como centro de origen y diversificación de este importante grano. El maíz es un cereal básico debido a la gran importancia en la vida diaria para diferentes seres vivos. Además es considerado un Recurso Fitogenético para la Agricultura y Alimentación (RFAA).

La diversidad es necesaria para las diferentes interacciones y funcionalidades del maíz, en la actualidad se promueven, se protegen, se mejoran y se conservan 59 razas de maíz consideradas nativas de México (CONABIO, 2012). La diversidad se clasifica en grupos basados en sus caracteres morfológicos, genéticos, isoenzimáticos y de adaptación (Sánchez *et al.*, 2000). Así mismo, por sus numerosas variantes diferenciadas en formas de mazorca, color, textura de grano, adaptaciones y diversidad genética. De estos grupos, el maíz dulce se considera una forma divergente entre las razas mexicanas, por sus características y usos. El maíz dulce tiene presencia en diferentes sectores mundiales de interés como la investigación, la industria, la agroalimentación, etc., Jalisco se posiciona en el cuarto lugar nacional de producción de elote con un total de 5,972 ha. (OEIDRUS, 2015).

El Dulcillo del Noroeste y el Maíz Dulce son dos razas con granos azucarados debido a la presencia del gen (*su1*) Ron *et al.*, (2006) reporta la existencia de variedades nativas en algunos estados de México como Jalisco, Nayarit, Michoacán, Guanajuato, Sonora, Durango, Chihuahua, y Sinaloa.

Se sabe que el maíz dulce es el resultado de una mutación que se manifiesta en el tejido de reserva del grano, principalmente en el almidón, con una alteración de la secuencia de nucleótidos específicamente ubicada en una posición fija denominada *su1* (*sugary1*) en el brazo corto del cromosoma 4. Las principales variedades comerciales de maíz dulce se basaron principalmente en los genes

sugary1 (su1), sin embargo, en los últimos años se han usado con éxito los genes *sugary-enhancer1 (extra dulce, se1)*, *amilose extender1 (ae1)*, *brittle1 y 2 (bt1 y bt2)* y *shrunk2 (sh2)* entre otros.

La mayor importancia del maíz dulce se encuentra en Estados Unidos, Canadá y Europa, en donde se consume como hortaliza y se siembra en más de 250,000 ha debido a la demanda de los consumidores en dichas áreas, los genetistas han mejorado de manera significativa la calidad del maíz dulce durante las últimas décadas. Las variedades del maíz dulce tradicional (*su1*) han sido sembradas durante muchos años, desafortunadamente, la mazorca de las variedades de maíz dulce tradicional conservan su calidad por solo pocos días. Por su parte las variedades extra dulces (*se1*) producen mazorcas con granos tiernos que tienen un contenido de azúcar mayor que las variedades *su1*. Los pericarpios suaves de los granos hacen que el maíz sea tierno y fácil de masticar. El período de la cosecha y almacenamiento de las variedades (*se1*) son ligeramente más largos que el maíz dulce tradicional. Por otra parte, las ofertas de semilla de híbridos mejorados de maíz dulce en México quedan restringida a empresas internacionales, con muy limitada adaptación en ciertas zonas de México. Hasta el momento no se conoce la oferta de semillas híbridas o mejoradas de maíz dulce por parte de las instituciones públicas o privadas de México y de aquí parte la importancia de generar híbridos de maíz dulce de calidad para su aprovechamiento. En este proceso se requiere que las variedades obtenidas tengan una mayor cantidad de azúcares en el grano, que permanezcan en buenas condiciones después de estar refrigerados con una buena vida de anaquel, mejor turgencia, un mayor número de hileras y granos en la mazorca, buena coloración de grano de la mazorca y rendimiento.

1.1 Justificación

El maíz como hortaliza fresca, en el mercado nacional se comercializa y se utiliza para la producción de grano fresco y su consumo humano, es muy importante en México de acuerdo con Espinosa *et al.*, (2002) y Ortiz *et al.*, (2013). En Jalisco a pesar de la importancia que tiene esta hortaliza, del maíz dulce, no existe información generada por estudios por parte de instituciones mexicanas sobre aspectos de calidad de grano y elote, mucho menos se han desarrollado materiales locales y nacionales mejorados que se puedan adaptar a los diferentes climas de Jalisco, comercializarse dentro del estado y exportarse a estados vecinos. En México, las estadísticas de producción de maíz del 2013 en la plataforma de SAGARPA-SIAP incluyen cuatro categorías: forraje, grano, grano semilla y palomero, sin embargo, no se considera al maíz dulce en ninguna de ellas. Las ofertas de semilla de variedades mejoradas de maíz dulce quedan restringidas a dos empresas internacionales, Seminis, y Abbott y Cobb de México S.A. de C.V.; todas con adaptación al Bajío de México y Sinaloa en invierno y producidas con germoplasma templado.

El maíz dulce se cultiva principalmente para consumo de mazorcas aún tiernas, no suele cultivarse en zonas tropicales de Jalisco debido a su bajo rendimiento, susceptibilidad a enfermedades e insectos y a su bajo rendimiento; las variedades comerciales provienen de zonas templadas de los EUA. Existen diversos factores perjudiciales para el cultivo y más en etapas específicas de la planta, momentos como la polinización y hasta la cosecha afectando la calidad del grano. Son los excesos de humedad, plagas, vientos secos y calientes, los cuales pueden producir un descenso de la disponibilidad de polen para la fertilización, ECOCROP. (2007), Cherr *et al.*, (2007).

Por otra parte la importancia de la conservación de las razas mexicanas Maíz Dulce y Dulcillo del Noroeste se debe a su presencia en la lista de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura que sostienen parte de la cultura, económica y la alimentación del ser humano, gracias a su versatilidad y a sus diversos usos beneficios, formas de consumo y de producción. Existen evidencias

que se puede incrementar la calidad de elote en razas mexicanas como las antes mencionadas. Uno de los aspectos con mayor impacto en este trabajo de investigación es el aprovechamiento de estas razas de maíz dulces nativas y el rescatar los diversos usos tradicionales que se les ha venido dando desde épocas precolombinas, como; consumo en forma de hortaliza, elaboración de dulces típicos y tradicionales de regiones y aprovechamientos industriales en la obtención de azúcares.

Actualmente, en distintos países del mundo, la demanda de maíz dulce ha crecido para diversos usos comerciales y alimenticios; México (2014) con 4,555 ha, Hungría (2002) con 35,000 ha, Francia (2003) con 30,000 ha; el crecimiento acelerado de grandes supermercados, la demanda para el consumo interno de maíz dulce ha crecido y se requieren variedades mejoradas y adaptadas a las condiciones locales con producciones superiores a las variedades tradicionales y que satisfagan los usos necesarios tradicionales del productor y del consumidor.

En la República Mexicana la mayor producción que se cosecha anualmente, es basada en semilla importada de los EUA, y quedando superficies no registradas de los maíces dulces nativos de México. Por tal motivo, se necesita mejorar los maíces criollos dulces nativos de México aumentando su calidad y producir localmente variedades mejoradas e híbridos con genes de razas criollas mexicanas de maíz dulce tipo *su1*.

Tomando en consideración lo anterior la presente investigación involucró aprovechar colecciones de las razas Maíz Dulce y Dulcillo del Noroeste, provenientes del occidente y noroeste de la República Mexicana; dichas variedades se usan para consumo tierno en elote y para consumo seco en diferentes platillos, incluyendo pinole, ponteduro e ingrediente de tortas de camarón durante fiestas de semana santa en el norte de Jalisco y Zacatecas (Ron *et al.*, 2006).

1.2. Objetivos

El objetivo general de esta investigación fue el de evaluar cruzas simples y cruzas trilineales de maíz dulce, derivados de razas nativas de maíz dulce e identificar las de mayor rendimiento y calidad elotera para uso comercial en Jalisco.

Objetivos específicos:

1: Evaluar y analizar el comportamiento de híbridos simples y trilineales en caracteres agronómicos como ciclo vegetativo, altura de planta, resistencia a factores adversos como plagas y enfermedades, cantidad de sólidos solubles totales (SST).

2. Identificar los mejores híbridos simples para formar híbrido trilineal de maíz dulce que incluyan buena vida de anaquel y alta cantidad de azúcar.

1.3 Hipótesis

- Al menos uno de los híbridos en estudio tendrá mejores atributos agronómicos de calidad en mazorca elotera que los testigos comerciales.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Origen del cultivo de maíz (*Zea mays* L.)

El maíz está representado por la especie *Zea mays* (L.); los datos moleculares y evidencias arqueológicas indican que el maíz se domesticó en México hace cerca de 10,000 años en el sur del país a partir de una especie de teocintle (*Zea mays* ssp. *parviglumis*) y se difundió a través de las Américas como lo dice Doebley, (2004) y Vigoroux *et al.*, (2008). Es importante destacar que el maíz dulce se limita a los años posteriores al descubrimiento de América y se clasifica por investigadores como una de las cuatro razas exóticas precolombinas que se cree se introdujo a México en épocas prehistóricas según Wellhausen *et al.*, (1951).

2.1.1 La diversidad genética del maíz en México

En México el maíz posee niveles altos de variabilidad y diversificación, tanto, dentro de razas como entre razas. Por lo general la diversidad genética de los maíces se ha estimado en base a la similitud de sus características morfológicas, de diversos marcadores moleculares como los microsatélites e isoenzimas por trabajos de Sánchez *et al.*, (2000). En México se cuenta con 59 registros de razas nativas de acuerdo a Wellhausen *et al.* (1952) y Sánchez *et al.* (2000). Los estudios de las razas mexicanas de maíz incluyen caracteres morfológicos, fisiológicos de trabajos como Bird y Goodman, (1977); Sánchez *et al.*, (2000) y Ruíz *et al.*, (2008) y análisis de estudios citológicos y bioquímicos, de ADN Matsuoka *et al.*, (2002) también de adaptación climática y descriptores ecológicos de Ruíz *et al.*, (2008).

Es importante señalar que cada raza tiene apariencias y características distintas, tales como en usos, en la alimentación humana, en las industrias, la economía, la cultura, en sus manejos agrícolas, agroalimentaria, religioso y ha sido ampliamente estudiado en aspectos evolutivos desde la década de 1940.

Son siete grupos raciales de maíz en México de acuerdo a Sánchez *et al.*, (2000) y CONABIO, (2011).

• **G1 Cónico**

Palomero Toluqueño, Palomero de Jalisco, Palomero de Chihuahua, Arrocillo, Cacahuacintle, Mixteco, Elotes Cónicos, Cónico Norteño, Chalqueño, Mushito, Mushito de Michoacán, Uruapeño, Maíz Dulce y Negroito.

• **G2 Sierra de Chihuahua**

Apachito, Gordo, Azul, Cristalino de Chihuahua, Serrano de Jalisco, Mountain Yellow.

• **G3 Ocho Hileras**

Harinoso de Ocho, Elotes Occidentales, Bofo, Blanco, Tabloncillo, Tabloncillo Perla, Jala, Tablilla de Ocho, Onaveño, Zamorano Amarillo, Ancho, Bolita

• **G4 Chapalote**

Chapalote, Reventador, Elotero de Sinaloa, Dulcillo del Noroeste

• **G5 Tropicales precoces**

Nal- Tel, Zapalote Chico, Conejo, Ratón

• **G6 Dentados tropicales**

Tepecintle, Choapaneco, Tuxpeño, Tuxpeño Norteño, Vandeño, Celaya, Pepitilla, Nal- Tel de Altura, Chiquito, Cubano Amarillo

• **G7 Maduración tardía**

Olotillo, Dzi Bacal, Olotón, Negro de Chimaltenango, Quicheño, Tehua, Comiteco, Motozinteco, Serrano Mixe, Mixeño, Serrano y Coscomatepec.

El Maíz dulce y el Dulcillo del Noroeste en la actualidad se consumen de diversas formas y modalidades, se sabe que es un maíz de tipo antiguo con una larga tradición y multifuncionalidad de usos especiales del patrimonio de la comida y dulces mexicanos por lo mismo es importante la perpetuación de dichas variedades para conservar los estilos de vida rurales hasta la preservación de ciudades como lo dice Zelda, (2016).

2.1.2 El maíz como parte de los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación (RFAA)

Es uno de los cereales con mayor importancia en varios sectores de la agricultura y economía a escala mundial durante el siglo XX y en inicios del siglo XXI. En los países industrializados, el maíz se utiliza principalmente como forraje, materia prima para la producción de alimentos procesados y recientemente para la producción de etanol.

Los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (RFAA) son la base biológica de la seguridad alimentaria, directa o indirectamente sostienen los medios de subsistencia de todos los habitantes de la Tierra. Consisten en una diversidad de semillas para la siembra de variedades tradicionales, de variedades modernas, y de otras especies de plantas silvestres. Estos recursos se utilizan para la alimentación humana y animal, para obtención de fibras que en su mayoría se utilizan para hacer vestimentas, viviendas y producir energía. La conservación y el uso sostenible de los RFAA son necesarios para garantizar la producción agrícola y satisfacer los crecientes desafíos ambientales y el cambio climático a largo plazo, la pérdida de estos recursos plantea una grave amenaza para la seguridad alimentaria mundial. Por eso es de gran ayuda mejorar la diversidad genética como el potencial de variación entre todas las secuencias de genes conocidos y desconocidos que controlan el desarrollo biológico de organismos, entre otros, las plantas cultivadas y consideradas “RFAA” de acuerdo con Smale y Mc Bride., (1996).

2.1.3 Diversidad del maíz dulce

El maíz dulce con endospermo *su1* existe desde tiempos precolombinos en México y Sudamérica. En Sudamérica las variedades pertenecen al complejo racial Chulpi, especialmente al sur de Perú (Chullpi), pero se encuentra en Chile (Chulpi y Dulce), en Argentina (Chulpi), en Bolivia (Chuspillu), en Ecuador (Chulpi) y Colombia (Maíz Dulce). El segundo complejo precolombino se encuentra en el occidente y noroeste de México en las razas Maíz Dulce y Dulcillo del Noroeste (Goodman y Brown., 1988). En los EUA, las variedades actuales parecen haberse originado de variedades mantenidas por las tribus Pima, Papago, Hopi y Zuni del suroeste según Tracy (2001). El maíz dulce como hortaliza pertenece a la misma familia botánica que el denominado maíz normal de grano, sin embargo, es capaz de contener grandes cantidades de azúcar en el grano y difiere por la presencia de unidades funcionales de herencia es decir genes recesivos homocigotos entre los que predomina el gen *su1* conocido como *azucarado1* o *sugary1* en estudios de Haynes y Everhart (2003). El gen *su1* tiene la peculiaridad de transformar el almidón formado por amilosa y amilopectina en su mayoría a sólidos solubles totales (SST) provocando una deficiencia de producción de almidón en el grano en estado lechoso y acumulando grandes porciones de azúcares, las de mayor importancia y reconocidos son la fructosa, glucosa y sacarosa (Dodson, 2013), también considerados SST los minerales, las vitaminas y proteínas solubles durante el desarrollo del grano en el endospermo, y por consecuencia posee un sabor dulce y agradable que lo caracteriza de acuerdo con Schultz *et al.*, (2004) y Ishwar *et al.*, (2014). Además, la semilla es mucho más pequeña y el pericarpio más delgado, lo que determina que la reserva almacenada sea menor y que el grano al estado fresco sea más tierno. Un rasgo de esta hortaliza que lo hace tan peculiar y la distingue es el aspecto de su grano, que cuando baja la cantidad de humedad en la mazorca, la apariencia del grano parece arrugado y deshidratado. El dulzor dentro del grano se expresa en azúcar es posible medirla en grados Brix (°Bx) con un refractómetro.

2.1.4 Mutaciones del grano del maíz

El gen *su1* es el resultado de una mutación espontánea que se dio de manera natural por la combinación de varios genes y como particularidad bloquea la síntesis de almidón y se desarrolla en el endospermo del grano a lo largo del período de maduración, así el contenido de sólidos solubles en agua va en aumento hasta la acumulación de azúcares, esta mutación controla la conversión del azúcar en almidón en el endospermo del grano de la mazorca del maíz dulce (Dodson, 2013) y es bloqueada por genes recesivos, por ejemplo el azucarado (*su1*), el arrugado (*sh2*) que aproximadamente hasta los 20 y 30 d posteriores a la polinización contiene azúcares, a partir de ese momento disminuye paulatinamente la concentración de azúcar (Ferran, 1996). Los sólidos solubles totales, tienen mucha relación en sus concentraciones con la calidad del grano del elote.

Los granos en su madurez son arrugados debido al colapso del endospermo que contiene muy poco almidón según Brewbaker, (1971; 1977), es una mutación que para hacerlo maíz dulce consideraremos que se observa en el locus *su1* en el cuarto cromosoma (Gallinat, 1971); (Azanza, 1994). El gen *su1* es la mutación más común y está presente en las razas de Maíz Dulce y Dulcillo del Noroeste.

Los distintos tipos de maíz han sufrido cambios, mutaciones o transformaciones fenotípicas y genotípicas a causa de factores como adaptaciones, condiciones climáticas, energía lumínica transformada a energía química, cruzamiento entre distintas variedades. Estas variables constituyen importante función en la diversidad genética del maíz dulce.

2.1.5 Tipos genéticos de algunos genes en maíces dulces

Hasta 1961 el gen *su1* era reconocido como responsable del maíz dulce. En la actualidad, se sabe que hay varios genes que afectan la síntesis de carbohidratos en el endospermo. Las principales variedades comerciales de maíz dulce se basan principalmente en los genes *sugary1* (*su1*), *sugary-enhancer1* (extra dulce) (*se1*), *shrunken2* (*sh2*) y *bt1* "Brittle1". Las combinaciones de genes generan variedades con dulzura y calidad diferentes aun después de la cosecha. (Brewbaker, 1971; 1977).

***su1* "sugary1"**

Híbridos tradicionales de maíz dulce común con un promedio de 5–10 % de azúcar, pudiendo llegar hasta un máximo de 19 % en contenidos de SST. Es el maíz dulce estándar cultivado para mercado fresco o para industria, contiene el doble de azúcar que otros granos de elote no dulce, así como 8 a 10 veces más polisacáridos solubles en agua, tiene granos translúcidos poco arrugados o encogidos. Este gen genera mayores niveles de fitoglucógeno o polisacáridos solubles en agua. En los tipos *su1* el máximo contenido de azúcar ocurre alrededor de 18 a 20 d después de la polinización y 28 d después de ésta, el contenido de azúcar se reduce un 50%; por lo tanto, el período de cosecha y uso es muy limitado. En los ambientes tropicales los tipos *su1* pierden calidad rápidamente a causa de la alta temperatura y humedad y además son susceptibles a varias enfermedades. Por lo tanto, este mutante no es considerado adecuado para el desarrollo de cultivares para los ambientes tropicales

***se1* "sugary enhancer"**

Este gen *se1* se localiza en el cromosoma 2, es usado exclusivamente en ambientes templados; su combinación con *su1* no es adecuada para ambientes tropicales por las mismas razones de los tipos anteriores y, más aún, los tipos de

azúcar intensificado son demasiado susceptibles a la pudrición de la mazorca y del grano como para ser cultivados con éxito en los trópicos. Tienen un promedio de 18 % de sacarosa y hasta 26 % de azúcares totales. Puede ser almacenado hasta 10 d en condiciones apropiadas de refrigeración (3 °C).

***sh2* “*shrunken2*” y *bt1* “*Brittle1*”**

El gen *sh2* se encuentra en el cromosoma 3, mientras que *bt1*, se encuentra en el cromosoma 5. El gen intensificador de azúcar (*se1*) en combinación con el gen *su1*, da lugar a muy altos niveles de azúcar, produciendo los tipos supersweet. Los tipos de maíz supersweet con genes *arrugado2* (*sh2*) o *quebradizo-1* (*bt1*) están siendo cada vez más usados. Tienen granos opacos y arrugados con bajo contenido de almidón. Estos mutantes acumulan azúcares a expensas del almidón y tienen un bajo contenido total de carbohidratos en el momento de la madurez de la semilla. En la actualidad los tipos *arrugado2* son el segundo tipo más usado de maíz dulce, en los ambientes templados. Los tipos *sh2* y *bt1* tienen un alto nivel de sacarosa al momento de cosechar las mazorcas verdes, o sea 18 a 20 d después de la polinización; a los 28 d todavía mantienen el doble del contenido de azúcar de los tipos *su1* en el momento de la cosecha que también ocurre a los 18 a 20 d de la polinización (Tracy, 2001). Esto extiende considerablemente el período de cosecha de los tipos *sh2* y *bt1*; ambos tipos son comúnmente usados para la obtención de tipos de maíz dulce en los ambientes tropicales de Hawái, Estados Unidos de América y Tailandia.

2.2 Clasificación y características de la planta de maíz dulce

Cuadro 1; Clasificación y características de la planta de maíz dulce

Variedad: Maíz dulce
Género: Zea
Especie: <i>Z. mays</i>
Reino: <i>Plantae</i>
División: <i>Magnoliophyta</i>
Clase: <i>Liliopsida</i>
Subclase: <i>Commelinidae</i>
Orden: <i>Poales</i>
Familia: <i>Poaceae</i>
Subfamilia: <i>Panicoidae</i>
Tribu: <i>Andropogoneae</i>

La planta: Fisiológicamente el maíz dulce es una gramínea incapaz de completar la síntesis de almidón inhibido por los azúcares (Wann *et al.*, 1997). Sus plantas son monoicas anuales; mazorca de granos inmaduros, tiernos y con mayor contenido de azúcar, principalmente sacarosa; en el momento de la cosecha el grano tiene cerca de 70% de humedad. Los granos tienen un alto contenido de azúcar y son de gusto dulce pudiendo alcanzar las plantas hasta dos metros de altura y produciendo por lo común uno o dos elotes por tallo según la variedad.

Las semillas: Son ovoides, con ápice agudo obtuso redondeado y comprimido, es variable en color (amarillo, blanco y rojo); mide entre 0.5 y 1.2 cm de largo y entre 0.5 y 1.0 cm de ancho. La cantidad de semilla producida por la mazorca está determinada por el número de hileras de grano y por el número de granos por hilera, pero puede variar con la variedad de maíz y los cambios ambientales.

El sistema radicular: Se caracteriza por tener raíces de tipo primaria y secundaria, tienen funciones de absorber nutrientes y de dar fortaleza para el anclaje a la planta en el suelo; en algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces adventicias. Ciertas investigaciones han demostrado que las raíces de las plantas adultas se extienden lateralmente a una distancia de 1.20 a 1.50 m y el desarrollo vertical de 1.80 a 2.40 m dependiendo de las condiciones del suelo.

Tallos y hojas: El tallo es simple recto, de longitud elevada llegando a alcanzar los 3 m de altura, sin ramificaciones. Cada tallo de maíz debe producir como mínimo una mazorca. El sistema aéreo consta de tallos primarios y tallos secundarios. Los tallos secundarios reciben el nombre de hijos. Las hojas son largas y alternas de gran tamaño, se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son afilados y cortantes.

Flores y frutos: Las inflorescencias femeninas (jilotes) son axilares, darán posteriormente lugar a la mazorca, envuelta por brácteas se inserta al tallo principal por un raquis. Las inflorescencias masculinas aparecen en el extremo del tallo primario y recibe el nombre de espiga. La inflorescencia de posición apical terminal contiene un gran número de pequeñas flores que poseen de 20 a 25 millones de granos de polen

2.2.1 Metabolismo del almidón en grano de maíz

El almidón del endospermo del grano del maíz constituye hasta el 72-73% del peso de grano, está formado por dos polímeros: amilosa y amilopectina, a su vez contiene hidratos de carbono como azúcares en forma de glucosa, sacarosa y fructosa, en diferentes cantidades del grano las propiedades fisicoquímicas y funcionales de este polisacárido están estrechamente relacionadas con su estructura.

2.2.2 Biosíntesis del almidón

El almidón es una molécula compuesta por dos tipos de polímeros: la amilosa y la amilopectina. La amilopectina está formada por unidades de glucosil unidas por enlaces α -1,4 y altamente ramificadas en la posición α -1,6 en intervalos de 10 nm a lo largo del eje de la molécula y constituye entre el 70-85% del almidón. La amilosa es una cadena fundamentalmente lineal de glucanos α -1,4 con limitados puntos de ramificación en la posición α -1,6 y constituye entre 15-30% del almidón. La amilopectina es más estable que la amilosa debido a los limitados enlaces de hidrógeno, que le confieren fluidez, alta viscosidad y elasticidad a las pastas y espesantes. Las proteínas, lípidos y minerales son componentes cuantitativamente menores del almidón (McLauchlan *et al.*, 2001).

La proteína amilopectina es un miembro de la familia de alfa-amilasa de enzimas hidrolíticas de almidón y tiene una alta similitud con enzimas bacterianas que hidrolizan la α -ramificada (1,6) del almidón. La amilosa predominan cadenas lineales de aproximadamente 1000 residuos de glucosa unidos por vínculos α -1,4, con un bajo nivel de ramificación α -1,6 de aproximadamente 1 por 1000 residuos. La amilopectina tiene un alto índice de ramificación cadenas de aproximadamente 20 residuos de glucosa α -1,4 están unidos por vínculos α -1,6 con otras ramas de la molécula de amilopectina.

El gen *su1* da lugar a la expresión de una proteína que funciona como una isoamilasa. La pérdida de la función génica del *su1* resulta en la acumulación de azúcares en el endospermo y fitoglucógeno altamente ramificado y soluble en agua (Calvo, 2012).

El grano de maíz dulce utiliza sacarosa, que se transloca de las hojas a la biosíntesis del almidón. La sacarosa translocada se escinde tanto por la sacarosa sintasa que produce UDP-glucosa y fructosa, como la invertasa, que escinde la sacarosa en una forma irreversible, en glucosa y fructosa

Los productos escindidos por la sintasa de sacarosa invertasa se convierten en glucosa-1-fosfato por la acción de la hexoquinasa, fosfoglucomutasa, UDP-glucosa y priofosforilasa fosfoglucoisomerasa (UGPasa). La glucosa-1-fosfato se utiliza por ADPglicose pirofosforilasa (AGPasa) para producir ADP-glucosa, el paso fundamental de la síntesis de almidón en referencia trabajos de Tofiño *et al.*, (2006).

2.3 Transporte de sacarosa a la planta

Las plantas son clasificadas como autótrofas, porque fabrican sus nutrientes por fotosíntesis, convirtiendo el dióxido de carbono y el agua, con la adición de la energía del sol, en combustibles de azúcar. En las fotosíntesis rápidas, el producto principal es la glucosa, pero por lo general se convierte en sacarosa, un azúcar más grande. Estos azúcares que se sintetizan en las hojas deben ser transportados a otras partes de la planta como las raíces y las flores necesitan esa energía, pero no pueden fabricarla. Además, los azúcares se pueden almacenar en las raíces y el tallo.

El azúcar y otras moléculas orgánicas son transportados a través de la planta por medio de una capa especial de tejido llamado floema. El floema se compone de células vivas que transportan una solución acuosa de azúcares, que comúnmente llamamos savia. Este movimiento está modelado por la teoría de presión-flujo, una parte de la cual dice que el fluido que contiene el azúcar, se mueve a través de vasos cribosos por la presión de flujo.

2.4 Teoría de la Presión-Flujo para la Transferencia de Nutrientes

Después de producirse los azúcares en la fotosíntesis, estos azúcares deben ser transportados a otras partes de la planta para usarse en el metabolismo. Parte de la teoría de presión-flujo establece que la sacarosa producida, se mueve por transporte activo, hacia las células acompañantes del floema de las venas de las

hojas. Esto eleva la concentración de moléculas de sacarosa en las células acompañantes, por encima de la concentración de los vasos (tubos) cribosos, por lo que pueden pasar hacia estos por difusión. Con una concentración de sacarosa ahora mayor en los vasos cribosos que en su exterior, las moléculas de agua se moverán hacia los vasos cribosos cerca de los lugares de fotosíntesis por ósmosis. Con una mayor cantidad de agua en el vaso, su presión de fluido será más alta que en lugares distantes en el tubo, y esa diferencia de presión originará el flujo en esas direcciones.

A cierta distancia de la fuente fotosintética, puede haber una región, por ejemplo en una fruta, donde se necesita el azúcar. Esta teoría sugiere que la sacarosa es transportada adentro de la fruta por transporte activo, elevando la concentración de azúcar en la fruta en relación con la de los vasos cribosos. En respuesta a esta diferencia de concentración, el agua seguirá al azúcar en la fruta por ósmosis.

El movimiento del agua desde el vaso criboso hacia el fruto, disminuye la presión del fluido en ese lugar, continuando la producción del gradiente de presión, que conduce a un mayor flujo de agua a la fruta, llevando consigo el azúcar disuelto (Vicuña, 2016).

2.5 Principales plagas y enfermedades del maíz

Las plagas más importantes que pueden atacar el cultivo del maíz dulce son:

Plagas en el suelo

Gallina Ciega: *Melolontha* sp, *Phylophaga* sp

Gusano Nochero: *Prodenia* sp, *Agrotis* sp y *Feltia* sp

Gusano Alambre: *Agriotes* sp

Nemátodos: *Pratylenchus* sp, *Ditylenchus* sp, *Rotylenchus* sp, *Meloidogyne* sp

Plagas del follaje (masticadores)

Gusano Cogollero: *Spodoptera frugiperda*

Gusano Medidor: *Mocis repanda*

Gusano Elotero: *Helicoverpa zea*

Barrenador del Tallo: *Phyrausta nubilalis*

Gusano Soldado: *Prodenia* sp

Plagas del follaje (chupadores)

Mosca Blanca: *Aleurodes* sp

Pulgón: *Aphis maidis*

Chinches: *Loxa viridis*

Ácaros: *Tetranychus* sp

2.6 Importancia y usos del maíz dulce

Los maíces dulces se cultivan principalmente para consumir las mazorcas aún verdes, ya sea hervidas o asadas y el rastrojo o planta seca y también verde y fresca su usa para el consumo de animales como caballos y vacas.

Por sus contenidos de importantes azúcares, proteínas, carbohidratos, minerales, antioxidantes y vitaminas (A, B1, B3, B9 y C), potasio y muy poco sodio en el grano se le han dado diversos usos tradicionales (Ron *et al.*, 2006) y la

elaboración de jarabes con alta fructosa, o simplemente como hortaliza. Las variedades de maíz dulce son uno de los principales productos que son utilizadas para hacer “cornflakes” (Ferro *et al.*, 2008).

El maíz ayuda a la salud cardiovascular no solamente por su contenido de fibra también porque tiene un alto contenido de folato. El folato es una vitamina B que se encuentra naturalmente presente en muchos alimentos. Una forma de folato, denominada ácido fólico, se utiliza en suplementos dietéticos y alimentos fortificados. El cuerpo necesita folato para producir ADN y otros tipos de material genético. También ayuda a disminuir los niveles de homocisteína, un aminoácido que puede dañar los vasos sanguíneos. Niveles elevados de esta molécula pueden generar problemas al corazón, enfermedades vasculares, apoplejía.

De acuerdo con las investigaciones, el consumo de beta-cryptoxanthin, un carotenoide, disminuye el riesgo de contraer cáncer pulmonar. Carotenoide es un pigmento orgánico natural, que se encuentra en algunas frutas, vegetales y, en ciertos organismos que realizan fotosíntesis, como las algas, ciertos tipos de hongos y ciertos tipos de bacterias.

La vitamina B12 es fundamental para la producción de energía de las células relacionadas con la capacidad cognitiva del cerebro. La tiamina es necesaria para sintetizar acetilcolina, un neurotransmisor esencial para la memoria; su ausencia ha sido relacionada con la falta de memoria senil y con el Alzheimer. También una buena fuente de ácido pantoténico, necesario para el metabolismo de los carbohidratos, las proteínas y los lípidos. El ácido pantoténico respalda el funcionamiento de las glándulas adrenales. Tiene un alto contenido de fibra, la cual se ha probado que ayuda a disminuir el colesterol malo y que reduce el riesgo de cáncer de colon. La fibra ayuda también a disminuir los niveles de azúcar en los diabéticos.

Se ha reportado por investigadores de la Universidad Cornell al Instituto Americano de Investigación sobre el Cáncer (AICR) señala que los granos, entre ellos el maíz, contienen varios fitonutrientes que no han sido reconocidos en investigaciones anteriores debido a que las mismas se han centrado únicamente en los fitonutrientes de forma “libre”, los cuales son absorbidos de inmediato por el torrente sanguíneo. Es debido a ello que la cantidad y la actividad de los fitonutrientes en los granos han sido largamente subestimados. Actualmente se sabe que los granos cuentan con poderosos fitonutrientes que no son absorbidos de inmediato por el torrente sanguíneo sino que se encuentran adjuntos a las paredes de las células de las plantas y, que se absorben durante la digestión, luego que son liberados por las bacterias intestinales (Steven y Troxler, 2015).

Cuadro 2. Nutrientes del maíz dulce, datos tomados del Departamento de Agricultura y Servicios del consumidor de Carolina del Norte

Macronutrientes	Unidades	Valor por 92 g	Micronutrientes	Unidades	Valor por 92 g
Agua	g	68.36	Vitaminas		
Energía	kcal	77	Vitamina C	mg	6.1
Proteína	g	2.9	Tiamina	mg	0.18
Total Grasas	g	1.06	Riboflavina	mg	0.054
Carbohidratos	g	17.12	Niacina	mg	1.53
Fibra dietética	g	2.4	Ácido Pantoténico	mg	0.684
Azúcar	g	2.9	Vitamina B-6	mg	0.05
Grasa Saturada	g	0.164	Folato	mg	41
Grasa	g	0.321	Folato, DFE	mcg_DFE	0
Monosaturada					
Grasa	g	0.503	Vitamina B-12	mcg	0
Polisaturada					
Colesterol	mg	0	Vitamina A	IU	187
Minerales			Vitamina E	mg	0.06
Calcio	mg	2	Vitamina K	mcg	0.3
Hierro	mg	0.47	Fitonutrientes		
Magnesio	mg	33	Fitosteroles	mg	0
Fósforo	mg	80	Beta Caroteno	mcg	47
Potasio	mg	243	Beta	mcg	114
			Cryptoxanthin		
Sodio	mg	14	Licopeno	mcg	0
Zinc	mg	0.41	Luteína y	mcg	688
			Zeaxantina		

2.7 Producción del maíz dulce en México

En el año 2015 en México el maíz dulce es un cultivo hortícola que se cosecha como elote con 5,972 hectáreas (Oeidrus, 2015).

2.8 Antecedentes de la calidad en maíz dulce

En trabajos de Luchsinger *et al.*, (2008) menciona que en la agroindustria es importante el contenido de sólidos solubles en la cosecha y se expresa en grados Brix (°Bx). Esto influye directamente en la calidad de la materia prima. Se denomina: calidad A, cuando los grados Brix fluctúan entre 24-30 (óptimo); calidad B bajo de

24 (inmaduro), y calidad C sobre 30 (sobremaduro). Las mazorcas grado A deben exudar jugo blanco, de apariencia lechosa luego de presionar los granos y éste debe presentar un sabor dulce característico.

2.9 Diseños Experimentales

En cualquier experimento, la variabilidad proveniente de un factor de error puede afectar los resultados de los diseños experimentales estadísticos, un error que probablemente tiene un efecto en la respuesta, y es no controlable, uno de los factores que ayuda a evitar sesgos y errores es la aleatorización, que tiene a distribuir los niveles y efectos de este factor entre las unidades experimentales.

2.9.1 Alfa látice

El diseño Alfa látice un diseño de bloques incompletos que dividen las repeticiones en bloques que contiene una fracción del número total de tratamientos, donde ningún par de tratamientos debe aparecer más de una vez en un bloque. Los tratamientos se distribuyeron entre los bloques de manera que todos los pares se producen en los mismos bloques incompletos con casi la misma frecuencia.

2.9.2 Bloques completos al azar

Utilizar bloques es una forma de reducir y controlar la varianza del error experimental para tener mayor precisión. En el diseño completamente al azar se supone que las unidades experimentales son homogéneas con respecto a factores que afectan la variable de respuesta. Cualquier factor que afecte la variable de respuesta y que varíe entre la unidad experimental aumentará la varianza del error experimental y disminuirá la precisión de las comparaciones. Factores como diferentes lotes de material genético, tipo de suelo, cantidad de fertilización son variables externas a los tratamientos que pueden incrementar la variación entre las observaciones de la variable de respuesta.

El diseño de bloques completos al azar implica que en cada bloque hay una sola observación de cada tratamiento. El orden en que se corren los tratamientos dentro de cada bloque es aleatorio.

Los efectos de tratamientos y bloques son aditivos, lo que significa que no hay interacción entre tratamientos y bloques. Es decir, la relación entre los tratamientos es la misma en cada uno de los bloques.

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Material genético

Durante los períodos 2004 a 2010 profesores investigadores del Instituto y Manejo y Aprovechamiento de Recursos Fitogenéticos (IMAREFI) de la Universidad de Guadalajara (UdeG), del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) iniciaron colectas de razas nativas de maíz dulce en los Estados de la República Mexicana: Jalisco, Michoacán, Nayarit, Aguascalientes, Guanajuato, Chihuahua y Colima, con la finalidad de transferir a líneas de maíz normal, genes azucarados *su1*. Teniendo como base las mejores colectas, se cruzaron con líneas normales progenitoras de híbridos sobresalientes y usando métodos de mejoramiento genético, especialmente selección de líneas por “pedigree”, se derivaron progenies potencialmente útiles en la formación de híbridos. Es muy importante mencionar que se trató de conservar la mayor parte del germoplasma original de los maíces nativos de tal manera que la adaptación y calidad se conserven. Lo anterior con la finalidad de mantener su adaptación regional, modificando algunas carencias de ciertos aspectos agronómicos como calidad de mazorca y tolerancia al acame.

A partir de la generación F₂ entre líneas normales y razas de maíz dulce se obtuvieron líneas recombinantes con características fenotípicas similares a las líneas normales pero con gen tipo *su1* y precocidad similar a las razas originales. Las accesiones originales que forman parte del material evaluado en este trabajo se dan a continuación. Maíz Dulce: Chihuahua (Chih-194 de Balleza y Chih-200 de Guachochi); Guanajuato (Gto-181 de Silao); Jalisco (Jal-300 de Mezquitic, M09476 y M09477 de Huejucar); Michoacán (M06193 de Tarímbaro y M06173 de Huandacareo). Dulcillo del Noroeste: Nayarit (Nay-47 de Tuxpan); Sonora (Son-85 de Rosario). En la Figura 1 se presentan imágenes de mazorcas representativas de las razas Maíz Dulce y Dulcillo del Noroeste.



Figura 1. Maíz dulce Mazorcas típicas de las razas Maíz Dulce (izquierda) y Dulcillo del Noroeste.

El material genético evaluado en este trabajo corresponde a híbridos trilineales y simples mejorados a partir de las colectas nativas de maíces mexicanos tipo *su1* de las razas Maíz Dulce y Dulcillo del Noroeste. Con las líneas recombinantes, a partir del año 2015, se generaron las cruza simples y trilineales.

El presente trabajo consistió en sembrar híbridos simples y trilineales en los años 2015 y 2016, se llevaron a cabo evaluaciones de 47 cruza trilineales y 20 híbridos de maíz dulce de cruza simple con genes recesivos azucarados tipo *su1* “*sugary1*” con fines de identificar las mejores en calidad y producción. La evaluación en campo se realizó en dos etapas; la primera etapa evaluó, bajo diseños alfa látice dos grupos de cruzamientos, el primero con híbridos trilineales para evaluar el rendimiento y calidad con un diseño 4x10 y el segundo con híbridos simples para conocer la calidad de elote y utilizarlo como progenitor hembra para la formación de un nuevo híbrido trilineal con un diseño 5x6. En la tercera etapa se eligieron los 11 mejores híbridos, los que se evaluaron en el 2016 en dos localidades y tres experimentos, con base en un diseño de Bloques al Azar con ocho repeticiones.

3.2 Sitios de estudio

La evaluación de las cruzas trilineales y simples se llevó a cabo en dos localidades del estado de Jalisco. En el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), Universidad de Guadalajara, en el predio localizado en Las Agujas, Nextipac municipio de Zapopan en Jalisco, México. El CUCBA se localiza a una latitud norte de 20°43' con una longitud oeste de 103°23' y una altitud de 1650 msnm; en este lugar se tiene una temperatura media anual de 18°C y una precipitación anual de 850 – 1000 mm, con un clima templado subhúmedo. El segundo sitio experimental correspondió al Salitre Municipio San Martín Hidalgo del Estado de Jalisco México y se encuentra en las coordenadas, Longitud: 20°30'33.9"N 103°51'01.4"W, Latitud decimal: 20.509422, Longitud decimal - 103.850389. La localidad se encuentra a una mediana altura de 1260 metros sobre el nivel del mar y una precipitación anual de 964 mm

3.2.1 Evaluación de híbridos, experimento 2015. Etapa I.

En esta primera etapa de investigación se evaluaron 47 híbridos de cruce trilineal de maíz dulce con el gen recesivo *su1*, y dos testigos (Cuadro 3). El diseño experimental empleado fue un Alfa-látice 4 x 10 con cuatro repeticiones; en este experimento se incluyó el testigo comercial Golden sweet y una cruce triple precomercial.

Cuadro 3. Claves para los cruzamientos trilineales evaluados en el CUCBA 2015.

Trat	Genealogía	Origen
T1	CSdulce-x(LUG-03XNAYA-47_Planta8)F2-4-4-1 -1-M	392x393
T2	CSdulce-x(LUG-03XNAYA-47_Planta12)F2-2-1-1 -M-1	392x394
T3	CSdulce-x(LUG-03XNAYA-47_Planta12)F2-2-1-1 -M-2	392x395
T4	CSdulce-x(LUG-03XNAYA-47_Planta12)F2-4-1-6 -1-1	392x396
T5	CSdulce-x(CML-78XSONO-85_Planta5)F2-1-2-2 -1-M	392x397
T6	CSdulce-x(LUG-03XM-06173_Planta14)F2-1-1-3 -1-M	392x398
T7	CSdulce-x(LUG-03XM-06193_Planta12)F2-1-2-1 -1-M	392x400
T8	CSdulce-x(LUG-03XM-06193_Planta12)F2-3-1-1 -1-1	392x401
T9	CSdulce-x(LUG-03XGTO-181_Planta1)F2-1-1-2 -M-1	392x404
T10	CSdulce-x(LUG-03XJAL-300_Planta9)F2-2-3-1 -1-M	392x406
T11	CSdulce-x(LUG-03XCHIH194_Planta2)F2-2-1-5 -1-M	392x407

T12	CSdulce-x(CML-78XCHIH194_Planta10)F2-3-2-6 -1-1	392x408
T13	CSdulce-x(LUG-03XCHIH-200_Planta7)F2-2-1-3 -1-M	392x409
T14	CSdulce-x(LUG-03xJLR-17-Planta1)F2Bulk-3-1-5 -1-1	392x410
T15	CSdulce-x(LUG-14xJLR-16-Planta2)F2Bulk-2-1-5 -1-M	392x411
T16	CSdulce-x(LUG-03XNAYA-47_Planta12)F2-4-4-4 -1-M	392x412
T17	CSdulce-x(LUG-03XGTO-181_Planta12)F2-2-1-3 -M-1	392x414
T18	CSdulce-x(LUG-03XGTO-181_Planta14)F2-4-2-3 -M-1	392x415
T19	CSdulce-x(CML-78XM09476_Planta11)F2-2-1-3 -1-M	392x416
T20	CSdulce-x(CML-78XM09476_Planta11)F2-2-2-2 -1-1	392x417
T21	CSdulce-x(CML-78XM09476_Planta11)F2-2-3-1 -1-1	392x418
T22	CSdulce-x(CML-78XM09476_Planta11)F2-2-4-3 -1-M	392x419
T23	CSdulce-x(CML-78XM09476_Planta11)F2-2-4-6 -1-M	392x420
T24	CSdulce-x(LUG-03XJAL-300_Planta8)F2-1-1-4 -1-M	392x421
T25	CSdulce-x(LUG-03XJAL-300_Planta9)F2-1-3-5 -1-M	392x422
T26	CSdulce-x(CML-78XCHIH194_Planta10)F2-5-2-1 -1-M	392x424
T27	CSdulce-x(CML-78XSONO-85_Planta1)F2-3-3-2 -1-M	392x426
T28	CSdulce-x(CML-78XSONO-85_Planta1)F2-4-1-3 -1-1	392x427
T29	CSdulce-x(LUG-03XJAL-300_Planta4)F2-3-1-3 -1-M	392x428
T30	CSdulce-x(LUG-03XJAL-300_Planta9)F2-2-1-4 -M-M	392x429
T31	CSdulce-x(LUG-03XJAL-300_Planta11)F2-2-1-3 -1-M	392x430
T32	CSdulce-x(LUG-03XCHIH194_Planta2)F2-1-1-5 -1-M	392x431
T33	CSdulce-x(LUG-03XCHIH194_Planta2)F2-3-1-4 -1-M	392x432
T34	CSdulce-x(LUG-03XCHIH194_Planta9)F2-3-1-1 -1-1	392x433
T35	CSdulce-x(LUG-03XM-06193_Planta12)F2-3-3-2 -M-1M	392x434
T36	CSdulce-x(LUG-03XNAYA-47_Planta12)F2-4-4-5 -1-M	392x435
T37	[LUG-03XM-06193_P12)F2-3-3-2 -M-1M]xLinea-machoCS	434x436
T38	Cruza triple dulce-Testigo	137x138
T39	Golden sweet F3	701#
T40	[(LUG-03XM09487_P1)F2-3-5-1-M]xFamilia-Elotero	363x458

En un segundo experimento se evaluaron 20 cruzas simples y nueve cruzas trilineales de maíz dulce con el gen recesivo *su1*, (Cuadro 4.); el diseño experimental empleado fue un Alfa-látice 6 x 5 con dos repeticiones y se incluyó como testigo el híbrido comercial Golden sweet. Los experimentos fueron sembrados en el ciclo PV 2015 en terrenos del Campo Experimental del CUCBA el 23 de junio del 2015 en condiciones de temporal.

Cuadro 4. Cruzas simples y trilineales dulces evaluadas en el CUCBA, 2015.

Trat	Genealogía	Origen
T1	LMachodulce_x(LUG-03XNAYA-47_P12)F2-2-1-1 -M-1	436x394
T2	LMachodulce_x(LUG-03XNAYA-47_P12)F2-2-1-1 -M-2	436x395
T3	LMachodulce_x(LUG-03XM-06173_P14)F2-1-1-3 -1-M	436x398
T4	LMachodulce_x(LUG-03XGTO-181_P1)F2-1-1-2 -M-1	436x404
T5	LMachodulce_x(LUG-03XCHIH-200_P7)F2-2-1-3 -1-M	436x409
T6	LMachodulce_x(LUG-03XNAYA-47_P12)F2-4-4-4 -1-M	436x412
T7	LMachodulce_x(CML-78XM09476_P11)F2-2-1-3 -1-M	436x416
T8	LMachodulce_x(CML-78XSONO-85_P1)F2-3-3-2 -1-M	436x426
T9	LMachodulce_x(LUG-03XJAL-300_P4)F2-3-1-3 -1-M	436x428
T10	LMachodulce_x(LUG-03XNAYA-47_P12)F2-4-4-5 -1-M	436x435
T11	[LUG-03XM-06193_P12)F2-1-2-1 -1-M]xLMdulce	400x436
T12	Cruza triple dulce-reciproca-Testigo	138x137
T13	Cruza triple dulce-Testigo	137x138
T14	Cruza simple dulce x 26	137x26
T15	Cruza simple dulce x 40	137x40
T16	Cruza simple dulce x 43	137x43
T17	Cruza simple dulce x 44	137x44
T18	Cruza simple dulce x 46	137x46
T19	Cruza simple dulce x 49	137x49
T20	Cruza simple dulce x 52	137x52
T21	(LUG03XM06193P12)F2-3-3-2 -M1Mx(CML78XSONO-85P5)F2-1-2-2 -1-M	434x397
T22	(LUG03XM06193P12)F2-3-3-2 -M1M_x_(CML78XM09476P11)F2-2-1-3 -1-M	434x416
T23	(LUG03XM06193P12)F2-3-3-2 -M1M_x_(CML78XM09476P11)F2-2-2-2 -1-1	434x417
T24	(LUG03XM06193P12)F2-3-3-2 -M1M_x_(CML78XM09476P11)F2-2-3-1 -1-1	434x418
T25	(LUG03XM06193P12)F2-3-3-2 -M1M_x_(CML78XM09476P11)F2-2-4-6 -1-M	434x420
T26	(LUG03XM06193P12)F2-3-3-2 -M1M_x_(CML78XCHIH194P10)F2-5-2-1 -1-M	434x424
T27	(LUG-03XM-06193_P12)F2-3-3-2 -M-1M_x_(Línea MACHO cs dulce)	434x436
T28	Cruza simple dulce	6x7
T29	Golden sweet F3	701#
T30	(LUG03XM06193P12)F2-3-3-2 -M-1Mx(CML78XSON85P1)F2-3-3-2 -1-M	434x426

En días previos a la fecha de siembra, el terreno se preparó de forma mecanizada para proporcionarle al cultivo las condiciones adecuadas para su desarrollo. Las actividades que se realizaron fueron dos pasos de rastra. Las unidades experimentales consistieron en dos surcos por tratamiento de 5.00 m de largo y 0.80 m de separación entre surco y surco. Se aplicó fertilizante con una dosis de 200 kg de urea (96-00-00) al momento de la siembra, insecticida, aplicación de Gramoxone (Paraquat), aplicación de herbicida Convey y Atrazina y aplicaciones de fósforo en drench 300 g en 20 L de agua.

3.2.2 Formación de híbridos sobresalientes, Etapa II.

La segunda etapa consistió en incrementar semillas de parentales de las mejores líneas recombinantes que forman los híbridos trilineales con base en los resultados de la primera evaluación. Se consideraron características agronómicas deseables, como altura de planta y mazorca, días a floración femenina, así como cantidad de azúcar, peso de elote, longitud de elote y diámetro de elote.

Fueron sembrados bajo la infraestructura de un invernadero con sistema de riego por goteo en invierno 2015-2016. Los incrementos de parentales y la formación de híbridos trilineales fueron mediante polinizaciones manuales.

Cuadro 5. Genealogía de progenitores de híbridos sobresalientes

Genealogía de materiales incrementados

Cruza simple dulce

(Hib comercial x M06030-49-1-1)

(LUG-03XNAYA-47_P12)F2-4-4-5 -1-M-5-1

(LUG-03XJAL-300_Planta9)F2-2-3-1 -1-M

(LUG-03XNAYA-47_P12)F2-4-4-4 -1-M-1-1

(LUG-03XNAYA-47_P12)F2-2-1-1 -M-2-2-1

(LUG-03XGTO-181_Planta12)F2-2-1-3 -M-1

LUG-03XM-06193_Planta12)F2-3-1-1 -1-1

(LUG-03XJAL-300_Planta8)F2-1-1-4 -1-M

(LUG-03XGTO-181_Planta14)F2-4-2-3 -M-1

(LUG-03XNAYA-47_Planta12)F2-2-1-1 -M-1

Línea MACHO cs dulce

(LUG-03XM-06193_Planta12)F2-1-2-1 -1-M

3.3.3 Evaluación de híbridos sobresalientes, experimento 2016. Etapa III.

En el año 2016 en condiciones de temporal se sembraron 10 híbridos trilineales y una crusa simple con genotipo *su1*, los cuáles fueron elegidos como resultado de la primera etapa de evaluación; además de los 11 híbridos se usaron como comparación tres testigos comerciales diferentes, uno en cada experimento (Golden sweet, Overland y Criollo dulce).

El diseño experimental utilizado en campo fue el de Bloques Completos al Azar (BCA) sembrados en dos localidades con las siguientes fechas de siembra (Cuadro 6).

Cuadro 6. Evaluación de híbridos sobresalientes, Etapa III. 2016

Híbridos/Tratamientos	Repeticiones	Testigo	Localidad/Fecha
Exp.1 / 12 Tratamientos	ocho	Criollo dulce	Salitre - 25/06/16
Exp.2 / 12 Tratamientos	ocho	Golden Sweet	CUCBA1 - 01/07/16
Exp.3 / 12 Tratamientos	ocho	Overland	CUCBA2 - 11/07/16

Para la siembra se usó maquinaria, tractor John Deere 5715 también implementos para la rastra y arado de las tierras para acondicionar el suelo y posteriormente utilizar una sembradora de precisión marca Almaco P07027.

Para la fertilización en la siembra se emplearon 200 kg de fertilizante con fórmula Nitrógeno, Fósforo y Potasio (36-96-00), más dos aplicaciones de urea 200 kg / ha (92-00-00) y aplicaciones de herbicidas Atrazina y S-Metolacoloro con dosis de 4L /ha Para su pronta asimilación se aplicaron fertilizantes inorgánicos foliares líquidos (nitrógeno, fósforo, boro, cobre, hierro, molibdeno, zinc, tiaminas, azufre, calcio, cobalto, manganeso, magnesio. Con una dosis de 4L /ha

3.4 Variables medidas

Con la finalidad de conocer las características, el potencial agronómico y la calidad de la planta y la mazorca se midieron 14 variables de 5 plantas tomadas al azar de los dos surcos centrales; cada tratamiento tuvo 4 surcos por parcela experimental, cada surco con longitud de 5 m de largo y 0.80 m de separación entre uno y otro. Las variables fueron: (1) Peso de elote fresco, (2) Diámetro de mazorca, (3) Longitud de mazorca, (4) Altura de mazorca, (5) Altura de plantas, (6) Contenido de azúcar en diferentes etapas, (7) Número de hileras de mazorca, (8) Número de granos por una hilera de la mazorca, (9) Días a floración femenina, (10) Días a floración masculina y (11) Peso de grano seco.

3.4.1 Número de plantas por unidad experimental.

Se sembraron 35 semillas por surco para asegurar buena población, posteriormente se eliminaron los excesos dejando únicamente 25 plantas por surco. Antes de la cosecha se registró el número de plantas por unidad experimental.

3.4.2 Altura de planta (APL)

Se usó un estadal para medir en campo la altura en metros de las plantas. Se tomaron cinco plantas al azar por unidad experimental. La medición se hizo del primer nudo del tallo justamente donde finalizan las raíces adventicias y comienza el tallo hasta el último entre nudo del tallo, antes de la inflorescencia masculina (espiga).

3.4.3 Altura de mazorca (AMZ)

Se registró la medida en m de cinco plantas, desde raíces adventicias hasta el nudo donde se inserta la mazorca principal

3.4.4 Longitud de mazorca (LonM)

Se midió la longitud en cm de tres mazorcas frescas sin hojas, tomadas al azar por unidad experimental utilizando una regla y tomando desde la parte basal del elote hasta la punta.

3.4.5 Diámetro de mazorca (DiaM)

Se midió el diámetro en cm de la parte central de tres mazorcas sin hojas (totomoxtle) tomadas al azar por unidad experimental utilizando un vernier digital

3.4.6. Contenidos de azúcar expresada en grados Brix (°Bx)

Se registró el dulzor de tres mazorcas individuales tomadas al azar por unidad experimental. Las muestras se tomaron en diferentes etapas fisiológicas de la planta; a los 25 d después de floración (Bx25) y a los 35 d después de floración (Bx35). Y a los 30 días después de estar refrigerados (Bx25r30). Para esta medición se usó un refractómetro digital PAL-1 pocket marca Atago.

3.4.7 Días a floración masculina (FM)

Se contabilizó el número de días transcurrido desde la siembra hasta que el 50% de las plantas de la parcela útil estuvieron liberando polen.

3.4.8 Días a floración femenina (FF)

Se contabilizó el número de días transcurrido desde la siembra hasta que el 50% de las plantas de la parcela útil expusieron sus estigmas en el jilote principal.

3.4.9 Número de granos por hilera (Grxhil)

Se realizó un conteo de granos de una hilera por mazorca de tres mazorcas tomadas al azar por unidad experimental.

3.4.10 Número de hileras por mazorca (Hil)

Se realizó un conteo de hileras por cada mazorca de tres mazorcas tomadas al azar por cada unidad experimental.

3.4.11 Peso de elote fresco

Se tomó el peso en kg de diez mazorcas tomadas al azar por cada unidad experimental en varias etapas fenológicas, a los 25 d después de floración (Pesom) y a los 35 d después de floración (Peso 35) en mazorcas frescas.

3.5 Análisis estadísticos

Se utilizaron dos diferentes diseños experimentales estadísticos en las evaluaciones en campo un alfa látice para la primera etapa y bloques completos al azar en la tercera etapa

3.5.1 Modelo estadístico lineal, Etapa experimental I

El modelo de los experimentos fue Alfa-látice

$$\text{Dónde: } Y_{ijl} = \mu + \tau_i + \gamma_j + \rho_l(j) + \varepsilon_{ijl}$$

Y_{ijl} = Es el valor de cada una de las variables en cada unidad experimental

τ_i = Efecto de los tratamientos

γ_j = Efecto de las repeticiones

$\rho_l(j)$ = Efecto de los bloques incompletos

ε_{ijl} = Error aleatorio

Se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias ajustadas por tratamientos y pruebas Dunnett para cada una de las variables respecto al testigo. Se utilizó un ajuste de medias con un modelo que utiliza un procedimiento lineal generalizado, de medias ajustadas por mínimos cuadrado (LSMEANS) en el programa SAS.

3.5.2 Modelo estadístico lineal, Etapa experimental III

El modelo de los experimentos fue bloques completos al azar

Dónde: $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \gamma_j + \varepsilon_{ij}$

Y_{ij} Es el valor de cada una de las variables en cada unidad experimental,

τ_i = Efecto de los tratamientos

γ_j = Efecto de las repeticiones

ε_{ij} = Error aleatorio

Los datos obtenidos se analizaron con el Statistical Analysis System (SAS) versión 9.0. Se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias ajustadas por tratamientos y pruebas Dunnett para cada una de las variables respecto al testigo. Para el caso de los experimentos con el diseño Alfa-Látice se utilizó el procedimiento GLM (Modelos lineales generalizados) de SAS con un ajuste de medias por mínimos cuadrados (LSMEANS).

IV RESULTADOS

4.1 Evaluación de 40 híbridos trilineales, Etapa I.

En el Cuadro 7 se presentan los resultados del análisis de varianza para las variables medidas en las cruzas trilineales dulces en el CUCBA del año 2015. Con respecto a tratamientos, se detectó una alta significancia ($P \leq 0.01$) para todas las variables, con excepción de grados Brix a los 25 d después de floración (Bx25). Los coeficientes de variación tuvieron un rango amplio de 2.37% en floración femenina a 20.21% en grados Brix a los 35 d después de floración, predominando valores inferiores y cercanos al 10% para el resto de variables. Los promedios de contenidos de azúcar expresados como grados brix fueron de 22.3 y 23.8 en elotes cosechados a los 25 y 35 d respectivamente. La floración masculina y femenina ocurrió a los 66 días después de la siembra y la altura de planta fue de 2.06 m con altura a la mazorca de 1.07 m. La longitud promedio de elotes fue de 17.8 cm con un diámetro de 4.8 cm y 14 hileras. El peso promedio de elote fresco sin hojas fue de 198 y 207 g a los 25 y 35 d después de la floración, respectivamente.

Cuadro 7. ANOVA; Cuadrados medios de variables agronómicas y de calidad de 40 híbridos trilineales dulces. CUCBA 2015.¹

Variable	CME	CMR	CMB	CMT	CV	Media
PesoM	42963.0	53265.6	106256.0 **	116185.4 **	10.4	1985.2
Peso35	47430.1	56406.6	139757.4 **	108216.9 **	10.5	2068.6
Bx25	18.9172	34.2641	13.24	21.8598	19.49	22.32
Bx35	23.0757	3.3417	19.3472	80.2798 **	20.21	23.77
LonM	1.4177	0.3165	1.9002	6.6599 **	6.68	17.82
DiaM	0.027	0.0523	0.0659 **	0.1353 **	3.43	4.79
Hil	0.755	0.2266	0.5013	6.8279 **	6.02	14.44
Grxhil	7.2302	4.9222	7.5096	28.8331 **	7.70	34.94
FF	2.4692	0.4417	3.7008	26.7829 **	2.37	66.31
FM	2.8154	0.2063	4.3762	26.3303 **	2.55	65.89
ALPL	0.0173	0.0364	0.1193 **	.1114 **	6.37	2.06
AMZ	0.0191	0.0739 *	0.0373 *	0.0877 **	12.87	1.07
GL	105	3	12	39		

¹CME, CMR, CMB, CMT = Cuadrados medios del error, repeticiones, bloques en repeticiones y tratamientos, respectivamente; GL = grados de libertad; CV = coeficiente de variación; Media = Media general del experimento; FM = Días a floración masculina; FF = Días a floración Femenina; Bx25 y Bx35 = Cantidad de azúcar en grados brix a los 25 y 35 días después de floración, PesoM y Peso35= Peso en kg de diez mazorcas frescas a los 25 y 35 días después de floración; LonM y DiaM= Longitud y diámetro en cm de mazorca; ALPL = Altura en m de planta; AMZ = Altura en m de mazorca. **, * Significativo (P≤0.01 y P≤0.05)

En el Cuadro 8 se presentan los resultados de las medias ajustadas de los 40 híbridos trilineales evaluados en el CUCBA 2015. Cuatro de los cruzamientos superaron al testigo para peso de elote fresco a los 25 d, mientras que no hubo diferencias para peso fresco a los 35 d. Se detectaron los valores más altos de contenidos de azúcar (°Brix) a los 25 d después de floración para el tratamiento 36 y 38 estadísticamente igual a la mayor parte de los tratamientos; destacando los tratamientos (40, 32, 21, 36 y 18), mientras que los tratamientos (4 y 10) fueron inferiores estadísticamente. Cabe destacar la precocidad de las cruza trilineales ya que el 75% tuvo valores de días a floración femenina inferiores estadísticamente al testigo. De manera similar se tiene que existen varios cruzamientos con un porte significativamente inferior (1.86 a 1.94m), precoces (65 a 68 días de floración femenina) y longitudes de mazorca mayores a 17 cm en referencia al testigo.

Cuadro 8. DUNNETT; Medias ajustadas de variables agronómicas y de calidad de híbridos trilineales. CUCBA 2015¹

Trat	Pesom	Peso35	Bx25	Bx35	LonM	DiaM	Hil	FF	APL	AMZ
16	2377 *	2395	22.2	32.2 *	19.2	5.0 *	16.4 **	68 *	1.90 **	0.95 *
17	2363 *	2441	21.3	26.4	18.9	4.9	15.6	70	2.37	1.24
36	2363 *	2367	25.8	21.9	19.7 *	5.0 *	16.6 **	65 **	2.19	1.15
8	2301 *	2348	18.6	18.1	18.9	4.8	14.2	68 *	2.35	1.14
2	2160	2281	21.5	26.5	19.9 *	4.7	16.7 **	68	2.18	1.48
30	2159	2150	22.1	19.4	16.5	5.3 **	14.4	60 **	1.86 **	0.99 *
3	2134	2225	19.5	26.7	19.4	4.7	16.0 *	69	2.21	1.19
18	2123	2146	24.7	24.8	19.6 *	4.9	15.8 *	65 **	2.15	1.13
6	2113	2244	21.3	24.9	17.8	4.9	15.9 *	69	2.19	1.22
10	2113	2058	16.1 *	25.9	17.0	5.2 **	15.5	67 **	2.08	1.14
20	2094	2120	22.3	28.8	17.3	5.0 *	15.0	66 **	2.05	1.14
24	2093	2151	23.8	23.8	18.4	4.8	15.1	65 **	2.07	1.22
13	2081	2152	21.0	27.3	20.0 *	4.5	14.5 **	65 **	2.25	1.21
7	2035	2107	18.9	24.5	18.9	4.6	14.6	70	2.18	1.16
33	2025	2232	23.2	21.2	18.2	4.7	13.8	65 **	1.94 *	0.82 **
11	2021	2124	23.8	26.5	18.4	4.7	14.2	65 **	2.12	1.09
21	2019	2148	25.0	26.8	15.4	5.1 **	13.9	64 **	1.82 **	0.84 **
25	2018	2034	21.9	24.8	20.6 **	4.6	14.0	66 **	2.33	1.27
1	2007	2188	19.5	28.5	18.2	5.0 *	15.8 *	69	2.01	1.03
4	1999	2201	18.0 *	26.8	18.7	4.6	15.1	70	2.09	1.12
23	1978	1850	19.8	21.7	16.9	4.9	13.5	63 **	1.86 **	0.96 *
29	1962	2063	24.2	27.7	16.7	4.9	14.4	65 **	2.03	1.07

26	1942	2012	21.6	17.0	18.0	4.6	13.3	64	**	2.14	1.13		
32	1941	1970	25.6	25.3	17.5	4.8	13.6	64	**	2.04	1.13		
19	1922	1963	22.4	21.7	16.8	4.9	14.8	65	**	2.02	1.02		
9	1910	2099	22.3	21.5	16.3	4.9	16.7	**	69	2.19	1.21		
37	1902	1905	25.3	25.2	17.8	4.5	13.4	71		2.15	1.11		
22	1894	2033	23.2	19.1	16.4	4.8	13.2	65	**	1.82	**	0.88	**
35	1885	2061	23.4	22.8	17.9	4.6	13.5	72		2.13	1.16		
40	1880	1981	26.6	8.8 *	19.9 *	4.5	9.2 **	64	**	1.97	1.05		
5	1861	1964	21.9	28.2	16.4	4.9	13.7	67	**	2.03	0.96	*	
12	1854	2013	23.8	22.7	16.2	4.8	14.3	67	**	2.13	1.03		
38	1839	1960	27.4	20.3	17.0	4.6	13.8	71		2.26	1.32		
34	1809	1953	22.1	28.8	15.7	4.8	14.8	63	**	1.85	**	0.78	**
28	1788	1880	21.8	21.3	17.2	4.6	13.2	64	**	1.88	**	0.88	**
14	1752	1878	22.9	31.9 *	19.2	4.6	13.5	63	**	2.05	1.14		
27	1726	1861	20.9	25.5	15.7	4.7	14.8	65	**	1.95	*	0.80	**
31	1686	1742	24.2	23.7	16.3	4.5	13.3	66	**	2.21	1.07		
15	1659	1791	21.1	20.6	16.7	4.5	14.4	67	*	2.00	0.98	*	
39	1618	1653	21.8	11.2	17.1	4.7	12.9	65	**	1.47	**	0.70	**

¹Dunnett; Trat = Tratamiento, FM = Días a floración masculina; FF = Días a floración Femenina; Bx25 y Bx35 = Cantidad de azúcar en grados brix a los 25 y 35 días después de floración, PesoM y Peso35= Peso en kg de diez mazorcas frescas a los 25 y 35 días después de floración; LonM y DiaM= Longitud y diámetro en cm de mazorca; ALPL = Altura en m de planta; AMZ = Altura en m de mazorca, **, * Media significativamente diferente al testigo (38) (P≤0.01 y P≤0.05).

En el Cuadro 9 se presentan los resultados del análisis de varianza para las variables medidas en las 30 cruza simples y triples evaluadas en el CUCBA del año 2015.

Se detectó significancia ($P \leq 0.05$) para días a floración femenina (FF), Longitud de mazorca (LonM) y diámetro de mazorca (DiaM) a los 25 d después de floración, hileras de la mazorca, altura de planta y de mazorca, Peso fresco de elote a los 40 d después de floración, grados brix a los 25 y 35 d después de floración. Se detectó significancia al 0.01 para granos por hilera, mientras que no se detectó para el peso de elote fresco a los 25 d después de floración ni días a floración masculina (FM). Los coeficientes de variación tuvieron un rango amplio de 2.04% en floración femenina a 15.71 en grados brix para los azúcares a los 35 d después de floración. La floración femenina ocurrió a los 68 d, mientras que la altura de la mazorca promedio fue de 1.04 m y la de la planta de 2.1 m

Cuadro 9. ANOVA; Cuadrados medios de variables agronómicas y de calidad de 30 híbridos simples y trilineales dulces. CUCBA 2015¹.

Variable	CME	CMR	CMB	CMT	CV	Media
PesoM	38686.45	168363.38 *	49160.10	60534.55	10.58	1858.86
Peso35	37011.86	110081.67	27175.42	75585.64 *	10.06	1912.72
Bx25	7.9891	32.4625	8.7571	16.1096 *	13.03	21.69
Bx35	12.6378	16.4327	24.091	29.9137 *	15.71	22.62
LonM	1.7197	1.1252	2.342	3.696 *	7.55	17.36
DiaM	0.0232	0.0634	0.0122	0.0624 *	3.22	4.73
Hil	0.6607	0.15	0.3574	1.4598 *	5.84	13.93
Grxhil	4.1655	8.563	8.2625	18.0586 **	5.91	34.54
FF	1.9268	4.2667	3.4125	6.6549 *	2.04	68.20
FM	2.4351	1.0667	4.1667	4.8322	2.31	67.50
ALPL	0.0752	0.0175	0.0464	0.1653 *	13.08	2.10
AMZ	0.024	0.0001	0.0227	0.0646 *	14.85	1.04
GL	19	1	10	29		

¹CME, CMR, CMB, CMT = Cuadrados medios del error, repeticiones, bloques en repeticiones y tratamientos, respectivamente; GL = grados de libertad; CV = coeficiente de variación; Media = Media general del experimento; FM = Días a floración masculina; FF = Días a floración Femenina; Bx25 y Bx35 = Cantidad de azúcar en grados brix a los 25 y 35 días después de floración, PesoM y Peso35= Peso en kg de diez mazorcas frescas a los 25 y 35 días después de floración; LonM y DiaM= Longitud y diámetro en cm de mazorca; Hil=número de hileras de grano, Grhil=granos por hilera; ALPL = Altura en m de planta; AMZ = Altura en m de mazorca. **, * Significativo (P≤0.01 y P≤0.05)

En el Cuadro 10 se presentan los resultados de las medias de los 30 híbridos simples en el CUCBA del año 2015.

Cuadro 10. DUNNETT; Medias ajustadas de variables agronómicas y de calidad de híbridos trilineales y simples. CUCBA 2015¹.

Trat	Peso35	Bx25	Bx35	LonM	DiaM	FF	Hil	APL	AMZ
22	2366.0 *	22.0	21.3	20.4 *	5.0 *	68	14.6	2.3	1.3 *
14	2375.0 *	25.8	19.7	17.4	5.1 **	69	13.8	2.2	1.0
1	2194.8	25.5	22.5	20.7 *	4.5	71	14.5	2.4	1.1
7	2210.8	24.3	19.9	17.5	4.8	69	13.7	2.2	1.0
10	2158.8	22.4	23.2	19.6	4.7	68	14.3	2.1	1.0
18	2096.2	16.8	18.5	16.8	4.6	71	14.7	2.2	1.1
19	2110.1	22.2	19.8	17.5	4.9 *	68	14.1	2.1	1.1
23	2100.0	25.7	28.4	17.4	4.9 *	68	16.0	2.4	1.3 *
11	1945.5	20.4	21.4	19.7 *	4.8	66	13.3	2.1	0.9
13	1962.5	25.2	27.3	18.0	4.7	70	13.3	2.6	1.5 **
2	1983.8	25.1	19.6	19.1	4.6	70	14.1	2.4	1.1
12	1891.7	21.6	21.2	17.0	4.9 *	68	13.6	2.2	1.2 *
27	1969.4	23.2	20.4	18.8	4.8	70	13.4	2.4	1.2
20	1889.0	21.2	19.9	18.6	4.6	69	13.6	2.3	1.0
17	1816.3	18.9	23.2	19.3	4.6	68	13.3	2.6	1.3 *
26	1892.3	20.6	20.1	16.0	4.7	70	14.4	2.2	1.2
3	1927.8	22.5	22.4	16.2	5.0 *	69	13.6	2.2	1.1
6	1816.7	19.1	21.3	16.8	4.6	67	13.8	2.0	0.9
15	2047.5	18.4	24.1	16.8	4.9 *	71 *	15.7	2.1	1.1
24	2139.6	18.6	15.3 *	16.5	4.9	65	14.4	1.7	1.0
5	1549.0	28.3	29.0	17.8	4.5	65	11.3	2.1	1.1
4	1764.2	23.9	21.2	16.1	4.9	68	14.7	2.1	1.0
25	1835.8	21.3	24.6	17.2	4.7	68	14.5	1.7	0.9
16	1771.9	17.0	22.4	17.7	4.6	70	12.6	2.3	1.0
9	1630.2	20.3	23.2	14.9	4.8	66	12.8	0.9	0.5
8	1605.2	20.3	32.0	16.6	4.6	63	13.7	2.1	0.9
29	1604.4	13.3 *	12.3 **	15.8	4.9 *	66	13.9	1.4	0.7
21	1606.3	20.7	24.5	15.3	4.4	72 *	13.3	2.1	1.0
30	1628.4	20.6	30.1	14.2	4.7	67	15.9	1.9	1.1
28	1492.7	25.6	29.9	15.0	4.3	66	12.9	1.7	0.6

¹Dunnett; Trat = Tratamiento, FM = Días a floración masculina; FF = Días a floración Femenina; Bx25 y Bx35 = Cantidad de azúcar en grados brix a los 25 y 35 días después de floración, PesoM y Peso35= Peso en kg de diez mazorcas frescas a los 25 y 35 días después de floración; LonM y DiaM= Longitud y diámetro en cm de mazorca; APL = Altura en m de planta; AMZ = Altura en m de mazorca, **, * Media significativamente diferente al testigo (38) (P≤0.01 y P≤0.05). **, * Media significativamente diferente al testigo (28) (P≤0.01 y P≤0.05).

Únicamente tres tratamientos, dos cruza simples y una triple, superaron estadísticamente al testigo en peso de elote a los 25 d después de floración, dos de los cuáles fueron también superiores al testigo en peso de elote a los 35 d, longitud y el diámetro de elote. Los valores más altos de contenidos de azúcar expresados en grados brix ($^{\circ}\text{Bx1}$) a los 35 d fueron para el tratamiento 30 y 8 que tuvieron un valor más alto que el testigo, sin embargo, los valores fueron estadísticamente iguales a más del 90% de las cruza experimentales, excepto el tratamiento 24 y Golden sweet, los que fueron inferiores. Los híbridos presentaron su ciclo de desarrollo del cultivo con diferencias en días de floración desde los 64 d hasta los 70 d similares estadísticamente al testigo, mientras que fueron numéricamente de mayor altura de planta y mazorca que dicho testigo.

4.2 Evaluación de híbridos sobresalientes, análisis combinado Etapa III.

En el Cuadro 11 se incluyen los resultados de los análisis de varianza combinados de dos años de evaluaciones de 14 variables agronómicas en plantas con mazorcas eloterar de granos dulce para evaluar su calidad y el rendimiento de 11 híbridos. La evaluación se llevó a cabo en experimentos establecidos en la localidad Nextipac de Zapopan, Jalisco, en el CUCBA del año 2015 y tres experimentos del año 2016 establecidos en dos localidades, El Salitre municipio de San Martín de Hidalgo, Jalisco y en Nextipac. En este último municipio, la evaluación se realizó en dos fechas distintas de siembra. En los análisis estadísticos combinados, que consideraron cuatro ambientes, incluyeron los 11 híbridos con mejor calidad y contenidos de azúcar del experimento del año 2015 (Híbridos simples y trilineales).

Los cuadrados medios de los tratamientos mostraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.01$) para todas las variables, excepto Bx25 ($P \leq 0.05$) y Bx25r30 que no resultó significativa. Otro aspecto relevante del Cuadro 11 es la interacción experimentos por tratamientos en la que las variables peso de diez mazorcas frescas a los 25 y 35 d después de floración, días a floración masculina y femenina, grados brix a los 35 d después floración, longitud y diámetro de mazorca y granos por hilera resultaron significativas; es decir, ocurrió un comportamiento diferencial de los híbridos evaluados en los diferentes experimentos. Por su parte no hubo interacción significativa para grados brix a los 25 d después de floración y de mazorcas refrigeradas por 25 y 35 d, hileras de grano, altura de planta y de mazorca. En este momento debe aclararse que, si se quieren comparar las medias de tratamientos, deberán de llevarse a cabo en los experimentos individuales en todos los casos en que la interacción resultó significativa; para el resto de variables las comparaciones entre híbridos pueden llevarse a cabo a partir de cada variable de interés en el análisis combinado para estimar el comportamiento de los híbridos a través de localidades.

Cuadro 11. DUNNETT; Cuadrados medios de variables agronómicas y de calidad de 11 híbridos simples y trilineales dulces. Análisis combinado 2015-2016¹

Variable	CME	CME _{exp}	CMR	CMT	CMI	CV	Media
Pesom	0.09	26.0222 **	0.1052	0.2521 **	0.1435 *	18.62	1.61
Peso35	0.0748	31.1427 **	0.0675	0.2202 **	0.1344 **	18.02	1.52
bx25	12.7492	464.8807 **	13.8887	23.3093 *	18.7662	18.23	19.59
bx25r30	36.5012	705.4591 **	39.6342	53.8395	36.1334	32.21	18.75
bx35	10.894	71.8563 **	17.7499 *	54.37 **	24.5473 **	13.46	24.52
bx35r30	24.5435	1.2303	9.8262	78.0926 **	33.0904	27.19	18.22
LonM	5.2533	251.0513 **	2.7755	19.6605 **	11.1971 **	14.18	16.17
DiaM	0.1194	18.2457 **	0.1447	0.4563 **	0.2086 *	8.29	4.17
Hil	1.0481	32.4823 **	1.1892	12.7387 **	1.4104	6.88	14.88
Grxhil	29.8708	1813.3435 **	26.4477	57.4319 *	53.557 **	16.36	33.40
FF	7.1179	519.0143 **	13.8096 **	82.9827 **	13.4922 **	4.27	62.48
FM	5.5956	984.5899 **	14.3252 **	69.7561 **	8.5478 *	3.85	61.39
ALPL	0.0288	2.2569 **	0.0632 **	0.1503 **	0.0403	15.51	1.09
AMZ	0.0514	5.6349 **	0.1488 **	0.2556 **	0.0611	10.31	2.20
GL	236	3	24	10	30		

¹Dunnet; CME, CMR, CME_{exp}, CMT, CMI = Cuadrados medios del error, repeticiones, Experimentos, tratamientos y Experimentos x tratamientos, respectivamente; GL = grados de libertad; CV = coeficiente de variación; Media = Media general del experimento; FM = Días a floración masculina; FF = Días a floración Femenina; Bx25, Bx35, Bx25r30 y Bx35r30 = Cantidad de azúcar en grados brix a los 25 y 35 días después de floración, 25 y 35 días y refrigerados por 30 días después del corte, PesoM y Peso35= Peso en kg de diez mazorcas frescas a los 25 y 35 días después de floración; LonM y DiaM= Longitud y diámetro en cm de mazorca; Hil=número de hileras de grano, Grhil=granos por hilera; ALPL = Altura en m de planta; AMZ = Altura en m de mazorca. **, * Significativo (P≤0.01 y P≤0.05)

A continuación, en los Cuadros 12 a 19, se presentan los análisis de varianza de los experimentos individuales, así como las medias ajustadas de cada tratamiento y las variables consideradas.

En el Cuadro 12 se muestran los resultados del análisis de varianza para las variables agronómicas y de calidad de las 11 cruza experimentales y un testigo, evaluados en la localidad Nextipac, CUCBA del año 2015. Se detectaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ($P \leq 0.01$) para las siguientes variables: grados Brix a los 25 d después de floración, diámetro de mazorca, días a floración masculina y femenina, número de hileras y altura de mazorca. Se detectó significancia ($P \leq 0.05$) en peso de diez mazorcas frescas a los 25 d, mientras que no se detectaron diferencias en peso de elote a los 35 d después de floración, altura de planta, grados Brix en mazorcas refrigeradas y longitud de mazorca. Los coeficientes de variación más bajos fueron en número de días a floración y diámetro

de mazorca (2.5, 2.7 y 3.8%); mientras que los más altos con valores cercanos a 18% en Bx35 y altura de mazorca. Los promedios para grados brix a los 25 y 35 d después de floración fueron similares, cercanos a 24 grados, con un descenso a 21 grados brix en el caso de elotes refrigerados por 30 d. Las floraciones ocurrieron 67 días después de la siembra, mientras que los pesos de mazorca fresca, como es de esperar promediaron 209 g a los 25 días, aumentando a 228 g a los 35 d después de floración.

Cuadro 12. ANOVA; Cuadrados medios de variables agronómicas y de calidad de 11 híbridos simples y trilineales dulces. CUCBA 2015¹.

Variable	CME	CMR	CMT	CV	Media
Pesom	0.0695	0.0683	0.1632 *	12.63	2.09
Peso35	0.0659	0.0806	0.115	11.28	2.28
Bx25	10.5075	18.9555	38.5025 **	13.31	24.36
Bx25r30	10.0364	11.2414	4.881	15.05	21.05
Bx35	21.3117	5.7191	53.2462 *	18.84	24.51
LonM	4.0174	5.9652	8.0656	10.56	18.98
Diam	0.0335	0.0637	0.1988 **	3.81	4.81
Hil	1.2093	0.4858	3.715 **	7.15	15.38
FF	3.2776	3.4	18.5818 **	2.68	67.48
FM	2.9348	2.6306	15.9371 **	2.54	67.36
APL	0.0455	0.0373	0.0827	7.65	2.18
AMZ	0.0278	0.0486	0.0882 **	18.15	1.18
GL	29	3	11		

¹CME, CMR, CMT = Cuadrados medios del error, repeticiones y tratamientos, respectivamente; GL = grados de libertad; CV = coeficiente de variación; Media = Media general del experimento; FM = Días a floración masculina; FF = Días a floración Femenina; Bx25, Bx35, Bx25r30 = Cantidad de azúcar en grados brix a los 25 y 35 días después de floración y a los 25 días refrigerados 30 días, Pesom y Peso35= Peso en kg de diez mazorcas frescas a los 25 y 35 días después de floración; LonM y DiaM= Longitud y diámetro en cm de mazorca; Hil=número de hileras de grano; ALPL = Altura en m de planta; AMZ = Altura en m de mazorca. **, * Significativo (P≤0.01 y P≤0.05)

En el Cuadro 13 se presentan las medias ajustadas de las variables agronómicas y de calidad en los híbridos evaluados. En cuanto a peso fresco de elote, destacan los cruzamientos CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-4-4-5-1-M-5-1 y CSDx(LUG-03XGTO181_P12)F2-2-1-3 -M-1 superando significativamente al testigo, así mismo presentan los valores más altos de grados brix. El primer cruzamiento referido sobresale en longitud de mazorca, diámetro de mazorca, precocidad y altura baja de planta y mazorca.

Cuadro 13. DUNNETT; Medias ajustadas de variables agronómicas y de calidad de híbridos trilineales y simples. CUCBA 2015¹

Genealogía	Pesom	Peso35	Bx25	Bx25r30	Bx35
CSDx(Hib-Com x M06030-49-1-1)	1.979	2.335	23.6	20.6	20.4
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-4-4-5 -1-M-5-1	2.358 **	2.471 *	22.1	20.1	22.6
CSDx(LUG-03XJAL-300_P9)F2-2-3-1 -1-M	2.158 *	2.071	28.4 **	22.2	26.3
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-4-4-4 -1-M-1-1	2.283 **	2.408	27.0 **	21.5	32.4 *
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-2-1-1 -M-2-2-1	2.069	2.336	25.7 *	23.2	26.1
CSDx(LUG-03XGTO181_P12)F2-2-1-3 -M-1	2.303 **	2.529 *	21.9	20.0	25.8
CSDx(LUG-03XM-06193_P12)F2-3-1-1 -1-1	2.163 *	2.388	26.1 **	20.5	19.0
CSDx(LUG-03XJAL-300_P8)F2-1-1-4 -1-M	2.071	2.254	27.4 **	22.2	24.7
CSDx(LUG-03XGTO-181_P14)F2-4-2-3 -M-1	2.029	2.179	26.7 **	20.8	25.9
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-2-1-1 -M-1	1.906	2.285	23.0	21.3	26.4
[(LUG-03XM06193_P12)F2-1-2-1 -1-M]xLMD	2.077	2.157	21.7	19.0	18.7
Cruza triple dulce (Testigo)	1.600	1.929	17.5	19.9	20.7

¹Dunnett; Pesom y Peso35= Peso en kg de diez mazorcas frescas a los 25 y 35 días después de floración; Bx25, Bx35, Bx25r30 = Cantidad de azúcar en grados brix a los 25 y 35 días después de floración y a los 25 días refrigerados 30 días. **, * Significativamente diferente al testigo (P≤0.01 y P≤0.05)

Cuadro 14. DUNNETT; Continuación de medias ajustadas de variables agronómicas y de calidad de híbridos trilineales y simples. CUCBA 2015¹.

Genealogía	LonM	DiaM	Hil	FF	FM	APL	AMZ
CSDx(HC x M06030-49-1-1)	16.4	4.90	15	69	68	2.23	1.03
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-4-4-5 -1-M-5-1	20.2 *	5.09 **	17 **	65 **	65 **	2.13	1.11
CSDx(LUG-03XJAL-300_P9)F2-2-3-1 -1-M	19.1	5.17 **	16	67 **	68	2.04	1.11
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-4-4-4 -1-M-1-1	20.0 *	4.97 **	16 *	68 *	68	1.87 **	0.89
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-2-1-1 -M-2-2-1	19.3	4.63	16 *	69	68	2.25	1.21
CSDx(LUG-03XGTO181_P12)F2-2-1-3 -M-1	18.6	4.93 **	16	70	70	2.35	1.23
CSDx(LUG-03XM-06193_P12)F2-3-1-1 -1-1	18.0	4.67	14	67 *	68	2.43	1.17
CSDx(LUG-03XJAL-300_P8)F2-1-1-4 -1-M	18.8	4.83 *	15	64 **	63 **	2.20	1.28
CSDx(LUG-03XGTO-181_P14)F2-4-2-3 -M-1	20.8 *	4.91 *	16	65 **	66 *	2.10	1.12
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-2-1-1 -M-1	18.9	4.50	17 **	69	68	2.11	1.43
[(LUG-03XM06193_P12)F2-1-2-1 -1-M]xLMD	20.7	4.78	13	66 **	67	2.20	0.94
Cruza triple dulce (Testigo)	15.8	4.44	14	72	70	2.31	1.33

¹Dunnett; LonM y DiaM= Longitud y diámetro en cm de mazorca; Hil=número de hileras de grano, Grhil=granos por hilera; FM = Días a floración masculina; FF = Días a floración Femenina; APL = Altura en m de planta; AMZ = Altura en m de mazorca. **, * Significativamente diferente al testigo (P≤0.01 y P≤0.05)

En la Figura 2 se muestran imágenes de mazorcas frescas de los híbridos más sobresalientes del experimento CUCBA 2015, evaluado en campo en Localidad Nextipac, del estado de Jalisco.



Figura 2. Mazorcas frescas cortadas a los 35 días después de floración de híbridos sobresalientes.

En el Cuadro 15 se presentan los resultados del análisis de varianza para las variables agronómicas y de calidad de las 11 cruzas experimentales y un testigo, evaluados en la localidad Nextipac, CUCBA del año 2016, experimento 1. Se detectaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ($P \leq 0.01$) para todas las variables, con excepción de grados brix en elotes cortados a los 25 d después de floración y refrigerados 30 d. Los coeficientes de variación más bajos correspondieron al número de días a floración y diámetro de mazorca (2.4 a 3.8%); mientras que el valor más alto (44%) correspondió a grados brix de elotes cortados a los 25 d y refrigerados 30 d. Los promedios para grados brix a los 25 y 35 d después de floración fueron diferentes entre sí con 17 y 23, con un descenso a 14 grados en el caso de elotes refrigerados por 30 d. Las floraciones ocurrieron 61 días después de la siembra, mientras que los pesos de mazorca fresca promediaron 207 g a los 25 d, disminuyendo a 172 g a los 35 d después de floración.

Cuadro 15. ANOVA; Cuadrados medios de variables agronómicas y de calidad de 11 híbridos simples y trilineales dulces. CUCBA 2016, experimento 1¹.

Variable	CME	CMR	CMT	CV	Media
Pesom	0.0429	0.1512 **	0.1423 **	10.00	2.07
Peso35	0.0326	0.0399	0.1192 **	10.49	1.72
Bx25	11.9426	7.1055	32.7208 **	20.17	17.13
Bx25r30	40.8184	60.7576	49.0016	44.93	14.22
Bx35	12.5096	28.9119 *	88.4266 **	15.39	22.98
LonM	2.1426	1.0577	9.4061 **	8.90	16.45
Diam	0.0291	0.0509	0.2575 **	3.78	4.51
Hil	0.7864	0.9033	5.0113 **	5.72	15.50
FF	2.136	2.2723	29.3286 **	2.40	61.01
FM	2.4383	0.8571	31.8864 **	2.57	60.88
APL	0.0136	0.0252	0.105 **	5.79	2.45
AMZ	0.0201	0.0413	0.1431 **	9.27	1.26
GL	77	7	11		

¹Anova; CME, CMR, CMT = Cuadrados medios del error, repeticiones y tratamientos, respectivamente; GL = grados de libertad; CV = coeficiente de variación; Media = Media general del experimento; FM = Días a floración masculina; FF = Días a floración Femenina; Bx25, Bx35, Bx25r30 = Cantidad de azúcar en grados brix a los 25 y 35 días después de floración y a los 25 días refrigerados 30 días, Pesom y Peso35= Peso en kg de diez mazorcas frescas a los 25 y 35 días después de floración; LonM y DiaM= Longitud y diámetro en cm de mazorca; Hil=número de hileras de grano; ALPL = Altura en m de planta; AMZ = Altura en m de mazorca. **, * Significativo (P≤0.01 y P≤0.05)

En el Cuadro 16 se presentan las medias ajustadas de las variables agronómicas y de calidad en los híbridos evaluados. En cuanto a peso fresco de elote, no se detectaron diferencias respecto al testigo, sin embargo, los promedios mayores correspondieron al cruzamiento CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-4-4-5-1-M-5-1; este mismo mostró valores altos de longitud y diámetro de mazorca y excelente precocidad, este mismo tratamiento que sobresalió en el experimento del 2015.

Cuadro 16. DUNNETT; Medias ajustadas de variables agronómicas y de calidad de híbridos trilineales y simples. CUCBA 2016. Experimento 1¹.

Genealogía	Pesom	Peso35	Bx25	Bx25r30	Bx35
CSDx(HC x M06030-49-1-1)	2.076	1.698	16.2	15.3	22.0 **
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-4-4-5 -1-M-5-1	2.304	1.984	17.8 **	17.3	25.4 **
CSDx(LUG-03XJAL-300_P9)F2-2-3-1 -1-M	2.026	1.734	18.0 **	16.8	22.4 **
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-4-4-4 -1-M-1-1	1.905	1.716	16.2	16.3	25.6 **
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-2-1-1 -M-2-2-1	2.076	1.703	17.7 **	13.2	23.8 **
CSDx(LUG-03XGTO181_P12)F2-2-1-3 -M-1	2.277	1.914	17.4 *	17.0	25.5 **
CSDx(LUG-03XM-06193_P12)F2-3-1-1 -1-1	2.186	1.686	17.2 *	13.5	23.3 **
CSDx(LUG-03XJAL-300_P8)F2-1-1-4 -1-M	1.933	1.605	20.4 **	13.4	26.5 **
CSDx(LUG-03XGTO-181_P14)F2-4-2-3 -M-1	2.132	1.689	16.5	12.4	20.4 **
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-2-1-1 -M-1	1.983	1.613	17.9 **	14.2	24.3 **
[(LUG-03XM06193_P12)F2-1-2-1 -1-M]xLMD	1.913	1.554	18.5 **	11.5	22.5 **
Golden (Testigo)	2.061	1.749	11.8	8.6	14.1

¹Dunnett; PesoM y Peso35= Peso en kg de diez mazorcas frescas a los 25 y 35 días después de floración; Bx25, Bx35, Bx25r30 = Cantidad de azúcar en grados brix a los 25 y 35 días después de floración y a los 25 días refrigerados 30 días. **, * Significativamente diferente al testigo (P≤0.01 y P≤0.05)

Cuadro 17. DUNNETT; Continuación Medias ajustadas de variables agronómicas y de calidad de híbridos trilineales y simples. CUCBA 2016. Experimento 1¹.

Genealogía	LonM	DiaM	Hil	FF	FM	APL	AMZ
CSDx(HC x M06030-49-1-1)	17.3	4.66	16	62 **	62 **	2.4 **	1.22 **
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-4-4-5 -1-M-5-1	18.1	4.67	16	61 **	61 **	2.6 **	1.37 **
CSDx(LUG-03XJAL-300_P9)F2-2-3-1 -1-M	15.3	4.67	16 *	60 **	60 **	2.4 **	1.28 **
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-4-4-4 -1-M-1-1	15.8	4.38 **	16	61 **	61 **	2.4 *	1.21 **
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-2-1-1 -M-2-2-1	16.9	4.32 **	16	62 **	62 **	2.5 **	1.33 **
CSDx(LUG-03XGTO181_P12)F2-2-1-3 -M-1	13.9 *	4.56 **	16	65 **	65 **	2.6 **	1.42 **
CSDx(LUG-03XM-06193_P12)F2-3-1-1 -1-1	17.5	4.38 **	15	62 **	62 **	2.7 **	1.28 **
CSDx(LUG-03XJAL-300_P8)F2-1-1-4 -1-M	16.4	4.46 **	15	60 *	60 *	2.4 *	1.33 **
CSDx(LUG-03XGTO-181_P14)F2-4-2-3 -M-1	16.5	4.51 **	16	60 *	60 *	2.4 *	1.24 **
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-2-1-1 -M-1	16.9	4.25 **	16 *	61 **	61 **	2.5 **	1.29 **
[(LUG-03XM06193_P12)F2-1-2-1 -1-M]xLMD	16.7	4.38 **	14	62 **	61 **	2.4 *	1.15 *
Golden (Testigo)	16.2	4.85	15	57	57	2.2	0.98

¹Dunnett; LonM y DiaM= Longitud y diámetro en cm de mazorca; Hil=número de hileras de grano, Grhil=granos por hilera; FM = Días a floración masculina; FF = Días a floración Femenina; APL = Altura en m de planta; AMZ = Altura en m de mazorca. **, * Significativamente diferente al testigo (P≤0.01 y P≤0.05)

Para el caso de la variable de Grados brix a los 25 d (Bx25) resultaron seis cruza diferentes al testigo ($P \leq 0.01$) obteniendo el valor más alto en promedio (20.4) la cruza CSDx(LUG-03XJAL-300_P8)F2-1-1-4 -1-M, y el valor más bajo (11.8) el testigo Golden siendo menor en contenidos de azúcar que los 11 híbridos.

En la variable de grados brix a los 35 d (Bx35) los 11 híbridos fueron diferentes significativamente ($P \leq 0.01$) superando en porcentaje de °Bx al testigo, de ese grupo, la cruz CSDx(LUG-03XJAL-300_P8)F2-1-1-4 -1-M tuvo el valor más alto con 26.5 grados brix. El valor más alto de longitud en cm fue de 18.1 cm fue la cruz CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-4-4-5-1-M-5-1. Para las variables de floración femenina y masculina el testigo fue el más precoz con 57 d

En el Cuadro 18 se presentan los resultados del análisis de varianza para las variables agronómicas y de calidad de las 11 cruzas experimentales y un testigo, evaluados en la localidad Nextipac, CUCBA del año 2016, experimento 2. Se detectaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ($P \leq 0.01$) para todas las variables con excepción de longitud de mazorca con una media de 16.49 cm y un coeficiente de variación de 10.24

Cuadro 18. ANOVA; Cuadrados medios de variables agronómicas y de calidad de 11 híbridos simples y trilineales dulces. CUCBA 2016, experimento 2¹.

Variable	CME	CMR	CMT		CV	Media
Pesom	0.0582	0.034	0.2389	**	14.88	1.61
Peso35	0.0764	0.1153	0.8819	**	16.28	1.71
Bx25	15.8591	27.2259	54.7127	**	21.83	18.24
Bx25r30	32.9683	35.178	152.6062	**	31.13	18.45
Bx35	6.9829	7.0792	209.4809	**	10.86	24.66
LonM	2.8539	1.0178	3.3828		10.24	16.49
Diam	0.1741	0.3077	0.4116	*	10.01	4.17
Hil	0.9259	0.9974	6.298	**	6.52	14.75
FF	7.0093	32.7723	82.5483	**	4.17	63.40
FM	6.8189	36.939	57.5786	**	4.17	62.68
APL	0.0245	0.1216	0.2012	**	13.51	2.20
AMZ	0.0886	0.3541	0.6504	**	15.16	1.03
GL	77	7	11			

¹CME, CMR, CMT = Cuadrados medios del error, repeticiones y tratamientos, respectivamente; GL = grados de libertad; CV = coeficiente de variación; Media = Media general del experimento; FM = Días a floración masculina; FF = Días a floración Femenina; Bx25, Bx35, Bx25r30 = Cantidad de azúcar en grados brix a los 25 y 35 días después de floración y a los 25 días refrigerados 30 días, PesoM y Peso35= Peso en kg de diez mazorcas frescas a los 25 y 35 días después de floración; LonM y DiaM= Longitud y diámetro en cm de mazorca; Hil=número de hileras de grano; ALPL = Altura en m de planta; AMZ = Altura en m de mazorca. **, * Significativo ($P \leq 0.01$ y $P \leq 0.05$)

Para las variables de grados brix el valor más alto en la media (24.66) se detectó a los 35 d con un coeficiente de variación de (10.86) y el más bajo (18.24) a los 25 d con un coeficiente de variación de (21.83). El valor más alto para los coeficientes de variación fue de (31.13) para la variable Bx25r30 (grados brix a los 25 d refrigerados por 30 d). Los valores más bajos en los coeficientes de variación (4.17) se detectaron en las variables días a floración femenina y floración masculina mientras que la media para la variable hileras por mazorca fue de (14.75) y un coeficiente de variación de (6.52).

En el Cuadro 19 se presentan las medias ajustadas de las variables agronómicas y de calidad en los híbridos evaluados. En cuanto a peso fresco de elote a los 25 días (Pesom), se detectaron diferencias de todos los híbridos respecto al testigo Overland, a excepción de un híbrido. Destacan con los promedios mayores CSDx(LUG-03XGTO181_P12)F2-2-1-3-M-1 con (1.899), CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-2-1-1-M-1 con una valor de (1.695) y CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-4-4-5-1-M-5-1 con (1.679). Para la variable peso fresco de elote a los 35 días (Peso35) todos los híbridos fueron significativamente superiores al testigo ($P \leq 0.01$) y la crusa con la media más alta fue CSDx(LUG-03XGTO181_P12)F2-2-1-3 -M-1 con (1.967). En cuanto a grados brix a los 25 días solamente tres híbridos no fueron significativamente diferentes al testigo, mientras que grados brix a los 35 d, todos los 11 híbridos tuvieron mayores contenidos de azúcar respecto al testigo. La única variable en la que los 11 híbridos fueron iguales al testigo, fue longitud de mazorca (LonM), mientras que para el diámetro de mazorca (Diam) solamente un híbrido fue diferente en hileras por mazorca (hil) y tres híbridos no presentaron significancia.

Cuadro 19. DUNNETT; medias ajustadas de variables agronómicas y de calidad de híbridos trilineales y simples. CUCBA 2016. Experimento 2¹.

Genealogía	Pesom	Peso35	Bx25	Bx25r30	Bx35
CSDx(HC x M06030-49-1-1)	1.645 **	1.764 **	18.9 *	15.6	25.1 **
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-4-4-5 -1-M-5-1	1.679 **	1.820 **	18.9 *	15.1	26.5 **
CSDx(LUG-03XJAL-300_P9)F2-2-3-1 -1-M	1.674 **	1.821 **	18.4 *	21.3 **	25.3 **
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-4-4-4 -1-M-1-1	1.679 **	1.838 **	22.0 **	22.1 **	25.7 **
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-2-1-1 -M-2-2-1	1.526 *	1.662 **	20.7 **	22.5 **	26.2 **
CSDx(LUG-03XGTO181_P12)F2-2-1-3 -M-1	1.899 **	1.967 **	18.5 *	21.5 **	26.9 **
CSDx(LUG-03XM-06193_P12)F2-3-1-1 -1-1	1.557 *	1.667 **	20.3 **	21.1 **	24.1 **
CSDx(LUG-03XJAL-300_P8)F2-1-1-4 -1-M	1.494	1.600 **	15.5	14.5	27.5 **
CSDx(LUG-03XGTO-181_P14)F2-4-2-3 -M-1	1.673 **	1.884 **	15.6	11.9	23.9 **
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-2-1-1 -M-1	1.695 **	1.824 **	19.6 **	23.0 **	28.5 **
[(LUG-03XM06193_P12)F2-1-2-1 -1-M]xLMD	1.730 **	1.818 **	18.0	20.9 **	23.4 **
Overland (Testigo)	1.183	0.693	12.5	9.3	8.8

¹Dunnett; Pesom y Peso35= Peso en kg de diez mazorcas frescas a los 25 y 35 días después de floración; Bx25, Bx35, Bx25r30 = Cantidad de azúcar en grados brix a los 25 y 35 días después de floración y a los 25 días refrigerados 30 días. **, * Significativamente diferente al testigo (P≤0.01 y P≤0.05).

Cuadro 20. DUNNETT; continuación de medias ajustadas de variables agronómicas y de calidad de híbridos trilineales y simples. CUCBA 2016. Experimento 2¹.

Genealogía	LonM	DiaM	Hil	FF	FM	APL	AMZ
CSDx(HC x M06030-49-1-1)	16.5	4.38	14 **	66 **	65 **	2.25 **	1.01 **
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-4-4-5 -1-M-5-1	17.4	4.17	15 **	64 **	62 *	2.14 **	1.00 **
CSDx(LUG-03XJAL-300_P9)F2-2-3-1 -1-M	15.2	4.16	15	61	61	2.39 **	1.21 **
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-4-4-4 -1-M-1-1	17.0	4.31	15 **	64 **	64 **	2.13 **	0.99 **
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-2-1-1 -M-2-2-1	16.4	4.00	15 **	67 **	65 **	2.33 **	1.08 **
CSDx(LUG-03XGTO181_P12)F2-2-1-3 -M-1	16.1	4.36	15 **	67 **	67 **	2.37 **	1.13 **
CSDx(LUG-03XM-06193_P12)F2-3-1-1 -1-1	16.3	3.65 **	13 **	66 **	65 **	2.38 **	1.02 **
CSDx(LUG-03XJAL-300_P8)F2-1-1-4 -1-M	17.1	4.05	14 **	59	59	2.22 **	1.15 **
CSDx(LUG-03XGTO-181_P14)F2-4-2-3 -M-1	16.7	4.14	15	61	61	2.15 **	1.02 **
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-2-1-1 -M-1	16.8	4.00	16	64 **	63 **	2.47 **	1.18 **
[(LUG-03XM06193_P12)F2-1-2-1 -1-M]xLMD	17.1	4.32	13 **	64 **	64 **	2.24 **	1.00 **
Overland (Testigo)	15.5	4.49	17	58	58	1.37	0.59

¹Dunnett; LonM y DiaM= Longitud y diámetro en cm de mazorca; Hil=número de hileras de grano, Grhil=granos por hilera; FM = Días a floración masculina; FF = Días a floración Femenina; APL = Altura en m de planta; AMZ = Altura en m de mazorca. **, * Significativamente diferente al testigo (P≤0.01 y P≤0.05)

En el Cuadro 21 se presentan los resultados del análisis de varianza para las variables agronómicas y de calidad de las 11 cruzas experimentales y un testigo, evaluados en la localidad El Salitre del año 2016. Se detectaron diferencias

altamente significativas entre tratamientos ($P \leq 0.01$) para las siguientes variables: Peso de elote a los 35 d después de la floración, grados brix a los 35 d, longitud de mazorca, número de hileras de grano, días a floración, altura de planta y mazorca. Se detectó significancia ($P \leq 0.05$) para peso de elote a los 25 d después de la floración y diámetro de mazorca, mientras que para grados brix a los 25 d después del corte y después de refrigeración no hubo diferencias significativas. Los coeficientes de variación en este experimento fueron altos para la mayoría de las variables (22 a 51%), excepto para días a floración con valores entre 5 y 6%.

Los promedios para peso de elote fresco y otras variables como diámetro de mazorca fueron alrededor del 50% en referencia a los experimentos del CUCBA; en esa localidad hubo afectaciones debido al exceso de agua acumulada en la parcela dejando estragos en las plantas y manifestándose poca altura de plantas y un mínimo desarrollo de las mazorcas. Los excesos de agua no afectaron las concentraciones de azúcar en el grano del elote habiendo un buen porcentaje en la media general que oscilo entre 19 y 23 grados brix, más sin embargo, hubo una variación sensible entre algunas variables dependientes como longitud de mazorca, diámetros de mazorca y pesos debido a las variables independientes.

Cuadro 21. ANOVA; Cuadrados medios de variables agronómicas y de calidad de 11 híbridos simples y trilineales dulces. El Salitre 2016T¹.

Variable	CME	CMR	CMT	CV	Media
Pesom	0.1815	0.097	0.3468 *	49.37	86
Peso35	0.1235	0.0613	0.3464 **	51.42	68
Bx25	9.9297	6.2049	16.6283	16.13	19.66
Bx25r30	44.0636	21.5032	42.9166	30.84	21.53
Bx35	9.6574	13.8552	44.9452 **	13.54	23.25
LonM	10.6332	3.5259	36.7925 **	23.11	14.11
Diam	0.1782	0.0853	0.4301 *	11.66	3.62
Hil	1.5782	1.4226	6.1373 **	8.82	14.24
FF	14.2344	4.3318	48.7604 **	6.25	60.39
FM	9.4011	2.3557	35.7756 **	5.33	57.53
APL	0.0426	0.0155	0.1777 **	13.12	1.90
AMZ	0.0619	0.0253	0.2559 **	22.25	0.93
GL	77	7	11		

¹CME, CMR, CMT = Cuadrados medios del error, repeticiones y tratamientos, respectivamente; GL = grados de libertad; CV = coeficiente de variación; Media = Media general del experimento; FM = Días a floración masculina; FF = Días a floración Femenina; Bx25, Bx35, Bx25r30 = Cantidad de azúcar en grados brix a los 25 y 35 días después de floración y a los 25 días refrigerados 30 días, PesoM y Peso35= Peso en kg de diez mazorcas frescas a los 25 y 35 días después de floración; LonM y DiaM= Longitud y diámetro en cm de mazorca; Hil=número de hileras de grano; ALPL = Altura en m de planta; AMZ = Altura en m de mazorca. **, * Significativo (P<0.01 y P<0.05).

En el Cuadro 22 se presentan las medias ajustadas de las variables agronómicas y de calidad en los híbridos evaluados. Para el caso de la variable grados brix a los 25 días solamente el híbrido (CSDx(LUG-03XJAL-300_P8)F2-1-1-4-1-M) fue significativamente superior al testigo con un valor de 22.6 grados brix, mientras que para la variable grados brix a los 35 días todos los híbridos superaron significativamente al criollo local en la cantidad de azúcar.

Cuadro 22. DUNNETT; Medias ajustadas de variables agronómicas y de calidad de híbridos trilineales y simples. El Salitre 2016¹.

Genealogía	Pesom	Peso35	Bx25	Bx25r30	Bx35
CSDx(HC x M06030-49-1-1)	0.417	0.365	19.2	19.7	25.7 **
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-4-4-5 -1-M-5-1	1.071	0.858	18.6	21.1	22.0 *
CSDx(LUG-03XJAL-300_P9)F2-2-3-1 -1-M	1.034	0.869	20.8	22.6	25.6 **
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-4-4-4 -1-M-1-1	1.091	0.873	19.8	18.6	24.2 **
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-2-1-1 -M-2-2-1	0.866	0.668	20.8	25.2	25.6 **
CSDx(LUG-03XGTO181_P12)F2-2-1-3 -M-1	0.734	0.564	19.2	26.0	22.3 **
CSDx(LUG-03XM-06193_P12)F2-3-1-1 -1-1	0.986	0.796	20.8	21.7	22.5 **
CSDx(LUG-03XJAL-300_P8)F2-1-1-4 -1-M	0.661	0.355	22.6 **	19.5	22.9 **
CSDx(LUG-03XGTO-181_P14)F2-4-2-3 -M-1	0.701	0.494	18.8	20.2	22.9 **
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-2-1-1 -M-1	0.822	0.698	19.5	23.2	24.3 **
[(LUG-03XM06193_P12)F2-1-2-1 -1-M]xLMD	1.093	1.004	19.0	23.3	24.3 **
Variedad nativa (Testigo)	0.879	0.657	16.9	16.0	17.1

¹Dunnett; Pesom y Peso35= Peso en kg de diez mazorcas frescas a los 25 y 35 días después de floración; Bx25, Bx35, Bx25r30 = Cantidad de azúcar en grados brix a los 25 y 35 días después de floración y a los 25 días refrigerados 30 días. **, * Significativamente diferente al testigo (P≤0.01 y P≤0.05).

Cuadro 23. DUNNETT; Continuación Medias ajustadas de variables agronómicas y de calidad de híbridos trilineales y simples. El Salitre 2016¹.

Genealogía	LonM	DiaM	Hil	FF	FM	APL	AMZ
CSDx(HC x M06030-49-1-1)	9.9 *	3.13 **	13 *	66	62	1.56 **	0.66 **
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-4-4-5 -1-M-5-1	15.9	3.74	15	58 *	55 **	1.79 **	0.85 **
CSDx(LUG-03XJAL-300_P9)F2-2-3-1 -1-M	13.9	3.90	16	59	57 *	1.97	1.00
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-4-4-4 -1-M-1-1	15.2	3.74	14	58 *	56 *	1.89	0.93 **
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-2-1-1 -M-2-2-1	15.1	3.57	14	59	56 *	2.00	1.01
CSDx(LUG-03XGTO181_P12)F2-2-1-3 -M-1	13.0	3.44	15	63	59	1.96	0.92 **
CSDx(LUG-03XM-06193_P12)F2-3-1-1 -1-1	15.8	3.66	13	59	57	2.13	0.97 *
CSDx(LUG-03XJAL-300_P8)F2-1-1-4 -1-M	10.8	3.71	14	59	56 **	1.82 *	0.99 *
CSDx(LUG-03XGTO-181_P14)F2-4-2-3 -M-1	12.6	3.45	15	60	57 *	1.72 **	0.79 **
CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-2-1-1 -M-1	15.2	3.41	14	61	58	1.81 *	0.87 **
[(LUG-03XM06193_P12)F2-1-2-1 -1-M]xLMD	16.9	3.72	13 *	60	58	1.89	0.86 **
Variedad nativa (Testigo)	15.0	3.96	15	64	61	2.22	1.28

¹Dunnett; LonM y DiaM= Longitud y diámetro en cm de mazorca; Hil=número de hileras de grano, Grhil=granos por hilera; FM = Días a floración masculina; FF = Días a floración Femenina; APL = Altura en m de planta; AMZ = Altura en m de mazorca. **, * Significativamente diferente al testigo (P≤0.01 y P≤0.05).

Respecto a las variables longitud y diámetro de mazorca, solamente un híbrido fue significativamente diferente al testigo (CSDx(HCxM06030-49-1-1), así como en días a floración femenina (64) y días a floración masculina (61). El criollo local resulto ser un poco más tardío respecto a la mayoría de híbridos evaluados.

V. DISCUSIÓN

Los resultados de la presente investigación fueron muy útiles para mostrar que algunos genotipos mejorados con genes que controlan la conversión de azúcar, tuvieron una expresión muy similar a través de las dos localidades y fechas de siembra, específicamente en sus concentraciones de sólidos solubles totales o azúcares dentro de los granos, calidad de grano y rendimiento. Los híbridos trilineales formados por líneas mejoradas normales y maíces nativos dulces mostraron diferencias significativas en calidad, en comparación con híbridos de maíz dulce comerciales y maíces dulces nativos. Estos resultados concuerdan con estudios similares conducidos por Michaels y Andrew, (1986).

En esta evaluación el azúcar fue aumentando en los granos conforme pasaban los días de floración de 25 a 35 d en algunos híbridos, concordando con los estudios de Xu *et al.*, (1996), en cambio, algunos otros híbridos después de estar refrigerados mantuvieron su concentración de azúcar como el híbrido CSDx(LUG-03XM-06193_P12)F2-3-1-1 -1-1, CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-2-1-1 -M-1, [(LUG-03XM06193_P12)F2-1-2-1 -1-M]xLMD, y CSDx(LUG-03XGTO181_P12)F2-2-1-3 -M-1. Mientras que otros híbridos disminuyeron su contenido de sólidos solubles en agua en los granos como el híbrido CSDx(HC x M06030-49-1-1), CSDx(LUG-03XJAL-300_P8)F2-1-1-4 -1-M, CSDx(LUG-03XGTO-181_P14)F2-4-2-3 -M-1. En el sentido que la síntesis de sacarosa afecta las concentraciones de azúcar en los tejidos debido a los cambios en el reparto de asimilación a medida que los granos se forman.

En general, se observó una variación sustancial entre genotipos para la concentración de azúcar lo que sugiere la existencia de variación cuantitativa debido a interacción alélica entre loci que controlan el metabolismo de los carbohidratos tales como *su1* y *fl2-harinoso 2* (*fl2* se encuentra en el cromosoma 4 igual que *su1*). Así mismo, se encontró que los genotipos de maíz con el gen dulce *su1* mantienen altas concentraciones de azúcar y pueden proporcionar una ventaja para su

producción, cosecha y comercialización concordando con los trabajos de Michaels y Andrew, (1986); Marshall, (2003) y Tracy (2006) en relación a la calidad asociada a las concentraciones de azúcar, vida de anaquel y duración de turgencia.

Los resultados obtenidos en este trabajo son muy alentadores ya que confirman que es posible obtener variedades e híbridos de grano dulce con gran potencial de rendimiento y calidad para consumo como elote fresco y para la industria; obteniendo genes dulces de maíces nativos de México. Sin duda alguna que la combinación de las variedades tradicionales de las razas Maíz Dulce y Dulcillo del Noroeste pueden ser el germoplasma base al que se pueden hacer modificaciones introduciendo variación genética proveniente de líneas normales y usándolas para el mejoramiento genético, Se sugiere seguir haciendo más investigación científica para saber más aportaciones similares y diferencias entre variedades nativas de maíz dulce es decir si pueden aportar de manera similar o difieren entre sí. Autores como Ramírez *et al.*, (2015) han considerado que los maíces nativos presentan mucha semejanza al germoplasma exótico proveniente de otras regiones del mundo; ambos pueden ser fuente de alelos útiles, pero también son portadores de caracteres no deseables como gran altura de planta, susceptibilidad al acame y a enfermedades de mazorca.

En este trabajo se evaluaron en campo todas las posibles fuentes de genes dulces tanto maíces nativos como germoplasma proveniente de regiones templadas; finalmente, se decidió hacer cruzamientos de las razas de maíz dulce regionales, con líneas sobresalientes normales y a partir de la F2 se seleccionaron líneas recombinantes dulces con buenas características agronómicas (50% del germoplasma original) durante al menos cuatro ciclos de autofecundación. Por una parte, las líneas normales aseguraron potencial y calidad agronómica, mientras que los maíces criollos proporcionaron calidad de grano y precocidad; a pesar de que únicamente se estudiaron líneas derivadas de 10 accesiones de las razas de maíz dulce, pudo observarse gran variación en aspectos agronómicos y de calidad. Destacan líneas con germoplasma de Nay-47 (Dulcillo del Noroeste) y de Gto-181

(Maíz Dulce). La selección rigurosa de líneas recombinantes y la evaluación de híbridos en dos etapas permitió detectar con mayor confiabilidad los candidatos que podrían pasar a procesos de validación y liberación comercial.

Los caracteres de calidad en maíz dulce son complejos ya que mientras los contenidos de carbohidratos se deben a la acción de muchos genes (poligénicas), los contenidos de azúcar dependen de los genes recesivos con alguna influencia ambiental; por otra parte, los aspectos de peso de mazorca fresca, longitud y diámetro dependen de muchos genes con herencia cuantitativa compleja (Ha, 1999). Si se toman como referencia los testigos comerciales, los contenidos de azúcar de los híbridos evaluados son considerados de buena calidad según Luchsinger y Camilo., (2008). En este trabajo se obtuvieron valores de los contenidos de sólidos solubles totales de mayor calidad de 20 a 30 grados brix, respecto a otros trabajos como Coutiño *et al.*, (2010) en que mencionan contenidos de azúcar expresados en grados brix de 13.8.

Se encontraron diferencias importantes entre experimentos y entre híbridos para las diferentes variables medidas, con marcada superioridad sobre los testigos. Con base en los resultados de los dos años, fue posible demostrar que la modificación de los maíces nativos dulces por medio de líneas normales sobresalientes es de gran utilidad pero que debido a la existencia de interacciones genotipo-ambiente, se requerirán evaluaciones en un rango amplio de condiciones ambientales y de manejo.

Adicionalmente, si la interacción resultó significativa, es posible llevar a cabo un análisis de estabilidad para determinar el comportamiento de los híbridos a los cambios ambientales, mediante recombinaciones, retrocruzas, y/o autofecundaciones además de hacer más evaluaciones que serán el indicativo de haber logrado la estabilización de los caracteres

VI. CONCLUSIONES

1. La modificación de los maíces nativos dulces por medio de líneas normales sobresalientes, permitió la formación de híbridos dulces superiores a los testigos comerciales disponibles, manteniendo la calidad de los criollos y mejorando significativamente la calidad de planta y mazorca. Además de obtener materiales mejorados competitivos, se contribuirá al mejoramiento genético de razas nativas de México con genes *su1* distribuyéndolos a distintas zonas de México y a su vez mejorando la calidad, sabor y sanidad de la planta en general.

2. Esta investigación es la base del mejoramiento genético de maíces nativos y maíces mutantes azucarados por medio de cruzas con líneas de maíz desarrolladas en programas nacionales, sus productos inmediatos serán aprovechados por productores, agricultores y comercializadores en localidades de Jalisco y áreas similares.

3. Existen cruzas de maíz dulce trilineales con grados de azúcar (sólidos solubles) muy altos que superaron las expectativas de cantidades de azúcar a los 25 y 35 d después floración, precocidad, rendimiento de mazorca fresca, longitud y diámetro de mazorca como CSD x (LUG-03XNAY47_P12)F2-4-4-5 -1-M-5-1 (2), CSD x (LUG-03XGTO-181_P12)F2-2-1-3-M-1 (6), CSD x (LUG-03XNAY47_P12)F2-4-4-4-1-M-1-1 (4), [(LUG-03XM06193_P12)F2-1-2-1-1-M]xLMD (11), el siguiente híbrido trilineal con buena calidad para uso comercial por su buena adaptación en vida de anaquel manteniendo el dulzor después de permanecer en refrigeración por 30 días CSDx(LUG-03XJAL-300_P9)F2-2-3-1-1-M (3); estos cruzamientos contienen germoplasma de Dulcillo del Noroeste (NAY-47, Tuxpan) y Maíz Dulce de diferentes regiones del occidente de México como GTO-181 (Silao, Gto.), JAL-300 (Mezquitic, Jal.) y M06193 (Tarímbaro, Mich.); con este tipo de materiales se puede asegurar diversidad genética suficiente para lograr adaptabilidad y calidad

4. En este estudio se demostró que existen híbridos con mejores atributos agronómicos y de calidad que los testigos comerciales evaluados en municipios del estado de Jalisco, comportándose con mayores rendimientos, mejor calidad y cantidad de azúcar como CSD x (LUG-03XNAY47_P12)F2-4-4-5 -1-M-5-1 (2), CSD x (LUG-03XGTO-181_P12)F2-2-1-3-M-1 (6), CSD x (LUG-03XNAY47_P12)F2-4-4-4-1-M-1-1 (4), [(LUG-03XM06193_P12)F2-1-2-1-1-M]xLMD (11), CSDx(LUG-03XM-06193_P12)F2-3-1-1 -1-1, CSDx(LUG-03XNAY47_P12)F2-2-1-1 -M-1, [(LUG-03XM06193_P12)F2-1-2-1 -1-M]xLMD, y CSDx(LUG-03XGTO181_P12)F2-2-1-3 -M-1.

VII BIBLIOGRAFÍA

- Azanza-M., F. J. 1994** Tesis de doctorado. Genetics, physiology and sensory perception of sweet corn eating quality. P-4.
- Bird R.M.** and M.M. Goodman. **1977**. The races of maize V. Grouping maize races based on ear morphology. *Economic Botany* 31: 471–481.
- Brewbaker, J.L. 1971**. Breeding tropical supersweet corn. *Hawaii Farm Sci.*, 20: 7-10
- Brewbaker, J.L. 1977**. Hawaiian super-sweet 9 corn. *HortScience*, 12: 355-356.
- Calvo, M., 2012**. Estructura del almidón, Bioquímica de los alimentos <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/almidon.html>
- Cherr. C M., J.M. Scholberg, R. Mcorley, and O.S. Mbuya. 2007**. Growth and yield of sweet corn following green manure in a warm temperate environment on sandy soil. *Journal of Agronomy and Crop Science* 193:1-9
- CONABIO. 2011**. <http://www.biodiversidad.gob.mx/ usos/maices/razas2012.html>
- CONABIO. 2012**. <http://www.biodiversidad.gob.mx/ usos/maices/razas2012.html#>
- Coutiño E. B., V. A. Vidal-Martínez, G. Sánchez-Grajales, V. A.; C. Gómez, B. and C. Vázquez, C. 2010**. Aptitud combinatoria general y específica del contenido de azúcares en maíces criollos eloteros *Revista Fitotecnia Mexicana* Vol. 33 núm. 4, Septiembre 2010 pp. 57 – 61. ISSN: 0187-7380
- Dodson, H.G. 2013**. Endosperm carbohydrate composition and kernel characteristics of shrunken2-intermediate (sh2i/sh2-i Su1/Su1), shrunken2-intermediate, sugary1 (sh2-i/sh2-i su1/su1) and shrunken2 intermediate/shrunken2-reference, sugary1 (sh2-i/sh2-r su1/su1) sweet

corn (*Zea mays* mays). University of Wisconsin Madison Pág 12- 22 Plant Breeding and Plant Genetics. UMI Number: 3549995

Doebley, J. F. 2004. The genetics of maize evolution. Annual Review of Genetics 39: 37 – 59. Laboratory of Genetics, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin 53706. Doi: 10.1146/annurev.genet.38.072902.092425

Ecocrop, 2007. View crop FAO - Food and Agriculture Organization of the UN *Zea mays*. [Http://ecocrop.fao.org/ecocrop/sru/en/cropView?id=2175](http://ecocrop.fao.org/ecocrop/sru/en/cropView?id=2175).

Espinosa, A., Sierra, M.M. and Gómez, M.N. **2002.** Producción y tecnología de semillas mejoradas de maíz por el INIFAP en el escenario sin la PRONASE. Agronomía Mesoamericana 14(1): 117-121. ISSN: 1021-7444 <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43714116>.

FAO. 2016. *Semillas y Recursos Fitogenéticos: una base para la vida.* <http://www.fao.org/agriculture/crops/mapa-tematica-del-sitio/theme/seeds-pgr/es/>

Ferran C., A. 1996. El maíz dulce rompe fronteras, Productos hortícolas. *Horticultura* 114-julio

Ferro A., R.C. Malvar, R.A. Revilla, P. Ordas, A. Castro, P. and J. Moreno-González. **2008.** *Journal of Agricultural Science.* Genetics of quality and Agronomics traits in hard endosperm maize pp. 551-560. Doi: 10.1017/S0021859608007934

Gallinat, W.C. 1971. The evolution of sweet corn Bul 591. Univ. of Mass, Agr. Exp. Sta. Amherst, MA.

Goodman, M.M., W.L Brown. Sprague, G. and Fand Dudley, J.W. **1988.** Races of corn. (Eds.) Corn and corn improvement Agronomy Monographs No.18. American Society of Agronomy Madison, Wisconsin. Pp.33–79. Ha,

Research regarding the inheritance of some quantitative and qualitative characters in sweet corn. Number 11-12 / 1999 Romanian Agricultural Research

Haynes, C.; Everhart, E. and Richard J. **2003.** El huerto doméstico; guía de horticultura de Iowa State University 4 p. <http://walworth.uwex.edu/files/2013/01/PM1891S-Maiz-dulce.pdf>.

Ishwar S., Sapna L., and Pranjal Y. **2014** Sweet Corn. Sugar Tech Apr- 16(2):144–14. DOI 10.1007/s12355-014-0305-6

Luchsinger, A. and F. Camilo. **2008.** Rendimiento de maíz dulce y contenido de sólidos solubles IDESIA (Chile) Vol. 26, N° 3; 21-29. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-4292008000300003>

Marshall, S.W. and Tracy, W.F. **2003.** Sweet corn. p. 537–569. In P.E. Ramstad and P. White (ed.) Corn chemistry and technology. Second ed. Am. Assoc. of Cereal Chemists, Minneapolis, MN.

Matsuoka Y., Y. Vigouroux, M. M. Goodman, J. Sánchez G., E. Buckler and J. Doebley. **2002.** A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States America* doi: 10.1073/pnas.052125199

Mclauchlan, A.; Ogonnaya, F.; Hollingsworth, B.; Carter, M.; Gale, K.; Henry, R.; Holton, T.; Morell, M.; Rampling, L.; Sharp, P.; Shariflou, M.; Jones, M and Appels, R. **2001.** Development of robust PCR-based DNA markers for each homoeo-allele of granule-bound starch synthase and their application in wheat breeding programs. Aust J Agric Res. 52(11-12):1409-1416

Michaels, T.E. and R.H. Andrew, **1986**. Sugar accumulation in shrunken-2sweet corn kernels. *Crop Sci.* 26: 104-107. Milho Doce: Origem de Mutações Naturais.

<https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/pdfs/26/1/CS0260010104>

Oeidrus. 2015. <http://www.oeidrus-jalisco.gob.mx/agricultura/graficas/>

Ortiz T., E.; P. A. López; A. Gil M., J. de D. Guerrero R., H. López S., O. R. Taboada G., J. A. Hernández G. y M. Valadez R. **2013**. Rendimiento y calidad de elote en poblaciones nativas de maíz de Tehuacán. *Chapingo Serie Horticultura* vol.19 no.2. Doi: 10.5154/r.rchsh.2012.02.006

Ramírez D., J. L., A. Ledesma-M., V. A. Vidal M., N. O. Gómez-Montiel, J. A. Ruiz-Corral, G. A. Velázquez C., J. Ron-P., Y. Salinas-M. y L. A. Nájera C. **2015**. Selection of maize landraces as donors of useful agronomic characteristics in commercial hybrids. *Revista Fitotecnia. Mexicana.* Vol. 38 (2): 119 - 131, 2015

Ron P., J., J. J. Sánchez G., Á. A. Jiménez C., J. A. Carrera V., J. G. Martín L., M. M. Morales R., L. de la Cruz L., S. A. Hurtado de la P., S. Mena M. y J. G. Rodríguez F. **2006**. Maíces nativos del Occidente de México I. Colectas 2004. *Scientia-CUCBA* 8(1): 1–139. ISBN 970-27-0955-5.

Sánchez G., J.J., M.M. Goodman and C.W. Stuber. **2000**. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize in Mexico. *Economic Botany* 54. Vol. 54, No. 1, pp. 43-59. Doi: 10.1007/BF02866599

Schultz, J.A. and Juvik. J.A. **2004**. Current models for starch synthesis and the sugary enhacer 1 (se1) mutation in *Zea mays*. *Plant Physiology and Biochemistry* 42, 457-464. DOI:10.1016/j.plaphy.2004.05.008

- Smale M.** and T. McBride. **1996.** Understanding global trends in the use of wheat diversity and international flows of wheat genetic resources. Part 1. 1995/96. pp. 1-32. *Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)*.
- Steven W. T.** and J. Reardon. **2015.** Food and Drug Protection Division. North Carolina Department of Agriculture and Consumer Services. <http://www.ncagr.gov/fooddrug/espanol/documents/Maiz.pdf>
- Tofiño A.,** M. Fregene, H. Ceballos y D. Cabal. **2006.** Regulación de la biosíntesis del almidón en plantas terrestres: perspectivas de modificación. *Acta Agronómica* <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169920320001>. ISSN 0120-2812.
- Tracy, W.F.** and A.R. Hallauer. **2001.** Sweet corn. , ed. Specialty Corns, p. 162-204. Boca Raton, FL, USA, CRC Press. Second Edition.
- Tracy, W.F.,** Sherry R. Whitt, and E. S. Buckler. **2006.** Recurrent Mutation and Genome Evolution: Example of Sugary1 and the Origin of Sweet Maize. *Plant Genome*. Doi: 10.2135/cropsci2006-03-0149tpg.
- Vicuña G., C.** **2016.** Teoría de la Presión-Flujo para la Transferencia de Nutrientes <http://www1.ub.edu/fvd4/wq/wqf/DadesWQF/Transporte%20de%20Solutos.pdf>
- Vigoroux, Y.,** J.C. Glaubitz, Y. Matsuoka, M.M. Goodman, J. Sanchez G., and J. Doebley. **2008.** Population structure and genetic diversity of New World maize landraces assessed by DNA microsatellites. *American Journal of Botany* 95: 1240-1253. Doi:10.3732/ajb.0800097
- Wann, E.V.,** C.Y. Lee, M.C. Bourne, and D.L. Downing. D. Smith, J. Cash, W. Nip, and Y. Hui. **1997.** Sweet corn. Processing Vegetables: *Science and Technology*, pp. 325-354. Technomic, Lancaster, PA.

Wellhausen, E. J., L.M. Roberts, E, Hernández X. y P.C. Mangelsdorf. **1951**. *Razas de maíz en México. Su origen, características y distribución* O.E.E, S.A. G. Folleto Téc. Num. 5

Wellhausen E.J., Roberts L.M., Hernández-Xolocotzi E. y Mangelsdorf P.C. **1952**. Races of maize in Mexico. Bussey Institute, Harvard University (Cambridge) p-44.

Xu, J., W.T. Avigne, D.R. McCarthy, and K.E. Koch. **1996**. A similar dichotomy of sugar modulation and development expression affects both paths of sucrose metabolism: Evidence from a maize invertase gene family. *The Plant Cell. American Society of Plant Physiologists* 8:1209-1220. DOI: 10.1105/tpc.8.7.1209

Zelda A. **2016**. The multifunctionality of heritage food: The example of pinole, a Mexican Sweet. *Geoforum*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoforum.2016.08.008>. 0016-7185/ 2016 Elsevier Ltd. All rights reserved.