

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIOECONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN AGROPECUARIA**



Estudio de la producción de maíz palomero en México y su oportunidad de negocio en el mercado nacional

Por:

**SERGIO ROJAS GÓMEZ**

**TESIS**

Presentada como Requisito Parcial para  
Obtener el Título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO ADMINISTRADOR**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Abril, 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIOECONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN AGROPECUARIA

**Estudio de la producción de maíz palomero en México y su  
oportunidad de negocio en el mercado nacional**

Por:

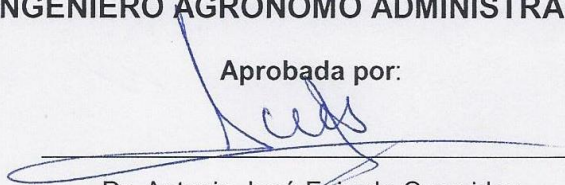
**SERGIO ROJAS GÓMEZ**

**TESIS**

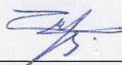
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito  
para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO ADMINISTRADOR**

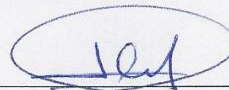
Aprobada por:



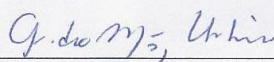
Dr. Antonio José Fajardo Oyervides  
**PRESIDENTE DEL JURADO**



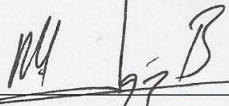
M.C. María Cristina Vega Sánchez  
**SINODAL**



M.C. José Luís Herrera Ayala  
**SINODAL**



Dr. Armando Muñoz Urbina  
**SINODAL**



Dr. Lorenzo Alejandro López Barbosa

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIOECONÓMICAS**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Abril, 2016



## AGRADECIMIENTOS

Al final de la elaboración de la presente tesis me queda mucho que agradecer infinitamente a las personas que me guiaron e impulsaron a llegar a cumplir una meta en la vida. Sinceramente quiero expresar mis agradecimientos:

**A Dios**, por darme la vida, cuidar siempre de mí y de mi familia tan maravillosa que tengo.

**A mis padres** por ser un pilar en mi vida, quienes me han guiado, me han impulsado, brindándome sus consejos para que sea una persona de bien, con valores éticos y sobre todo por apoyarme en todo momento.

**A mi Alma Mater**, la grandiosa **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por ser mi segundo hogar, por darme todos los recursos y facilidades de convertirme en un profesionalista.

A mis asesores por darme la oportunidad de colaborar y formar parte en mi trabajo, compartir sus conocimientos, consejos, experiencias y a resolver mis dudas especialmente:

**Al Dr. Antonio José Fajardo Oyervides**, por ser mi maestro de la carrera, un gran amigo, gracias por su apoyo incondicional en la asesoría, sugerencias, seguimiento y revisión de la elaboración de mi trabajo.

**A la MC. María Cristina Vega Sánchez** por su gran carisma, consejos, su apoyo incondicional, asesoría y confianza que depositó en mí para la elaboración y revisión de mi tesis.

**Al MC. José Luis Herrera Ayala**, actual director de **Banco Nacional de Germoplasma de los Productores de Maíz de México** de la UAAAN, por abrirme las puertas desde inicio, colaborar en su proyecto y formar parte del comité de asesoría del presente proyecto. Gracias por todo su apoyo.

**Al Dr. Armando Muñoz Urbina** por ser una gran persona, amigo, asesor y por su gran paciencia y apoyo en la elaboración de esta tesis.

**A mi tutor, a la Ing. Carmen Leticia Ayala López**, por su asesoría, sugerencias y seguimiento académico durante mi estancia en la Universidad.

Al Ing. **Raymundo Cuellar Chávez** por todo el apoyo brindado al inicio y durante mi estancia en la universidad.

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos al **Departamento de Administración Agropecuaria** perteneciente a la **División de Ciencias Socioeconómicas** por las facilidades brindadas.

A los maestros que formaron parte de mi carrera, por compartir conmigo sus conocimientos, experiencias, consejos que además de ser docentes en ellos encontré un amigo: Al Lic. **Serafín, Dr. Barbosa, al Mc. Rolando Ramírez, al Mc. Rogelio** y en otros muchos que formaron parte de mi molde en la Universidad, personas importantes al que estoy totalmente agradecido.

A mis compañeros (as) de generación, amigos(as) **Harry, Kalimba, Disra, Cheli, Xóchitl, Vero, Roque, Jorge, Nanci, Susi, Teo, Luz, Caba, Claudia, Yami, Ángel Reyes, Pablo, Samuel Pizano, Miguel Cuellar, Armando Calvo, Alexis, José Rigoberto, Rafa, Fhader, Yampa, Gabino** y entre otros muchos más gracias por compartir grandes momentos que nunca olvidaré.

A la empresa **ASERCA-SAGARPA (Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios)** de la región del Bajío, Irapuato, Gto., y a la empresa **Villa señor del Castillo SC de RL de CV** por abrirme sus puertas para la realización de mis prácticas profesionales, quienes me brindaron todo el apoyo: al Señor MC. Héctor Carlos Salazar Arriaga y al Sr. Ing. Armando Gutiérrez Ávila.

Sinceramente agradecido con todos y cada uno de ustedes que creyeron y confiaron en mí.

*Gracias a todos!!!*

Este trabajo de tesis, a través del Banco Nacional de Germoplasma de los Productores de Maíz de México de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” extiende un reconocimiento especial a todos los productores custodios que conservan las razas de maíz en los estados de Puebla, Tlaxcala y México, particularmente a:

- C. Lorenzo Sosa Espíndola
- C. Ramiro Máximo Pardomo
- C. Miguel López Domínguez
- C. Adán Santiesteban Sánchez
- C. Miguel López Domínguez
- C. Hipólito Méndez Fernández
- C. Apolinar Rodríguez Cortez
- C. Guillermo García Sanluis
- C. Rosalío Reyes Cuamatzi
- C. Román Rodríguez Acosta
- C. Francisco Reyes Muñoz
- C. Benjamín García Álvarez
- C. Refugio García Álvarez
- C. Reyna Galicia Matías

## DEDICATORIAS

A mis dos grandes personas que quiero y admiro y que confiaron en mí, porque que con sacrificios y trabajo me han apoyado y siempre han estado conmigo en todo momento dándome sus consejos, alentándome y que hoy han logrado que sea un persona de bien. Personas magníficas y muy trabajadoras, el mejor regalo de Dios.

Con amor y afecto a ti madre y padre:

**Cirila Gómez Rojas**  
**Juan Rojas Sandoval**

A mi Hermana

**Gabriela Rojas Gómez**

Por conmigo compartir cariño, amistad, conocimientos, experiencias y sobre todo por su apoyo incondicional en todo momento.

**A mis abuelos (+)**

Porque siempre de niño me cuidaron, aportando en mí sus grandes y sabios consejos que jamás olvidaré (QEPD).

A mis tíos, tías, padrinos, madrinas, primos(as), amigos(as) de la familia, todos y todas gracias por apoyarme moralmente, hoy me enorgullezco por formar parte de ustedes.

## INDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	i
<b>DEDICATORIAS</b> .....	iv
<b>INDICE DE CONTENIDO</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	viii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>RESUMEN</b> .....	x
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
Planteamiento del problema.....	2
Justificación.....	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	4
Hipótesis.....	4
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	5
<b>MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL</b> .....	5
1.1 La investigación de mercados (Sección 1).....	5
1.1.1 Fases de la investigación de mercados.....	5
1.1.2 Sistema de producción agrícola rural.....	6
1.1.3 Definición de productividad.....	7
1.1.4 Factores de la productividad.....	8
1.1.5 Factores de la producción.....	9
1.2 Aspectos generales sobre un plan de negocio.....	10
1.2.1 Idea de negocios.....	10
1.2.2 Tipo de negocios.....	10
1.2.3 Concepto de agronegocio.....	10
1.2.4 Un plan de negocios y sus características.....	11
1.2.5 Estructura de un plan de negocios.....	11
1.3 El maíz palomero y su clasificación (Sección 2).....	13
1.3.1 Origen del Maíz.....	14
1.3.2 Clasificación taxonómica.....	14

1.3.3 Clasificación sexual del maíz.....	15
1.3.4 Morfología del maíz .....	15
1.3.5 Razas de maíz.....	17
1.4 El maíz palomero ( <i>Zea mays everta</i> ) en la industria comercial.....	19
1.4.1 Tipo de endospermo del maíz palomero .....	19
1.4.2 Cinética de explosión del grano de maíz palomero .....	21
1.4.3 Requerimiento de humedad para la expansión del grano .....	21
1.4.4 Estudios en el mejoramiento del maíz palomero .....	22
1.4.5 Análisis de Componentes Principales y Conglomerados.....	25
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	26
2.1 Fuentes de información y el análisis mercadológico (sección 1) .....	26
2.2 Poblaciones de maíz palomero en las pruebas de expansión (sección 2).....	26
2.2.1 Toma de datos de las poblaciones en estudio.....	28
2.2.2 Pruebas de expansión de grano .....	29
2.2.3 Análisis de conglomerados (AC) y Componentes principales (ACP).....	31
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	33
Primera sección: Investigación de mercados.....	33
3.1 Importancia de la producción mundial de los diferentes tipos de maíz.....	33
3.2 Análisis de los principales países productores de maíz palomero.....	34
3.2.1 El mercado mundial.....	35
3.2.2 Producción estimada en Estados Unidos de América .....	35
3.2.3 Ventas y consumo de popcorn en los EEUU.....	36
3.2.4 Producción en Argentina .....	36
3.3 Empresa mundial líder en producción.....	37
3.4 Empresas internacionales y nacionales proveedoras de maíz palomero .....	38
3.5 El maíz palomero en México.....	40
3.5.1 Importancia de la producción.....	40
3.5.2 La producción .....	41
3.5.3 El consumo nacional.....	43
3.5.4 Volúmenes de importación de 2007 al 2015.....	44
3.5.5 Arancel a la importación .....	46



3.5.6 Empresa líder en importaciones .....	46
3.5.7 La empresa productora en México y la competencia.....	46
3.5.8 Costos de producción estimados en 2010.....	47
3.5.9 Costo estimado de importación de semilla de EUA.....	47
3.5.10 Apoyos a la agricultura en EEUU .....	47
3.5.11 Apoyos a la agricultura en México .....	50
3.6 Las palomitas de maíz como botanas y sus tendencias .....	51
3.6.1 Antecedentes de las palomitas de maíz en América .....	51
3.6.2 Antecedentes de las botanas de maíz en México .....	53
3.6.3 La industria nacional de botanas .....	54
3.6.4 Consumo de botanas.....	55
3.6.5 Precios de la botana: Palomitas de maíz.....	55
3.6.6 Estudio de Nielsen y la tendencia del consumidor .....	56
3.6.7 Crecimiento en el mercado de las palomitas de maíz en 2001 .....	58
3.6.8 Caso de negocio de las palomitas en México.....	59
3.6.9 Oportunidad de negocio .....	60
3.7 Los sistemas de producción de maíz palomero criollo.....	61
3.7.1 Sistema de producción de maíz Palomero en el estado de Tlaxcala.....	61
3.7.2 Sistema de producción de maíz Palomero criollo en el estado de México .	62
3.7.3 Sistema de producción de maíz Palomero y Arrocillo en el estado de Puebla .....	63
3.8 Segunda sección: pruebas básicas de expansión de grano .....	64
3.8.1 Análisis de Conglomerados .....	67
3.8.2 Análisis de Componentes Principales.....	70
<b>CONCLUSIONES</b> .....	76
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	79
<b>APENDICE</b> .....	88

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Relación de 14 poblaciones pertenecientes a los estados de Puebla, Tlaxcala y México y tres testigos comerciales.....	27
Cuadro 2. Relación de razas de maíz y ubicación geográfica de las parcelas de conservación <i>in situ</i> .....	27
Cuadro 3. Variables cuantitativas evaluadas en 17 poblaciones de maíz.....	28
Cuadro 4. Tipos de maíz, sus características y porcentaje de producción global en 1987 y 2008 .....	33
Cuadro 5. Producción de maíz palomero en México de los años 2010 al 2014.....	41
Cuadro 6. Volumen en toneladas de maíz palomero importados por México de los años 2007 al 2015.....	44
Cuadro 7. Precio promedio de la botana de maíz palomero .....	56
Cuadro 8. Precio mínimo y máximo de palomitas en las cadenas comerciales .....	56
Cuadro 9. Las botanas y su crecimiento en los mercado mundiales en el año 2001	59
Cuadro 10. Sistema de producción de los custodios del estado de Tlaxcala en 2014 para el maíz palomero criollo .....	61
Cuadro 11. Sistema de producción de los custodios del estado de México en 2014 de la raza Palomero Toluqueño .....	63
Cuadro 12. Sistema de producción de los custodios de la región norte del estado de Puebla 2010.....	64
Cuadro 13. Características cualitativas de 17 poblaciones de maíz (11 Palomeros, 3 Arrocillos y 3 Testigos).....	64
Cuadro 14. Cuadrados medios y su significancia de las variedades analizadas .....	65
Cuadro 15. Valores medios de 17 poblaciones de maíz con respecto a las variables relacionadas con la expansión del grano .....	66
Cuadro 16. Características de 17 poblaciones de maíz que comprenden las 14 variables en estudio .....	67
Cuadro 17. Valores de distancia euclidiana y pasos enlace para 17 poblaciones de maíz y 14 características, método de enlace completo.....	68
Cuadro 18. Medias de cuatro grupos formados a un nivel de distancia de 4.3667 del análisis de conglomerados para las 14 características evaluadas.....	69
Cuadro 19. Coeficientes de vectores y valores propios del análisis de componentes principales y proporción de la variación explicada y acumulada .....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diagrama utilizado en pruebas preliminares de expansión de grano. ....	29
<b>Figura 2.</b> Volumen de la producción total de maíz palomero de los años 2010 al 2014 en México.....	42
<b>Figura 3.</b> Rendimiento promedio anual de maíz palomero en ton ha <sup>-1</sup> de los años 2010-2014.....	43
<b>Figura 4.</b> Tendencia de volúmenes de importación de maíz palomero del 2007 al 2015.....	45
<b>Figura 5.</b> Comportamiento del volumen de producción e importación de maíz palomero de los años 2012 al 2014.....	45
<b>Figura 6.</b> Porcentaje histórico del valor de mercado nacional de botanas.....	53
<b>Figura 7.</b> Participación de las botanas de maíz en el mercado nacional (miles de kilogramos).....	53
<b>Figura 8.</b> Dendograma para la clasificación de 17 poblaciones de maíz basados en caracteres y expansión de grano.....	68
<b>Figura 9.</b> Cargas de la distribución de las variables con su peso sobre los dos primeros componentes principales.....	71
<b>Figura 10.</b> Distribución de las 17 poblaciones evaluadas en base a los dos primeros componentes principales, considerando 9 variables de tamaño de grano y 5 de capacidad de expansión.....	72
<b>Figura 11.</b> Resultados de las pruebas de expansión de grano en poblaciones del Grupo 1.....	73
<b>Figura 12.</b> Resultados de las pruebas de expansión de grano en poblaciones del Grupo 2.....	73
<b>Figura 13.</b> Resultados de las pruebas de expansión de grano en poblaciones del Grupo 3.....	74
<b>Figura 14.</b> Resultados de las pruebas de expansión de grano en poblaciones del Grupo 4.....	74

## RESUMEN

El presente estudio comprende un análisis integral sobre el maíz palomero (*Zea mays. everta*) en México. Para su análisis se dividió en dos secciones, en la primera se realizó una investigación de mercados y en la segunda sección se realizaron estudios básicos en 14 poblaciones de maíz palomero en comparación con tres testigos comerciales. Las 14 poblaciones provienen de los estados de Puebla, Tlaxcala y México y se encuentran bajo resguardo en el Banco Nacional de Germoplasma de los Productores de Maíz de México (BNGPMM) con sede en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).

En la investigación mercadológica los objetivos fueron recopilar información relevante y concisa del maíz palomero con respecto a la situación actual de éste en la industria. Su análisis permitió concluir que el maíz palomero es un maíz diferenciado (de especialidad) de alto valor agregado que se destina al consumo humano directo bajo la forma de botana o golosina dulce o salada, que se obtiene al expandir el grano mediante un proceso de cocción. Actualmente se tiene a escala mundial una producción de 800,000 a 1, 000,000 de toneladas anuales, donde la cadena de valor se caracteriza por tener una estructura negocio vertical que comienza en la producción y termina en el consumidor final. Los cuatro principales productores de maíz palomero son: Estados Unidos, Argentina, Francia y Hungría en Europa y Sudáfrica, siendo Argentina el primer exportador en el mundo, seguido por EEUU. La superficie sembrada en EUA es de superficies superiores a 60,000 has con rendimientos de 6 a 7 ton ha<sup>-1</sup>; Argentina con 68, 000 has con rendimientos de 3.8 ton ha<sup>-1</sup> y 6 ton ha<sup>-1</sup>. En México se siembran aproximadamente 515 has con rendimientos promedios de 4 a 5 ton ha<sup>-1</sup>, siendo el estado de Tamaulipas el único en donde se producen aproximadamente 3 mil toneladas anuales, aunque eventualmente se siembra en Guanajuato, Sonora y Aguascalientes. En México, la demanda interna el periodo 2007 -2009 fluctuó entre 30 y 40 mil toneladas anuales, por lo que se importaron de Estados Unidos de América y Argentina entre 27 a 37 mil toneladas (97%), lo que representa una fuga de divisas con montos de 300 a 400 millones de pesos, por lo que para satisfacer la demanda interna sin depender del

mercado internacional, se requieren sembrar una superficie aproximada de 15, 000 has. En 2015 se importaron 79, 107.65 toneladas, el 84.5% se importó de EUA y el 15.5% de Argentina. Lo anterior señala que la tendencia en las importaciones es creciente. El costo de producción estimado en Tamaulipas en 2011 fue de \$9, 437.00 ha<sup>-1</sup> y a un precio de \$4, 500.00 la tonelada y un rendimiento de 3.5 ton ha<sup>-1</sup>, representa un ingreso bruto de \$15, 750.00 con una utilidad neta de \$6, 313.00 ha<sup>-1</sup>, lo que representa una relación beneficio-costo (15, 750.00/9437.00) de 1: .66, es decir que por cada peso gastado se tiene una ganancia de \$0.66 adicionales.

La competencia mundial está dada por la empresa transnacional “*ConAgra Foods*” que es el principal productor de grano para palomitas de maíz para microondas con ventas en 30 países con marcas reconocidas estando la sede en el estado de Nebraska, EEUU. De las importaciones se consumen principalmente en Cinépolis que tiene el 66% de las ventas de exhibición en cines, además también son ampliamente consumidas por el sector infantil en parques, cines y a nivel casero. A nivel mundial en un estudio realizado por Nielsen, el 29 por ciento consume palomitas de maíz.

La segunda sección se llevó a cabo en el BNGPMM, con los objetivos de probar la capacidad de expansión de grano de 14 poblaciones de maíces de las razas Palomero y Arrocillo provenientes de los estados de Puebla, Tlaxcala y México y ver la correlación que existe entre las características del grano y las de expansión, en la que se incluyeron tres testigos comerciales. Se evaluaron cuatro características cualitativas y 14 variables cuantitativas y de expansión del grano. Se efectuaron análisis de varianza para los caracteres de expansión de grano y se realizaron análisis de conglomerados y componentes principales que incluyeron las 14 variables evaluadas. En los resultados se observó una variación en color de grano entre las poblaciones presentando colores de amarillo, blanco o crema; tipo de grano cristalino o semicristalino y superficie del grano dentada o puntiaguda. Los análisis de varianza mostraron diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) entre poblaciones, además se observó que los coeficientes de variación fueron muy bajos y aceptables con porcentajes de 2.54% para número de granos en 50cc (NG/50cc), 12.21% para número de granos explotados (NGE) de 16.72% para las variables volumen de

palomitas de 50cc (VPde50cc) y aumento de volumen en veces (AVenV). Con el análisis de conglomerados se determinó la formación de cuatro grupos principales: en el Grupo1 se encuentran las poblaciones 1 del estado de Puebla, y 12, 13 y 14 del estado de México, que junto con la población 6 del estado de Tlaxcala, ubicada en el Grupo 2, tuvieron buen comportamiento en las pruebas de expansión de grano, el Grupo 3 se formó con poblaciones que presentaron altos promedios para tamaño de grano y el Grupo 4 se constituyó con los tres testigos comerciales. En el análisis de componentes principales, con dos componentes se explicó el 78.8% de la variación total de los datos, las variables con mayor peso que permitieron separar a las poblaciones en grupos definidos fueron: longitud de grano (LG), grosor de grano sobre longitud de grano (GG/LG), NG/50cc y NGE en el primer componente principal (CP1), en el segundo (CP2) sobresalen grosor de grano (GG) y peso de 100 granos (P100G). La variable LG, se correlacionó negativamente con las variables de expansión tales como NG/50CC ( $r=-0.952^{**}$ ), VPde50cc ( $r=-0.781^{**}$ ) y NGE ( $r=-0.854^{**}$ ). Por otra parte se observaron valores de correlación altamente significativos entre las variables de calidad de expansión, presentándose una correlación positiva entre NG/50cc con NGE ( $r=0.930^{**}$ ) y VPde50cc ( $r=0.813^{**}$ ).

**Palabras clave:** Investigación de mercados; *Zea mays*; maíz palomero, características de expansión del grano.

Correo electrónico: sergio\_rojas120@hotmail.com  
**Sergio Rojas Gómez**

## INTRODUCCIÓN

Después del Tratado de Libre Comercio, México se enfrenta en la actualidad a tendencias globales en las que los países ricos exportan productos básicos hacia los países en desarrollo, en donde se han afectado a los medianos y pequeños productores generando una crisis productiva agrícola.

El maíz palomero (*Zea mayz everta*) es una variedad que se utiliza para hacer palomitas de maíz, en cuyo proceso de cocción explotan porque sus granos tienen un pericarpio duro que sella la humedad dentro, así como un relleno almidonado. Mundialmente este grano es conocido y considerado como un maíz de alta escala y de especialidades, que de acuerdo a Villanueva (2008) la producción mundial representa únicamente 1 % comparado con los diferentes tipos de maíz, así mismo, en el aspecto comercial representa un negocio de millones de dólares y cuyos países oferentes mundiales disponen volúmenes superiores a 300 mil toneladas anuales, donde los principales productores y exportadores en el mundo son Estados Unidos de América y Argentina.

México demanda altos volúmenes de maíz palomero que es consumido en la forma muy peculiar de palomitas de maíz en todas sus presentaciones y sabores; a nivel casero, en centros comerciales, de diversión y por supuesto en los cines, además en eventos deportivos celebrados en ciertas fechas.

Lo anterior, para satisfacer la necesidad de consumo, obliga a nuestro país a importar el volumen faltante que la producción no cubre, siendo el 97% proveniente de los países mencionados; Argentina y EUA, ya que solo se produce un volumen promedio de 2,500 toneladas, precisamente en el estado de Tamaulipas, según reportes y dicho consumo nacional es superior a 81,000 toneladas.

En el BNGPMM con sede en la UAAAN se cuenta con poblaciones criollos de maíz de la raza Palomero que pueden ser considerados como base de un programa de

mejoramiento genético para generar variedades e híbridos con calidad palomera e introducirlo al mercado de las “palomitas” que es muy aceptado por la población.

Lo anterior impacta a nivel nacional y local para el aprovechamiento del germoplasma propio de México que está en peligro de extinción, darle un valor agregado al producto “maíz palomero” y explotarlo por sus atributos propios de producir palomitas de maíz, posicionándolo en un mercado y que sean altamente competitivos, mejora continua en los procesos de producción con visión prospectiva de innovación para satisfacer la necesidades de lo que el cliente o consumidor desea. Así mismo, reducir las importaciones y las fugas de divisas, generar empleos y por ende beneficiar económicamente a los productores mismos, ya que solos no pueden acceder al mercado competido por carecer de calidad y atributos de expansión requeridos por los clientes de las botanas.

### **Planteamiento del problema**

De acuerdo a las estadísticas en México, la situación del maíz palomero comercial antes del año 2010, la producción nacional fue de 3,000 toneladas y el consumo nacional en esos años fue de 30 - 40 mil toneladas por lo que se importaron de 27 a 37 ton, generando una fuga de divisas de 300 a 400 millones de pesos. Información más reciente en el año 2014 el volumen de producción nacional fue de 2,358 ton y la demanda de consumo nacional fue superior a 66,000 ton. En el año 2015, el volumen de importación ascendió hasta 79, 107.65 toneladas con un valor de US \$48, 469, 972 (SIAVI, 2015) y la producción nacional se mantiene en el mismo parámetro, por lo que, el volumen restante se tiene que importar de Estados Unidos de América y Argentina.

El panorama anterior se debe a que actualmente en el país, no se cuenta con híbridos competitivos, productos de programas de mejoramiento genético dirigidos a la obtención de híbridos palomeros, no se contempla un recurso en el Plan Nacional de Desarrollo, falta implementar paquetes tecnológicos adecuados y un buen manejo post cosecha, lo que obliga a estructurar un programa nacional de apoyo a los productores custodios de la raza de maíz Palomero, rescatando y aprovechando su



potencial por sus características de adaptación y mejorar sus atributos de expansión de grano lo que permitirá que se le catalogue como un maíz de especialidad y se rescate esta raza que está en peligro de extinción.

### **Justificación**

México es un importante país productor de maíz, pero con respecto a la producción de variedades de maíz palomero, actualmente no existen apoyos o programa alguno en el aspecto de mejoramiento genético, proyectos o presupuestos de apoyo gubernamental, que permitan incentivar a los productores y a las empresas e instituciones a reducir las importaciones que cada día hace ser más dependiente al país de los Estados Unidos de Norteamérica y Argentina para satisfacer la demanda de consumo nacional. El maíz palomero importado y la escasa producción en México por empresas particulares, cumplen con altos estándares de calidad que demandan los consumidores en las botanas, ya que han generado variedades o híbridos que cumplen con los atributos de expansión requeridos. Los resultados de la presente investigación serán utilizados principalmente para identificar cuál es la situación actual del maíz palomero comercial, los principales países productores y consumidores, competencia en la industria y la tendencia futura de importaciones, Cuál es el sistema de producción de las poblaciones criollas de palomero en México, particularmente en los estados de México, Puebla y Tlaxcala para identificar la oportunidad de negocio y poder dar inicio a un programa de mejoramiento genético con materiales criollos de la raza Palomero con que cuenta el BNGPMM en la UAAAN. Lo anterior permitiría además en un futuro contribuir en satisfacer la demanda de consumo interno y por ende coadyuvar a reducir en un porcentaje importante el volumen de importación, lo que beneficiaría por su valor agregado a los productores, sus familias, las comunidades y al país

### **Objetivo general**

El objetivo general de este documento es realizar, tanto una investigación de mercados que contenga información del entorno sobre la situación actual del maíz palomero en México; así como el análisis de las características de las poblaciones de

la raza Palomero, pruebas preliminares de expansión para conocer la oportunidad de mercado y dar inicio a un programa de mejoramiento genético continuo en el que se generen variedades e híbridos palomeros competitivos.

### **Objetivos específicos**

- Obtener información de diversas fuentes documentales: electrónicas, gubernamentales, artículos científicos, tesis y revistas del ramo de la industria palomera e interpretar las mismas con el propósito de fortalecer el estudio de mercado (oferta, demanda, precios, costos de producción, comercialización. etc.)
- Analizar con información propia del Banco Nacional de Germoplasma de los Productores de Maíz de México (BNGPMM) las encuestas sobre los sistemas de producción de los custodios de las razas de maíz palomero de los estados de México, Puebla y Tlaxcala.
- Realizar pruebas básicas de expansión en granos de las poblaciones de maíz palomero en comparación con testigos o variedades comerciales utilizando un diseño completamente al azar.
- Efectuar análisis estadísticos con la información de las características morfológicas y expansión de grano de las poblaciones en estudio utilizando análisis de conglomerados y componentes principales.
- Ampliar la base de datos de las poblaciones de la raza de maíz palomero que cuenta ya con información de las características agromorfológicas de las poblaciones bajo estudio.

### **Hipótesis**

**H<sub>1</sub>** El maíz palomero es una oportunidad de negocio para los productores de México por su alta demanda y carencia de híbridos comerciales.

**H<sub>2</sub>** En México se necesita realizar mejoramiento genético de maíz palomero aprovechando el germoplasma de los productores.

# REVISIÓN DE LITERATURA

## MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

### 1.1 La investigación de mercados (Sección 1)

La investigación de mercados es un proceso objetivo y sistemático en la que se recopila y se analiza la información ayudando a la toma de decisiones de mercado de manera sistemática. Este proceso incluye la especificación de la información requerida, el diseño del método para recopilar la información, la administración y la ejecución de los datos, el análisis de los resultados y la comunicación de los hallazgos y sus implicaciones (Zikmund, 1998).

#### 1.1.1 Fases de la investigación de mercados

De acuerdo a Zikmund (1998), en la investigación mercadológica se siguen protocolos en la búsqueda, concentración y análisis de la información, BBVA Con Tu Empresa (2012) enfatiza que se debe realizar bajo los siguientes puntos:

##### Fase 1. Diseño de la investigación

El primer paso en toda investigación de mercado ha de ser detectar el problema que hay que resolver y establecer unos objetivos para lograrlo. Una vez hecho esto, se podrá hacer una investigación preliminar que permita extraer información de la situación aproximada del mercado.

##### Fase 2. Obtención de la información

El primer paso para obtener la información es revisar las fuentes de datos secundarios de las que se dispone (Internet, estudios de mercado ya publicados, etc.) para ver si se puede extraer alguna información de interés. En caso negativo o de que ésta sea insuficiente, se recurre a las fuentes de información primarias.

Para poder acceder a ellas, habrá que determinar primero el método de obtención de la información. Las fuentes primarias más populares son el cuestionario y la encuesta, aunque existen otros métodos. En cualquier caso, habrá que determinar primeramente el tamaño de muestra de la población a la que se realizará la encuesta, posteriormente se recopila la información a través de encuestas, por correo u otro método.

#### Fase 3. Tratamiento y análisis de los datos

Una vez obtenidos los datos en la fase anterior, el siguiente paso será procesarlos, normalmente mediante la creación de una base de datos para que sea más fácil trabajar con ellos.

#### Fase 4. Interpretación y presentación de los resultados

Una vez conseguida la información de tipo estadístico en la fase anterior, será necesario traducir dicha información a términos económicos para que pueda ser entendida por los responsables de marketing de la empresa. Para ello, la información estadística ha de ser interpretada y, posteriormente, se elaborará un informe donde se incluyan las recomendaciones sobre las medidas que hay que tomar para lograr los objetivos propuestos.

### **1.1.2 Sistema de producción agrícola rural**

Los pequeños agricultores tienen a su cargo la producción de la mayor parte de los alimentos que se consumen en los países en desarrollo; no obstante, por lo general, son mucho más pobres que el resto de la población de estos países, la seguridad alimentaria a la que tienen acceso es menor que aquella de los pobladores urbanos de bajos ingresos. Para el 2030 la mayor parte de la población mundial vivirá en áreas urbanas, las poblaciones agrícolas se mantendrán en el nivel actual. Ante esta situación, es evidente que la lucha contra el hambre y la pobreza en casi todo el mundo implica encarar los problemas que los pequeños agricultores enfrentan en su lucha diaria por la supervivencia (FAO, 2001). De acuerdo a Vidal (2006) un sistema se identifica como los conjuntos de elementos o entidades que guardan estrechas relaciones entre sí y que mantiene al sistema directa o

indirectamente unido de modo más o menos estable y cuyo comportamiento global persigue, normalmente, algún tipo de objetivo.

Fregoso y Cotler (s/f) citan que los sistemas de producción agropecuarios se definen como el conjunto de insumos, técnicas, mano de obra, tenencia de la tierra, los factores ambientales y la organización de la población para producir uno o más productos agrícolas y pecuarios.

### **1.1.3 Definición de productividad**

Hoy en día no es competitivo quien no cumple con calidad, producción, costos adecuados, tiempos estándares, eficiencia, innovación, nuevos métodos de trabajo, tecnología, y muchos otros conceptos que hacen que cada día la productividad sea un punto de cuidado en los planes a corto y largo plazo. Qué tan productiva o no sea una empresa podría demostrar el tiempo de vida, independientemente de la cantidad de productos fabricados. Por estas razones, la productividad es un factor fundamental en el desarrollo diario de todo negocio (Business Solutions, s/f).

En la empresa el término “Productividad” puede definirse como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados. En la fabricación, la productividad sirve para evaluar el rendimiento, las máquinas, los equipos de trabajo y los empleados. Productividad en términos de empleados es sinónimo de rendimiento. En un enfoque sistemático se dice que algo o alguien es productivo cuando con una cantidad de recursos (insumos) en un periodo de tiempo dado obtiene el máximo de productos (Business Solutions, s/f). En otra definición la productividad es la relación entre el resultado de una actividad productiva y los medios que han sido necesarios para obtener dicha producción. En el campo empresarial se define la productividad empresarial como el resultado de todas las acciones que se deben llevar a término para conseguir los objetivos de la empresa y un buen clima laboral, teniendo en cuenta la relación entre los recursos que se invierten para alcanzar los objetivos y los resultados de los mismos (Emprende PyME, 2008).

En términos de agricultura, el Organismo Internacional de Energía Atómica (s/f) en su artículo de productividad agrícola, enfatiza que el incremento de la productividad agrícola es una fuerza impulsora del desarrollo económico y social. Cuando la agricultura se tambalea, las fuentes de ingreso se pierden, las relaciones sociales se quiebran, y por consiguiente, aumenta la movilidad de la sociedad. Las tecnologías actualizadas, la mejora de las plantas y el ganado, el perfeccionamiento de las prácticas de gestión de los suelos y el agua no solo combaten la inseguridad alimentaria, sino que son importantes para lograr prácticas de agricultura sostenible para mantener en equilibrio apropiado entre la conservación y el uso de todos los recursos necesarios para la producción de cultivos y la cría de ganado.

#### **1.1.4 Factores de la productividad<sup>1</sup>**

Dentro de la productividad existen factores que influyen externa e internamente en la producción agrícola o según sea el caso, lo que hace ser competitivos y que se cumple con las expectativas de los clientes en las demandas con calidad.

##### Factores externos

- La calidad y disponibilidad de los recursos, ya que afecta a la producción de productos y servicios.
- La disposición de la industria, los cambios en el sector y la aparición de nuevos competidores, lo que hace es que aumente la competitividad incentivando la mejora continua en el clima y la cultura organizacional.
- El nivel de capital y su aumento, el cual facilita o no el nivel de inversión futuro.
- Los avances tecnológicos, porque mejoran el nivel y calidad de los conocimientos y los equipos utilizados.

##### Factores internos

- Terrenos y edificios
- Recursos Materiales
- Energía

---

<sup>1</sup> Business Solutions, (s/f); Tapia (1999)

- Máquinas y equipo
- Recursos humanos

La productividad es la relación existente entre insumos y productos, en tanto que la eficiencia representa el costo por unidad de producto. En las empresas que miden su productividad, existe una fórmula que se utiliza con frecuencia:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Número de unidades producidas}}{\text{Insumos utilizados}}$$

### 1.1.5 Factores de la producción<sup>2</sup>

Los factores de producción son los recursos que forman parte de la creación de un producto. Los bienes libres que están ligados a la producción, como el aire o la fuerza de gravedad, no son tomados como factores de la misma ya que no entran en transacciones económicas y su precio es nulo.

- **Tierra**

Como término económico la tierra comprende a todos los recursos naturales cuyo suministro es limitado, la cantidad de tierra disponible es finita. Es fundamental para la producción de todos los bienes.

- **Trabajo**

El trabajo es el esfuerzo humano, físico o mental, utilizado en la producción de bienes, incluyendo el conocimiento técnico en la producción de bienes y servicios. La remuneración de este factor es el salario, que depende principalmente de la productividad de la labor pero también de la idiosincrasia, las estructuras sociales, el accionar del gobierno entre otros.

- **Capital**

El capital son los recursos que han sido producidos por la mano del hombre y que son usados en la producción de otros bienes. En algunas circunstancias, se denomina capital al dinero, sin embargo, dado que el dinero por sí solo no contribuye a la elaboración de otros bienes, no se considera como un factor de producción.

---

<sup>2</sup> Subgerencia Cultural del Banco de la República (2015); Montoya (s/f); La Economía (s/f).

## **1.2 Aspectos generales sobre un plan de negocio**

Un negocio, consiste en una actividad, sistema, método o forma de generar valor a aquella entidad o persona que es su dueño, lo implementa, o lo explota, como aquellos a quienes dirige la oferta de bienes o servicios (ITAM, s/f).

### **1.2.1 Idea de negocios**

Una idea de negocios según el manual de la Organización Internacional del Trabajo (1999) es una descripción corta y precisa de las operaciones básicas de un negocio que se piensa iniciar. Un buen negocio empieza con una buena idea de negocios. Es necesario tener una idea clara de la clase de negocio que desea operar. Básicamente una idea de negocio suele ser producto de:

1. Las necesidades insatisfechas que se manifiestan en un determinado mercado.
2. Necesidades actuales que se proyectan en el futuro inmediato.
3. Nuevas necesidades que se pueden presentar en el futuro.
4. Inquietudes e intereses personales.
5. Deficiencias en productos y servicios existentes.

### **1.2.2 Tipo de negocios**

También de acuerdo a la Organización Internacional del Trabajo (1999) los negocios pueden ser:

1. Minorista
2. Mayorista
3. Fabricante
4. Proveedor de servicios

### **1.2.3 Concepto de agronegocio**

Para efectos futuros del estudio, es importante conceptualizar que es un Agronegocio. Guerra y Aguilar (1997) citan que un agronegocio se podría definir como una unidad de decisiones que combina recursos naturales (tierra, agua, clima, etc.), humanos, capital, conocimiento (tecnología) e información para dedicarlos a producir bienes intermedios o de consumo final para un mercado determinado y



dentro de una operación rentable, o bien; el agronegocio es toda empresa que busca la mejor rentabilidad posible, a partir de la utilización eficiente y racional de los recursos.

#### **1.2.4 Un plan de negocios y sus características**

De acuerdo a Alcaraz (2006) un plan de negocios es un plan dinámico, herramienta importante que permite, concretar las ideas de manera formal y estructurada para que se logren las metas y objetivos planeados en el proceso administrativo. Señala que cada plan de negocios es diferente, tanto como el emprendedor mismo y la idea a la que dio origen, por lo que es imposible establecer un patrón completamente igual para todos los planes de negocios. Un plan de negocios debe ser claro, conciso e informativo. No debe presentar ambigüedades para que cualquier persona lo comprenda fácilmente, debe contener la información necesaria, es decir, no agregar más de lo indispensable y por último, se debe tener una imagen clara del proyecto como las áreas de oportunidad así como sus ventajas competitivas, que facilite su implantación y se asegure un desarrollo adecuado del mismo.

#### **1.2.5 Estructura de un plan de negocios**

De acuerdo a Santander (s/f) es muy importante que los nuevos empresarios redacten bien sus planes de negocios para que se tenga éxito.

Los apartados principales que debe contener un plan de negocio o proyecto son:

##### **a. Definición del proyecto**

Se realiza una introducción en la que se describe el proyecto, introduciendo al lector al desarrollo del negocio empresa o proyecto empresarial de vinculación con impacto social. Plasmar un objetivo dando a conocer la naturaleza y descripción del proyecto a través de la estrategia del negocio considerando los siguientes elementos: Nombre del proyecto o empresa, naturaleza, descripción y justificación del proyecto, misión y visión, Análisis FODA y los objetivos estratégicos.

b. Estudio de mercado

Constituye la base del proyecto con el cual se pretende minimizar el riesgo que enfrentará el producto o servicio al intentar penetrar en el mercado.

Se incluyen: a) antecedentes b) investigación de mercado, c) estrategias de comercialización: producto, precio, plaza y/o canales de distribución. Promoción, identificar a los principales clientes y su demanda estimada, definición de los principales competidores, aspectos jurídicos, d) pronósticos de venta.

c. Estudio técnico

Se deberán desarrollar los siguientes apartados:

- Introducción. Se explica el estudio de viabilidad para lograr obtener productos o servicios a un costo competitivo.
- Objetivo. Demostrar que el proyecto planteado resulte viable técnicamente.

Los puntos a desarrollar son:

- a) Proceso productivo
- b) Características del servicio
- c) Características de la tecnología
- d) Características de la vinculación con impacto social
- e) Localización de las instalaciones de trabajo
- f) Sustentabilidad del proyecto

d. Estudio administrativo

Breve introducción del éxito que se tendría en la instalación y operación del proyecto.

Objetivos. Describir la propuesta organizacional y trayectoria de sus posibles directivos.

Desarrollo del siguiente apartado:

Características:

- Información general
- Evaluación y principales logros de la empresa
- Estructura de la organización
- Plantilla laboral

e. Estudio financiero y económico

Introducción: Su análisis permite tomar una decisión final sobre la realización del proyecto desde el punto de vista del empresario y de las instituciones financieras

Objetivo: Presentar la rentabilidad del proyecto, con una Tasa Interna de Retorno (TIR) mayor al 20%.

Estados pro forma que contempla el proyecto:

- Presupuesto de inversión.- Se obtendrán de las partidas de las listas de bienes y servicios.
- Presupuesto de ventas.- Este tendrá su origen en el pronóstico de ventas generado en el capítulo de mercado.
- Presupuesto de costos y gastos.- Presentar por separado presupuestos de ingresos, costos y gastos incluyendo impuestos, los cuales servirán de base para el cálculo del punto de equilibrio.
- Estado de resultados del proyecto.- Será elaborado a partir de la información obtenida en los presupuestos de ingresos, de costos y gastos.
- Capital de trabajo.- Su cálculo tendrá como base las políticas de: inventarios, ventas y compras, considerando el efectivo mínimo requerido para la operación normal del proyecto.
- Balance pro forma.- A cinco años en base a la información anterior.
- Tasa Interna de Retorno (TIR) y Valor Presente Neto.- Estos indicadores miden el rendimiento de la inversión total asignada al proyecto, sin distinguir si los recursos son propios o ajenos.
- Principales razones financieras.- Liquidez, endeudamiento y rendimiento de capital.
- Punto de equilibrio.- Se presentará el análisis anual.
- Flujo de efectivo.- Se consideran cinco años incluyendo el costo del proyecto para determinar la TIR.

### **1.3 El maíz palomero y su clasificación (Sección 2)**

En esta sección se aborda la literatura respecto al maíz palomero y sus atributos de expansión.

### 1.3.1 Origen del Maíz

Tenaillon *et al.* (2001) indican que de acuerdo a evidencias arqueológicas, el maíz se originó en México en la cuenca del Balsas entre 7,500 y 10,000 años. Por su parte Acosta (2009) menciona que el maíz tiene sus orígenes en Mesoamérica siendo México el primer centro de diversidad genética y la Zona Andina el secundario donde el cultivo ha tenido una rápida evolución. Además indica que existen cuatro modelos que tratan de explicar los indicios del origen del maíz, los cuales son: a) evolución vertical del maíz moderno a partir del silvestre; b) progresión de teocintle a maíz; c) separación del maíz y el teocintle, originados ambos en un ancestro común, habiéndose separado durante el proceso evolutivo; d) hibridación, habiéndose originado el maíz como un híbrido entre teocintle y una gramínea desconocida. Por otra parte indica que existen evidencias a favor del teocintle como ancestro directo del maíz, donde se han investigado las relaciones filogenéticas de las especies del género *Zea*, a través de estudios isoenzimáticos y moleculares. Estas evidencias corroboran la teoría del teocintle como ancestro del maíz, siendo el más cercano el teocintle anual de los Balsas (*Zea mays* spp. *parviglumis*).

Por su parte Carrera *et al.*, (2012) también indican que el maíz (*Zea mays* spp *mays*) se originó a partir del teocintle anual raza Balsas (*Zea mays* spp *parviglumis*) proveniente de la parte central de la región Balsas del estado de Guerrero y señala que para ambas subespecies aún quedan muchas preguntas por responder al considerar cómo y cuando ocurrió el proceso de domesticación y dispersión.

### 1.3.2 Clasificación taxonómica

Desde el punto de vista de la Botánica Sistemática, el maíz se clasifica de la siguiente manera de acuerdo a los siguientes autores (Valladares, 2010; Peña, 2011 y Sánchez, 2011).

Reino: *Plantae*

Subreino: *Tracheobionta*

División: *Espermatofitas*

Subdivisión: *Angiospermas*

Clase: *Liliopsida (Monocotiledóneas)*

Subclase: *Commelinidae*

Orden: *Poales*

Familia: *Poaceae (Gramineae)*

Subfamilia: *Panicoideae*

Tribu: *Maydeae*

Subtribu: *Tripsacinae*

Género: *Zea*

Especie: *Mays* L.

### **1.3.3 Clasificación sexual del maíz**

En cuanto a la caracterización sexual, el maíz es una planta de reproducción sexual, ya que se multiplica por semillas, siendo su embrión fruto de la fusión de un gameto masculino con uno femenino. Es una especie monoica por encontrarse el androceo y el gineceo en la misma planta es decir presenta flores unisexuales y están en el mismo pie tanto las flores masculinas como las femeninas, la flor es incompleta pues carece de periantio floral, es decir, no posee ni pétalos ni sépalos. También se conoce como flor imperfecta por encontrarse flores pistiladas o estaminadas, o sea que tiene los dos órganos sexuales pero en flores diferentes. Protandra: por hacer dehiscencia la antera antes de que los primeros estigmas sean receptivos.

El maíz posee una dotación cromosómica de  $2n = 20$ .

### **1.3.4 Morfología del maíz**

El maíz es una planta herbácea anual, cuyo ciclo vegetativo puede variar entre 80 y 200 días, desde maíces ultra precoces hasta ultratardíos. Con respecto a la morfología de la planta de maíz Valladares (2010) incluye las siguientes características.

Planta: existen variedades enanas de 40-60 cm de altura y también gigantes que alcanzan hasta 5 m, con un diámetro de 1.5-4.0 cm, sus tallos están llenos de pulpa que sirve para almacenar las reservas producidas durante la fotosíntesis.

**Sistema radicular:** es fasciculado de gran potencia y desarrollo rápido. A nivel seminal se compone de 1-4 raíces que pronto dejarán de funcionar dando origen al embrión. Las raíces adventicias, ocupan casi toda la totalidad del sistema, alcanzando hasta 2 m de profundidad cuando la humedad de reserva del suelo se mantiene en óptimas condiciones. Las raíces de soporte se originan en los nudos basales para una mayor estabilidad de la planta y participan también en el proceso fotosintético y finalmente las raíces aéreas las cuales no alcanzan la superficie del suelo.

**Tallo:** la planta presenta un solo tallo o caña aunque pueden aparecer tallos secundarios o brotes llamados hijuelos en la base principal del tallo, la producción de la mazorca se origina únicamente en el tallo principal leñoso y cilíndrico, compuesto de nudos y entrenudos, los cuales varían de 8-25 con un promedio de 14, exponiendo una hoja en cada nudo y una yema en la base de cada entrenudo y puede tener alturas de hasta más de cuatro metros en variedades tropicales.

**Hojas:** son largas, anchas, abrazadoras (aurículas) con bordes generalmente lisos y recubiertos de una ligera pilosidad que les confiere un tacto áspero. Los limbos pueden llegar a medir hasta un metro de longitud con 20 cm de ancho en hojas bien desarrolladas. Es una vaina foliar (lígula) pronunciada, cilíndrica en su parte inferior y que cubre a los entrenudos del tallo, pero con los extremos desnudos. Su color usual es verde, pero se pueden hallar rayadas en blanco y verde o verde y púrpura, presentándose en igual cantidad que los entrenudos.

**Sistema Floral:** La inflorescencia masculina se encuentra en la extremidad del tallo agrupada por panículas donde se produce el polen el cual es arrastrado por el viento hasta caer sobre las barbas germinales y crece a través de los estilos que alcanza los ovarios donde ocurrirá la fecundación. Las yemas de la inflorescencia femenina localizadas en la base de los entrenudos del tallo, se llegan a formar de 1-3 elotes que contienen los ovarios que a su vez, se convertirán en granos después de la polinización. Cada ovario tiene un estilo o estigma de gran longitud con colores normalmente amarillento o blanco, que sobresale de las hojas modificadas o

brácteas las cuales forman las hojas que recubren a la mazorca, estos estigmas toman un color oscuro, pardo rojizo, cuando las flores son fecundadas, la mazorca formada contiene una parte central llamada zuro u olote que viene a representar entre el 15 y 30% del peso total.

Fruto: son granos o cariósides que se encuentran a razón de 600-1000 por mazorca, dispuestos en hileras en el olote, con un promedio de 14 y pueden ser dentados o sedimentados, también cristalinos u opacos, dependiendo de la variedad; en cuanto a su color, destacan los maíces blancos y los amarillos (mayor contenido de caroteno), los cuales son preferidos por la agroindustria. En el caso de una mazorca de maíz palomero tiene un promedio de 1000 semillas que tienen un peso de 100 gramos, en contraste una mazorca de variedad harinosa puede tener un peso de hasta más de 1200 gramos.

### **1.3.5 Razas de maíz**

Para Anderson y Cutler (1942) el concepto de raza comprende al conjunto de individuos con suficientes características en común que permiten ser reconocidos como un grupo, y desde el punto de vista genético a un grupo de individuos con un número significativo de genes en común, donde las razas principales tienen un número menor en común que las sub-razas. Por otra parte Benson (1962) señala que una raza es una subdivisión natural dentro de una especie, la cual se distingue genética, geográfica y ecológicamente.

El concepto utilizado por Anderson y Cutler (1942) descrito anteriormente fue la base para la clasificación de razas en México por Wellhausen *et al.* (1951) quienes propusieron cinco grupos raciales los cuales presentan las siguientes características:

a) Razas indígenas antiguas: Palomero Toluqueño, Arrocillo Amarillo, Chapalote, Nal-Tel, tienen en común las siguientes características: Endospermo tipo maíz palomero, mazorcas pequeñas y son reventadoras.

b) Razas exóticas precolombinas: Cacahuacintle, Harinoso de Ocho, Sub-raza Elotes Occidentales, Olotón, Maíz Dulce. Estas razas fueron introducidas de Centro y

Sudamérica en épocas precolombinas, se caracterizan por tener granos largos y harinosos, de color blanco y suave, excepto para algunos genotipos de maíz dulce.

c) Razas mestizas-prehistóricas: Cónico, Elotes Cónicos, Reventador, Tabloncillo, Tehua, Tepecintle, Comiteco, Jala, Zapalote Chico, Zapalote Grande, Pepitilla, Olotillo, Sub-raza Dzit-Bacal, Tuxpeño, Vandeño. Se creó que estas razas son producto del cruzamiento de las razas Indígenas Antiguas y las Exóticas Precolombinas con la introgresión de teocintle. Son prehistóricas porque no se tiene evidencia histórica de su origen.

d) Razas modernas incipientes: Chalqueño, Celaya, Cónico Norteño, Bolita. Estas razas se han desarrollado desde la época de la conquista.

e) Razas no bien definidas: Conejo, Mushito, Complejo Serrano de Jalisco, Zamorano Amarillo, Blando de Sonora, Onaveño, Dulcillo del Noreste, Cristalino de Chihuahua. Son colectas que requieren una caracterización adecuada para clasificarlas.

De acuerdo a estudios más recientes (Garza *et al.*, 2009 y Figueroa *et al.*, 2013) señalan que en México existen 60 o más razas de maíz nativas, además de una gran cantidad de subrazas y variedades locales aún no bien caracterizadas.

Dentro de los materiales clasificados por Wellhausen *et al.* (1951), la CONABIO (2010) aporta información sobre el cultivo y la utilización de las tres razas incluidas en el presente experimento.

La raza Palomero Toluqueño actualmente se encuentra en peligro de extinción, su distribución es escasa en la región del Valle de Toluca y en otros lugares aislados de la parte Central Alta de México. Son materiales precoces y se consideran adecuados para la producción de palomitas por el carácter cristalino y reventador del grano, sin embargo, en México existen pocos programas de mejoramiento del maíz palomero para la producción de botanas. Esta raza prospera en lugares fríos y tiene espiga pequeña de gran utilidad para que no haya desperdicio de energía. En la región de Toluca está ligado a grupos indígenas y esto



es quizás por lo que aún lo conserva. El grano también se utiliza para elaborar tortillas.

La raza Arrocillo está adaptada a las zonas altas de la Sierra Norte del estado de Puebla, siendo el sostén de muchas comunidades Náhuatl. Prospera en lugares con abundante nubosidad y alta humedad relativa. Los materiales de color blanco se utilizan para la elaboración de tortilla, los materiales de color oscuro tienen alto contenido de antocianinas que están presentes tanto en pericarpio como en aleurona. Existen algunos tipos de grano predominantemente cristalino y de carácter reventador que pueden ser apropiadas para la producción de palomitas.

La raza Cónico se desarrolla en las áreas con baja precipitación o bien con temporal errático. Presenta un vigor de emergencia más alto que el Chalqueño y tolerancia al frío por lo que se distribuye a mayores altitudes en las faldas de los volcanes del centro de México. Ha sido de interés para agrandar las fronteras altitudinales de la siembra de maíz. La textura de la planta al secarse es más suave y con mejor palatabilidad que los materiales mejorados, por lo que es mejor como pastura para el ganado, la mazorca es más pequeña que la del Chalqueño.

#### **1.4 El maíz palomero (*Zea mays everta*) en la industria comercial**

Sánchez (2011) y Figueroa *et al.*, (2013) reportan que a finales del siglo XIX Sturtevant (1899) propuso una clasificación del maíz en seis grupos basado principalmente en la composición del endospermo, dentro de ellos se encuentra el maíz Palomero *Zea mays everta* Sturt. El maíz palomero es conocido en el Cono Sur como maíz Pisingallo el cual comprende razas de grano reventador con endospermo totalmente córneo donde la mayor variabilidad se encuentra en Argentina (Damilano y Safont, 1986).

##### **1.4.1 Tipo de endospermo del maíz palomero**

Tochihuitl *et al.* (2003) indican que el maíz palomero posee granos pequeños con un endospermo muy denso o vítreo sin espacios aéreos envuelto por un pericarpio grueso y resistente, donde las células del endospermo presentan

básicamente cuatro estructuras: paredes celulares, gránulos de almidón, matriz y cuerpos proteicos. Las paredes celulares son delgadas y encierran a los demás componentes. En ellas hay un alto contenido de fibra insoluble y soluble. Los gránulos de almidón ocupan la mayoría del espacio celular y están rodeados y separados por la matriz proteica que sirve como pegamento para mantener la estructura interna de la célula. Los cuerpos proteicos son redondos y muy pequeños si se comparan con las unidades de almidón, los cuales están dispersos en el espacio celular y en su mayoría incrustado en la membrana de los gránulos de almidón, cuanto mayor es la fuerza de adhesión entre almidón y proteína, mayor es la dureza del endospermo. Los gránulos de almidón, de forma poliédrica, se mantienen unidos unos a otros con una matriz proteica y con presencia de cuerpos proteicos. Esta estructura tiene una apariencia vítrea y traslúcida debido a que la luz no es difractada cuando pasa a través del endospermo. Narváez *et al.*, (2006a) indican que los gránulos de almidón del endospermo suave son principalmente esféricos y débilmente empaquetados en una matriz, mientras que los de maíz duro son poligonales y altamente empaquetados. Villanueva (2008) señala que, la adherencia entre la proteína y el almidón es suficientemente fuerte para apretar los gránulos más y más unos contra otros, por lo que la proteína pierde agua y se encoge, ya que en esta etapa, los granos de almidón son flexibles y al ser fuertemente comprimidos adquieren forma poliédrica.

Fassio *et al.* (2000) mencionan que el almidón es un polisacárido formado por dos polímeros de glucosa de alto peso molecular: amilosa y amilopectina. La amilosa constituye normalmente un 24-27% del almidón del maíz y la amilopectina conforma el 73-76% restante. En la amilosa las moléculas de D-glucosa están unidas entre sí por enlaces  $\alpha$ -(1-4) y se extiende formando cadenas lineales. La amilopectina, además de las zonas lineales con enlaces  $\alpha$ -(1-4), presenta ramificaciones en las que la glucosa se encuentra unida por enlaces  $\alpha$ -(1-6); lo que hace que su disposición espacial sea compleja, además indicando que los cultivares de endospermo duro presentan significativamente mayor porcentaje de amilosa que los de blando (87.1% vs 84.2%). Sin embargo, las proteínas serían el único componente del endospermo vinculado a la vitrosidad del endospermo.

#### **1.4.2 Cinética de explosión del grano de maíz palomero**

Villanueva (2008) reporta que el grano del maíz palomero al ser calentado actúa como una olla a presión, donde el pericarpio encierra el contenido del grano (almidón y agua, principalmente). A alta temperatura, el agua está tanto en la forma de vapor como en la forma sobrecalentada. La explosión ocurre cuando la presión acuosa interna del vapor excede la suma de la presión de explosión del pericarpio y la presión atmosférica. Esto ocurre a una temperatura interna del grano de entre 180°C y 190°C. A esta temperatura el almidón se encuentra fundido. Cuando el pericarpio se quiebra, el agua sobrecalentada se expande rápidamente (en menos de 1/15 de segundo), causando que el almidón fundido se expanda y resulte un producto liviano, blando y comestible. Al momento de reventar, el grano de maíz palomero expande su volumen hasta 30 a 35 veces, sin embargo, hoy en día algunos de los mejores híbridos se expanden más de 40 veces su tamaño original. El grado de expansión está relacionado con la cantidad de endosperma translúcido presente en el grano. En el endosperma translúcido (compacto) el agua se vaporiza hacia los hilos de los gránulos de almidón y expande los gránulos. La calidad del maíz reventador se define por factores como el volumen expandido, la forma de los granos reventados, los granos que quedan sin reventar, la textura y, por supuesto, el sabor. Su grado de expansión es particularmente importante, porque este maíz se compra por peso y generalmente su venta se hace por volumen, lo que incrementa en gran medida su valor comercial. Su textura se correlaciona positivamente con el volumen expandido.

#### **1.4.3 Requerimiento de humedad para la expansión del grano**

El porcentaje de humedad del grano es un factor muy importante que influye en la cantidad de granos que revientan y también en su volumen de expansión. Generalmente el grano tiene un buen comportamiento cuando contiene de 12 – 13% de humedad, sin embargo a nivel comercial se ha estimado un contenido de humedad de maíz palomero de 11.94% (Martines, 2006), por otra parte para lograr obtener la máxima expansión en la palomita de maíz, la humedad debe de ser del 13 al 14.5%; pero el 13.5% es considerado lo ideal (Serna, 1999). Si contiene menos de

este porcentaje de humedad la expansión del maíz se reduce. El producto ya expandido contiene menos de 3% de humedad, por lo que las palomitas son muy higroscópicas ya que absorben humedad hasta en ambientes con 20% de humedad relativa. Por consiguiente es preciso empacarlas inmediatamente para impedir pérdidas de calidad y textura.

Debido a que el almacenamiento y manejo puede afectar el contenido de humedad, los paquetes abiertos de grano de maíz deben ser almacenados en contenedores herméticos hasta no ser usados. No debe almacenarse el maíz para palomitas en el refrigerador ya que el aire dentro de éste contiene muy poca humedad y podría resecar el maíz (Popcorn USA, 2015).

#### **1.4.4 Estudios en el mejoramiento del maíz palomero**

Dentro del aspecto de mejoramiento genético del maíz palomero para el aprovechamiento de sus atributos propios de expansión en la producción de palomitas, Robles y Covarrubias (1966) señalan que en México no se han llevado a cabo programas de mejoramiento formales en maíces palomeros, por lo que para lograr obtener una variedad de buena calidad utilizó el método de selección recurrente aprovechando la correlación positiva entre el volumen de expansión y la densidad específica de las semillas. El método se aplicó para el mejoramiento de la variedad sintética Xaltepa I que muestra una regular capacidad de expansión de los granos. En su procedimiento utilizaron muestras de 100 granos de tamaño uniforme seleccionadas a través de mallas de los números 14 y 16, y se midió el volumen de cada una de ellas en centímetros cúbicos antes y después de la expansión obteniendo la relación de expansión en base al volumen de 100 granos de semilla. La expansión se llevó a cabo en una olla de tipo comercial, posteriormente se contó el número de granos que se expandieron, clasificándolos en: bien, regular y mal. Dentro de sus conclusiones comprobó la existencia de la correlación positiva ( $r=0.87^{**}$ ) entre densidad específica y capacidad de expansión, la cual es factible de aprovechar bajo el método de selección recurrente para mejorar la capacidad de expansión de los granos de la variedad Xaltepa I.

Por otro lado, Erazo (2009) en su investigación, menciona que en un programa de mejoramiento de maíz palomero los procedimientos y técnicas son similares a los utilizados para el maíz dentado, con pequeños ajustes por el pobre desempeño agronómico del maíz palomero. La razón es que este maíz se centra únicamente en su calidad para palomitas de maíz como, el alto volumen de expansión, textura, forma de los granos reventados, ausencia de cascara gruesa y por supuesto su sabor, y no se destacan las características agronómicas en la selección tales como el rendimiento, resistencia al acame, a plagas y enfermedades, además la base de germoplasma disponible en los programas de mejoramiento del maíz palomero no se comporta agronómicamente tan bien como el germoplasma base del maíz dentado, por lo que indica que es conveniente introducir germoplasma de maíz dentado en el maíz palomero para mejorar rasgos agronómicos. Un rasgo de calidad más importante a evaluar por el mejorador es el volumen de expansión; el cual se define como el volumen de palomitas en centímetros cúbicos por gramo de semilla (cc/g de semilla), en donde un alto volumen de expansión está asociado con el aumento en la cristalinidad del grano, y la proporción de endospermo translúcido que está altamente correlacionado con el volumen de expansión. Los fitomejoradores podrían alcanzar caracteres deseables para el maíz palomero incluyendo todos los atributos de una buena variedad de maíz cristalino o dentado.

Una gran aporte a la ciencia para futuras investigaciones fue realizado por Vielle *et al.* (2009) en la que lograron descifrar el genoma de la raza de maíz palomero coincidiendo que la domesticación del maíz fue a partir de su progenitor silvestre, el teocintle del Balsas (*Zea mays ssp. parviglumis*) nativo de México y Centro América. El análisis del genoma del maíz palomero se efectuó a partir de una combinación de secuenciación de genoma completo por “shotgun” y secuenciación filtrada por enriquecimiento de genes secuenciando los aproximadamente 2 Gb del genoma de la raza mexicana Palomero Toluqueño y compararon sus características con las del maíz B73 descifrada en EUA. Esta comparación reveló diferencias que confirman su origen antiguo, incluyendo un tamaño de genoma pequeño, contenido de retrotransposones y una frecuencia elevada de repeticiones de baja complejidad. El ensamblado y anotación del espacio génico del Palomero, resultó en la

identificación de grandes regiones cromosómicas de baja variabilidad nucleotídica enriquecidas con genes involucrados en las respuestas de la planta al ambiente, indicando que estos resultados abren nuevas perspectivas para el entendimiento de los cambios ambientales que moldearon la transformación del teocintle en maíz. Herrera (2006) señala que el maíz palomero tiene uno de los genomas más pequeños, no en número de genes sino en su tamaño, que es de mil 900 a 2 mil millones de pares de bases, indica que el mapa suma el desciframiento de 52 mil 500 genes y que es el primer genoma de una especie nativa mexicana que permitirá conocer las funciones básicas del maíz palomero, calidad de grano, aplicar mejoras biotecnológicas para hacerlo más resistente a la sequía y a diversas enfermedades y plagas y el uso de fertilizantes, entre otras aplicaciones.

En otro logro más reciente del mejoramiento genético, Valadez *et al.*, (2014) reportan que ante la necesidad de contar con tecnología propia, en 2008 a través del proyecto nacional de maíz palomero el INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias) con sede en el estado de Tamaulipas, entidad donde la siembra de este grano con híbridos de importación se ha venido realizando en el municipio de Abasolo, bajo el esquema de agricultura por contrato; inició un proyecto nacional de mejoramiento genético, a partir de un compuesto de amplia base genética, formado por genotipos introducidos del estado de Iowa, EUU y germoplasma del CIMMYT e INIFAP. La metodología utilizada, fue selección masal visual estratificada, donde consideraron al rendimiento como principal criterio de selección con un segundo ajuste al proceso de selección para incluir un segundo criterio adicional, el volumen de expansión de palomitas por gramo de semilla y realizando pruebas de expansión en el séptimo ciclo dando un valor de 30 cc de palomitas por gramo de semilla, comparado con el estándar internacional que es de 40 cc/g de grano. En las pruebas para la segunda selección utilizaron 300 mazorcas y de cada una se tomaron 20 g de semilla, seleccionando los granos que presentaron un volumen de expansión mayor o igual a 20 cc/g de grano. Esta semilla mejorada en 11 generaciones, presenta un volumen de expansión de 30 a 35 centímetros cúbicos por gramo, dispone de un paquete tecnológico para su producción comercial

y constituye una buena alternativa para productores y empresarios mexicanos por presentar un menor precio, excelente adaptación y alto potencial de rendimiento bajo condiciones de riego y/o temporal en la región de Las Huastecas, y permitirá solventar una parte del volumen de importación de maíz palomero y lograr un ahorro considerable en la erogación de divisas.

#### **1.4.5 Análisis de Componentes Principales y Conglomerados**

En el análisis estadístico de datos la utilización de métodos multivariados es de gran utilidad. El análisis de componentes principales (ACP) comprende un procedimiento matemático, que transforma un conjunto de variables correlacionadas de respuesta en un conjunto menor de variables no correlacionadas, llamadas componentes principales (Wiley, 1981). Estas nuevas variables permiten detectar cuales variables originales están proporcionando información redundante. Por su parte el análisis de conglomerados (AC) tiene como objeto estudiar la manera en que se agrupan los individuos de la muestra. La aplicación de los dos métodos sobre los mismos datos refuerza los resultados de estas dos técnicas y facilitan la interpretación. Con respecto a la utilización de estas dos técnicas se han aplicado en el análisis de poblaciones de maíz del estado de México (Ramírez, 2015) y Tlaxcala (Casiano, 2015) para caracterizar razas de maíz utilizando datos de grano y mazorca. En otro estudio, Carrera *et al.* (2012) colectaron teocintles anuales y perennes en el estado de Michoacán para posteriormente caracterizarlos morfológicamente y establecer sus posibles relaciones filogenéticas y fitogeográficas. Los resultados obtenidos aplicando análisis de componentes principales y de conglomerados permitieron separar morfológicamente las poblaciones de teocintle ubicadas en los alrededores de la Laguna de Chapala de las del Lago de Cuitzeo, en razas Chapala y Mesa Central; respectivamente, ambas pertenecientes a la *spp* mexicana.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

En base a los objetos de estudio de la presente investigación, el trabajo se dividió en dos secciones para su análisis respectivo.

### **2.1 Fuentes de información y el análisis mercadológico (sección 1)**

La información fue obtenida consultando fuentes secundarias de información: electrónicas, gubernamentales, artículos científicos, tesis, artículos en revistas del ramo de la industria palomera, información pública de las empresas de la propia industria y consulta a través de encuestas a los propios agricultores custodios de las razas Palomero y Arrocillo de los estados de Tlaxcala, México y Puebla que conservan su maíz en el BNGPMM con sede en la UAAAN. La información recopilada fue clasificada y ordenada elaborando cuadros y gráficas para facilitar la interpretación de datos y contar con información actualizada para tomar decisiones futuras respecto al maíz palomero. Se utilizó el programa básico de Excel (2010) para la elaboración de gráficas con datos obtenidos en la investigación de mercado.

### **2.2 Poblaciones de maíz palomero en las pruebas de expansión (sección 2)**

En el Cuadro 1 se presenta la relación de las poblaciones de maíz bajo estudio el cual consta de 11 Palomeros, 3 Arrocillos y tres testigos comerciales.

Las poblaciones provienen de los estados de Puebla, Tlaxcala y México, sembradas en parcelas de conservación *in situ* bajo la coordinación de agricultores custodios de las razas y personal del Proyecto Maestro de Maíces Mexicanos (PMMM).



**Cuadro 1. Relación de 14 poblaciones pertenecientes a los estados de Puebla, Tlaxcala y México y tres testigos comerciales**

Población	Clave UAAAN	Estado	Cosecha	Raza 1	Raza 2
1	IsP-034	Puebla	2008	Palomero	
2	IsP-038	Puebla	2010	Palomero	Arrocillo
3	IsP-024	Puebla	2010	Arrocillo	
4	IsP-053	Puebla	2010	Arrocillo	Cónico
5	IsP-082	Puebla	2010	Arrocillo	
6	IsTI-001	Tlaxcala	2010	Palomero	
7	IsTI-002	Tlaxcala	2014	Palomero	
8	IsTI-003	Tlaxcala	2014	Palomero	
9	IsTI-004	Tlaxcala	2012	Palomero	
10	IsTI-042	Tlaxcala	2010	Palomero	
11	IsTI-043	Tlaxcala	2014	Palomero	
12	IsMéx-031	México	2014	Palomero Toluqueño	
13	IsMéx-055	México	2014	Palomero Toluqueño	
14	IsMéx-056	México	2014	Palomero Toluqueño	
15	Testigo 1 (La Merced)			Palomero	
16	Testigo 2 (A granel)			Palomero	
17	Testigo 3 Confetti (Canadá)			Palomero	

Fuente. Base de datos del BNGPMM -UAAAN

De las poblaciones de maíz estudiadas se anota lo siguiente: La población 2 (IsP-038) presenta cruzamiento con la raza Arrocillo y la población 4 (IsP-053) con la raza Cónico, los Testigos 1, 2 y 3 provienen de grano comercial, el Testigo 3 contiene granos coloreados con pigmentos naturales y es importada de Canadá. Las poblaciones se localizan en altitudes de 1967 a 2841 msnm, su ubicación geográfica se presenta en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Relación de razas de maíz y ubicación geográfica de las parcelas de conservación *in situ***

Población	Clave de UAAAN	Raza 1	Raza 2	Municipio	Comunidad	Coordenadas de la parcela		
						Latitud N ° ' "	Longitud O ° ' "	Altitud msnm
1	IsP-034	Palomero		Tetela de Ocampo	Xonocuautila	19 50 37	97 54 52	2841
2	IsP-038	Palomero	Arrocillo	Atempan	Las Canoas	19 48 55	97 26 45	2084
3	IsP-024	Arrocillo		San Nicolás Buenos Aires	Simatepec	19 08 16	97 30 11	2449
4	IsP-053	Arrocillo	Cónico	Atempan	Las Canoas	19 50 16	97 27 09	1967
5	IsP-082	Arrocillo		San Nicolás Buenos Aires	Rancho Guadalupe	19 15 32	97 31 55	2373
6	IsTL-001	Palomero		Hueyotlipan	San Antonio Techalote	19 32 33	98 21 08	2543
7	IsTL-002	Palomero		Apizaco	Santa María Texcalac	19 27 38	93 03 11	2490

**Cuadro 2. Relación de razas de maíz... (Continuación)**

8	IsTL-003	Palomero	San José Teacalco	San José Teacalco	19 20 22	98 03 20.9	2607
9	IsTL-004	Palomero	Contla	Barrio La Luz	19 18 46	98 06 35	2555
10	IsTL-042	Palomero	Apizaco	Santa María Texcalac	19 25 00	98 04 32	2441
11	IsTL-043	Palomero	Contla	Barrio La Luz	19 18 21	98 03 59.8	2755
12	IsMEX-031	Palomero T. <sup>11</sup>	Otzolotepec	Santa María Tetitla	19 26 17	99 31 57	2606
13	IsMEX-055	Palomero T. <sup>11</sup>	Otzolotepec	Santa María Tetitla	19 25 29	99 32 24.2	2575
14	IsMEX-056	Palomero T. <sup>11</sup>	Otzolotepec	Santa María Tetitla	19 26 06	99 31 55	2604

Fuente. Base de datos del BNGPMM –UAAAN

<sup>11</sup> Palomero Toluqueño

### 2.2.1 Toma de datos de las poblaciones en estudio

Al momento de la cosecha en las parcelas de conservación *in situ* se separaron 20 mazorcas de plantas con competencia completa y con características propias de la raza en conservación. Se colocaron en arpillas debidamente etiquetadas, estabilizando el material, protegiéndolas de plagas hasta lograr en el soleadero la humedad conveniente para su manejo, el trabajo se realizó en el laboratorio del BNGPMM.

**Cuadro 3. Variables cuantitativas evaluadas en 17 poblaciones de maíz**

Variable	Característica	Clave	Unidades
1	Longitud de grano	LG	mm
2	Ancho de grano	AG	mm
3	Grosor de grano	GG	mm
4	Relación AG/LG	AG/LG	
5	Relación GG/LG	GG/LG	
6	Relación GG/AG	GG/AG	
7	Peso de 100 granos	P100G	g
8	Volumen de 100 granos	V100G	cc
9	Relación peso/volumen	RPV	g/cc
10	Humedad de grano	HG	%
11	Número de granos en 50cc	NG/50cc	
12	Volumen de palomitas de 50cc	VPde50cc	cc
13	Número de granos expandidos	NGE	
14	Aumento de veces en volumen	AVenV <sup>21</sup>	

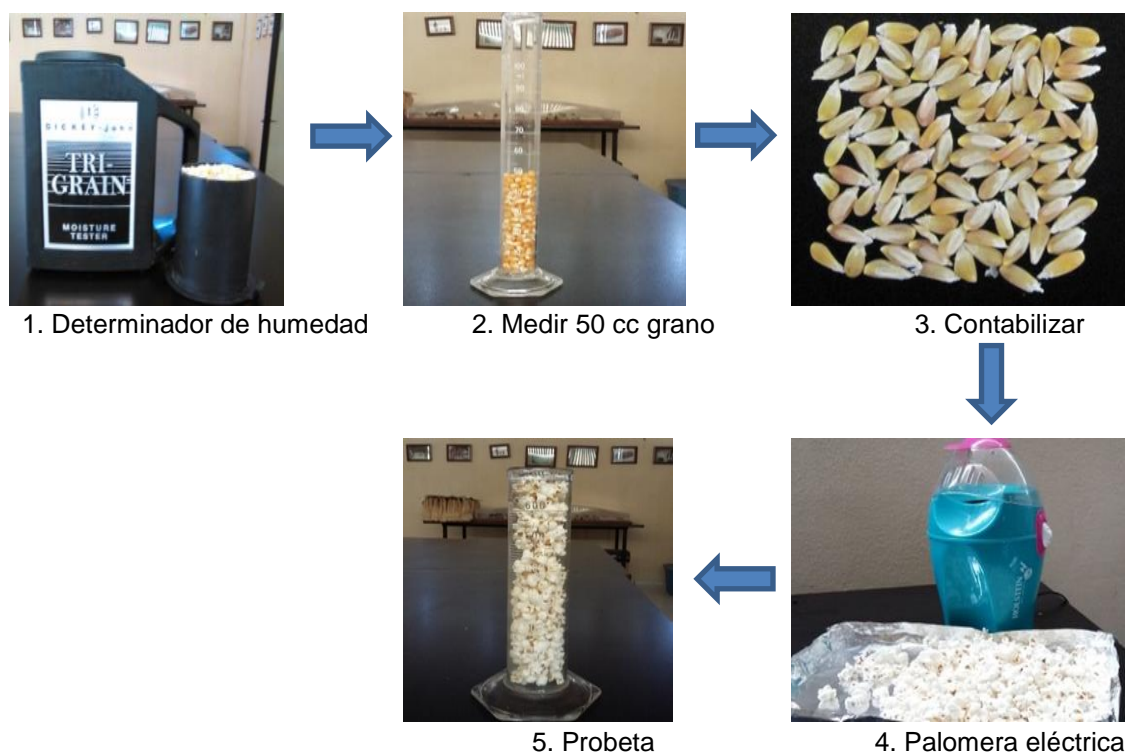
<sup>21</sup>Se estimó en base a 50cc de grano de cada población, de las muestras sometidas a expansión, se midió el volumen alcanzado en centímetro cúbicos, determinando así la proporción aumentada en base al volumen inicial de grano.

Los datos de grano se obtuvieron de cada una de las 20 mazorcas de las muestras de las poblaciones y tomando tres muestras de grano en el caso de los tres

testigos comerciales; se consideró el peso de 100 granos (g) y su volumen (cc), y la relación peso/volumen (g/cc). Las dimensiones de longitud, ancho y grosor de grano se determinaron en 10 granos de cada una de las 20 mazorcas y de las muestras para los testigos comerciales, expresando el promedio en milímetros (mm). En cada una de las 17 poblaciones se evaluaron color de grano y endospermo, el tipo de grano y forma de la superficie del grano. Para la caracterización del grano se utilizaron los descriptores para maíz (IBPGR, 1991); La Guía Técnica para la Descripción Varietal (SNICS-SAGARPA, 2009) y El Manual Gráfico para la Descripción Varietal de Maíz (SNICS-CP, 2009). Las características (variables cuantitativas) su clave y unidades de medida se reportan en el Cuadro 3.

### 2.2.2 Pruebas de expansión de grano

A las muestras de grano de cada población se le tomó el contenido de humedad y en muestras de 50 cc de semilla se determinó: el número de granos, su volumen de expansión, número de granos expandidos y aumento en volumen.



Fuente. Fotografías propias tomadas de los materiales en estudio

**Figura 1. Diagrama utilizado en pruebas preliminares de expansión de grano.**

El diagrama de la Figura 1 muestra el procedimiento secuencial para la realización de las pruebas de expansión de grano. Para efectos de la prueba se siguió un protocolo sencillo en la que primeramente consistió en determinar el contenido de humedad de grano expresado en (%) en un determinador de humedad manual (DICKEY – John) Paso (1), en una probeta graduada Paso (2) se midieron 50cc de grano y se contabilizaron Paso (3) el número de granos contenido en la medida, luego se colocó el grano en una palomera eléctrica Marca: Holstein Housewares y Modelo HF-09022EM® Paso (4) para la prueba de expansión en la que finalmente se midió nuevamente en una probeta de 1000 ml (Paso 5) el volumen en cc que alcanzó a explotar y así mismo contabilizar los granos no explotados. En el proceso se consideraron tres repeticiones de cada muestra.

El diseño completamente al azar (DCA) se utilizó para el análisis de las variables de expansión de grano, utilizando el paquete estadístico Minitab 16 (2009).

En el modelo estadístico del DCA, cualquier observación puede ser expresada como:

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

Dónde:

$Y_{ij}$  = Observación del  $i$ -ésimo tratamiento en la  $j$ -ésima repetición.

$\mu$  = Media general del carácter en estudio.

$t_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

$\varepsilon_{ij}$  = Efecto del error experimental.

$i = 1, 2, \dots, t$  (tratamientos)

$j = 1, 2, \dots, r$  (repeticiones)

El Coeficiente de variación (C.V.) se determinó utilizando el cuadrado medio del error (C.M. error) y la media general ( $\bar{x}_{..}$ ) y se expresó en porcentaje.

$$C.V. = \frac{(\text{C.M. error})^{1/2}}{\bar{x}_{..}} \times 100$$

Para la comparación de medias se utilizó la prueba de rango múltiple diferencia mínima significativa (DMS), esta técnica se aplica cuando se comparan medias adyacentes.

$$DMS_{\alpha} = t(\alpha, \text{g.l. error}) (2 \text{ C.M. error}/r)^{1/2}$$

Dónde:

$t(\alpha, \text{g.l. error})$  = valor *t*-student

C.M. error = cuadrado medio del error

r = número de repeticiones

### **2.2.3 Análisis de conglomerados (AC) y Componentes principales (ACP)**

El análisis se realizó con 14 variables: nueve características de grano, humedad de grano y cuatro de calidad de expansión, tomadas de las 17 poblaciones en estudio.

El AC es un método multivariado que se utiliza en el estudio de la diversidad genética de poblaciones en bancos de germoplasma y para formar subgrupos base, agrupando las poblaciones con base en características similares en grupos homogéneos (Carrera *et al.*, 2012). Para el análisis de conglomerados (AC) se utilizó el paquete estadístico Minitab 16 (2009), lo que el análisis básicamente realiza es una implementación del siguiente algoritmo (Padrón *et al.*, 2010).

Paso 1. Examina la matriz de entrada para el par de objetos,  $(i,j)$  que son más similares (o menos disimilares).

Paso 2. Une estos objetos en un nuevo grupo.

Paso 3. Usa la matriz para reflejar la supresión del par de objetos,  $i$  y  $j$ , que fueron unidos y la adición del nuevo objeto correspondiente al nuevo grupo.

Se regresa al paso 1, si el tamaño de la nueva matriz es mayor  $2 \times 2$ , de lo contrario el proceso termina.

En el proceso se debe observar que dos objetos son suprimidos y uno más es añadido en cada paso hasta que el algoritmo concluye.

Los coeficientes de similitud fueron obtenidos utilizando la ecuación de distancia euclidiana:

$$E_{ij} = \{\sum_k (X_{ki} - X_{kj})^2\}^{1/2}$$

En análisis de componentes principales (ACP) consiste en transformar la serie de variables originales en un nuevo conjunto de variables no correlacionadas llamadas componentes principales. Esas nuevas variables son combinaciones lineales de las variables originales y se derivan en orden decreciente de importancia (varianza), de tal manera que el primer componente principal es responsable de la mayor proporción posible de la variación con respecto a los datos originales. El ACP se realizó con el paquete de Minitab16 (2009). Los principales pasos en un ACP son los siguientes.

Sea  $X$  una matriz de orden  $n \times p$ , de  $np$  observaciones correspondientes a los valores de  $p$  variables de cada una de  $n$  unidades de estudio.

El ACP consiste en transformar un conjunto de variables  $x_1, x_2, \dots, x_p$  a un nuevo conjunto  $y_1, y_2, \dots, y_p$ . Estas nuevas variables deben tener las propiedades siguientes:

Es una combinación lineal de las  $x$ 's. por ejemplo, para el primer componente.  $Y_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1p}x_p = a_1'x$ .

Donde  $x = [x_1, x_2, \dots, x_p]$  es el vector de valores muestrales de las variables originales, y  $a_{ij}$  es el valor del  $j$ -ésimo elemento del vector característico  $a_1$  asociado al valor característico más grande  $\lambda_1$ . En forma matricial para todos los componentes,  $Y = XA$ , en donde  $Y$  es la matriz de orden  $n \times p$  de componentes principales;  $A$  es una matriz de orden  $p \times p$  de vectores característicos y  $X$  es la matriz de orden  $n \times p$  de observaciones.

La suma de cuadrados de los coeficientes  $a_{ij}$  para cada  $i$  ( $j=1, 2, \dots, p$ ) es la unidad. De todas las posibles combinaciones,  $Y_1$  tiene la máxima varianza:  $\text{Var}(Y_1) > \text{Var}(Y_2) > \dots > \text{Var}(Y_p)$ .

Las  $Y$  no están relacionadas (Johnson, 2000).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Primera sección: Investigación de mercados

De acuerdo al protocolo para un estudio de mercado, del maíz palomero se tienen los siguientes resultados.

#### 3.1 Importancia de la producción mundial de los diferentes tipos de maíz

La producción mundial de maíz palomero comparado con los de mayor importancia comercial, es muy reducido. Mink y Dorosh (1987) y Villanueva (2008) clasifican al maíz en cuatro grupos de acuerdo a la estructura y composición del endospermo que confieren al maíz diferentes usos (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Tipos de maíz, sus características y porcentaje de producción global en 1987 y 2008**

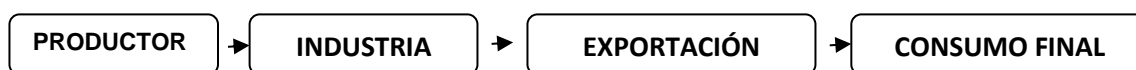
Tipo de maíz	Características	1987 (%)	2008 (%)
Maíz dentado ( <i>Z. mays indentata</i> )	Textura dentada. Mayor importancia y producción comercial por países desarrollados como: Estados Unidos, China, Brasil, México, Francia y Argentina. Tiene un núcleo harinoso con inclusiones laterales de almidón duro. La parte alta del grano contiene almidón harinoso, la pérdida de humedad de esta área provoca un ligero colapso durante la maduración.	75	73
Maíz duro ( <i>Z. mays indurata</i> )	Grano más grande que el reventador, endospermo extremadamente duro, no forma depresión dentada. Utilizado en la producción de harinas y se cultiva en lugares en los que se requiere tolerancia al frío	15	14
Maíz blando o harinoso ( <i>Z. mays amylacea</i> )	Variedad favorita, grano grande, blando, apto para procesar, muy común en países en desarrollo, molido manualmente y consumido como alimento.	De 10 -12	12
( <i>Z. mays everta</i> ), maíz reventón o reventador (pop corn)	Se caracteriza por ser un grano esférico y pequeño, de cubierta gruesa y cristalina, con endospermo reventón con un núcleo harinoso que al calentarlas revientan de dentro hacia afuera. Se siembra en países desarrollados con propósito industrial.	Menos del 1	1

Fuente. Mink y Dorosh, 1987 y Villanueva, 2008

En el lapso de tiempo transcurrido de 1987 a 2008, se puede observar que la producción global para los cuatro tipos de maíz, no se encuentran variaciones importantes en los porcentajes de producción, para este caso el maíz palomero ocupa el menor porcentaje. Rodríguez (2012) señala que la producción mundial de maíz pisingallo (maíz palomero o Popcorn en inglés) se puede estimar entre 800,000 a 1, 000,000 de toneladas anuales, aunque no existen cifras oficiales que puedan respaldar los números.

### 3.2 Análisis de los principales países productores de maíz palomero

En un estudio realizado por la Universidad de Buenos Aires en Argentina, Cazón *et al.* (2007) citan que el maíz desempeña un papel importante en la agricultura y economía. La cadena del maíz se enfrenta hoy con un doble desafío: que este crecimiento, sea agrónomicamente sustentable y rentable en lo económico. La producción de maíz pisingallo en Argentina se presenta actualmente como una alternativa al maíz commodity<sup>31</sup>. El maíz pisingallo o híbridos de palomero es un maíz diferenciado, de alto valor agregado, destinado al consumo humano directo bajo la forma de golosina dulce o salada, la cual se obtiene al expandirlo mediante un proceso de cocción. Rodríguez (2012) y Sanz (2013) reportan que el maíz pisingallo representa actualmente a escala mundial un negocio de US\$ 93 millones, y una oferta 300,000 a 420,000 toneladas anuales considerando ciclos normales en cuanto a producción y clima en los países oferentes, siendo así Argentina el principal exportador del comercio mundial, el maíz pisingallo es una “Especialidad de Alta Escala”. Argentina exporta en promedio 230, 000 toneladas anuales, seguida por los Estados Unidos con 120,000 ton. Detrás, Francia, Sudáfrica y Hungría. La cadena de valor de los híbridos de maíz palomero o pisingallo se caracteriza por tener una estructura de negocio vertical que comienza en la producción en campo y finaliza con el consumidor final.



Fuente: Adaptado de la Universidad de Buenos Aires, Argentina.

<sup>31</sup> Término que generalmente se refiere a bienes físicos que constituyen componentes básicos de productos más complejos.



### **3.2.1 El mercado mundial**

Rodríguez (2012) señala que la oferta mundial de maíz palomero se estima en las 420,000 toneladas métricas con 4 grandes orígenes:

- Estados Unidos. Primer productor mundial, produce aproximadamente unas 420,000 toneladas, con un saldo para exportación cercano a las 120,000 toneladas anuales (segundo exportador), el mayor volumen se consume internamente.
- Argentina. Es el segundo productor mundial y es el primer exportador con aproximadamente 230,000 toneladas al año. Las exportaciones se tornan crecientes en los próximos años a partir del 2010, que en este año exportó un monto superior a las 240,000 toneladas.
- Francia y Hungría, con aproximadamente unas 40,000 toneladas, las cuales se comercializan íntegramente en Europa.
- Sudáfrica. Produce aproximadamente 20,000 toneladas.

### **3.2.2 Producción estimada en Estados Unidos de América**

Un artículo elaborado por el Consulado General y Centro de Promoción de la República Argentina en Nueva York (2014) reporta que la producción de popcorn en los EEUU en los años 90s es la misma en la actualidad, siendo el estado de Nebraska, el primer productor con un 45% de la producción total, además, la mayoría de la producción de maíz popcorn en los EEUU se realiza a través de la contratación de procesadoras que finalmente éstos comercializan su producto con empresas mayoristas. Los principales estados productores de palomitas de maíz son Illinois, Indiana, Iowa, Kansas, Kentucky, Michigan, Missouri, Nebraska y Ohio.

Rodríguez (2012) citó que Estados Unidos es el primer productor mundial con aproximadamente unas 420,000 toneladas y con importaciones aproximadas de 30,000 toneladas.

Por lo tanto, para estimar la superficie que ocupan el popcorn en EU, como no se tiene la superficie se tomará en base a su producción nacional de maíz grano.

En Estados Unidos en 2013 el maíz en general tuvo una superficie cosechada de 35, 391,419.7 has con rendimientos de 9.92 ton ha<sup>-1</sup> y un volumen de producción de 351, 082, 883 toneladas (USDA, 2014). Si para maíz palomero se tuvo una producción de 420,000 toneladas (Rodríguez, 2012), quiere decir que aproximadamente se cosechan superficies superiores a 60,000 has, con rendimientos de 6 a 7 ton ha<sup>-1</sup> aproximadamente, mientras que en México se reportan rendimientos de 3.5 ton ha<sup>-1</sup> y en Argentina de 3.8 ton ha<sup>-1</sup> hasta 6 ton ha<sup>-1</sup>.

### **3.2.3 Ventas y consumo de popcorn en los EEUU**

De acuerdo a The Popcorn Board (2014) en EEUU las ventas estimadas de popcorn (maíz palomero) alcanzaron en el año 2012 la cantidad de 995,774, 706 lb equivale a 452, 081. 716 toneladas.

Rodríguez (2012) enfatiza que es conocido que EEUU consume aproximadamente 450,000 toneladas al año, seguido por Brasil con 50 a 60,000 toneladas también en el mismo periodo, en este caso su propia producción. El remanente es consumido por el resto del mundo sin poder conocer su distribución con exactitud, aunque su mayoría está representada por el volumen de exportación entre países.

### **3.2.4 Producción en Argentina**

Cazón *et al.* (2007) reportan que la producción de maíz pisingallo rinde aproximadamente un 55 a 60% de lo que rinde un híbrido simple en la zona. Una alta proporción de la producción de Argentina tiene como destino final la exportación con el 95% y quedando un remanente poco significativo para el mercado interno del 5%. En el informe anual de CAMPI (2010) se afirma que Argentina es el segundo productor a nivel mundial luego de EEUU de maíz pisingallo (*Zea mays L. var. everta*), que se constituye en el primer exportador mundial de éste producto.

Rodríguez (2012) menciona que la superficie sembrada del 2003 al 2010 existiendo como mínimo de 46,000 y 90,000 has con promedio de 68,000 has, mientras que la producción se ubicó desde 145,000 toneladas hasta por sobre las 330,000 toneladas, con promedio de 237,500 ton y promediando un rendimiento de 3.8 ton ha<sup>-1</sup>. Paseyro (2011) reporta que se han alcanzado rendimientos de hasta 6

ton ha<sup>-1</sup> aunque los mismos presentan variaciones importantes que originan ciclos de sobreoferta o sub oferta. La producción interna es comercializada al exterior por un número reducido de empresas que se dedican a la producción propia y a la compra de lo que producen los pequeños agricultores, que la mayor parte de la producción se realiza bajo distintas modalidades de contratos (el productor se obliga a garantizar la cantidad efectiva de hectáreas que dedicará a la producción de maíz bajo contrato) para luego ser acondicionada, procesada y vendida al exterior.

### **3.3 Empresa mundial líder en producción**

*ConAgra Foods* es una empresa transnacional, principal productor mundial de popcorn para microondas. Esta empresa vende en 30 países del mundo, comercializando las marcas: ACT II, Orville Redenbacher, Crunchín, Munch y Jiffy Pop, la sede central de *ConAgra* se encuentra en el estado de Nebraska (Consulado General y Centro de Promoción de la República Argentina en Nueva York, 2014).

Existen además, empresas que producen y transforman las palomitas de maíz, tal es el caso de Andreoli S. A (2016) de Argentina que ofrece maíz palomero de la variedad Tipo Butterfly y de marca Pampas Pop.

La empresa AK Acres Popcorn Company (2016), de Estados Unidos, en una ciudad rural de imperial Nebraska, que comenzó en los tempranos años de los 80s, es una empresa que ha crecido hasta llegar a ser uno de los productores más grandes de maíz palomero en la alta región de los llanos, hoy opera dos instalaciones de proceso y tiene la capacidad de procesar y de almacenar más de treinta millones de libras de maíz palomero cada año. Dentro de sus productos de variedades de palomitas ofrece palomitas amarillas tipo mariposa, palomitas amarillas y blancas tipo hongo. El etiquetado de maíz lo hace en bolsas de 12.5 lbs., sacos de 50 lbs, bolsa de 2200 lbs., y la cantidad de orden mínima es un camión completo o aproximadamente 44,000 libras.

### **3.4 Empresas internacionales y nacionales proveedoras de maíz palomero**

De acuerdo al Grupo Cosmos Online (s/f) existen 15 proveedores de maíz palomero en el Centro de Negocios para la Industria que se divide en:

Empresas internacionales:

1. Crown Products. Es una empresa de exportación internacional que proporciona productos alimenticios de calidad Premium a los precios más competitivos con servicio de personal a sus clientes. Ubicada en Metairie, Luisiana.
2. Mersin Seker Tarim Urunleri Dogal Mineralli Su Ve Icecekler Nakliyat Sanayi Ticaret A.S. Es una empresa comercializadora. Ubicada en Hal, Mardin.
3. Preferred Popcorn. Variedades granel que incluyen Palomitas de Maíz amarillo tipo mariposa, setas y gourmet blanco. Las Palomitas de microondas incluyen sabor natural, mantequilla, mantequilla adicional. Ubicada en Chapman, Nebraska.
4. Tesoros Étnicos. Empresa exportadora. Ubicada en Lima, Perú.

Empresas en México:

1. Agrigrain México. Empresa Mexicana dedicada a la comercialización de granos nacionales e importados. Ubicada en Querétaro. Qro.
2. Agroindustrias Covadonga. Organización de empresas dedicadas a la cadena productiva que abarca desde la siembra en el campo hasta su comercialización y distribución de diversos granos. Ubicada en Ecatepec, Edo. de México.
3. Elizondo Agroalimentos. Es una empresa Mexicana con más de 50 años en el mercado. Ubicada en Guadalupe, N.L.
4. Industrializadora de Productos Agrícolas de la cuenca del Papaloapan. Empresa dedicada a la proveeduría y distribución. Ubicada en Tres Valles, Ver.
5. Primos and Cousins. Comercialización de Insumos Ubicada en Culiacán, Sin.

6. Productos Amygo. Empresa que cuenta con el respaldo de gente con gran experiencia en el ramo de la palomita de maíz e insumos para su elaboración, ubicada en Monterrey, N.L.
7. Productos Fridar. Es una empresa dedicada a fabricar y comercializar Cacahuete Japonés; Semilla rusa, haba, diversos dulces etc. Ubicada en México, D.F
8. Semillas Don PP. Abarrotes en general, frijol, arroz, lentejas, garbanzo, haba, alpiste, maíz palomero, entre otros. Ubicada en México. D.F.
9. Semillas Selectas la Barata. Productos en semillas. México, D.F.
10. Veloz Ramos. Empresa dedicada a la compra- venta de maíz palomero, el cual distribuye a toda la República Mexicana. Ubicada en Gustavo Díaz Ordaz, Tamaulipas.
11. Virgilio Elizondo. Es una empresa que se dedica a la importación y distribución de semillas, granos, etc. Ubicada en Guadalupe, N.L.

Recientemente, en un monitoreo del reporte de noticias del Tecnológico de Monterrey Valle de México y Periódico Reforma, Meré (2015) citó que un egresado de esa institución emprendió un negocio de palomitas con una elaboración poco convencional. Se trata de unas palomitas que no son preparadas con aceite, grasas trans ni colesterol, sino que utiliza una tecnología basada en aire caliente. Tal negocio empezó en EU cuando Cesar Villalobos, conoció al productor de maíz palomero de ese país desde hace 20 años. Actualmente menciona que vende a más de 70 países en todo el mundo, tiene también mil puntos de venta entre tiendas de autoservicio como Chedraui, City Market, Mega, Nutrisa, Palacio de Hierro, Liverpool y que incursionará en Oxxo y Superama, con lo que proyecta ganar 4 mil punto de venta. Argumenta que la inversión para este negocio ascendió a un millón de dólares. Actualmente la planta se llama Slim Pop ubicada en Toluca Edo de México dando empleo a 10 personas de manera directa.

### **3.5 El maíz palomero en México**

El maíz es un cultivo de suma relevancia desde el punto de vista alimentario, económico y social en México; aunado a lo anterior, es el grano que más se produce. En nuestro país se cultiva maíz con cuatro propósitos principales:

Maíz forrajero. Es aquella variedad que básicamente se aprovecha como alimento ganadero sobre todo para las vacas lecheras y los animales de tiro. La entidad que destaca en la producción de esta variedad es Jalisco con el 22% de la producción nacional durante el año 2013, seguido por Zacatecas y Durango, con el 13.3 y 13 por ciento, respectivamente.

Maíz grano semilla. Es aquella variedad sembrada con la finalidad de utilizar los granos de la mazorca como semilla para posteriores siembras. La entidad que destaca en la producción de esta variedad es Nayarit con el 54% de la producción nacional durante el año 2013, seguido por Jalisco con el 43 por ciento.

Maíz palomero. Es aquella variedad que se utiliza para hacer palomitas de maíz, en cuyo proceso de cocción explotan porque sus granos tienen un pericarpio duro que sella la humedad dentro, así como un relleno almidonado.

Maíz grano. Es aquella variedad de la cual se busca comercializar principalmente el grano, constituido como alimento básico en la dieta de los mexicanos y como materia prima en la industria de alimentos para el ganado. Durante los últimos catorce años, se han producido cerca de 21 millones de toneladas anuales de maíz en promedio, en una extensión aproximada de siete millones de hectáreas, lo que representa casi una tercera parte de la superficie sembrada a nivel nacional registrando un rendimiento promedio de 2.97 toneladas/hectárea (CEDRSSAR, 2014).

#### **3.5.1 Importancia de la producción**

El maíz palomero se caracteriza por ser un grano esférico y pequeño, con un núcleo harinoso (suave) y una cubierta cristalina (dura) con una producción global del 1% (Villanueva, 2008). Desde el punto de vista funcional, el maíz palomero se puede procesar para producir palomitas tipo hongo o mariposa. Para el primer tipo, el maíz se revienta a temperaturas más altas para lograr una baja tasa de expansión que

favorece el proceso de endulzado o acaramelado. Estas palomitas además, tienen menos susceptibilidad a quebrarse durante el envase o empaque, manejo o mercadeo. Las palomitas tipo mariposa son reventadas a temperaturas más bajas, lo que favorece su expansión, son ampliamente consumidas en parques, cines y a nivel casero, generalmente son saborizadas con sal, margarina y saborizantes salados (queso, chile, etc.) (Serna, 1999). Reyes (2009) señala que el maíz palomero también conocido como maíz pisingallo o maíz *everta*, es muy importante ya que es el único tipo de maíz que revienta con el calor, produciendo así las populares y conocidas palomitas de maíz o popcorn que se comercializan en cines, centros de diversión y centros comerciales. De acuerdo al SIAP-SAGARPA (2014) los granos de maíz palomero tienen características especiales que, sometidos al calor, permiten convertirlos en palomitas o rosetas de maíz como una golosina muy popular. Por su parte Martínez (2011) afirma que la palomita de maíz es una botana que su mayor demanda se concentra en el sector infantil.

### 3.5.2 La producción

SIAP- SIACON (2014) reporta cifras de superficies sembradas, cosechadas, el volumen y valor de la producción, rendimientos y el precio al medio rural en un resumen nacional que corresponde a los estados de Tamaulipas y Guanajuato. Lo anterior está elaborado en base a cinco años históricos en un resumen nacional del 2010 al 2014. (Cuadro 5).

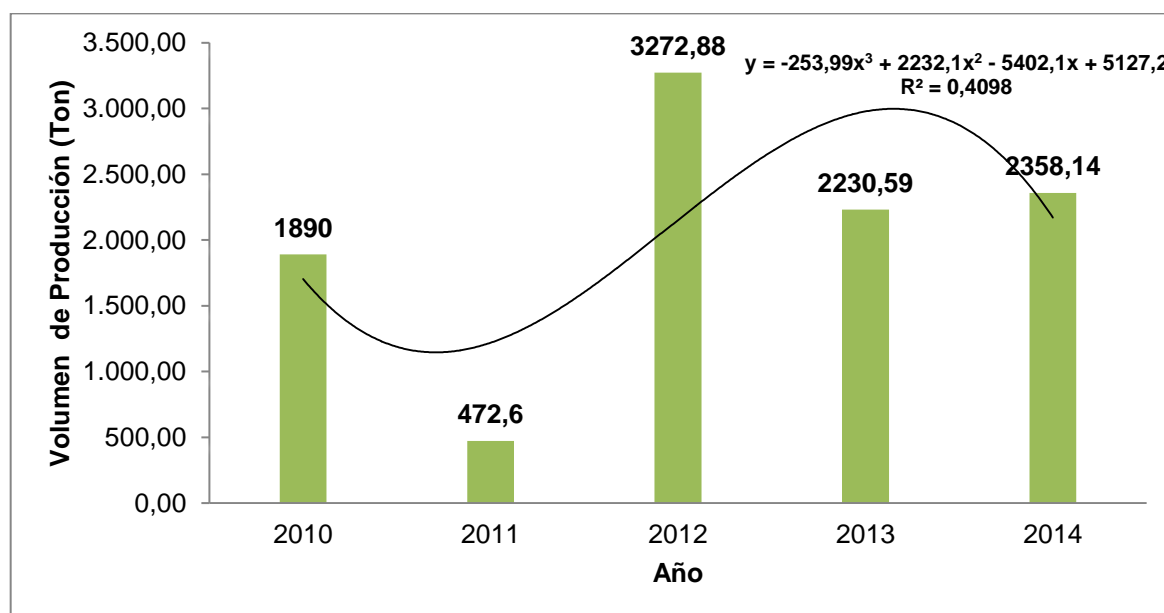
**Cuadro 5. Producción de maíz palomero en México de los años 2010 al 2014**

<b>Maíz palomero</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
Sup. Sembrada (has)	614	139	931	576	514.9
Sup. Cosechada (has)	540	139	931	576	514.9
Vol. Prod. (ton)	1,890.00	472.60	3,273.00	2,230.59	2,358.14
Valor de la Producción (\$)	8,505,000.00	3,308,200.00	23,132,615.00	15,749,448.00	14,384,654.00
Rendimientos (Ton ha <sup>-1</sup> )	3.5	3.4	3.5	3.87	4.58
Precio Medio Rural (\$/ton)	4,500.00	7,000.00	7,068.00	7,060.66	6,100.00

Fuente. Elaboración propia con datos del SIAP-SIACON 2014.

La superficie que únicamente Tamaulipas dedicó a la producción de maíz palomero en el año 2014, es de solamente 514,9 hectáreas (SIAP- SIACON, 2014). El maíz es un cultivo de suma relevancia desde el punto de vista alimentario, económico y social en México. Tamaulipas es el único estado que produce la variedad de maíz palomero comercial, aunque en años anteriores se llegó a producir marginal y eventualmente en otros estados como Sonora y Aguascalientes. En el año 2013 la principal producción fue en Tamaulipas y Guanajuato con el 96% y 4% respectivamente, por lo que para satisfacer la demanda interna sin depender del mercado internacional, se requiere sembrar una superficie de alrededor de 15,000 hectáreas (Martínez, 2011; CEDRSSAR, 2014).

La producción de la variedad de maíz palomero en Tamaulipas, en 2012 fue de 3 mil toneladas en promedio y el consumo nacional anual en los años 2007 al 2009 fluctuó de 30 a 40 mil toneladas, por lo que se estima que se importaron entre 27 a 37 mil toneladas de USA, y representó una fuga de divisas, con montos de 300 a 400 millones de pesos (Valadez *et al.*, 2014).



Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP- SIACON 2014.

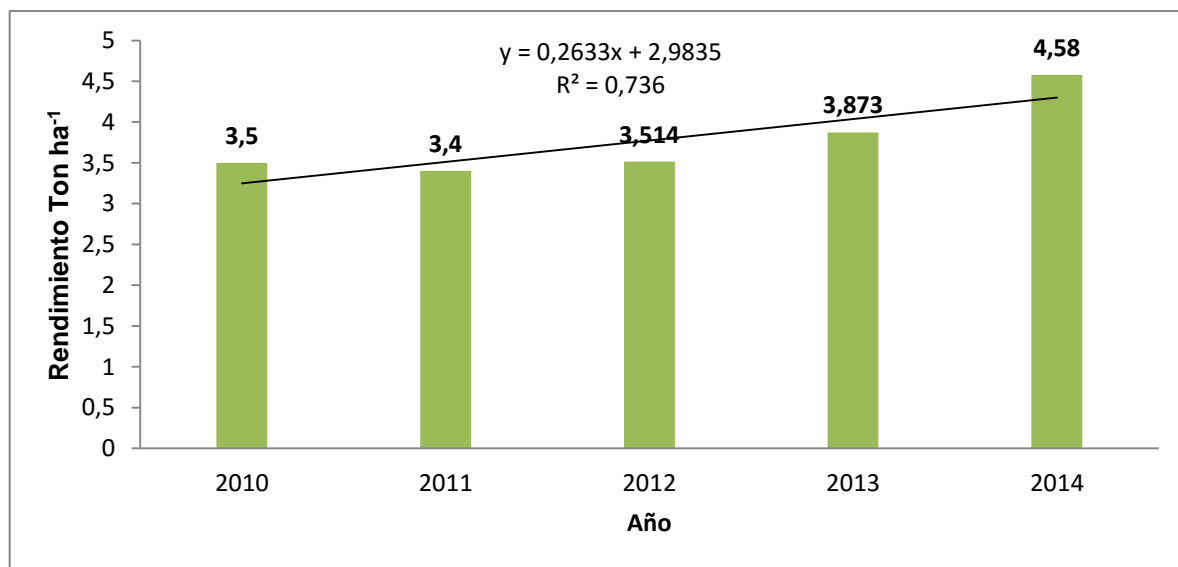
**Figura 2.** Volumen de la producción total de maíz palomero de los años 2010 al 2014 en México

Como se pueden reafirmar, Tamaulipas es el principal productor nacional de maíz palomero bajo condiciones de riego, alta tecnología, variedades o híbridos



competitivos, pero se han presentado variaciones en los volúmenes de producción nacional en años recientes, en los años 2011 y 2012 se presentaron volúmenes atípicos de producción ocasionados por una reducción en la superficie sembrada y por lo tanto la cosechada, siendo en el 2011 de 139 has y en el 2012 de 931 has por lo tanto, este comportamiento se refleja en la Figura 2, donde solo explica el 40.98% del volumen de producción.

En la Figura 3, se analiza de manera gráfica cuál ha sido el comportamiento de los rendimientos en  $\text{ton ha}^{-1}$  de maíz palomero en Tamaulipas de los años 2010 al 2014, es muy importante subrayar que al incrementar el rendimiento habrá mayor producción en toneladas por hectárea lo que puede reducir en cierto porcentaje las importaciones en un futuro. Cabe señalar que la tendencia es hacia un incremento en los rendimientos por hectárea, presentándose un coeficiente de determinación del 73.6%.



Fuente. Elaboración propia con datos del SIAP- 2014

**Figura 3.** Rendimiento promedio anual de maíz palomero en  $\text{ton ha}^{-1}$  de los años 2010-2014.

### 3.5.3 El consumo nacional

Según información de Reyes (2009), el consumo de maíz palomero (*Zea mays everta*) en ese año en México se estimó en un volumen de 30,000 a 40,000 toneladas y sólo se produjeron aproximadamente cerca de 3,000 toneladas, por lo

que recalca que el volumen faltante se importó de Estados Unidos de América y de Argentina para abastecer la demanda interna. Ma. G. Veloz, citada por la CANAMI (2011) y Martínez (2011) señalan que con información estadística en 2010 el consumo aparente de este producto en México fue de alrededor de 65 mil toneladas anuales equivalente a 2,795 millones de bolsas con palomitas de maíz con capacidad de un litro. En el año 2015, con información directa del Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI, 2015), el volumen de importación de maíz palomero fue de 79, 107.65 toneladas con un valor de 48, 469,972 dólares.

### 3.5.4 Volúmenes de importación de 2007 al 2015

Martínez (2011) indicó que las importaciones históricas en cinco años han crecido a una tasa de 25% correspondiente al 95% del volumen que se consume, principalmente proveniente de EUA y Argentina. Las importaciones de maíz palomeo en volúmenes de miles de toneladas se aprecian en el Cuadro 6.

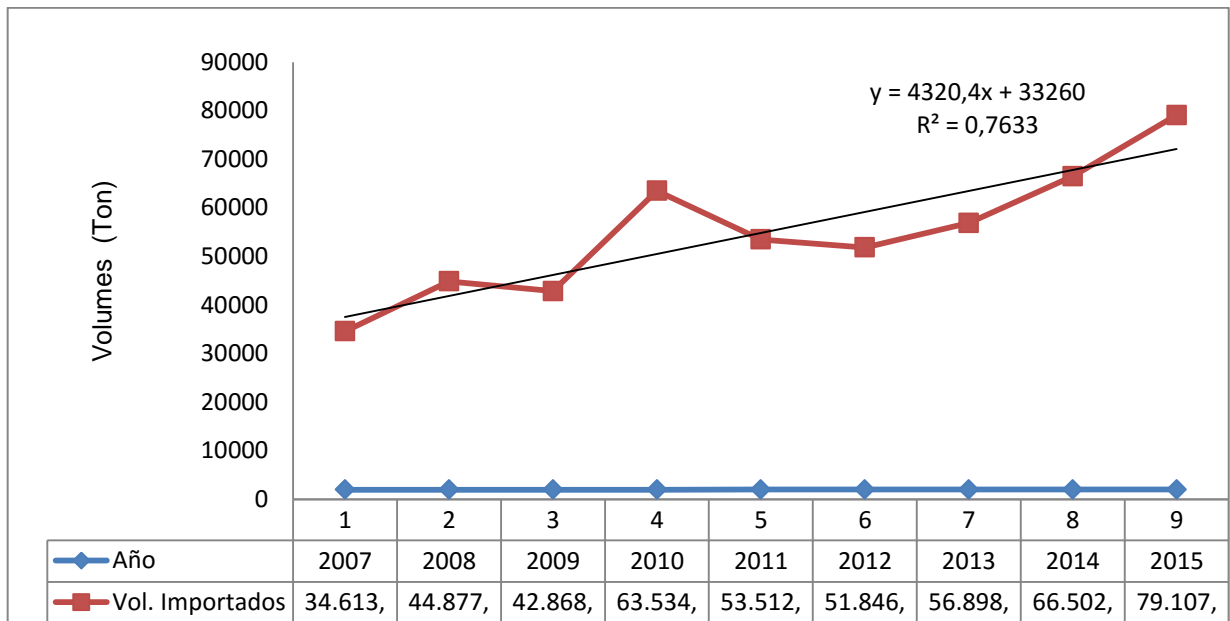
**Cuadro 6. Volumen en toneladas de maíz palomero importados por México de los años 2007 al 2015**

Año	Volúmenes importados* (Ton.)	Valor en Dólares	Valor DLS / tonelada
2007	34,613.03	14,843,818	428.85
2008	44,877.49	25,512,140	568.48
2009	42,868.85	28,136,816	656.34
2010	63,534.24	34,775,170	547.34
2011	53,512.61	32,202,977	601.78
2012	51,846.40	41,922,138	808.58
2013	56,898.51	53,465,586	939.66
2014	66,502.91	53,432,199	803.45
2015	79,107.65	48,469,972	612.70

Fuente. Elaboración propia con información del SIAVI 2015

\*Corresponde a volúmenes totales importados de EUA y Argentina  
Fracción Arancelaria 10059001 Maíz Palomero

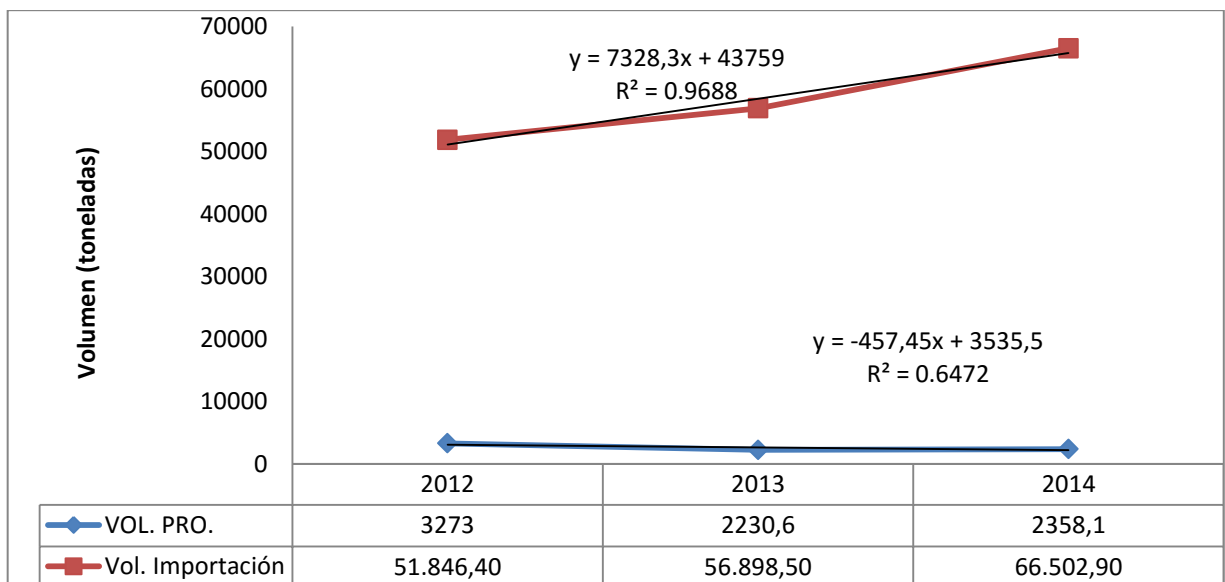
De acuerdo al SIAVI (2015) Argentina empezó a exportar a México en el año 2008. Es importante señalar que en el año 2015, México importó maíz palomero de Estados Unidos de América en un 84.5% y de Argentina el 15.50% del volumen faltante para satisfacer la demanda del mercado nacional. Como se puede apreciar (Figura 4) la tendencia a las importaciones es creciente ( $R^2= 76.33\%$ ) y a gran escala.



Fuente: Elaboración propia con datos del SIAVI 2015

**Figura 4.** Tendencia de volúmenes de importación de maíz palomero del 2007 al 2015.

Durante los años del 2012 al 2014, al realizar comparaciones en los volúmenes de producción e importaciones (Figura 5) se observa que la producción nacional tiene una tendencia a la reducción ( $R^2 = 64.7 \%$ ).



Fuente. Elaboración propia con datos del SIAVI 2015

**Figura 5.** Comportamiento del volumen de producción e importación de maíz palomero de los años 2012 al 2014.

En el Cuadro 5, se puede justificar esta tendencia ya que existe una reducción en las superficies sembradas y cosechadas de estos años, contrastando con los volúmenes de importación ya que del 2012 al 2014 se han incrementado ( $R^2= 96.8\%$ ).

### **3.5.5 Arancel a la importación**

Los derechos de aduana aplicados a las importaciones de mercancías se denominan aranceles. Los aranceles proporcionan a las mercancías producidas en el país una ventaja en materia de precios con respecto a las mercancías similares importadas, y constituyen una fuente de ingresos para los gobiernos (OMC, s/f).

De acuerdo al Sistema de Información Arancelaria Vía Internet; la Tarifa de la Ley de Impuestos Generales de Importación y de Exportación de maíz palomero en su fracción arancelaria 1005.90.01 dice que el impuesto a la importación del 1 de Enero de 2015 al 31 de Diciembre de 2015 se impuso el 5% por kilogramo en valor de dólares sin estar sujeta a pago de IVA. En restricciones, cumplir con la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 y con el Certificado Fitosanitario del SENASICA, previa inspección con el objeto de revisar y certificar que el producto se encuentre libre de plagas y enfermedades, esta norma entro en vigor a partir de del 03 de Septiembre de 2012. A partir de 1 de Enero de 2016, la importación de este grano estará exenta de arancel para importación (SIAVI, 2015).

### **3.5.6 Empresa líder en importaciones**

Según la CNPAMM, citada por Moreno (2015) Grupo “Maseca”, empresas de los sectores agroindustrial, comercial y las cadenas de cines como Cinepolis que tiene el 66 por ciento de las ventas en la industria de exhibición en cines, importan todo el maíz del llamado palomero.

### **3.5.7 La empresa productora en México y la competencia**

La empresa “Veloz Ramos” en Tamaulipas, abastece de palomitas a casi todos los cines del País, diversas tiendas y hasta palomitas embolsadas para microondas con su marca “Veloz Movi Pop” a las cadenas importantes como Soriana, HEB, Wall Mart, Smart’s, Aurrerá, MMCinemas, Cinepolis, Chedraui y Casa

Ley, donde las empresas transnacionales especializadas en maíz palomero como ACTII, Puffets y Hugar son su competencia directa (Domínguez, 2007).

### **3.5.8 Costos de producción estimados en 2010**

Martínez (2011) reportó en 2011 que para el productor de maíz palomero al norte de Tamaulipas, en el ciclo agrícola otoño-invierno, el costo de producción fue de \$9,437.00 ha<sup>-1</sup> y un costo de \$ 2,696.00 por tonelada. Con datos reales proporcionados por el SIAP-SIACON (2014) para Tamaulipas en el año 2010, presentó un rendimiento de 3.5 ton ha<sup>-1</sup>, el precio al medio rural fue de \$4,500.00 por tonelada por lo que se obtuvo un ingreso bruto de \$15,750.00 y una utilidad neta de \$6,313.00 por hectárea y un utilidad neta por tonelada de \$1803.70. Lo que representa una relación beneficio – costo (15,750.00/9437.00) de 1: .66, es decir que por cada peso gastado se tiene una ganancia de \$0.66 adicionales. Los cálculos anteriores son para visualizar si es rentable o no producir maíz México, considerando que los valores cambian con el tiempo.

### **3.5.9 Costo estimado de importación de semilla de EUA**

De acuerdo a los datos de Valadez (2011) importar 1lb de semilla tiene un costo de 3 dls, si se considera un monto de 29.4 lb ha<sup>-1</sup> de semilla, su costo será de 88.24 dólares ha<sup>-1</sup>.

Importar 29.4 lb ha<sup>-1</sup> de semilla = 88.24 dls (1 libra = 0.454 kg ó 454 g). Considerando que el precio de 1 dólar es de \$18.50 a inicios del 2016, si se importa 1 tonelada de semilla (1000 kg) el valor en pesos mexicanos es de \$122,246.60 lo que equivale a pagar 6,607.9 dls. Entonces, 1 tonelada es igual 2,202.6 libras y su valor es de 6,607.9 dls.

### **3.5.10 Apoyos a la agricultura en EEUU**

En un estudio realizado por el CEFEP (2007) se menciona que Estados Unidos ante el Tratado de Libre Comercio se vio el aumento de los subsidios que otorgan a sus productores agrícolas que cuyas producciones agropecuarias compiten con las Mexicanas. México empezó a perder presencia en las importaciones agropecuarias

totales de EEUU. Estados Unidos es el principal beneficiario de los subsidios directos del gobierno.

En 2006 se estima que Estados Unidos otorgó subsidios directos e indirectos de 150 dólares promedio por hectárea por productor con un monto total en ese país de 611.3 mil millones de dólares, mientras que en México se estima que solamente se otorgan 45 dólares por hectárea ascendiendo a nivel país en 46.3 mil millones de dólares. Estados Unidos otorga subsidios a sus agricultores 20 veces superiores a México.

La Ley de Agricultura establece diversos Programas de Préstamos a los productores que pueden acogerse a ellos, ofreciendo así incentivos para que puedan continuar produciendo cuando los precios de dichos bienes tienden a la baja o se enfrentan a condiciones climatológicas adversas, especialmente al maíz blanco y amarillo.

Otros programas que otorga son:

Programa de préstamos para Productos Básicos. Este Programa permite a los productores agrícolas de ese país suspender pagos por los préstamos de reembolso limitado para esos productos, dejando sus cultivos a disposición de la Corporación de Créditos para Productos Básicos cuando los precios del mercado sean inferiores al tipo de préstamo, es decir, el precio indicativo. A su vez, la CCPB vende los productos básicos de su propiedad en el mercado libre, pero a un precio inferior a la tasa de préstamo vigente en el momento de la venta.

Programas de préstamos de comercialización. Estos Programas están destinados a sostener los ingresos de los productores agropecuarios pero no los precios del mercado. Bajo estos programas los productores agrícolas reembolsan el préstamo a las tasas de interés del préstamo original o bien, a la tasa de reembolso del préstamo si ésta fuera más baja. La diferencia entre las dos tasas constituye el subsidio a los productores (beneficio por préstamo de comercialización).

Otra forma de apoyos a los productores es que éstos cobren directamente la subvención al Gobierno mediante primas de complemento de préstamos, que es la

cantidad en que la tasa de interés del préstamo es superior al tipo de reembolso del propio préstamo, y por consiguiente equivale al beneficio del préstamo de comercialización. Dentro de este Programa son los agricultores los que venden sus productos en el mercado de manera directa.

Pago anti cíclico de sostenimiento de los ingresos. Esta forma de subsidio se introdujo en la nueva Ley Agrícola de Estados Unidos y proporciona ventajas importantes en función de los precios para los productos que están comprendidos en dicho Programa como el maíz, siempre y cuando el precio efectivo de éstos sea inferior a su precio indicativo y a diferencia de los pagos anteriores en concepto de asistencia por pérdida de mercados. Los pagos anti cíclicos dependen de los precios, la superficie histórica sembrada y los rendimientos.

Programas de seguros. Estos Programas son otra forma de subsidios a los productores agrícolas en Estados Unidos y tienen el propósito de reducir las consecuencias financieras de la incertidumbre ante cambios climáticos que pudieran afectar los cultivos, así como proteger a los agricultores contra las pérdidas de ingresos, incluyendo las derivadas de una caída en los precios o en los rendimientos. En estos casos, el Gobierno paga la totalidad de las primas por pérdidas de producción debidas a catástrofes naturales y caída de los precios.

Subvenciones a las Exportaciones de Productos Agropecuarios. En este mecanismo de apoyo a los productores se incluyen 13 grupos de productos agrícolas, incluyendo los cereales y en 2005 se estima ascendieron a casi 425 millones de dólares (mdd), en tanto que las subvenciones efectivas a la exportación ascendieron ese mismo año a 52 mdd.

Programa de garantía de los créditos a la exportación (GSM-102). Este es el principal Programa de fomento a las exportaciones agrícolas en Estados Unidos y a través de él se otorga créditos con plazos de amortización entre 90 días y 3 años.

Programa Intermedio de Garantía de los Créditos a la Exportación (GSM-103). Este Programa considera créditos con plazos de amortización más amplios que el anterior y van de 3 a 10 años

Conservación de suelos. Algunos programas federales están específicamente dirigidos a la preservación de suelos. En uno de ellos, por ejemplo, el gobierno comparte con el agricultor el costo de sembrar pasto o leguminosas en los suelos no cultivados para evitar el peligro de erosión.

Suministro de agua para riego. Un sistema federal de presas y canales de irrigación proporciona agua a precios subsidiados a los agricultores en 16 estados del Oeste. Con esta agua se cosechan el 18% del algodón del país, así como el 14% de su cebada, el 12% del arroz y el 3% del trigo.

### **3.5.11 Apoyos a la agricultura en México**

Para contrarrestar los efectos negativos que han tenido los subsidios que otorga el Gobierno de Estados Unidos a sus productores agropecuarios, el Gobierno de México ha tenido que canalizar al sector agropecuario mayores recursos presupuestales vía subsidios, aun cuando éstos han resultado insuficientes comparados con los montos que se otorgan en Estados Unidos, lo que ha erosionado los ingresos de los productores agrícolas mexicanos y consecuentemente los niveles de producción, por lo que se han venido incrementando gradualmente las importaciones de México de granos, principalmente de Estados Unidos, para satisfacer el consumo interno.

Programa ALIANZA. Este es uno de los principales programas de apoyo al campo que se otorgan en México y está cofinanciado por los Gobiernos de los Estados y los productores agropecuarios, estos apoyos se proporcionan a la inversión y a los productores, principalmente en las áreas rurales marginadas.

PROCAMPO (PRO AGRO PRODUCTIVO). Mediante este Programa se desembolsan pagos a agricultores seleccionados, dependiendo de la superficie cultivada a partir de un periodo histórico o las condiciones en las que los agricultores utilizan sus tierras de cultivo, los niveles de producción o para programas de protección ambiental.



Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA). Actualmente, se otorgan incentivos a la comercialización a través de programa “Agricultura por Contrato” a los productores bajo este esquema. Es el apoyo que fortalece la cadena productiva y comercial agroalimentaria, que da certidumbre al ingreso al productor y/o del costo del comprador e incentiva la producción de granos y oleaginosas elegibles, a través de la suscripción de un contrato de compra venta a término, su debido registro y validación ante ASERCA y podría considerar los apoyos a coberturas y sus eventuales beneficios, apoyo complementario al ingreso y/o compensación de bases.

Subsidios en Tarifas y Precios de Bienes Energéticos. Con base en la Ley de Energía para el Campo, se otorgan diversos estímulos en precios y tarifas en los energéticos (gasolina, diésel, combustóleo y energía eléctrica) que se emplean directamente en actividades agropecuarias. Los principales subsidios son al diesel y gasolinas para actividades agropecuarias y los apoyos a los costos de producción al concepto de energía eléctrica de uso agrícola.

Opciones de Crédito. A través de FIRA cumpliendo el esquema de Agricultura por Contrato y formar una Sociedad.

### **3.6 Las palomitas de maíz como botanas y sus tendencias**

En este apartado, se abordan los resultados del estudio con respecto a las botanas consumidas por los mexicanos y en diversos países de gran importancia, así mismo haciendo énfasis a las palomitas de maíz dentro del contexto.

#### **3.6.1 Antecedentes de las palomitas de maíz en América**

Antes de que Colón descubriera América, las palomitas de maíz se utilizaban como decoración en el nuevo continente en 1492. Incluso antes de que Cortés encontrara a los aztecas en México, las palomitas se utilizaban como collares ceremoniales datados en 1519. Incluso antes de que los franceses exploraran los grandes lagos, los nativos preparaban palomitas de maíz en ollas rudimentarias calentadas con arena caliente. El consumo de las palomitas de maíz se incrementaba en el nuevo continente y brindaba a los nativos un alimento saludable.

Las palomitas de maíz han sido las favoritas por siglos. Arqueólogos han descubierto pruebas de que el maíz palomero era común antes de la llegada de los europeos al nuevo continente. En excavaciones en la cueva de los murciélagos en el oeste de Nuevo México se encontraron espigas de maíz palomero de 5,600 años de antigüedad, esto de acuerdo a pruebas realizadas con carbono. Un polen fosilizado de 8000 años de antigüedad fue encontrado a 200 pies por debajo de la Ciudad de México y ha sido identificado como polen de maíz palomero. En las tumbas de la costa oriental de Perú, los investigadores descubrieron granos de maíz palomero con 10000 años de antigüedad. Otras reliquias han validado la existencia del maíz palomero en la antigüedad, ollas rústicas para preparar el maíz que datan de culturas pre Incas en Perú; una urna funeraria del año 300 antes de Cristo contenía palomitas de maíz como decoración. De hecho, investigadores han demostrado que los ancestros de la mayoría de las tribus nativas de América habían disfrutado de las palomitas de maíz antes del nacimiento de Cristo y hasta el día de hoy, las palomitas de maíz aún se consideran como la botana favorita de los americanos (Popcorn USA, 2015).

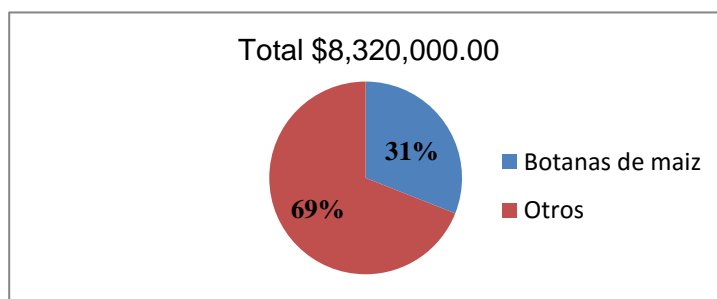
Eldredge y Thomas (1959) citados por Véles (2004) señalan que las palomitas de maíz es uno de los alimentos americanos más antiguos y que han jugado un papel significativo en la historia de Norteamérica. El maíz explotado o palomitas de maíz eran usados comúnmente por los indios en su dieta y también como un artículo decorativo como penachos, collares y otros adornos, eran confeccionados por los indios usando, entre otras cosas, maíz explotado. Para el tiempo en que los colonizadores ingleses y españoles llegaron al Nuevo Mundo, los nativos ya cultivaban cerca de 700 variedades de maíz palomero. Serna y Rooney (1987) mencionan que se podría pensar que las botanas tal como las conocemos en la actualidad, son producto de reciente aparición en el ámbito alimentario, pero no es así, existen referencias históricas que hablan de productos como las palomitas que datan de hace ya muchos años. Serna (1999) agrega que las palomitas son consideradas como la botana más antigua y en la actualidad sigue siendo ampliamente consumida y comercializada pero ya sometida a altos estándares de

calidad. Se tiene clara evidencia del uso del maíz reventador por las culturas antiguas Inca y norteamericanas.

### 3.6.2 Antecedentes de las botanas de maíz en México

De acuerdo a A.C Nielsen, citado por Arellano (1998), el valor total del mercado de botanas en México ascendió a 8,320 mil pesos, de los cuales 2,583 mil pesos (31%) corresponden al mercado ocupado por botanas hechas de maíz (Figura 6). El consumo de dichas botanas de maíz en kilos corresponde al 50.5% del consumo total de botanas en el país (Figura 7).

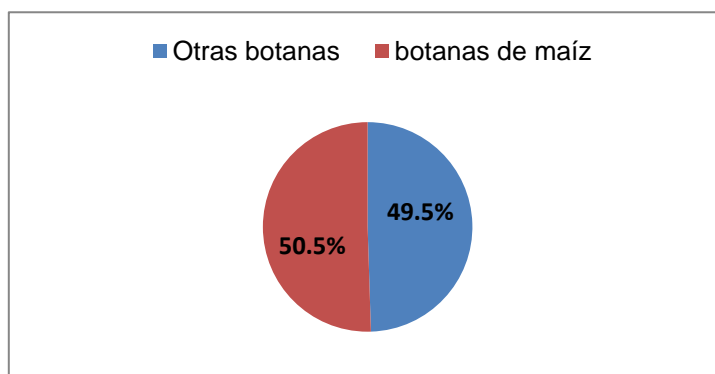
Botanas de maíz	Otros
31%	69%



Fuente: A.C. Nielsen, citado por Arellano (1998)

**Figura 6.** Porcentaje histórico del valor de mercado nacional de botanas.

Otras botanas	Botanas de maíz
49.50%	50.50%



Fuente: A.C. Nielsen, citado por Arellano (1998)

**Figura 7.** Participación de las botanas de maíz en el mercado nacional (miles de kilogramos).

Del total de botanas manufacturadas en México, 42% corresponden a las “tortillas chips” como tostachos y tortillas nacho; 32% “Corn chips” como son los churritos; el 19% a productos a base de grí’s de maíz como quechitos y 7% a partir de productos elaborados con maíz palomero como son las palomitas. Este total de productos elaborados suma 63,000 mil toneladas de producto terminado los cuales se elaboran a partir de 71,500 toneladas de grano de maíz.

### **3.6.3 La industria nacional de botanas**

Tejeda (2013) señala que el mercado nacional de botanas creció 40.61% en los últimos cinco años, al pasar de 29,484 millones de pesos en 2007 a 41, 459 millones de pesos en 2012, donde dos grandes participantes concentraron el 90% de mercado, siendo Sabritas filial de PepsiCo con 69.7% y Barcel propiedad de Grupo Bimbo se hizo acreedor del 20.3%. El porcentaje restante (10%) corresponde a “Bokados”, propiedad de Arca Continental con fuerte presencia al norte del país. Información reciente de la Revista Industria Alimenticia (2014) en su informe anual de México, señala que mientras que se han rebajado las expectativas de crecimiento económico por el nuevo impuesto a las botanas, éstas generaron un valor de 62,758 millones de pesos correspondientes a una producción de 22, 558 ton. El país continúa creciendo y la industria de alimentos realiza el mismo crecimiento, por lo que en términos de botanas o snacks, el mercado continúa siendo dominado por Sabritas de Pepsi con 66.1% del mercado, seguido de Barcel de Grupo Bimbo con 17% de participación respectivamente.

También señala que las botanas en México al igual que otros países del mundo son el producto que cubre las necesidades de los consumidores, en cuanto a: accesibilidad, precio, buen sabor y una amplia variedad de gustos y porciones, no es exclusivo de una clase social y está enfocada a todas las edades. Existe una gran variedad de botanas, que tienen características de sabores diferentes, que sirven para acompañar y compartir todos aquellos momentos de distracción y diversión, tanto fuera como dentro de casa. Resalta que en entrevista con el Ing. Valdés (Presidente de la rama de fabricantes de CANACINTRA y subdirector Técnico de Barcel, S.A. de C.V) puntualizó que un producto requiere las mejores prácticas de

seguridad e higiene que permitan obtener botanas de la más alta calidad y que satisfaga las necesidades exigentes de los consumidores.

#### **3.6.4 Consumo de botanas**

Industria Alimenticia (2008) señaló que el mercado argentino de los snacks, es uno de los más fuertes en América Latina, superado únicamente por Brasil, Canadá, y Estados Unidos de América. El consumo de palomitas de maíz (popcorn) per cápita es el más alto de Latinoamérica; pero en términos de valor total está por debajo de México. La preferencia de los argentinos por la palomitas para llevar, son la estrella del sector, a pesar que el grano listo para utilizar en casa cuenta con una cuarta parte de este mercado, representando el 63.1% de todos los snacks consumidos en ese país.

De acuerdo a un estudio realizado por la A.C. Nielsen y la CANACINTRA citados por Abaroa (2013) señalan que en noviembre de 2011; 99.75% de los hogares mexicanos consumió botanas, de los cuales 51.3% compra más de 4.2 veces por semana. Aunque el consumo de botanas es constante a lo largo del año, su demanda se incrementa considerablemente cuando hay eventos deportivos. Tejeda (2013) menciona que en el año 2012 al interior de los hogares mexicanos, las botanas tuvieron un participación del 97%, 1.4% superior al año previo, en tanto que el volumen de consumo promedio fue de 2.8 kg anuales. Señaló además que el gasto promedio anual fue de \$322.00 y donde la tercera parte de éstas compras se realizaron en tienditas. Por otra parte Abaroa (2013) reporta que en México el consumo de botanas por persona es aproximadamente de 4 kilogramos al año.

#### **3.6.5 Precios de la botana: Palomitas de maíz**

Tomando en cuenta que en el mercado existe una inmensa variedad de tipos de botanas, así como también de marcas y sabores para todos los tipos de paladares y bolsillos, Abaroa (2013) realizó un análisis del gasto de botanas para una reunión de aproximadamente 10 personas que se disponen a disfrutar el *Super Bowl* con amigos aficionados y no tan aficionados al futbol americano, para que así se fuese planeando el evento con tiempo y no gastar de más, consideró muy importante que

los precios cambian constantemente, por lo que la información proporcionada es únicamente de referencia. Cabe mencionar que los precios que se publican en el sitio de Profeco, en la sección del QQP se actualizan diariamente y se presenta en un periodo de cinco días hábiles.

Las siguientes tablas fueron publicadas para las fechas del 14 al 16 de Enero de 2013. De todas las botanas analizadas en el estudio, el maíz palomero resultó ser el más económico, ya que registró un precio por gramo de \$0.021, tal y como se aprecia en el Cuadro 7.

**Cuadro 7. Precio promedio de la botana de maíz palomero**

Producto/Marca/Presentación Palomitas de Maíz	Precio	
	Promedio	Por gramo
Palomitas de microondas. Sabor natural/ ACT II / Bolsa 85g.	\$6.41	\$0.075
Maíz Palomero/ Verde Valle/ Bolsa 500g	\$10.65	\$0.021

Fuente. Abaroa, 2013

Una vez analizado el precio a partir de un criterio comparable (precio por gramo), a continuación se muestra una tabla donde se da a conocer el precio mínimo y máximo de este producto en las tiendas en donde se encontró, la diferencia de precios en porcentaje y en pesos (Cuadro 8).

**Cuadro 8. Precio mínimo y máximo de palomitas en las cadenas comerciales**

Marca / Presentación Maíz Palomero	Precio min. \$	Cadena	Precio Máx. \$	Cadena	Dif. en \$	Diferencia en %
Palomitas de microondas. Sabor natural/ACTII/ Bolsa 85g.	5.90	Bodega Comercial Mexicana	7.00	Superama	1.10	19
Maíz Palomero/ Verde valle/ Bolsa 500g.	9.55	ISSSTE	11.10	City Market/ Sumesa	1.55	16

Fuente. Abaroa, 2013.

### 3.6.6 Estudio de Nielsen y la tendencia del consumidor

Las palomitas a diferencia de otras botanas, han recibido una buena aceptación entre nutriólogos debido a su bajo contenido de aceite, alta cantidad de carbohidratos complejos y adecuado contenido de fibra dietética (Serna, 1999).

En un estudio global Online realizado por Nielsen en 2014 “Encuesta Global de Nielsen sobre el consumo de snacks más populares alrededor del mundo” se recopiló información electrónicamente encuestando a más de 30,000 consumidores en 60 países entre Asia Pacífico, Europa, América Latina, Medio Oriente y África, y Norteamérica para identificar cuáles son las botanas más populares alrededor del mundo y cuáles atributos de salud, sabor y textura son los más importantes al momento de hacer la selección. Para Latinoamérica, se estudiaron los países de Argentina, Brasil, Colombia, Chile, México, Perú y Venezuela.

El reporte destaca que los consumidores a nivel global gastaron \$347 mil millones de dólares en botanas al año entre 2013 y 2014, un incremento de 2% año contra año, mientras que Europa con 167 mil mdd y Norteamérica con 124 mil mdd suman la mayor cantidad de facturación. Lo que motiva el consumo de diversas botanas o snacks es variado, más de tres cuartas partes de los encuestados globales, el 76%, respondió que consume con frecuencia o algunas veces para satisfacer su hambre entre comidas o por antojo. Dentro de los productos, el 18% dijo que prefiere fruta fresca ya que es el pasabocas que primeramente elegirían de las 47 opciones de snacks seguido por los chocolates con el 15%. En el reporte de Nielsen muestra que a más encuestados alrededor del mundo les importa en mayor medida la ausencia de ciertos ingredientes que la adición de los mismos. La demanda de botanas se basa primordialmente en sabor y salud, los consumidores no están dispuestos a renunciar a ninguno de estos atributos. El balance correcto lo dice el consumidor en el punto de venta. Entender el “por qué detrás de la compra”, otorga la visión necesaria para entregar, el producto adecuado, al consumidor correcto, en el momento correcto. Los snacks a base de ingredientes naturales son calificados como muy importantes por el 45% de los encuestados globales y como moderadamente importantes por el 32%, son los porcentajes más altos de los 20 atributos de salud incluidos en el estudio. Características como la ausencia de colorantes artificiales 44%, que no sean productos genéticamente modificados 43% y que no contengan sabores artificiales el 42%, también son muy importantes para los consumidores.

Para Latinoamérica sus ventas fueron de USD \$33 mil millones con un incremento del 9%. De acuerdo a los resultados, se consumen diversas botanas por placer en un 56%, por antojo un 37%, reuniones familiares o amigos el 33%, nutrición un 32% y satisfacer su hambre respondió un 28% de los siete países. Por otro lado un 64% prefiere botanas totalmente naturales, el 59% se inclinó por las botanas elaboradas con sabores naturales, altos en fibra lo prefiere un 58%, bajos en sal o sodio un 52%, alta proteína un 51%, bajos en grasas el 50% y que no hayan sido genéticamente modificados un 49%. Los atributos de sabor, textura más apreciados son: sabroso el 74%, fresco el 71% y jugosos el 53%. Los consumidores con conciencia ambiental creen que es muy importante que los snacks contengan ingredientes obtenidos de fuentes sustentables 35% y que sean orgánicos el 34%. Señala que pensando en un periodo de 30 días, los encuestados globales dijeron haber consumido una gran variedad de snacks, incluyendo chocolates (64%), fruta fresca (62%) y verduras (52). Más de 4 de cada 10 encuestados consumieron queso (46%), papas fritas (44%) y frutas secas/semillas (41%). Un tercio consumió chicle (33%) y helado (33%), mientras que poco más de una cuarta parte comió palomitas de maíz (29%), galletas/pan crujiente (28%) y cereales fuera del horario de comida (27%). Solo 2% de los encuestados en Latinoamérica indicó no haber consumido ningún tipo de snacks en los últimos 30 días. Así lo señalan los artículos de las revistas (Nielsen, 2014; Forbes, 2014 y Neo Marketing On The Go, 2014).

### **3.6.7 Crecimiento en el mercado de las palomitas de maíz en 2001**

Aguilar (2001) reporta que en su estudio sobre mercados en crecimiento en el mundo enfocada al sector Alimentos y Bebidas, encontró que de las más de 90 categorías revisadas, solo nueve de ellas crecieron 10 por ciento o más en el año 2001. En el Cuadro 9, se observa qué lugar ocupan las botanas de maíz palomero.

La categoría de botanas en las que se incluye maíz palomero su crecimiento absoluto en 2001 es de 1.2 miles de millones de dólares, con una tasa de crecimiento del 5 por ciento en el mercado siendo de 7 de 49 mercados investigados los que presentaron crecimiento.



**Cuadro 9. Las botanas y su crecimiento en los mercado mundiales en el año 2001**

Categorías con crecimientos superiores a mil millones de dólares 2001. (Ordenado por crecimiento absoluto)	Crecimiento absoluto en dólares 00.01*	Tasa de crecimiento (por ciento cambio) 00-01 ** (%)	Cantidad de mercados en crecimiento ***
Cervezas	3.0 miles de millones	5	28 de 37
Bebidas Gaseosas	2.5 miles de millones	6	27 de 39
Quesos refrigerados	1.8 miles de millones	7	35 de 42
Agua (con y sin gas)	1.7 miles de millones	13	41 de 45
Leche/cremas Refrigeradas	1.4 miles de millones	7	26 de 30
Carnes / Aves Refrigeradas	1.2 miles de millones	9	10 de 14
Botanas (papas fritas, pretzels, Maíz Palomero, Mezclas, etc.)	1.2 miles de millones	5	7 de 49
Vino	1.1 miles de millones	5	20 de 28

Fuente: Aguilar, 2001

\* Cifras de ventas aproximadas

\*\*Refleja la tasa de crecimiento en todos los mercados y canales medidos por ACNielsen para el reporte. (Por ejemplo, 5 por ciento de crecimiento para cerveza representa a los 37 países medidos y no solo a los 28 en lo que presenta crecimiento)

\*\*\* Refleja en cuántos mercados ACNielsen mide la categoría en cuestión y de estos mercados en cuántos la categoría presentó crecimiento. (Por ejemplo, la categoría de Agua es medida por ACNielsen en 45 mercados y esta categoría presenta crecimiento en 41 de esos 45 mercados.

### 3.6.8 Caso de negocio de las palomitas en México

Según la revista SoyEntrepreneur (2014) en su artículo “Palomanía: Artistas del popcorn”, la industria de las palomitas es un negocio muy bien guardado en Estados Unidos y principalmente en Chicago siendo un producto clásico y típico. Según datos históricos, en esta misma ciudad pero en 1885, Charles Cretor diseñó e inventó la máquina para hacer palomitas de maíz. “Palomanía” (que es el nombre de la empresa) está especializada en la preparación de palomitas gourmet desde hace 20 años por su cofundadora Xóchitl Gallardo en Chicago EUA, ahora establecida en México desde el año 2008. El crecimiento de la empresa se lo exigió la clientela apoyándose de la publicidad en la Web ya que a finales de 2012 se convirtió en una franquicia y en 2013 inició su expansión por México, contando ya con cinco franquicias, distribuidores y presencia en El Palacio de Hierro, Nutrisa y Six Flags en la que ofrece tres líneas de producción: palomitas light endulzadas con Stevia,

Palomitas gourmet con empaque metalizado de 75 gramos y los clásicos conos de 65 gramos con 30 sabores e ilimitadas combinaciones.

### **3.6.9 Oportunidad de negocio**

De acuerdo con los especialistas de la dirección de Agronegocios de Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA), se puede citar que el precio a nivel productor la variedad de maíz palomero representa alrededor de 1.3 veces el precio del maíz amarillo. El cultivo de maíz palomero representa una alternativa para los productores de maíz, debido a su similitud con el maíz amarillo en cuanto a los requerimientos de tecnología para su cultivo y manejo. Además, al reventar el grano de maíz palomero aumenta su volumen original unas 30 veces, por lo tanto con 23 gramos de maíz palomero se llena una bolsa con capacidad de un litro, o bien, con un kilogramo de maíz palomero se producen 43 bolsas con capacidad de un litro de palomitas, lo que da una idea sobre la rentabilidad para quienes participan en esta fase de la red de valor (Reyes, 2009 y Martínez, 2011).

México alguna vez fue autosuficiente en términos de maíz palomero, dejó de hacerlo al tener que importar cerca del 97 por ciento de lo que se consume, pero hoy en día la producción de este cultivo es un negocio en vías de extinción, después de que vino la apertura comercial con Estados Unidos poco a poco todas las compañías que había, se fueron acabando sobreviviendo solo la empresa “Veloz Ramos”, que tiene ya actividades desde hace 34 años en el Estado de Tamaulipas, que hoy en día produce cerca de 3 mil toneladas de esta variedad de maíz al año, ya que el consumo de este producto en México es de alrededor de 72 mil toneladas anuales, por lo que se recalca que existe una gran oportunidad de negocio en este cultivo que no está siendo aprovechado Ma. G. Veloz, citada por (CANAMI, 2011). En México, se tienen las condiciones agroclimáticas para producir este tipo de maíz, como son los requerimientos de humedad, temperatura, luminosidad, etcétera; sin embargo, es necesario desarrollar las semillas que mejor se adapten a cada región y mientras tanto utilizar semillas de importación (Reyes, 2009). Para acceder al mercado del maíz palomero se debe tener en cuenta que la industria busca granos con un alto grado de expansión, el cual se define como el volumen, expresado en litros, que

ocupan las palomitas obtenidas a partir de 1 kilogramo de grano, en este escenario, la producción de maíz palomero representa una buena oportunidad de negocio para los agricultores de nuestro país, a reserva de analizar su viabilidad técnico-financiera (Martínez, 2011).

### 3.7 Los sistemas de producción de maíz palomero criollo

Datos proporcionados por los agricultores, sobre los sistemas de producción dentro de la agricultura tradicional del maíz palomero como variedad nativa, en los estados de Tlaxcala, México y Puebla se reportan en los Cuadros 10, 11 y 12 respectivamente.

#### 3.7.1 Sistema de producción de maíz Palomero en el estado de Tlaxcala

Los productores custodios de la raza Palomero (Cuadro 10) en el estado de Tlaxcala, año tras año establecen su cultivo bajo condiciones de temporal, sembrando de forma manual en un periodo comprendido del 15 de marzo al 15 de mayo a una temperatura promedio de 14.22°C, utilizando en promedio 25 kg ha<sup>-1</sup> de semilla que ha sido seleccionada de mazorca en bodega, ésta cosechada entre el 04 de noviembre al 15 de diciembre y conservada en arpillas o costales bajo una bodega.

**Cuadro 10. Sistema de producción de los custodios del estado de Tlaxcala en 2014 para el maíz palomero criollo**

Clave UAAAN	Tipo de semilla	Barbecho	Fertilizante químico	Herbicida	Insecticida	Conservación*	Apoyo** a la producción
IsTI- 002	Criolla	Si	Urea-DAP	Esterón	Si	Arpilleras	No
IsTI- 003	Criolla	No	Urea-DAP	Esterón	No	Costales	No
IsTI- 004	Criolla	Si	Urea	No	No	Costales	No
IsTI- 042	Criolla	Si	Urea-DAP	Esterón	Si	Arpilleras	No
IsTI- 043	Criolla	Si	Urea	No	No	Costales	No

Fuente. Base de datos del BNGPMM-UAAAN \* Mazorca, Grano o Semilla \*\* Gubernamental

Los agroquímicos que comúnmente aplican son Urea en cantidades de 100 a 300 kg ha<sup>-1</sup> y DAP en promedio de 60 kg ha<sup>-1</sup>, en general las cantidades aplicadas son muy bajas. Los productores no reciben ningún incentivo por parte del gobierno para la producción agrícola.

Las principales fuentes de ingreso económico para el productor y su familia son la venta de grano a vecinos de la propia comunidad y una fracción por la venta de forraje con lo que recuperan la inversión para el cultivo. Los principales usos de este maíz son para autoconsumo y alimento al ganado. El rendimiento promedio de grano es de 2,780 ton ha<sup>-1</sup> donde la inversión promedio estimada para una hectárea bajo condiciones de temporal en la que ya incluye labores culturales, fertilizantes y herbicidas, asciende a un monto de \$7,424.00, con una recuperación por la venta de grano, semilla y forraje de \$9,574.00 obteniendo una utilidad neta de \$2,150.00, lo anterior señala que solo recuperan la inversión con un margen muy reducido, puesto que parte de los trabajos son realizados por ellos mismos o familiares. Cabe señalar que la siembra de maíz, para el productor representa la seguridad de contar con semilla, grano para autoconsumo y forraje para su ganado, que en su defecto crearía una necesidad de buscar trabajo fuera de sus comunidades, abandono de sus cultivos y a la compra de este grano.

### **3.7.2 Sistema de producción de maíz Palomero criollo en el estado de México**

Los productores custodios (Cuadro 11) de la raza de maíz Palomero Toluqueño seleccionan su semilla de mazorcas en cincolote, siembran en un periodo del 15 de marzo al 15 de mayo bajo condiciones de temporal, solo dos de ellos bajo el régimen de riego utilizando semilla que ellos mismos han producido año con año, cosechado en el mes de noviembre y que la conservan en la misma mazorca o la cubren con cal bajo resguardo en una bodega sin tratamiento alguno para plagas de almacén. Las principales fuentes de ingreso para el productor y su familia son la venta de grano, actividad ganadera, agrícola y de la venta de forraje en menor proporción. El propósito fundamental de la producción es para satisfacer las necesidades de autoconsumo, asegurar su semilla para el próximo ciclo agrícola y vender algún excedente que pudiese quedar al final e inicio del siguiente periodo. Los fertilizantes que comúnmente aplican los productores son del DAP en cantidades que van de 100 a 250 kg ha<sup>-1</sup>, UREA de 100 a 400 kg ha<sup>-1</sup> ó Sulfato de Amonio de 250 kg ha<sup>-1</sup> y Cloruro de Potasio en promedio de 50 kg ha<sup>-1</sup>, que en general las unidades son muy bajas. En promedio la inversión para establecer una hectárea de

maíz es de \$13,971.00 con una recuperación de \$15,592.00, observando una diferencia positiva de \$1,621.00 que es un margen de ganancia muy reducida. Con respecto al rendimiento, el grano de maíz Palomero Toluqueño registra un promedio de 2.9 ton ha<sup>-1</sup> con un precio de venta de \$3,800.00 la ton de grano y de \$9,833.00 la ton de semilla. Los costos promedio por hectárea de las prácticas culturales son de \$12,124.00 para riego y de \$9,744.00 para los que siembran bajo condiciones de temporal. Cabe mencionar que los productores custodios no perciben apoyos como incentivo a la producción, únicamente reciben capacitación por parte de técnicos de la UAAAN para el tratamiento a su semilla y conservación de la misma.

**Cuadro 11. Sistema de producción de los custodios del estado de México en 2014 de la raza Palomero Toluqueño**

Clave UAAAN	Tipo de semilla	Barbecho	Rastreo y surcado	Fertilizante químico	Herbicida	Conservación *	Apoyo**
IsMéx-031	Criolla	Si	Si	Urea, DAP y KCL	Si	Mazorca	No
IsMéx-055	Criolla	Si	Si	Urea, DAP y KCL	Si	Semilla con cal	No
IsMex-056	Criolla	Si	Si	Urea	Si	Semilla con cal	No

Fuente. Base del datos del BNGPMM -UAAAN \* Mazorca, Grano o Semilla \*\* Gubernamental

### 3.7.3 Sistema de producción de maíz Palomero y Arrocillo en el estado de Puebla

Los productores custodios del estado de Puebla (Cuadro 12) establecen su cultivo bajo condiciones de temporal utilizando entre 12 y 25 kg ha<sup>-1</sup> de semilla seleccionada en el ciclo anterior, sembrando entre los meses de marzo y abril y cosechando en los meses de octubre a noviembre. La forma de siembra es manual en sistemas de unicultivo o asociado, aplican fertilizantes orgánicos, no aplican herbicidas ni realizan un control preventivo de plagas en ningún aspecto. La conservación de semilla la realizan en mancuernas colgadas en los techos, sacos o envases resguardados en una bodega. Los principales usos de este maíz son para autoconsumo, alimento al ganado y venta en caso de excedentes.

**Cuadro 12. Sistema de producción de los custodios de la región norte del estado de Puebla 2010**

Clave UAAAN	Barbecho	Surcado	Siembra	Sistema de siembra	Fertilizante o abono	Apoyo *
IsP-038	No	Caballo	Manual	Unicultivo	Urea	No
IsP-053	No	Caballo	Manual	Unicultivo	Gallinaza	No
IsP-034	No	No	Manual	Asociación**	Esquilmos	No
ISP-024	SI	Tractor	Manual	Unicultivo	Composta	No
ISP-082	SI	Tractor	Manual	Unicultivo	Urea	No

Fuente. Información del BNGPMM-UAAAN \* Gubernamental \*\* Papa criolla

### 3.8 Segunda sección: pruebas básicas de expansión de grano

De las variables analizadas, en el Cuadro 13, se observa que las poblaciones 15, 16 y 17 (Testigos) y las poblaciones 6, 10 y 11 presentan color de grano amarillo y las demás son de color blanco o cremoso.

**Cuadro 13. Características cualitativas de 17 poblaciones de maíz (11 Palomeros, 3 Arrocillos y 3 Testigos)**

Población	Color de		Tipo de Grano	Superficie de Grano
	Grano	Endospermo		
1	Blanco	Blanco	Cristalino	Puntiaguda
2	Blanco	Blanco	Semicristalino	Puntiaguda
3	Cremoso	Crema	Semicristalino	Puntiaguda
4	Blanco	Blanco	Cristalino	Dentada
5	Cremoso	Blanco	Cristalino	Puntiaguda
6	Amarillo	Blanco	Cristalino	Puntiaguda
7	Blanco	Blanco	Semicristalino	Dentada
8	Blanco	Blanco	Cristalino	Dentada
9	Blanco	Blanco	Semicristalino	Puntiaguda
10	Amarillo	Blanco	Semicristalino	Puntiaguda
11	Amarillo	Blanco	Semicristalino	Puntiaguda
12	Blanco Cremoso	Blanco	Cristalino	Puntiaguda
13	Blanco Cremoso	Blanco	Cristalino	Puntiaguda
14	Blanco Cremoso	Blanco	Cristalino	Puntiaguda
15	Amarillo	Blanco	Cristalino	Redonda
16	Amarillo	Blanco	Cristalino	Redonda
17	Amarillo	Blanco	Cristalino	Redonda

Con respecto al tipo de grano (cristalino o semicristalino) y superficie de grano (puntiaguda, dentada o redonda) se observa que los testigos fueron los únicos que

presentaron características de grano cristalino y superficie redonda, conjuntamente estas dos características pudieron haber influido en una mejor expresión de sus atributos de expansión de grano.

En el Cuadro 14, se presenta el análisis de varianza de cuatro variables estudiadas en 17 poblaciones de maíz en las cuales se efectuaron tres repeticiones por población para cada una de las variables relacionadas con la expansión del grano, los cuadrados medios de tratamiento presentaron diferencias altamente significativas lo que señala la variabilidad de los genotipos evaluados (palomeros comerciales y maíces Palomeros y Arrocillo). Los coeficientes de variación son muy bajos con valores de 2.54% para NG/50cc a 16.72% para AVenV que son muy aceptables para condiciones de laboratorio.

**Cuadro 14. Cuadrados medios y su significancia de las variedades analizadas**

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios			
		NG/50cc	Vpde50cc	NGE	AVenV
Tratamientos	16	12489.937**	507803.093**	23195.281**	203.100**
Error	34	20.922	2741.794	115.705	1.096
Total	50				
$\bar{X}$		180.41	313.10	88.10	6.26
C. V. (%)		2.54	16.72	12.21	16.72

\*\*Altamente significativo al nivel de probabilidad de 0.01

En la prueba de rango múltiple MDS (Cuadro 15), se observa que las poblaciones 15 y 17 (testigos) presentaron mayor número de granos por 50cc (NG/50cc) contrastando con la población 11 que tuvo el mayor tamaño de grano y por tanto el menor número de granos por 50cc, las poblaciones 1 y 2 de Puebla, 12, 13 y 14 del estado de México tienen valores superiores a la media general (NG/50cc=180.41), por lo tanto, menor tamaño de grano que el resto de las poblaciones. Las poblaciones 16, 15 y 17 (testigos) presentaron alto valor en el volumen de palomitas en 50cc de grano (VPde50cc), dentro de las muestras sobresalen las poblaciones 1 y 6 de Puebla y Tlaxcala, respectivamente y 14, 12 y 13 del estado de México, estos mismos resultados se reflejan para el aumento de veces en volumen (AVenV). La variable número de granos expandidos (NGE), fue un factor importante para que los testigos presentaran el mayor volumen de palomitas, ya que

en la Población 17 (Testigo 3) con un NGE = 273.0 corresponde al 92.23% de granos explotados y en la Población 11 con NGE = 12.67 corresponde al 13.15% de granos expandidos, dentro de esta misma variable, se observa que las poblaciones 1 y 12 superaron a la media general (NGE = 88.10), las poblaciones 6, 14 y 13 también presentaron un buen promedio para esta variable comparadas con el resto de las colectas.

**Cuadro 15. Valores medios de 17 poblaciones de maíz con respecto a las variables relacionadas con la expansión del grano**

Pob	NG/50cc		Pob	VPde50cc		Pob	NGE		Pob	AVenV	
15	298.33	A	16	1280.00	A	17	273.00	A	16	25.60	A
17	296.00	A	15	1196.67	A	15	272.67	A	15	23.93	A
16	268.33	B	17	1026.67	B	16	231.67	B	17	20.53	B
1	238.67	C	1	200.00	C	1	134.67	C	1	4.00	C
12	204.00	D	14	171.67	C	12	90.67	D	14	3.43	C
14	200.67	D	12	166.67	C	6	85.33	DE	12	3.33	C
2	194.67	DE	13	151.67	C	14	83.00	DE	13	3.03	C
13	190.33	E	6	150.33	C	13	64.33	EF	6	3.01	C
6	172.33	F	8	126.67	C	2	42.00	FG	8	2.53	C
4	162.00	G	9	120.00	C	9	41.67	FG	9	2.40	C
7	133.33	H	5	116.67	C	5	33.67	GH	5	2.37	C
9	132.00	H	10	110.67	C	8	33.33	GH	10	2.21	C
8	129.00	H	7	110.00	C	7	29.33	GH	7	2.20	C
10	128.33	H	2	106.67	C	10	29.00	GH	2	2.13	C
5	114.67	I	3	96.67	C	3	22.00	GH	3	1.93	C
3	108.00	I	11	96.67	C	4	18.67	GH	11	1.93	C
11	96.33	J	4	95.00	C	11	12.67	H	4	1.90	C
$\bar{x}$	180.41			313.10			88.10			6.26	
DMS <sup>31</sup>	10.20			116.77			23.98			2.33	

<sup>31</sup>DMS a un nivel de significancia del 0.01, medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Las características de grano de las poblaciones se presentan en el Cuadro 16 en donde se aprecia que los testigos muestran diferencias respecto al resto de las poblaciones en características como LG, P100G, V100G, presentando un bajo promedio para estas variables, con respecto al contenido de humedad (HG) cuentan con altos valores para esta variable. El bajo contenido de humedad que presentaron ciertas poblaciones fue un factor que influyó negativamente en el NGE y VPen50cc (Serna, 1999). Cabe señalar que poblaciones con mayor tamaño de grano, como la población 11 que tuvo los promedios más altos para LG (15 mm), P100G (38.05 g) y V100G (53.30 cc) presentan bajos valores para las características de expansión de grano.



**Cuadro 16. Características de 17 poblaciones de maíz que comprenden las 14 variables en estudio**

Población	LG mm	AG mm	GG mm	AG/LG	GG/LG	GG/AG	P100G g
1	11.55	5.37	4.21	0.46	0.36	0.78	19.97
2	11.31	6.27	4.20	0.55	0.37	0.67	20.15
3	14.41	5.89	4.24	0.41	0.29	0.72	23.10
4	12.30	6.32	4.20	0.51	0.34	0.66	24.90
5	15.65	6.28	4.17	0.40	0.27	0.66	30.30
6	12.81	6.12	4.30	0.48	0.34	0.70	22.60
7	14.54	6.73	4.77	0.46	0.33	0.71	32.25
8	13.74	6.68	4.58	0.49	0.33	0.69	32.55
9	14.43	7.36	4.61	0.51	0.32	0.63	34.40
10	13.73	6.80	4.09	0.50	0.30	0.60	26.70
11	15.09	7.25	4.69	0.48	0.31	0.65	38.05
12	11.76	5.97	4.50	0.51	0.38	0.75	19.80
13	11.32	6.03	4.44	0.53	0.39	0.74	20.20
14	11.12	5.70	4.75	0.51	0.43	0.83	21.75
15	9.63	5.23	4.50	0.54	0.47	0.86	14.00
16	8.50	4.43	4.50	0.52	0.53	1.02	15.00
17	8.23	5.40	4.43	0.66	0.54	0.82	14.00

Población	V100G cc	RPV g/cc	HG %	NG/50cc	VPde50cc cc	NGE	AVenV
1	25.25	0.79	10.30	238.67	200.00	134.67	4.00
2	28.50	0.71	11.50	194.67	106.67	42.00	2.13
3	35.55	0.65	7.90	108.00	96.67	22.00	1.93
4	34.95	0.71	9.10	162.00	95.00	18.67	1.90
5	49.15	0.62	8.00	114.67	116.67	33.67	2.37
6	31.05	0.73	7.80	172.33	150.33	85.33	3.01
7	47.20	0.68	9.60	133.33	110.00	29.33	2.20
8	45.90	0.71	7.00	129.00	126.67	33.33	2.53
9	49.55	0.69	7.80	132.00	120.00	41.67	2.40
10	36.55	0.73	7.80	128.33	110.67	29.00	2.21
11	53.30	0.72	8.70	96.33	96.67	12.67	1.93
12	29.55	0.67	9.90	204.00	166.67	90.67	3.33
13	28.40	0.71	9.10	190.33	151.67	64.33	3.03
14	26.90	0.82	9.30	200.67	171.67	83.00	3.43
15	19.00	0.74	11.10	298.33	1196.67	272.67	23.93
16	20.00	0.75	10.20	268.33	1280.00	231.67	25.60
17	20.00	0.70	10.70	296.00	1026.67	273.00	20.53

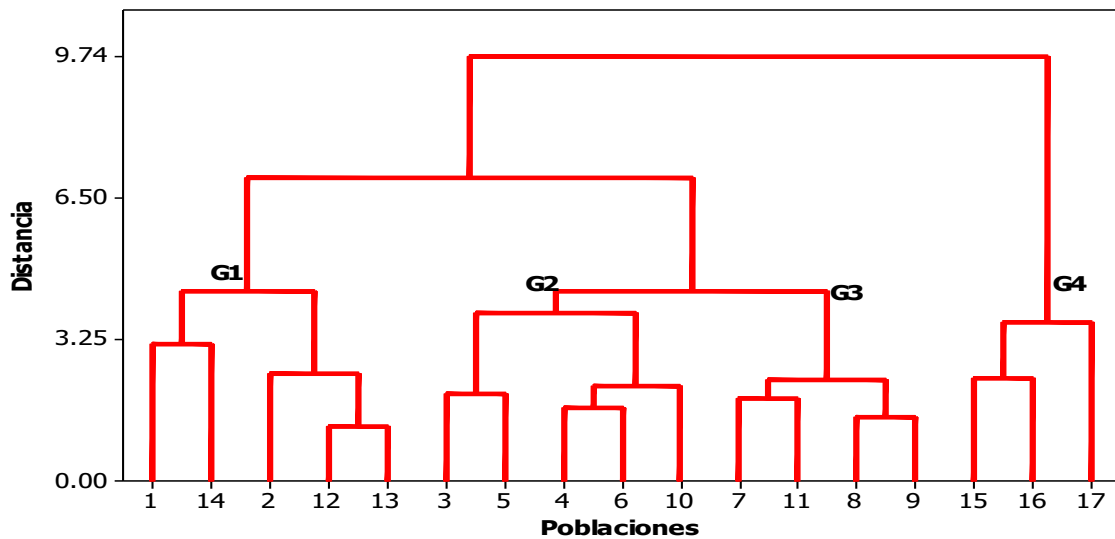
### 3.8.1 Análisis de Conglomerados

En el Cuadro 17, se presenta los pasos de enlace para las 17 poblaciones de maíz lo que permite indicar a que nivel de distancia hacer el corte de gráfica y señalar la formación de los grupos más importantes. En el paso 13 se forman 4 conglomerados a una distancia euclidiana de 4.36674 cuando la población 1 se enlaza con la población 2, quedando el Grupo 1 constituido por cinco poblaciones, el

Grupo 2 por cinco, el Grupo 3 por cuatro y el Grupo 4 por tres poblaciones, esto se puede observar en el dendograma de la Figura 8.

**Cuadro 17. Valores de distancia euclidiana y pasos enlace para 17 poblaciones de maíz y 14 características, método de enlace completo**

Paso	Número de conglomerados	Nivel de distancia	Conglomerados incorporados	Número de poblaciones en el conglomerado nuevo
1	16	1.25583	12	13
2	15	1.48085	8	9
3	14	1.69407	4	6
4	13	1.90978	7	11
5	12	2.00308	3	5
6	11	2.16242	4	10
7	10	2.32313	7	8
8	9	2.34606	15	16
9	8	2.45399	2	12
10	7	3.12876	1	14
11	6	3.63484	15	17
12	5	3.86869	3	4
<b>13</b>	<b>4</b>	<b>4.36674</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
14	3	4.37483	3	7
15	2	6.97267	1	3
16	1	9.74354	1	15



**Figura 8.** Dendograma para la clasificación de 17 poblaciones de maíz basados en caracteres y expansión de grano.

En el Cuadro 18 se presentan las características más sobresalientes de cada grupo. El Grupo 1 se formó con las poblaciones 12, 13 y 14 del estado de México y las poblaciones 1 y 2 de Puebla (Figura 8), este grupo presentó bajo promedio para LG, AG, P100G y V100G, pero sobresalen con respecto al resto de las poblaciones en NG/50cc, VPde50cc, NGE y AVenV, excepto la población 2 que es una mezcla de la raza de Palomero con Arrocillo que presentó bajo promedio en VPde50cc (106.67cc) y NGE (42.00). En el Grupo 2 se encuentran las tres poblaciones de Arrocillo de Puebla (3, 4 y 5) y dos poblaciones de Tlaxcala (6 y 10) presentando este grupo valores intermedios entre los Grupos 1 y 3 para la mayoría de las variables evaluadas, dentro de este grupo sobresale la población 6 por tener un buen promedio para el VPen50cc (150.33) y NGE (85.33) que supera a la población 2 del Grupo 1 en dichas variables. En el Grupo 3 se encuentran las poblaciones 7, 8, 9 y 11 de Tlaxcala las cuales se caracterizan por altos promedios para LG, AG, P100G y V100G, sin embargo junto con las poblaciones de Arrocillo fueron las que presentaron bajos promedios para las variables VPde50cc y NGE como se puede observar en el Cuadro 15 de la prueba de DMS. El Grupo 4 que contiene a los tres testigos comerciales, presentaron los menores promedios para LG, AG, P100G y V100G, contrastando con el resto de las poblaciones por su mejor comportamiento en las pruebas de expansión de grano.

**Cuadro 18. Medias de cuatro grupos formados a un nivel de distancia de 4.3667 del análisis de conglomerados para las 14 características evaluadas**

Grupos	LG mm	AG mm	GG mm	AG/LG	GG/LG	GG/AG	P100G g
G1	11.41	5.87	4.42	0.51	0.39	0.76	20.37
G2	13.78	6.28	4.20	0.46	0.31	0.67	25.52
G3	14.45	7.01	4.66	0.48	0.32	0.67	34.31
G4	8.79	5.02	4.48	0.57	0.51	0.90	14.33

Grupos	V100G cc	RPV g/cc	HG %	NG/50cc	VPde50cc cc	NGE	AVenV <sup>21</sup>
G1	27.72	0.74	10.0	205.67	159.33	82.93	3.19
G2	37.45	0.69	8.0	137.07	113.87	37.73	2.28
G3	48.99	0.70	8.0	122.67	113.33	29.25	2.27
G4	19.67	0.73	11.0	287.56	1167.78	259.11	23.36

<sup>21</sup> Determinado en base a la proporción aumentada del volumen inicial (50cc).

Se puede observar que el Grupo 1 presenta características de grano más similares a los testigos, por lo que, fueron las poblaciones que presentaron mejor comportamiento para las variables de expansión de grano. Por otra parte se observó que las poblaciones difirieron en su contenido de humedad, el Grupo 1, promedió 10% y el Grupo 4 el 11% de humedad, siendo estos porcentajes más apropiados para la prueba de expansión de grano.

### 3.8.2 Análisis de Componentes Principales

Con las 14 variables evaluadas en las 17 poblaciones de maíz se efectuó el análisis de componentes principales, con la opción de matriz de correlaciones que se utiliza cuando las variables están en diferentes unidades. En el Cuadro 19 se presentan los tres primeros componentes principales los cuales presentaron valores propios mayores a la unidad, los componentes con valores arriba de 1.0 son más relevantes, mientras que aquellos con valores menores a la unidad aportan poca explicación a la variación total. Estos tres componentes principales explicaron el 86.40% de la variación total (proporción acumulada).

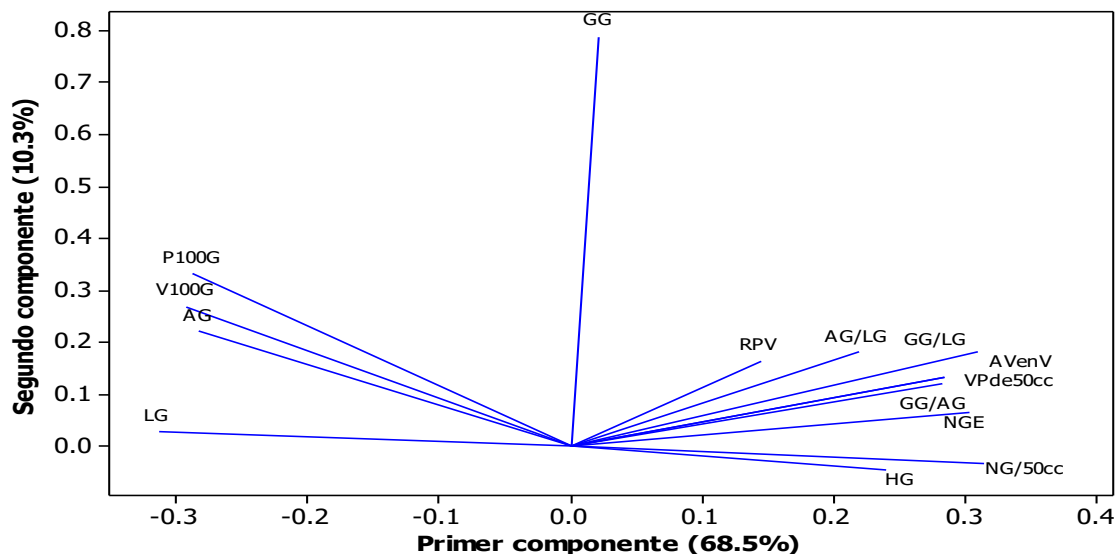
**Cuadro 19. Coeficientes de vectores y valores propios del análisis de componentes principales y proporción de la variación explicada y acumulada**

Variable	CP1	CP2	CP3
LG	<b>-0.313*</b>	0.027	-0.162
AG	-0.282	0.220	0.155
GG	0.022	<b>0.787*</b>	0.028
AG/LG	0.219	0.180	<b>0.316*</b>
GG/LG	<b>0.310*</b>	0.181	0.021
GG/AG	0.283	0.120	-0.183
P100G	-0.287	<b>0.332*</b>	-0.058
V100G	-0.292	0.269	-0.196
RPV	0.144	0.165	<b>0.639*</b>
HG	0.241	-0.045	0.206
NG/50cc	<b>0.314*</b>	-0.033	0.078
VPde50cc	0.284	0.133	<b>-0.372*</b>
NGE	<b>0.303*</b>	0.065	-0.201
AVenV	0.284	0.133	<b>-0.372*</b>
Valor propio	9.59	1.44	1.05
Proporción explicada (%)	68.50	10.30	7.60
Proporción acumulada (%)	68.50	78.80	86.40

\* Coeficientes del vector propio > 0.300

Por otra parte los coeficientes de los vectores propios con valores significativos representan a las variables que separan a las poblaciones en grupos definidos (Sánchez *et al.* 1993). En el CP1 las variables con mayor peso fueron: LG, GG/LG, NG/50cc y NGE. En el CP2 las variables de mayor importancia fueron: GG y P100G. En el CP3, AG/LG, RPV, VPde50cc y AVenV.

Con respecto a la distribución de las cargas de las variables la Figura 9, muestra que las variables: LG, GG/LG, NG/50cc, y NGE presentaron vectores de mayor longitud lo que significa que son las de mayor peso en el primer componente principal (CP1). Con respecto al segundo componente (CP2), las variables GG y P100G presentaron mayor longitud del vector, siendo las de mayor peso en cuanto a este componente. Se puede observar que las variables LG, AG, V100G y P100G se correlacionaron negativamente con las variables de expansión por ejemplo, LG presentó valores de correlación negativa de  $r = -0.952^{**}$ ,  $r = -0.781^{**}$  y  $r = -0.854^{**}$  con las variables NG/50cc, VPde50cc y NGE, respectivamente. En el CP2 la variable GG presentó correlaciones positiva con variables de expansión de grano las cuales fueron no significativas.

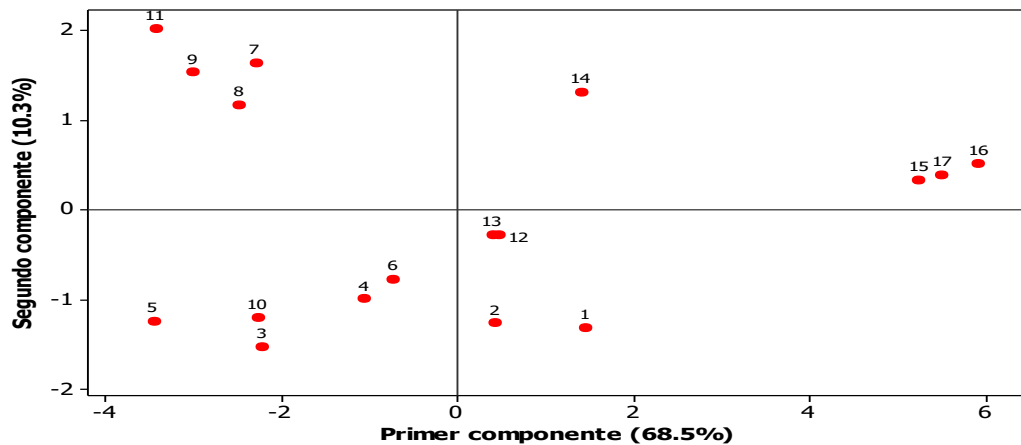


**Figura 9.** Cargas de la distribución de las variables con su peso sobre los dos primeros componentes principales.

También se puede observar que las variables de expansión de grano entre ellas presentan correlaciones positivas y altamente significativas por ejemplo, la

variable NGE presentó una correlación de  $r = 0.937^{**}$  con VPen50cc. Los valores de correlación se presentan en el Anexo I.

En la Figura 10. Se observa la distribución de las poblaciones con respecto a los dos primeros componentes principales los cuales explican en conjunto el 78.80 % de la variación contenida en las 14 variables originales. Dentro de esta gráfica en CP1 se observa que el Grupo 4 perteneciente a los Testigos (poblaciones 15, 16 y 17) se ubica en extremo derecho de la gráfica contrastando con las poblaciones del Grupo 3 (7, 8, 9 y 11) que se ubican en el extremo izquierdo de la gráfica siendo éste el grupo que mostró menor calidad de expansión de grano. Con respecto al CP2 se observa que las poblaciones 14 y 7 ubicadas en la parte superior de la gráfica fueron las de mayor GG con valores de 4.75 mm y 4.77mm, respectivamente y que estas contrastan con las poblaciones 1(4.21 mm) y 2(4.20 mm) ubicadas en la parte inferior de la gráfica ya que tienen el menor GG.

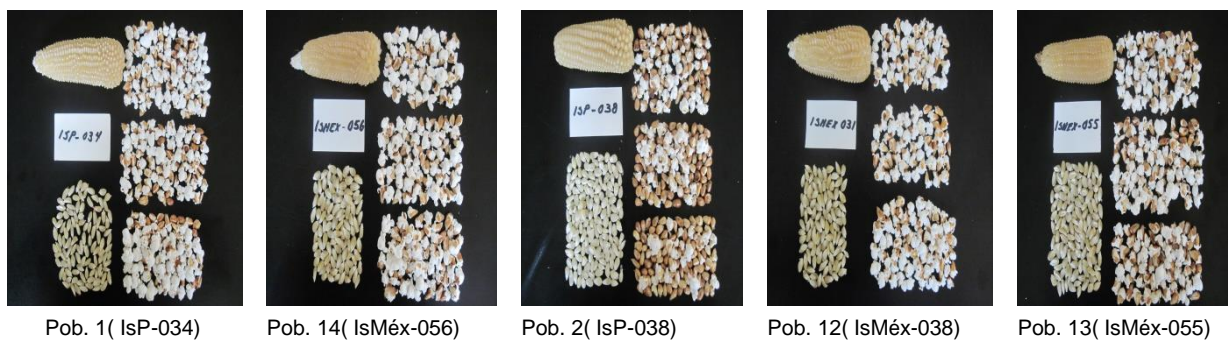


**Figura 10.** Distribución de las 17 poblaciones evaluadas en base a los dos primeros componentes principales, considerando 9 variables de tamaño de grano y 5 de capacidad de expansión.

En las Figuras 11, 12 y 13 correspondientes a los Grupos 1, 2 y 3, respectivamente, se presentan las imágenes de expansión de grano realizadas en 14 poblaciones de maíz que incluyen en cada una de ellas tres repeticiones y una mazorca como muestra representativa de la población, además se presenta la clave

de colecta. En la figura 14 que corresponde al Grupo 4, se muestran las imágenes de expansión de grano para los tres testigos comerciales.

En la Figura 11, se observa que cuatro de las poblaciones muestran un alto porcentaje de granos expandidos, exceptuando a la Población 2(IsP-038) que tuvo un promedio de 42.0 para NGE (ver Cuadro 15) cabe mencionarse que las Poblaciones 1 y 12 con promedios de 134.67 y 90.67 respectivamente, junto a los testigos presentaron un alto promedio para NGE. Las Poblaciones 1, 12, 13 y 14 presentaron tipo de grano cristalino y la Población 2 semicristalino.



Fuente. Fotografías propias tomadas de los materiales en estudio

**Figura 11.** Resultados de las pruebas de expansión de grano en poblaciones del Grupo 1.

En la Figura 12 se encuentran poblaciones con bajos porcentaje de expansión de grano, exceptuando a la población 6(IsTL-001) que presentó un promedio de 85.33 para NGE en la prueba y presenta grano de tipo cristalino. En este grupo se tienen las poblaciones 6 y 10 con granos de color amarillo característicos de maíz palomero comercial.

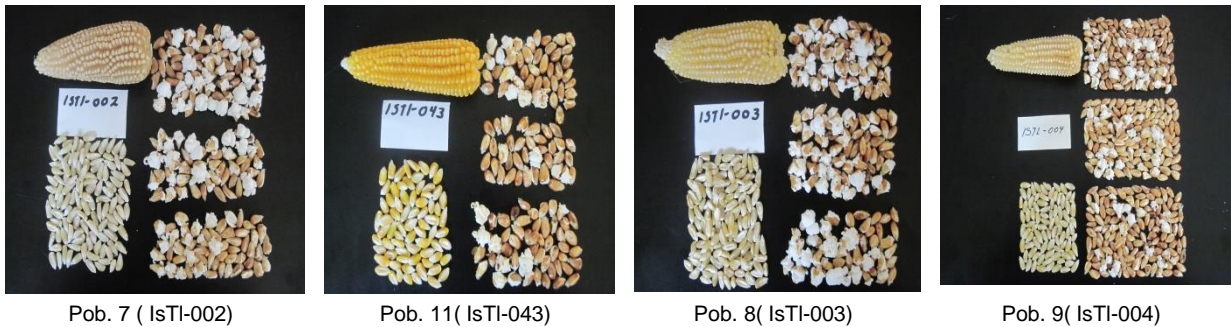


Fuente. Fotografías propias tomadas de los materiales en estudio

**Figura 12.** Resultados de las pruebas de expansión de grano en poblaciones del Grupo 2.



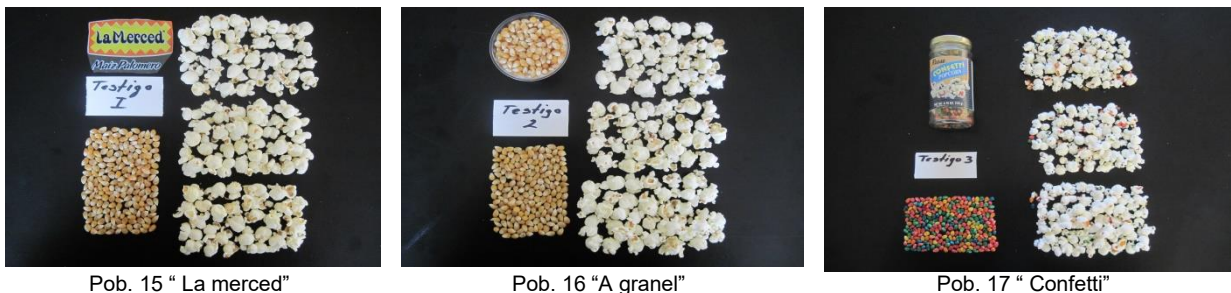
En la Figura 13 se observa que se caracteriza por tener a la Población 11 (IsTL-043) de maíz palomero con el menor promedio de NGE (12.67), siendo las poblaciones en su mayoría con tipo de grano semicristalino a excepción de la Población 8 de grano cristalino. Cabe mencionar que la Población 11 presenta color de grano amarillo.



Fuente. Fotografías propias tomadas de los materiales en estudio

**Figura 13.** Resultados de las pruebas de expansión de grano en poblaciones del Grupo 3.

La Figura 14 corresponde a las poblaciones que se utilizaron como testigos comerciales. De los tres testigos la Población 16 presentó menor promedio para las variables de expansión: NG/50cc (268.33) y NGE (231.67) pero fue el que presentó el mayor VPde50cc (1280.0) y por lo tanto mayor AVenV (25.60), seguida de la población 15 con promedios de VPde50cc (1196.67) y AVenV (23.93). La Población 17 presentó un alto promedio de NG/50cc (296.0) y el mayor promedio de NGE (273.0), pero el menor promedio para el VPde50cc (1026.67), y el menor AVenV (20.53), lo cual se puede atribuir a que presentó un menor tamaño en la roseta de maíz.



Fuente. Fotografías propias tomadas de los materiales en estudio

**Figura 14.** Resultados de las pruebas de expansión de grano en poblaciones del Grupo 4.



Es relevante recalcar que los resultados obtenidos en la prueba de expansión de grano fueron diferentes para los cuatro grupos, la Figura 14 representa a los testigos (híbridos o variedades mejoradas) ya comercializados para la elaboración de palomitas y que difieren altamente de las poblaciones criollas. Hellin *et al.* (2013) indican que objetivo principal de las razas criollas de maíz palomero es para el autoconsumo en la elaboración de tortillas y otros derivados y no son utilizados en la elaboración de palomitas por la falta de mejoramiento de este atributo. En las pruebas de expansión, los testigos contenían un porcentaje de humedad de 10.2 a 11.1%, solo las poblaciones 1 y 2 presentaron porcentajes de 10.3 y 11.50% respectivamente, y en el resto de las poblaciones varió de 7.0 a 9.9% de humedad, lo anterior resultó que se presentara un bajo número de granos expandidos (NGE) en las poblaciones que de acuerdo a Serna (1999) para lograr obtener la máxima expansión en la roseta de maíz, la humedad debe de ser del 13 al 14.5%; pero el 13.5% es considerado lo ideal.

Con respecto al tipo de grano los testigos son de tipo cristalino y las poblaciones presentaron grano cristalino o semicristalino, afectando esta última el volumen de expansión de grano ya que Erazo (2009) reporta que existe una correlación positiva entre la cristalinidad del grano y el volumen de expansión.

La variabilidad genotípica de las poblaciones, el tipo de grano, longitud de grano, contenido de humedad y el uso que se ha dado a estas poblaciones en su lugar de origen son factores que influyeron en la expresión de su calidad en la expansión de grano en comparación con los testigos comerciales. Las poblaciones 1, 6, 12, 13 y 14 son las que se comportaron mejor en las pruebas de expansión, las cuales presentan características parecidas a los testigos, además de sus propiedades como maíz palomero se debe de considerar su adaptación a condiciones locales de clima y suelos, caracteres agronómicos y rendimiento de grano muy aceptables, por lo que deben ser la base de un programa de mejoramiento genético para lograr híbridos competitivos en el mercado.

## CONCLUSIONES

En base a los objetivos del estudio y a los resultados obtenidos en la investigación de mercados se concluye en lo siguiente:

- Debido a que la producción nacional de maíz palomero comercial en México es muy baja, se importa principalmente de Argentina y EUA para satisfacer su demanda, por lo que se debe implementar un programa de mejoramiento continuo con las razas palomeras. Situación que refleja una oportunidad de negocio para que los productores a través de agricultura por contrato se conviertan en proveedores de las empresas que industrializan y comercializan el maíz palomero o generen su propia empresa.
- México, no destina recursos económicos específicamente a la conservación y al desarrollo de programa de mejoramiento genético de maíz palomero, por lo que la productividad de los agricultores no compite con el monopolio extranjero que ingresan y producen el grano en el país, contrastando con la producción en los Estados Unidos de Norteamérica en donde se obtienen altos rendimientos y el gobierno otorga subsidios a sus agricultores 20 veces superior a lo que México destina al maíz blanco y que aún siguen siendo insuficientes.
- El costo de producción estimado en Tamaulipas en 2011 fue de \$9, 437.00 ha<sup>-1</sup> y a un precio de \$4, 500.00 la tonelada, representa un ingreso bruto de \$15, 750.00 con una utilidad neta de \$6, 313.00 ha<sup>-1</sup>, lo que representa una relación beneficio - costo (15, 750.00/9437.00) de 1: .66 es decir que por cada peso gastado se tiene una ganancia de \$0.66 adicionales a reserva de realizar su análisis técnico-financiero para actualizar los valores en el tiempo.
- Se requieren programas intensivos de mejoramiento genético de las poblaciones en estudio para obtener híbridos competitivos de maíz palomero para que cumplan con la calidad y atributos que requieren los consumidores

en las botanas como el volumen de expansión, y con ello coadyuvar a reducir un importante porcentaje de las importaciones.

- Se requiere especial atención y apoyo gubernamental, asesoría por centros de investigación y Universidades para que se incentive a los productores y se aproveche el material nativo que además, está en peligro de extinción por lo que se hace hincapié en mejorar los materiales nativos haciéndolos competitivos, reducir las importaciones, generar empleos y beneficiar económicamente a los productores mismos.
- México debe empezar a ser autosuficiente en términos productivos para no depender altamente de los países vecinos ya que impacta en las altas fugas de divisas del país.

De acuerdo a los objetivos de la investigación, de las pruebas de expansión de maíz palomero criollo se pueden derivar las siguientes conclusiones sobresalientes:

- Con respecto a las variables cualitativas se observó que los testigos presentan características definidas con respecto al color de grano (amarillo), tipo de grano (cristalino) y superficie de grano (redondo), las poblaciones presentaron una variabilidad en el color de grano (amarillo, blanco y cremoso) y superficie de grano (dentada o puntiaguda) predominando esta última.
- Los análisis de varianza para las características de la expansión de grano mostraron diferencias altamente significativas entre poblaciones, observándose coeficientes de variación bajos y aceptables con porcentajes de 2.54% para NG/50cc y de 16.72% para la variable AVenV.
- En la prueba DMS aplicada a las variables de expansión del grano, se observó que los testigos superaron altamente a la media respectiva, las poblaciones 1, 6, 12, 13 y 14 se consideraran las más sobresalientes para las variables VPde50cc y AVenV.
- Con el análisis de conglomerados se obtuvieron cuatro grupos principales: el Grupo1 formado por las poblaciones 1, 12, 13 y 14 que junto con la población 6 del Grupo 2 tuvieron buen comportamiento en las pruebas de expansión de

grano, el Grupo 3 se formó con poblaciones que presentaron altos promedios para tamaño de grano y el Grupo 4 se constituyó con los tres testigos comerciales.

- El análisis de componentes principales, con dos componentes se explicó el 78.8% de la variación total de los datos, donde las variables con mayor peso fueron: LG, GG/LG, NG/50cc y NGE en el CP1, en el CP2 sobresalen GG y P100G.
- Las variables LG, AG, V100G y P100G se correlacionaron negativamente con las variables de expansión de grano, exceptuando GG, AG/LG, GG/LG, GG/AG y RPV en la que la relación fue positiva. Por otra parte se observaron valores de correlación positivos y altamente significativos entre las variables de calidad de expansión como NG/50cc con VPde50cc ( $r=0.813^{**}$ ) y NGE ( $r=0.930^{**}$ ).

De lo anterior se desprende que el cultivo de maíz palomero representa una alternativa para los productores de maíz, existiendo una gran oportunidad de negocio en este cultivo, aunado a que en México se tienen las condiciones agroclimáticas para producirlo. Sin embargo, es necesario desarrollar nuevas variedades con los atributos de la semilla que la industria requiere (alto grado de expansión) para acceder al mercado y reducir el nivel de importaciones.

Al contar con poblaciones de la raza de maíz Palomero con atributos agronómicos y con adaptación a las condiciones climáticas de las regiones de Puebla, Tlaxcala y estado de México, representa una oportunidad de negocio para los agricultores custodios de la raza maíz Palomero y dar inicio a un programa de mejoramiento continuo haciendo énfasis en las características de expansión (campo - laboratorio). Deberá analizarse su viabilidad técnico – financiera y convertir los costos y beneficios a un valor actual y tomar en cuenta el valor del dinero en el tiempo.

## LITERATURA CITADA

- Abaroa, S.S. 2013. Las botanas dicen presente en los eventos deportivos. Brújula del consumidor. PROFECO Procuraduría Federal del Consumidor, México. Disponible en:  
<[http://www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/bruj\\_2013/bol245\\_botanas\\_eventos\\_deportivos.asp](http://www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/bruj_2013/bol245_botanas_eventos_deportivos.asp)>
- Acosta, R. 2009. El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. Cultivos Tropicales. 30: 113-120.
- Aguilar, V. 2001. Mercados en Crecimiento Alrededor del Mundo. Comunicación y Relaciones Públicas, A.C. Nielsen. México. Disponible en:  
<<http://segmento.itam.mx/Administrador/Uploader/material/Articulo-Mercados%20en%20Crecimiento1.PDF>>
- Alcaraz, R. 2006. El emprendedor de Éxito Guía de Planes de Negocios. Ed. Mc Graw-Hill interamericana de México, S.A de C.V. México, D.F.
- Anderson, E., H.C. Cutler. 1942. Races of *Zea mays*: I. Their recognition and classification. Ann. Miss. Bot. Garden 29:69-89.
- AK Acres Popcorn Company. 2016. Empresa de maíz palomero en Nebraska. EEUU. Disponible en: <[http://www.akacres.com/company\\_sp.html](http://www.akacres.com/company_sp.html)>
- Andreoli S.A. 2016. Maíz Pisingallo. Página web oficial de la empresa. Disponible en: <<http://www.andreolisa.com.ar/maiz.html>>
- Arellano, G. J. 1998. Elaboración de Botanas de maíz. Primer Taller de Especialidades de Maíz. Chapingo. Edo de México.
- BBVA Con Tu Empresa. 2012. Las cuatro fases de una investigación de mercados. Banco Bilbao Vizcaya. Comercios. Disponible en:  
<http://www.bbvacontuempresa.es/a/las-cuatro-fases-una-investigacion-mercados>
- Benson, L. 1962. Plant Taxonomy Methods and Principles. The Royal Press Co. New York, U.S.A. 494 p.
- Business Solutions. s/f. Consulting Group. Productividad. 5p. Recuperado. 19 Febrero de 2016, en <<http://www.bscgla.com/04.%20Educacion/00010.%20Productividad/Productividad.pdf>>

- Carrera, J.A., J. Ron, A.A. Jiménez, M.M. Morales, R. Miranda, L. Sahagún y J.T. Díaz. 2012. Razas de Teocintle en Michoacán. Su Origen, Distribución y Caracterización Morfológica. Universidad Autónoma de Chapingo. 95 p.
- Casiano de la R. Ma del C. 2015. Análisis de la variación entre 13 poblaciones de Maíces Nativos del Estado de Tlaxcala, México. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 58 p.
- Cazón, J., M. Botta., H. Palau y F. Vilella. 2007. High Scale Specialties: Pop Corn. - The "POP Argentina" Case. Universidad de Buenos Aires Argentina. Pp. 1-14. Disponible en:  
<[http://www.agro.uba.ar/sites/default/files/paa/High\\_Scale\\_Specialties\\_-\\_Pop\\_Corn\\_-\\_POP\\_Argentina\\_case-OK.pdf](http://www.agro.uba.ar/sites/default/files/paa/High_Scale_Specialties_-_Pop_Corn_-_POP_Argentina_case-OK.pdf)>
- CAMPI. 2010. Cámara de procesadores y exportadores de maíz pisingallo. Informe anual. Argentina. Disponible en:  
<[http://www.senasa.gov.ar/prensa/Home/consulta\\_publica/2015/233/Proyecto\\_CP233.pdf](http://www.senasa.gov.ar/prensa/Home/consulta_publica/2015/233/Proyecto_CP233.pdf)>
- CANAMI. 2011. Descuidan al maíz palomero. Cámara Nacional del Maíz Industrializado. Sección de noticias. Disponible en:  
<<https://cnmaiz.wordpress.com/2011/06/06/descuidan-al-maiz-palomero/>>
- CEDRSSAR. 2014 Evolución de los precios del maíz, frijol y sorgo. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, Pag.6
- CEFP. 2007. Los subsidios agrícolas en los países del TLCAN. Centro de Estudios de las Finanzas Públicas. Cámara de Diputados, LX Legislatura. 32 p.
- CONABIO. 2010. Tabla Descriptiva de Razas de Maíz en México: Proyecto Global de Maíces Nativos. Taller sobre la argumentación para conservar las razas mexicanas de maíz del proyecto "Recopilación, generación actualización y análisis de información genética de maíces y sus parientes silvestres en México", que se llevó a cabo el 17 y 18 de marzo en la CONABIO. Pp 1-2.
- Consulado General y Centro de Promoción de la República Argentina en Nueva York. 2014. Artículo. Perfil de Mercado de Maíz Pisingallo. Pp 3-11 Disponible en:<<http://www.argentinatradenet.gov.ar/sitio/datos/docus/Maiz%20-%20Perfil%20de%20mercado%20abril%202014.pdf>>
- Damilano, A.L. y J. Safont. 1986. El Banco de Germoplasma de Maíz en Argentina. *In*: Germoplasma de Maíz en el Cono Sur de América. Ed. C.J. Molestina, Montevideo, Uruguay. Pp 5-14.

- Domínguez M. 2007. Da Reynosa la pelea con su maíz palomero. VLEX México. Información jurídica inteligente. Sección de Noticias. Díaz Ordaz. Tamps. México. Disponible en <<http://norte-monterrey.vlex.com.mx/vid/da-reynosa-pelea-maiz-palomero-78989762>>
- Emprende PyME. 2008. Qué es la productividad empresarial. Sección de Administración de la Empresa. Disponible en: <http://www.emprendepyme.net/que-es-la-productividad-empresarial.html>
- Erazo, B. M. 2009. Evaluation of popping expansion traits in a maize (*Zea mays* L.) population. Tesis de Maestría. Iowa State University. 147 p.
- Excel. 2010. Microsoft Excel Professional Plus Herramientas de Microsoft Office 2010.
- FAO. 2001. Sistema de Producción Agropecuaria y Pobreza. Como mejorar los medios de subsistencia de los pequeños agricultores en un mundo cambiante. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma y Washington DC.
- Fassio, A., D. Cozzolino, V. Bonjour, A. Pascal, F. Condón, I. Delucchi. 2000. Maíz: Variabilidad Genética y Usos Alternativos del Grano. Editado por la Unidad de Difusión e Información Tecnológica. Montevideo Uruguay. 51 p.
- Figuroa, J. D., D.E. Narváez G., A. Mauricio S., Suketoshi Taba, M. Gaytán M., J.J. Véles M., F. Rincón S. y F. Aragón C. 2013. Propiedades físicas del grano y calidad de los grupos raciales de maíces nativos (criollos) de México. Rev. Fitotec. Méx. 36: 305-314.
- FORBES, 2014. Venta de botanas a nivel global factura 347,000 mdd. Revista de Negocios. Artículo disponible en <<http://www.forbes.com.mx/ventas-de-botanas-nivel-global-facturan-347000-mdd/>>
- Fregoso, D.A. y Cotler A. H. s/f. Sistemas de Producción Agropecuaria. Atlas de la Cuenca Lerma- Chapala. Actividades Productivas. México.
- Garza, M.R., J. Valdés, J.M. Hernández, A. Mora, C. González, R. López, L.E. Hernández, J. Sifuentes y B.A. Guerrero. 2009. Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y *Tripsacum* en el estado de Tamaulipas. Universidad Autónoma de Tamaulipas, Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. FZ018 México D. F. 188 p.
- Grupo Cosmos Online. s/f. Guía de la Industria. Maíz Palomero. Disponible en:< <http://www.cosmos.com.mx/producto/483y/maiz-palomero>> Fecha de consulta: 29 Enero de 2016.

- Guerra, E. y A. Aguilar. 1997. La Planificación Estratégica en el Agronegocio. Editorial Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega. México, D.F. pág 27.
- Hellin, J., A. Keleman, D. López, L. Donnet y D. Flores. 2013. La importancia de los nichos de mercado. Un estudio de caso de maíz azul y del maíz para pozole en México. Rev. Fitotec. Méx. 36: 315-328.
- Herrera, E.L. 2006. Concluyen genoma del maíz palomero. Universia México Noticias Educación. Disponible en <<http://noticias.universia.net.mx/ciencia-ntt/noticia/2006/11/08/52539/concluyen-genoma-maiz-palomero.html>>
- IBPGR. 1991. Descriptores para maíz. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)- International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR), Roma, Italia.
- Industria Alimenticia. 2008. El Snack en Latinoamérica. Cada generación trae sus propias preferencias y cada país sus propias tendencias. Artículo Disponible en<<http://www.industriaalimenticia.com/articles/83274-el-snack-en-latinoamerica>>
- ITAM. s/f. Ingeniería en Negocios. ¿Qué es un negocio? Disponible en: <http://www.ingnegocios.itam.mx/es/13/fac/que-es-un-negocio>
- Johnson, E.D. 2000. Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos. Internacional Thompson Editores S.A de C. V. New York, U.S.A. Pp. 3 - 4
- La Economía. s/f. Factores de producción. Términos económicos. Recuperado: Febrero de 2016 en <[www.laeconomía.com.mx/factores-de-producción/](http://www.laeconomía.com.mx/factores-de-producción/)>
- Martines, E. 2006. Evaluación de un medidor de contenido de humedad en granos basado en el principio de capacitancia eléctrica. Centro Nacional de Metrología, División de Termometría. Simposio de Metrología, del 25 al 27 de Octubre. El Marqués, Qro., México. Pp 1-6.
- Martínez M. F. A. 2011. El negocio de las palomitas de maíz. El Economista. Sección de Opinión y Análisis. Pp.1-3. Disponible en: <http://www.eleconomista.com.mx/columnas/agro-negocios/2011/06/02/negocio-las-palomitas-maiz>>
- Meré, D. 2015. “Revientan” comercio de palomitas. Publicado en el Periódico Reforma en su sección Nuevos Negocios. Pág. 23. México. Disponible en: <[http://www.itesm.mx/wps/wcm/connect/8f0e418049c467c9a500b7f1eb9227df/MonitoreoTec\\_07-09\\_15.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=8f0e418049c467c9a500b7f1eb9227df](http://www.itesm.mx/wps/wcm/connect/8f0e418049c467c9a500b7f1eb9227df/MonitoreoTec_07-09_15.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=8f0e418049c467c9a500b7f1eb9227df)>



- Minitab, Inc. 2009. Minitab Statistical Software, Versión 16 para Windows, State College, Pennsylvania. Minitab® es una marca comercial registrada de Minitab, Inc.
- Mink, S. D. y Dorosh, P. A. 1987. An overview of corn production. *In*: The corn economy of Indonesia. Cornell University Press, London.
- Montoya, D. s/f. Factores productivos o de producción. Actividades Económicas. Recuperado: Febrero de 2016, en: <<http://www.actividadeseconomicas.org/2013/11/factores-productivos-o-de-produccion.html>>
- Moreno L. 2015. Importarán 30 mil mdp de maíz amarillo transgénico. Periódico Grupo Milenio. Sección de Negocios. México. Información disponible en: [http://www.milenio.com/negocios/importaran\\_maiz\\_transgenicomaiz\\_amarillo\\_transgenico\\_0\\_463153688.html](http://www.milenio.com/negocios/importaran_maiz_transgenicomaiz_amarillo_transgenico_0_463153688.html)
- Narváez, G. E.D., J.D. C. Figueroa, S. Taba, T.E. Castaño and R. M. Peniche. 2006a. Relationships between the microstructure, physical features, and chemical composition of different maize accessions from Latin America. *Cereal Chem.* 83: 595-604.
- Neo Marketing On the Go. 2014. Tendencias Internacionales “Botanear a conciencia”: Estudio global de consumo de Botanas de Nielsen. Revista. Disponible en:<<http://www.revistaneo.com/consumidores/tendencias-internacionales/7166-botanear-a-conciencia-estudio-global-de-consumo-de-botanas-de-nielsen.html>>
- Nielsen, 2014. Consumidor: A nivel global las ventas de snacks alcanzan \$347 mil millones de dólares anuales. Disponible electrónico en: <<http://www.nielsen.com/ec/es/press-room/2014/ventas-globales-snacks.html>>
- OMC. s/f. Definición de Aranceles. Organización Mundial de Comercio. Consultado el 11 Febrero de 2016 en: [https://www.wto.org/spanish/tratop\\_s/tariffs\\_s/tariffs\\_s.htm](https://www.wto.org/spanish/tratop_s/tariffs_s/tariffs_s.htm)
- Organismo Internacional de Energía Atómica. s/f. Aumento de la productividad en la agricultura. Recuperado el 26 de Febrero de 2015 en <[https://www.iaea.org/sites/default/files/agricultura\\_sp.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/agricultura_sp.pdf)>
- Organización Internacional del Trabajo.1999. Generación de idea de Negocios. Manual de Capacitación para Futuros Empresarios. Manual disponible en: <[http://www.staging.ili.org/public/libdoc/ilo/1999/99B09\\_345\\_span.pdf](http://www.staging.ili.org/public/libdoc/ilo/1999/99B09_345_span.pdf)>
- Padrón, E., I. Méndez, A. Muñoz, J.L. de la Riva y M. Torres. 2010. Análisis de conglomerados en el estudio de siete razas de maíz. Memorias del XXXI

- Encuentro Nacional de la AMIDIQ. 4 al 7 de mayo del 2010. Huatulco Oaxaca, México.
- Paseyro, A. 2011. Ag Alumini Seed y Satus Ager S.A Gerente comercial. Disponible en <<http://www.maizar.org.ar./pdf/rojas/Paseyro.pdf>>
- Peña, D.J. 2011. Evaluación de dos poblaciones sintéticas de maíz mediante técnicas agronómicas y moleculares. Tesis de Doctorado. Universidad de Zaragoza, España. 211 p.
- Popcorn USA. 2015. Consejo Americano del Maíz Palomero. Las palomitas en la historia americana. Disponible en: <http://www.palomitasdemaiz.org/index.html>
- Ramírez, J.G. 2015. Estudio de 35 poblaciones de maíz del estado de México utilizando análisis multivariados. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. 60 p.
- Reyes, G.M. 2009. Maíz palomero, oportunidad de negocio. Publicado en el periódico el Economista. Sección de Opinión y Análisis. Disponible en: <<http://eleconomista.com.mx/notasimpreso/columnas/agronegocios/2009/06/15/maiz-palomero-oportunidad-negocio>>
- Revista Industria Alimenticia, 2014. "Informe anual de México" Disponible en <<http://www.industriaalimenticia.com/articles/87404-informe-anual-de-mexico>> y <http://www.industriaalimenticia.com/articles/83522-la-actualidad-del-segmen-to-de-las-botanas-en-mexico>
- Robles, R. y R. Covarrubias. 1966. Mejoramiento de la capacidad de expansión en maíces palomeros. Agrocienca. 1: 91-99.
- Rodríguez, M. 2012. Impacto de variables macroeconómicas en el negocio de Exportación Argentina de Maíz Pisingallo. Plan de Negocio. Universidad Austral. Facultad de Ciencias Empresariales. 43p.
- Sánchez G.J.J. 2011. Diversidad del Maíz y el Teocintle. Informe preparado para el proyecto: "Recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la diversidad genética de maíces y sus parientes silvestres en México". Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Manuscrito.
- Sánchez, G., J.J., M.M. Goodman and J.O. Rawlings. 1993. Appropriate Characters for racial Classification in maize. Econ. Bot. 47:44-59.
- Santander (s/f). Guía de Plan de Negocios. Premio Santander a la Innovación Empresarial. Consejos para hacer un plan de negocios de manera profesional.PDF 5p.

- Sanz, J. 2013. El negocio del maíz pop corn. Revista Apertura. Sección de negocios, Argentina. Disponible en: <<http://www.apertura.com/negocios/El-negocio-del-maiz-pop-corn-20130521-0005.html>>
- Serna, S.O., and L.W. Rooney. 1987. Food uses of whole corn and dry-milled fractions. Chapter 13. *In: Corn: Chemistry and Technology* edited by Stanley A. Watson and Paul E. Ramstad. Published by the American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, MN, USA.
- Serna, S.S.O. 1999. Utilización Industrial del Maíz en México. 2° Taller Nacional de Especialidades de Maíz. 9 y 10 de septiembre de 1999. Saltillo, Coah. México Pp. 101-102.
- SIAMI. 2015. Sistema de Información Arancelaria Vía Internet. Aranceles y Normatividad. Tarifa de la Ley de Impuestos Generales de Importación y de Exportación. Disponible en: <<http://www.economia-snci.gob.mx/>>
- SIAP-SIACON 2014. Sistema de Información Agroalimentaria de consulta. Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Enero de 2016.
- SIAP- SAGARPA, 2014. Maíz Palomero (*Zea mays everta*) “Servicio de Información Agroalimentaria” Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Disponible en: <<http://www.siap.gob.mx/maiz-palomero/>>
- SNICS-CP. 2009. Manual Grafico para la Descripción Varietal de maíz (*Zea maíz L.*), Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) – Colegio de Postgraduados (CP), SAGARPA.
- SNICS-SAGARPA. 2009. Guía Técnica para la Descripción Varietal. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) – Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).
- SoyEntrepreneur. 2014 Revista. Por Arianna Jiménez. Sección de emprendedores. “Palomanía: Artistas del popcorn” Una experiencia culinaria extranjera convenció a los fundadores de este negocio e emprender con una golosina inusual: palomitas gourmet. Artículo disponible en: <<http://www.soyentrepreneur.com/27428-palomania-artistas-del-popcorn.html>>
- Subgerencia Cultural del Banco de la República. (2015). Factores de producción. Recuperado de: <[http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/Economia/factores\\_de\\_producción](http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/Economia/factores_de_producción)>
- Tapia, A.F. 1999. El contador Público y la Productividad de la Empresa. Instituto Mexicano de Contadores Públicos. México.

- Tejeda, C. 2013. El mercado de botana en México creció casi 40% en cinco años. Dirección General de promoción de la salud. México. Disponible en <<http://www.promocion.salud.gob.mx/cdn/?p=4016>>
- Tenaillon, M.I., M.C. Sawkins, A.D. Long, R.L. Gaut, J.F. Doebley y B.S. Gaut. 2001. Patterns of DNA sequence polymorphism along chromosome 1 of maize (*Zea mays ssp. mays* L.). Proc. Natl. Acad. Sci. 98:9161–9166.
- The Popcorn Board. 2014. Industry Facts. The Popcorn Industry by the Numbers. Available in: <http://www.popcorn.org/Facts-Fun/Industry-Facts>>
- Tochihuitl, J., Ma del R. Rosas, H. Vite, A. Pazarán, V. Morales y D. García. 2003. Tecnología de Cereales y Oleaginosas. Coordinación General de Universidades Tecnológicas (CGUT) México D.F. 187 p.
- USDA. 2014. Agricultural Statistics: Corn, 2004-2013. United States Department of Agriculture. Pág 21.
- Valadez, G. J. 2011. V-460P Variedad de maíz palomero para el sur de Tamaulipas. Ficha: Tecnología generada en 2011 del Programa de Investigación: maíz. Las Huastecas, Inifap. Tampico, Tamaulipas.
- Valadez, G. J., Gómez, M. N.O., Preciado, O. R. E., Reyes, M.C.A y Peña, R.A. 2014. V460P, variedad de maíz palomero para la región de Las Huastecas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 7: 1303-1308
- Valladares, C.A. 2010. Taxonomía y Botánica de los Cultivos de Grano. Universidad Nacional Autónoma de Honduras Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico (CURLA). Pp 3, 6-9.
- Véles, M. J. J. 2004. Caracterización de tostadas elaboradas con maíces pigmentados y diferentes métodos de nixtamalización. Tesis Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Querétaro. Qro.
- Vidal, M.R. 2006. Sistemas de Producción. Unidad de Gestión de la Producción Animal, ICATC. Universidad Autónoma de Chile. Pág. 1
- Vielle, J.P., O. Martínez de la Vega, G. Hernández., E. Ibarra., C. Álvarez., J. Vega., B. Jiménez., A. Fernández., G. Corona., L. Herrera y A. Herrera. 2009. El origen del maíz: una perspectiva genómica. Primer Simposio Internacional de DNA Antiguo en el laboratorio nacional de genómica para la biodiversidad (LANGEBIO), CINVESTAV-IPN. Irapuato, Guanajuato. P 1
- Villanueva, R. (2008). El maíz reventador como alternativa industrial. *Ingeniería Industrial*, Revista Redaly () 113-124.

- Wellhausen, E.J., L.M. Roberts, E. Hernández-X y P.C. Mangelsdorf. 1951. Razas de Maíz en México: Su Origen, Características y Distribución. Programa de Agricultura Cooperativo de la Secretaria de Agricultura y Ganadería de México, D. F. y La Fundación Rockefeller. Folleto Técnico No. 5. 235 p.
- Wiley, E.O. 1981. Phylogenetics; The theory and practice of phylogenetics and systematics. John Wiley, New York. U.S.A.
- Zikmund, W. 1998. Investigación de mercados. 6ta.Edición. Prentice Hall México, p. 55

## APENDICE

### Anexo I. Correlación de Pearson entre las 14 variables evaluadas

	LG	AG	GG	AG/LG	GG/LG	GG/AG	P100G	V100G	RPV	HG	NG/50cc	VPde50cc	NGE
AG	0.813**												
GG	-0.030	0.129											
AG/LG	-0.774**	-0.285	0.160										
GG/LG	-0.954**	-0.768**	0.262	0.774**									
GG/AG	-0.797**	-0.910**	0.264	0.338	0.857**								
P100G	0.892**	0.886**	0.262	-0.530*	-0.773**	-0.725**							
V100G	0.922**	0.868**	0.198	-0.572*	-0.799**	-0.737**	0.981**						
RPV	-0.486*	-0.354	0.207	0.301	0.432	0.430	-0.314	-0.483*					
HG	-0.730**	-0.580*	0.039	0.585*	0.683**	0.554*	-0.677**	-0.678**	0.287				
NG/50cc	-0.952**	-0.821**	0.029	0.697**	0.912**	0.793**	-0.880**	-0.896**	0.449	0.777**			
VPde50cc	-0.781**	-0.739**	0.135	0.550*	0.861**	0.815**	-0.663**	-0.648**	0.216	0.547*	0.813**		
NGE	-0.854**	-0.789**	0.096	0.614**	0.891**	0.811**	-0.772**	-0.769**	0.321	0.625**	0.930**	0.937**	
AVenV	-0.781**	-0.739**	0.135	0.549*	0.861**	0.815**	-0.663**	-0.648**	0.216	0.547*	0.813**	1.000**	0.937**

\*Significativo al 0.05 de probabilidad  $\geq 0.482$ ; \*\*Altamente significativo al 0.01 de probabilidad  $\geq 0.606$