



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

PRODUCCIÓN DE SEMILLAS

CALIDAD INDUSTRIAL Y RENTABILIDAD DE OCHO HÍBRIDOS DE MAÍZ BLANCO EN GUASAVE, SINALOA

CLAUDIA ALEJANDRA DOMÍNGUEZ MERCADO

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTORA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

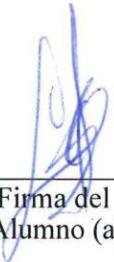
2018

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe CLAUDIA ALEJANDRA DOMÍNGUEZ MERCADO, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor DR AQUILES CARBALLO CARBALLO, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis CALIDAD INDUSTRIAL Y RENTABILIDAD DE OCHO HÍBRIDOS DE MAIZ BLANCO EN GUASAVE, SINALOA

y de los producto de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre el colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 11 de DICIEMBRE de 2017


Firma del
Alumno (a)


DR AQUILES CARBALLO CARBALLO
Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: **CALIDAD INDUSTRIAL Y RENTABILIDAD DE OCHO HÍBRIDOS DE MAÍZ BLANCO EN GUASAVE, SINALOA** realizada por la alumna: **CLAUDIA ALEJANDRA DOMÍNGUEZ MERCADO** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
PRODUCCIÓN DE SEMILLAS

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DR. AQUILES CARBALLO CARBALLO

ASESOR



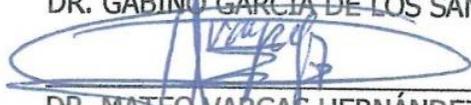
DR. JOSÉ DE JESÚS BRAMBILA PAZ

ASESOR



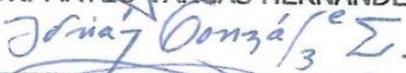
DR. GABINO GARCÍA DE LOS SANTOS

ASESOR



DR. MATEO VARGAS HERNÁNDEZ

ASESOR



DR. ADRIÁN GONZÁLEZ ESTRADA

Montecillo, Texcoco, Estado de México, enero 2018

**CALIDAD INDUSTRIAL Y RENTABILIDAD DE OCHO HÍBRIDOS DE
MÁIZ BLANCO EN GUASAVE, SINALOA**

**Claudia Alejandra Domínguez Mercado, D en C
Colegio de Postgraduados, 2018**

RESUMEN

El estado de Sinaloa es el principal productor de maíz blanco en el país presentando un rendimiento promedio por hectárea de 10.6 toneladas, a pesar de ello los productores de maíz de la región consideran que la rentabilidad del cultivo es baja y es necesario encontrar estrategias para incrementarla. Existen varias estrategias para aumentar la rentabilidad de cualquier producto, entre las que contamos: aumentar la productividad, bajar los costos y aumentar el precio de venta. Las dos primeras opciones pueden obtenerse al introducir nuevos híbridos que tengan mejores rendimientos que los utilizados actualmente o que sean de menor costo. El sobre precio podría obtenerse al ofrecer productos diferenciados para la industria y eliminando los intermediarios. Por lo anterior este estudio tiene como objetivo evaluar la calidad industrial y rentabilidad de ocho híbridos de maíz blanco en Guasave, Sinaloa. Mediante pruebas de laboratorio se identificó que los híbridos evaluados pueden utilizarse para la industria de la masa y la tortilla con buena calidad. La rentabilidad de los híbridos se vio afectada por el rendimiento de los mismos siendo los híbridos con mayor rendimiento los de mayor rentabilidad. El híbrido HC – 4 y el híbrido HE – 1 fueron los más rentables del estudio.

Palabras clave: productividad, costos de producción, industria nixtamalera.

**INDUSTRIAL QUALITY AND PROFITABILITY OF EIGHT HYBRIDS OF
WHITE MAIZE IN GUASAVE, SINALOA**

**Claudia Alejandra Domínguez Mercado, PhD
Colegio de Postgraduados, 2018**

ABSTRACT

Sinaloa is the main producer of white maize in the country presenting an average yield of 10.6 tha^{-1} , despite this, the growers of the region consider that the profitability is low and it is necessary to find strategies to increase it. There are several strategies to increase the profitability of any product, among which we have: increase productivity, lower costs and increase the sales price. The first two options can be obtained by introducing new hybrids that have better yields than those currently used or have lower cost. The overprice could be obtained by offering differentiated products for the industry and eliminating intermediaries. Therefore, this study aims to evaluate the industrial quality and profitability of eight hybrids of white maize in Guasave, Sinaloa. Through laboratory tests it was identified that the evaluated hybrids can be used for the dough and tortilla industry with good quality. The profitability of the hybrids was affected by their yield. The hybrids with the highest yield being the most profitable. The HC - 4 hybrid and the HE - 1 hybrid were the most profitable in the study.

Key words: productivity, production cost, nixtamal industry.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento otorgado para realizar mis estudios de doctorado.

Al Colegio de Postgraduados por darme la oportunidad de formarme como profesionista.

Al Dr. Aquiles Carballo Carballo por su confianza, apoyo y guía durante el desarrollo de mi investigación como mi Consejero.

Al Dr. José de Jesús Brambila Paz quien, como Asesor, compartió conmigo una pequeña parte de sus conocimientos a través de los cuales pude concluir mi tesis.

Al Dr. Adrián González Estrada por su apoyo como Asesor en el área económica de mi tesis.

Al Dr. Gabino García de los Santos por ser mi Asesor y amigo durante mi paso en el doctorado.

Al Dr. Mateo Vargas Hernández por su apoyo en la parte estadística de mi trabajo de investigación, por la paciencia y ánimo en enseñarme.

A mi esposo Jorge Armando Peralta Nava, por apoyarme cada día y animarme en la conclusión de este proyecto.

A mi madre, Gladys Mercado, por enseñarme que puedo lograr todo lo que me proponga y por animarme en el proceso.

A todos mis compañeros, personal docente, administrativo, de laboratorio y de campo del Postgrado PREGEP – Producción de Semillas por su colaboración y amistad en esta etapa.

A Jorge por ser un motivo para superarme
a mí misma día a día, por demostrarme que
los imposibles sólo existen en mi mente y
que juntos podemos hacer todo posible.

A mi hija, Alejandra Yatzil por dar luz y un
nuevo sentido a mi vida, por hacer realidad
un sueño que creía imposible.

A mi madre por enseñarme que todo llega
a su tiempo y ser mi compañera en esa
espera que a veces parece no tener fin.

CONTENIDO

	Pág.
Resumen	iii
Abstract	iv
Agradecimientos	v
Dedicatoria	vi
Lista de Cuadros	xi
Lista de Figuras	xiii

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1	Introducción General	1
1.2	Objetivos	4
1.3	Hipótesis	5
1.4	Revisión de Literatura	6
1.4.1	El maíz (<i>Zea mays</i> L.)	6
1.4.2	Usos y valor nutritivo del maíz	7
1.4.3	Importancia y situación actual del maíz en México	13
1.4.4	Situación de la producción de maíz en Sinaloa	20
1.4.5	El mercado de semillas mejoradas de maíz en México	24

CAPITULO II. CALIDAD FISICA Y NIXTAMALERA DE OCHO HÍBRIDOS DE MAÍZ BLANCO EN GUASAVE, SINALOA.

2.1	Introducción	30
2.2	Objetivos	33
2.3	Hipótesis	34
2.4	Revisión de Literatura	35
2.4.1	La industria de la masa y la tortilla en México	35
2.4.2	Calidad física del maíz para la industria de la masa y la tortilla	36
2.4.3	Mejoramiento enfocado en maíz con calidad industrial en México	38
2.5	Materiales y Métodos	40
2.5.1	Material Genético	40
2.5.2	Caracterización física del grano	40
2.5.3	Nixtamalización y producción de tortillas	41
2.5.4	Calidad de nixtamal y tortilla	42
2.5.5	Análisis estadístico de datos	43
2.6	Resultados y discusión	43
2.6.1	Calidad física de grano	43
2.6.2	Calidad de nixtamal y tortilla	49
2.7	Discusión general	58
2.8	Conclusiones	60

**CAPITULO III. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DE OCHO HÍBRIDOS DE
MAÍZ BLANCO EN GUASAVE, SINALOA.**

3.1	Introducción	61
3.2	Objetivos	62
3.3	Hipótesis	63
3.4	Revisión de Literatura	64
3.4.1	Importancia económica del maíz en el mundo	64
3.4.2	La producción de maíz en México	66
3.4.2.1	Superficie sembrada y volumen de producción	68
3.4.2.2	Exportaciones e importaciones	69
3.4.2.3	Rendimiento	70
3.4.2.4	Precio internacional y Precio Medio Rural	71
3.5	Materiales y Métodos	73
3.5.1	Etapas 1 Experimento en campo	73
3.5.2	Etapas 2 Levantamiento de encuestas a productores	75
3.5.2.1	Unidad de análisis	75
3.5.2.2	Muestreo y recolección de información	75
3.5.2.2.1	Variabes de estudio	76
3.5.3	Estimación de la rentabilidad	78
3.6	Resultados	81
3.6.1	Caracterización de la producción de maíz blanco en el ciclo OI 2015 en el municipio de Guasave, Sinaloa	81
3.6.1.1	Variedad sembrada (HIBR)	81
3.6.1.2	Régimen hídrico	82
3.6.1.3	Superficie cultivada	82

3.6.1.4	Rendimiento	83
3.6.1.5	Costo de semilla	84
3.6.1.6	Costo de labores	84
3.6.1.7	Costo de fumigación y control de plagas	84
3.6.1.8	Costo de riego de auxilio	85
3.6.1.9	Precio de venta de maíz	85
3.6.1.10	Valor de la producción	85
3.6.1.11	Ganancia neta	86
3.6.1.12	Costo fijo total	86
3.6.1.13	Costo variable total	86
3.6.2	Rendimiento por híbrido evaluado	87
3.6.3	Análisis de costos y ganancias	88
3.6.4	Estructura de costos por híbrido evaluado	91
3.7	Discusión y conclusiones generales	96
3.8	Conclusiones	
CAPÍTULO IV DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES		99
CAPÍTULO V LITERATURA CITADA		102

LISTA DE CUADROS

Pág.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

Cuadro 1	Contenido nutrimental de maíz blanco y amarillo por 100 gramos de grano.	9
Cuadro 2	Aporte de diferentes alimentos a la ingesta de calorías en México	10
Cuadro 3	Aporte de nutrientes por 100 g de tortilla.	11
Cuadro 4	Aporte de aminoácidos de la tortilla por 100 g de proteína.	12
Cuadro 5	Producción municipal de maíz grano, 2014	22
Cuadro 6	Costos de producción de maíz blanco en Sinaloa, ciclo Otoño – Invierno 2015 – 2016	23

CAPITULO II. CALIDAD FISICA Y NIXTAMALERA DE OCHO HÍBRIDOS

DE MAÍZ BLANCO EN GUASAVE, SINALOA.

Cuadro 1	Propiedades físicas de grano en ocho híbridos y dos testigos de maíz blanco	44
Cuadro 2	VARIABLES DE CALIDAD DE NIXTAMAL, MASA Y TORTILLA DE OCHO HÍBRIDOS Y DOS TESTIGOS DE MAÍZ DE GRANO BLANCO BAJO ESTUDIO	50

**CAPITULO III. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DE OCHO HÍBRIDOS DE
MAÍZ BLANCO EN GUASAVE, SINALOA.**

Cuadro 1	Prueba de medias LDS Fisher del rendimiento de cuatro híbridos experimentales y cuatro híbridos comerciales evaluados en Guasave, Sinaloa.	87
Cuadro 2	Estructura de costos de producción de maíz grano blanco en el municipio de Guasave, Sinaloa para el ciclo OI 2015.	89
Cuadro 3	Estructura de costos para cuatro híbridos comerciales de maíz blanco en Guasave, Sinaloa en el ciclo OI 2015	92
Cuadro 4	Estructura de costos para cuatro híbridos experimentales de maíz blanco en Guasave, Sinaloa en el ciclo OI 2015	93
Cuadro 5	Costos fijos, costos variables, ingresos, ganancias e índice Costo/Beneficio de ocho híbridos de maíz blanco en Guasave, Sinaloa	94

LISTA DE FIGURAS

Pág.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

- Figura 1 Producción de maíz grano en México ciclo 2013 – 2014 por estado. 15
- Figura 2 Superficie sembrada con maíz grano en México 2005-2014 en miles de hectáreas 16
- Figura 3 Producción de maíz grano en México 2005-2014 en miles de toneladas 16
- Figura 4 Precio medio rural de la tonelada de maíz en México 2005 – 2014 en pesos 18
- Figura 5 Producción anual de maíz grano en Sinaloa y el resto del país en el periodo 2000 a 2014 en miles de toneladas 20
- Figura 6 Precio Medio Rural Nacional y para Sinaloa en pesos durante el periodo 2000 – 2014 21

CAPITULO II. CALIDAD FISICA Y NIXTAMALERA DE OCHO HÍBRIDOS DE MAÍZ BLANCO EN GUASAVE, SINALOA.

- Figura 1 Porcentaje de reflectancia en tortillas de maíz recién elaboradas (2 h) y 24 horas después de almacenadas a 4°C 54
- Figura 2 Fuerza de punción de tortillas de maíz recién elaboradas (2 h) y 24 horas después de almacenadas a 4°C 56
- Figura 3 Elongación en tortillas de maíz recién elaboradas (2 h) y 24 horas después de almacenadas a 4°C 57

CAPITULO III. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DE OCHO HÍBRIDOS DE MAÍZ BLANCO EN GUASAVE, SINALOA

- Figura 1 Rendimiento nacional de maíz grano de 2000 a 2015 en 71
toneladas, por hectárea.
- Figura 2 Precio Medio Rural (PMR) en pesos por tonelada de maíz 72
grano de 2000 a 2015 en precios nominales.
- Figura 3 Híbridos sembrados por los productores en Guasave, 81
Sinaloa
- Figura 4 Tabla de frecuencias según cantidad de hectáreas 83
cultivadas por productor en Guasave, Sinaloa.
- Figura 5 Costo total, ingreso total y relación beneficio – costo de 95
ocho híbridos de maíz blanco en Guasave, Sinaloa

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1. Introducción General

La producción de maíz a nivel mundial ha ido en aumento en los últimos años debido al incremento en los usos de este cereal, de tal forma que actualmente el maíz es el principal cereal cultivado a nivel mundial.

El maíz es el principal cultivo nacional, tanto por la superficie que se siembra, como por el volumen de producción que se obtiene. En México, ningún otro cultivo tiene tanta importancia como el maíz. Se produce en dos ciclos productivos (Primavera – Verano y Otoño – Invierno) del año agrícola, bajo las más diversas condiciones climáticas de humedad: temporal y riego.

La relevancia del maíz a nivel nacional se debe no sólo a lo que en materia de alimentación representa para la población, sino por sus múltiples usos como materia prima en la industria, ya sea como insumo directo o los subproductos de ésta.

En lo que a alimentación se refiere el maíz es básico en la dieta de los mexicanos aportando hasta un 65% de las calorías y el 35% de las proteínas ingeridas en la dieta diaria.

En el ámbito productivo la producción de maíz representa el 17.36% del valor de la producción agrícola nacional y ocupa el 33.44% de la superficie sembrada en el territorio nacional.

A pesar de la gran importancia económica, nutricional y social del maíz; el mercado del maíz en México está desprotegido ante la importación de maíz tanto amarillo como blanco. Los precios del maíz importado son menores a los de la producción nacional en especial en zonas de alta tecnificación como Sinaloa, Jalisco y Michoacán.

Los productores se ven obligados a buscar semilla de maíz mejorado que les permita aumentar los rendimientos de su producción, incurriendo en costos de producción más elevados que pueden o no verse directamente reflejados en sus ganancias dado que el principal costo en la producción de maíz es la semilla.

Otro de los problemas que enfrentan los productores de maíz radica en la comercialización de su producción, siendo comercializada como commodity no es tomada en cuenta la calidad del grano comercializado que podría verse reflejado en un sobreprecio al ser comercializado como un producto dirigido a un mercado específico.

Algunas empresas semilleras nacionales han generado híbridos para la utilización de los mismos en zonas de alto rendimiento, con la premisa de ser competitivos frente a híbridos liberados por empresas transnacionales tanto en calidad como en rendimiento; teniendo como ventaja un precio menor, haciendo por ello la producción de maíz más rentable.

En base a lo anterior es necesario realizar una evaluación de calidad, rendimiento y rentabilidad de los híbridos experimentales de empresas nacionales contra híbridos comerciales para determinar si es viable la introducción de nuevos híbridos para su uso en la producción extensiva e intensiva de maíz sin sacrificar las características deseables por los productores y abriendo la posibilidad de la comercialización con características específicas de calidad que pudieran generar una preferencia por el consumidor tanto intermedio (industria) como final (consumidor).

Es por ello que la presente investigación se plantea con los siguientes objetivos:

1.2. Objetivos

Objetivo General

- Identificar y evaluar en términos de calidad y rentabilidad híbridos que puedan ajustarse a las exigencias de la industria de la masa y la tortilla, siendo al mismo tiempo factibles de ser adoptadas por los productores de maíz en Sinaloa.

Objetivos Particulares

- Evaluar la calidad física y de nixtamalización de híbridos adaptados a la región productora de Guasave, Sinaloa.
- Evaluar la rentabilidad en la producción de híbridos adaptados a la región productora de Guasave, Sinaloa.

1.3. Hipótesis

Hipótesis General

- Existen variedades de maíz que pueden introducirse y explotarse en la región productora de maíz de Guasave, Sinaloa al ser suficientemente rentables para los productores y ajustarse a las exigencias de la industria de la masa y la tortilla.

Hipótesis Particulares

- Existen híbridos de maíz adaptados a las condiciones agroclimáticas de la zona productora de Guasave, Sinaloa con la calidad para ser usadas en la industria de la masa y la tortilla.
- No todas las variedades que se ajustan a las necesidades físicas y químicas de la industria de la masa y la tortilla son lo suficientemente rentables como para proponer su producción extensiva en la región.

1.4. Revisión de Literatura

1.4.1. El Maíz (*Zea mays* L.)

El maíz es una planta de porte robusto y hábito anual; el tallo es simple, erecto, de elevada longitud, alcanzando alturas de uno a cinco metros, con pocos macollos o ramificaciones, su aspecto recuerda al de una caña de azúcar por la presencia de nudos y entrenudos y su médula esponjosa. Las hojas nacen en los nudos de manera alterna a lo largo del tallo; se encuentran abrazadas al tallo mediante la vaina que envuelve el entrenudo y cubre la yema floral, de tamaño y ancho variable. Las raíces primarias son fibrosas presentando además raíces adventicias, que nacen en los primeros nudos por encima de la superficie del suelo, ambas tienen la misión de mantener a la planta erecta (Jugenheimer, 1988).

Es monoica de flores unisexuales; esto es, con flores masculinas y femeninas en la misma planta. La inflorescencia masculina es terminal y se conoce como panícula o espiga. Las inflorescencias femeninas se conocen como mazorcas y se localizan en las yemas auxiliares de las hojas.

La inflorescencia femenina puede formar alrededor de 400 a 1000 granos, arreglados en promedio de ocho a 24 hileras por mazorca; todo esto encerrado en numerosas brácteas (totomoxtle); los estilos, largos saliendo

de la punta del raquis como una masa de hilo sedoso se conocen como pelo de elote; el jilote, también es el elote tierno. Por las características mencionadas, el maíz es una planta de polinización abierta (anemófila) propensa al cruzamiento, la gran mayoría de los granos de polen viajan de 100 a 1000 m (Kato et. al., 2009).

1.4.2. Usos y valor nutritivo del maíz

El maíz es el cultivo más importante de la agricultura mexicana, no sólo por la relevancia que en materia de alimentación representa para la población, sino por sus múltiples usos como materia prima en la industria, ya sea como insumo directo o los subproductos de ésta.

La molienda del grano en seco produce hojuelas de harina de maíz, frituras, botana y aguardientes para fabricación de bebidas alcohólicas fermentadas. El almidón (fécula de maíz) se obtiene de la industrialización del grano y sus aplicaciones son variadas, puede ser parte integrante de pastas y sémolas para sopas, mermeladas, confituras, fécula de maíz, goma de mascar, relleno de carnes, fabricación de salchichas, espesado de zumos de frutas, refrescos, cervezas y licores.

También se extrae aceite, el cual tiene un buen valor nutritivo y es de fácil digestión. Se utiliza asimismo para la fabricación de productos de

panadería, mayonesas y margarinas. Los derivados de la industrialización del maíz se usan para sintetizar pegamentos y tienen numerosos usos en las industrias: farmacéutica, de cosméticos, textiles, de pinturas, papelera, tenería y petrolera, entre muchas otras.

Se tienen diferentes subsectores industriales que demandan grano de maíz:

- a. Pecuario
- b. Almidonero
- c. Otras industrias, como la cerealera y la botanera
- d. Masa y tortilla
- e. Harina de maíz nixtamalizado

El maíz es un grano de gran importancia a nivel nutricional; para Centroamérica y México, representa hasta el 65% de las calorías y el 35% de las proteínas ingeridas en la dieta diaria. El aporte de nutrientes del maíz blanco y amarillo se presenta en el Cuadro 1, en el cual podemos observar que la única diferencia entre uno y otro es que el maíz amarillo aporta mayor cantidad de vitaminas A y E, así como colesterol.

Cuadro 1. Contenido nutrimental de maíz blanco y amarillo por 100 gramos de grano.

Nutriente	Maíz Blanco	Maíz Amarillo
Calorías (Kcal.)	365.00	365.00
Proteínas (gr)	9.42	9.42
Hidratos de Carbono (g)	74.26	74.26
Grasas (g)	4.74	4.74
Colesterol (mg)	0.00	1.00
Fibra (g)	0.00	0.00
Agua (g)	10.37	10.37
Vitamina A (U.I.)	0.00	469.00
Vitamina E (mg) A T E	0.00	0.75

Fuente: Food Nutrients(tomado de Flores *et al.*,2007)

En México, la mayor cantidad de maíz consumido por la población es blanco, en forma de tortilla, la que representa 47% de la ingesta de calorías, seguida por pan y azúcar (Cuadro 2).

Cuadro 2. Aporte de diferentes alimentos a la ingesta de calorías en México.

Alimento	Porcentaje de aporte promedio de calorías
Tortilla	47.0
Pan	11.0
Azúcar	9.0
Aceites y mantecas	8.0
Leche y derivados	6.0
Frijol	5.0
Pastas	5.0
Galletas	2.0
Otros	7.0
SUMA	100.0

Fuente: CANAMI, 2007.

La tortilla aporta 5.9 g de proteína por cada 100 g, lo cual es limitado en comparación con el gran aporte de carbohidratos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Aporte de nutrientes por 100 g de tortilla.

Nutriente	Aporte
Energía (Kcal.)	224.00
Proteína (g)	5.90
Grasas (g)	1.50
Carbohidratos (g)	47.20
Calcio (mg)	108.00
Hierro (mg)	2.50
Tiamina (mg)	0.17
Riboflavina (mg)	0.08
Niacina (mg)	0.90
Ascórbico (mg)	0.00
Retinol (mg)	2.00

Fuente: Hernández *et. al.*, 1987.

Para el desarrollo físico y mental adecuado del ser humano, se requiere una ingesta de 12mg/kg de lisina y 3mg/kg de triptófano según la Organización Mundial de la Salud.

Al analizar la calidad de la proteína de las tortillas reflejada en aportes de aminoácidos, podemos observar que la tortilla de maíz blanco, tiene limitantes en la aportación de lisina y triptófano (Cuadro 4), aminoácidos esenciales para el crecimiento normal del ser humano.

Cuadro 4. Aporte de aminoácidos de la tortilla por 100 g de proteína.

Aminoácido	Contenido (g/100 g de proteína)
Lisina	2.50
Isoleucina	5.95
Treonina	4.06
Valina	5.25
Leucina	16.16
Triptófano	0.55
Metionina	1.90
Fenilalanina	4.38

Fuente: Hernández *et. al.*, 1987.

De manera tradicional, la alimentación se complementaba con alguna leguminosa como frijol, haba, lenteja o soya (después de su introducción masiva a México, en los años 70's) para mejorar la dieta en las que éstas aportan proteína y el maíz los carbohidratos.

El consumo de una combinación de maíz y frijol en cantidades adecuadas cubre gran parte de los requerimientos diarios de proteína, pues ambos alimentos son complementarios, incluso en relación a los aminoácidos, en los que el maíz es deficiente en lisina y triptófano y el frijol

es rico en ambos; en cambio, éste tiene limitaciones en metionina, que se encuentra en abundancia en el maíz nixtamalizado.

Sin embargo, en la actualidad esa combinación es difícil de lograr, debido, por un lado, a que el frijol se ha convertido en un grano cada día más caro para los núcleos de escasos ingresos; si consumen sólo maíz, estos sectores de población no alcanzan a proveerse de la totalidad de aminoácidos y proteínas requeridas para el organismo (Espinosa y Turrent, 2000). Por otra parte, la tendencia a la baja en la cultura de siembra de maíz asociado con frijol en condiciones de temporal en amplias regiones del altiplano central de México, impacta su participación en la dieta de la familia rural.

1.4.3. Importancia y situación actual del maíz en México

El maíz es el principal cultivo nacional, tanto por la superficie que se siembra, como por el volumen de producción que se obtiene. En México, ningún otro cultivo tiene tanta importancia como el maíz. Se produce en dos ciclos productivos (Primavera – Verano y Otoño – Invierno) del año agrícola, bajo las más diversas condiciones climáticas de humedad: temporal y riego.

Desde la perspectiva productiva, se ubica como el principal cultivo en comparación con los cereales cultivados en el territorio nacional (sorgo, trigo, cebada, arroz y avena). Para el ciclo agrícola 2013 – 2014 el maíz grano representó el 63.7 por ciento del volumen de la producción nacional de

cereales. El valor de la producción de maíz durante 2014 fue de 72,518 millones de pesos, lo que lo posiciona como el cultivo más importante en cuanto al valor de la producción agrícola. En otras palabras, representó el 17.3 por ciento del valor total de la producción agrícola primaria del país (SIAP, 2016).

En el país se pueden identificar claramente dos fines de producción del maíz: el sistema comercial y el de autoconsumo. La producción de autoconsumo, se relaciona con el minifundio y se basa en el uso intensivo de la mano de obra familiar. Estas zonas productoras de autoconsumo presentan una correlación estrecha con las regiones de alta marginación y pobreza del país. Los estados en los que predomina este sistema son Chiapas, Guerrero, Hidalgo, México, Morelos, Puebla, Oaxaca, Veracruz y Yucatán.

Aunque el maíz se cultiva en todos los estados del país, la producción del mismo se concentra en cinco estados principalmente: Sinaloa, Jalisco, Michoacán, Estado de México y Guanajuato; donde para 2014 se produjo el 53.1 por ciento del total nacional de 23,273 millones de toneladas (Figura 1).

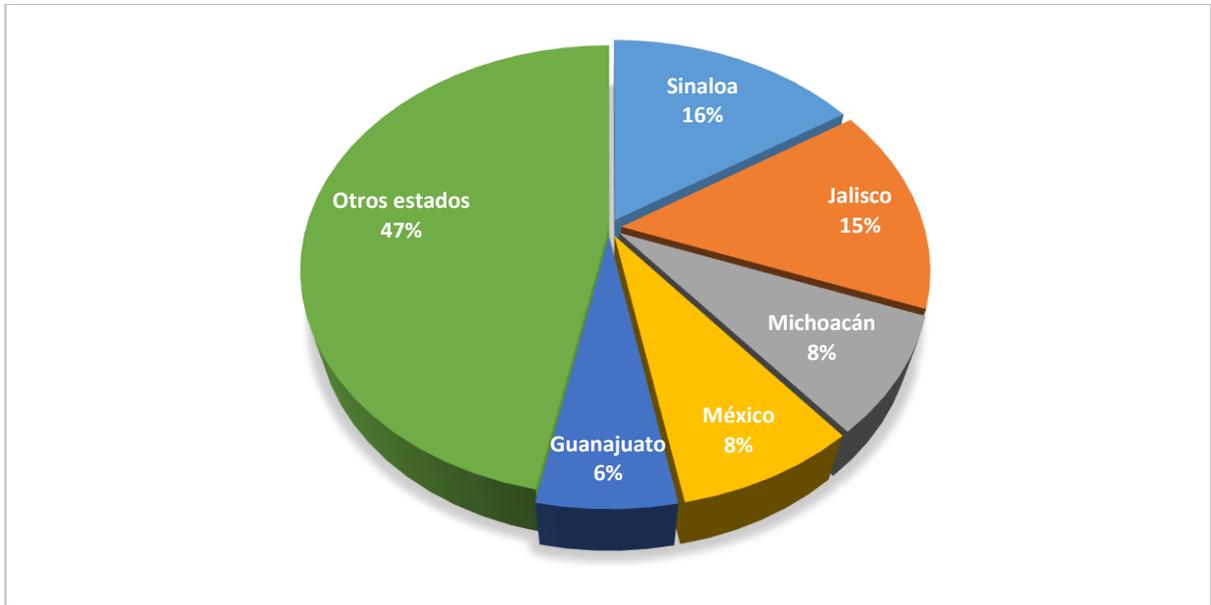


Figura 1. Producción de maíz grano en México ciclo 2013 – 2014 por estado. Elaboración propia con datos del SIAP, 2016.

La tendencia de la superficie a sembrar en los últimos diez años es a la baja (Figura 2), sin embargo, la producción ha tenido un ligero (Figura 3) incremento pudiendo ser resultado de aumentos en el rendimiento y el uso de variedades mejoradas por un mayor número de productores en el territorio nacional.

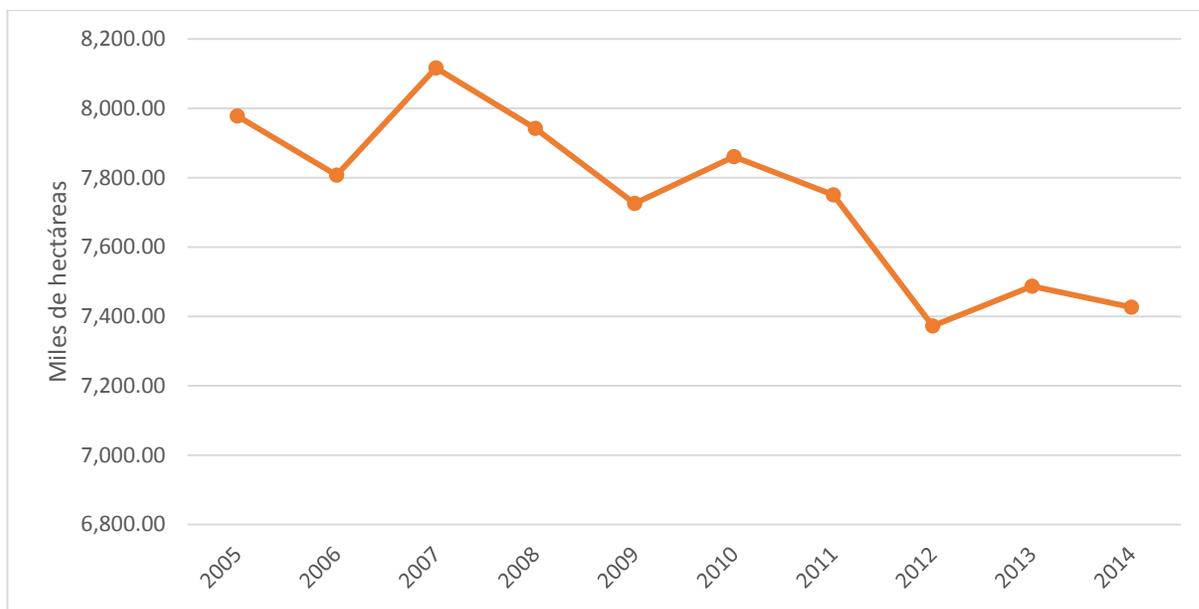


Figura 2. Superficie sembrada con maíz grano en México 2005-2014 en miles de hectáreas.

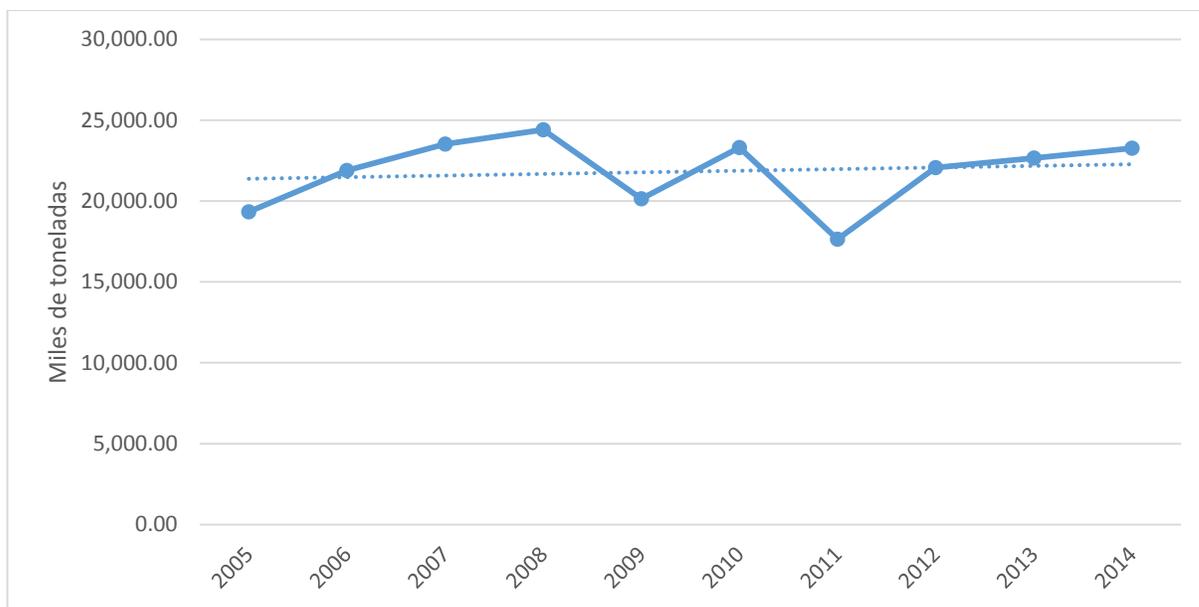


Figura 3. Producción de maíz grano en México 2005-2014 en miles de toneladas.

El rendimiento promedio nacional por hectárea es de 3.3 tha^{-1} , sin embargo, en los estados de alta productividad alcanza casi las 10 tha^{-1} .

El mercado nacional de maíz grano se encuentra en un periodo de recuperación después de registrar el volumen de producción más bajo de los últimos 10 años durante 2011. Así, el programa de producción nacional estima un volumen de 24.95 millones de toneladas durante el año agrícola 2015. De igual manera, el consumo de maíz en el país continúa en aumento, siendo impulsado tanto por incrementos en el consumo de maíz blanco como de maíz amarillo.

El valor de la producción de maíz en 2014 ascendió a 72,518 millones de pesos un 4.9% menor al de 2013 y 18.05% menor al valor de la producción en 2012, esto debido a una baja en el precio medio rural (PMR) de la tonelada de maíz a partir de la crisis de abastecimiento de 2011 (Figura 4).



Figura 4. Precio medio rural de la tonelada de maíz en México 2005 – 2014 en pesos.

La producción por tipo de productor está distribuida de manera desigual, siendo que 34% de la producción nacional es generada por 150 mil grandes productores, 4.8% del censo de productores; 44% por 800 mil medianos, 25.4% del censo de productores; y tan sólo 22% de la producción nacional en más de 2 millones de pequeños productores, 69.8% del censo de productores (SIACON, 2012).

De acuerdo con estimaciones de la Cámara Nacional de Maíz Industrializado (CANAMI), en 2006 la demanda de maíz grano para la elaboración de tortilla fue de 10.6 millones de toneladas. De este total, la industria harinera procesó el 35%, porcentaje que representa 3.7 millones de toneladas, aproximadamente; alrededor de 3.4 millones de toneladas

(32% del total) se destinó a la industria de la masa y la tortilla, a través de establecimientos formales conocidos como tortillerías, localizados en ciudades y centros de población de todo el país. El 33% restante (3.5 millones de toneladas) corresponde al que la población rural utiliza para “poner su nixtamal” y producir la tortilla a nivel familiar (autoconsumo), pasando a ser un componente del ingreso del hogar.

Según datos de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH), el mexicano gasta en promedio, el 7% de lo que destina para alimentación, en tortilla. El consumo per cápita anual de tortilla para 2006 fue de 71.5 kg y ha venido disminuyendo en la estadística nacional, para los cinco deciles más bajos en ingresos de la población, de tal forma que el consumo per cápita anual de tortilla en 2010, oscila entre los 53 y 62 kg (INEGI, 2010)

No obstante, la disminución en el consumo, la tortilla sigue siendo la principal fuente de proteína para gran parte de la población, representando 47% de la proteína consumida y, en los cinco primeros deciles en ingresos de la población, llega a superar el 50% de participación en la dieta calórica. Contrario a ello, el maíz blanco no es fuente de proteína de calidad.

Además de los actuales cuatro grandes fabricantes de harina de maíz: Maseca, Minsa, Agroinsa y Hamasa; se calcula que en el país hay entre 10

mil y 12 mil molinos de nixtamal y la mayor parte de éstos se trata de microempresas, que en conjunto elaboran la masa con la que se produce aproximadamente el 54% de las tortillas que se consumen en el país (Flores, et al., 2007).

1.4.4. Situación de la producción de maíz en Sinaloa

Sinaloa se convirtió de un productor de alta diversificación agrícola al mayor productor nacional de maíz blanco (Figura 5) pasando de una participación del 15% en el año 2000 a una del 35% en 2009 y disminuyendo hasta un 19% en 2014.

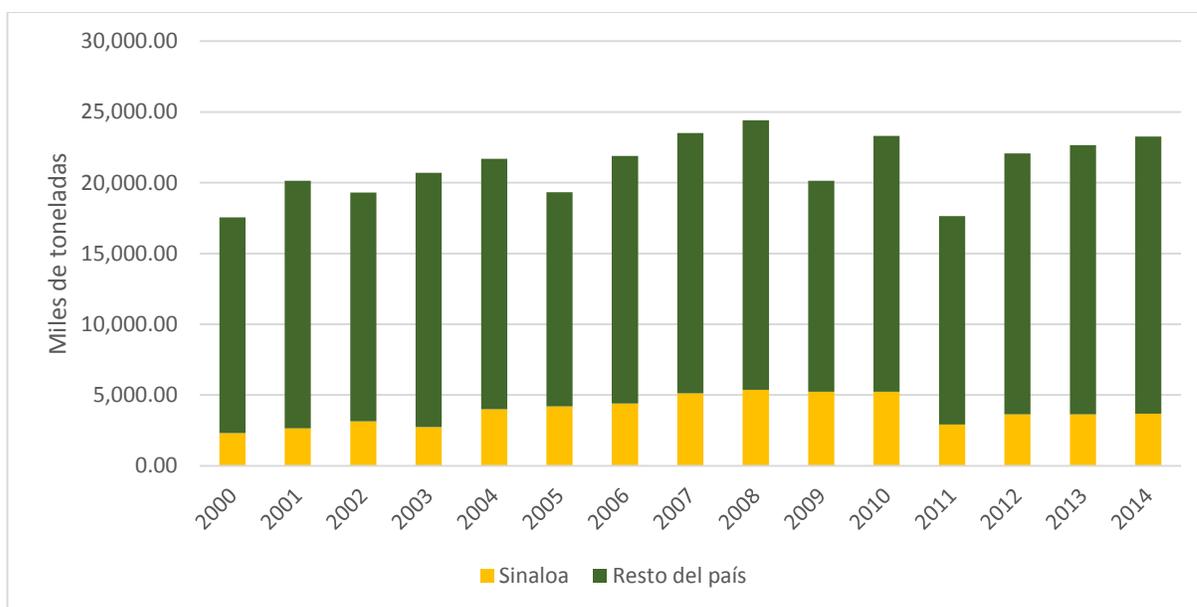


Figura 5. Producción anual de maíz grano en Sinaloa y el resto del país en el periodo 2000 a 2014 en miles de toneladas.

A pesar de ello el precio medio rural (PMR) de la tonelada de maíz en Sinaloa se ha mantenido históricamente por debajo del PMR nacional (Figura 6), a excepción del año 2014 según datos del SIAP (2016), principal razón de molestia en los productores.

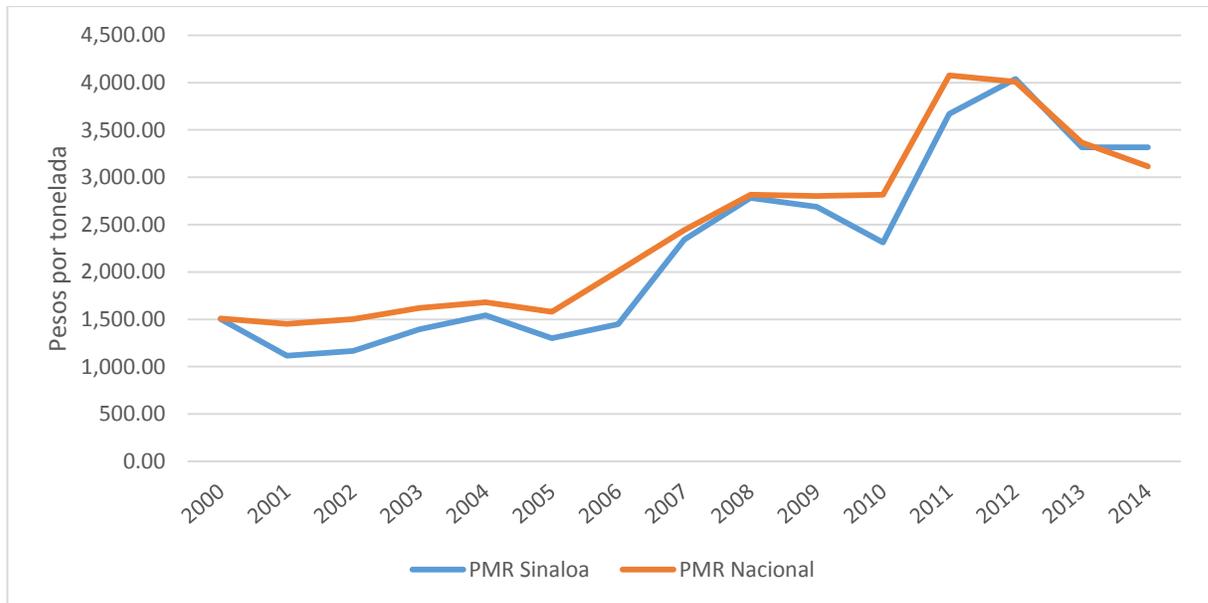


Figura 6. Precio Medio Rural Nacional y para Sinaloa en pesos durante el periodo 2000 – 2014.

La producción de maíz en México no presenta una alta concentración geográfica a nivel municipal ya que su cultivo se da en 2,342 municipios en los 31 estados de la República Mexicana y el Distrito Federal. Sin embargo, es posible identificar a los principales quince municipios productores de maíz en el país, que en conjunto aportaron el 21.9 por ciento del total de la producción durante el ciclo agrícola 2014, un nivel de producción de 4.5 millones de toneladas. Es de destacar que los principales cuatro municipios

productores se encuentran en Sinaloa y obtienen rendimientos por hectárea superiores al promedio nacional bajo producción de riego (7.64 tHa⁻¹) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Producción municipal de maíz grano, 2014.

Municipio	Sup. Cosech (Ha)	Produc. (t)	Rend (tHa⁻¹)	PMR (\$/t)	Part (%)
Guasave, Sin.	78,485.91	847,734.06	10.8	3,318.64	4.09%
Ahome, Sin.	67,408.00	764,625.98	11.34	3,232.51	3.69%
Culiacán, Sin.	73,255.00	672,715.76	9.18	3,381.60	3.25%
Navolato, Sin.	58,436.00	602,329.80	10.31	3,391.12	2.91%
La Barca, Jal.	25,660.00	248,478.50	9.68	2,884.49	1.20%
Sinaloa, Sin.	22,541.01	204,147.10	9.06	3,245.43	0.99%
Hopelchén, Camp.	50,941.00	168,668.60	3.31	2,869.57	0.81%
Elota, Sin.	20,318.00	167,886.04	8.26	3,359.59	0.81%
Durango, Dur.	28,373.00	137,759.65	4.86	2,588.97	0.67%
Vista Hermosa, Mich.	14,267.08	133,807.25	9.38	2,739.10	0.65%
Angostura, Sin.	13,004.00	132,332.96	10.18	3,397.97	0.64%
San Martín Hidalgo, Jal.	13,873.75	131,106.94	9.45	2,733.82	0.63%
Pénjamo, Gto.	22,653.50	128,710.60	5.68	2,808.57	0.62%
Valle de Santiago, Gto.	17,606.94	98,363.69	5.59	2,779.04	0.47%
Lagos de Moreno, Jal.	28,113.63	97,700.89	3.48	2,341.83	0.47%
Subtotal 15 municipios	534,936.82	4,536,367.82			21.90%
Otros 2,327 municipios	6,056,419.22	16,174,515.86			78.10%
Total nacional	6,591,356.04	20,710,883.68	3.14	3,157.99	

La producción de maíz en Sinaloa es altamente tecnificada y se realiza principalmente durante el ciclo Otoño – Invierno, esto influye directamente en los costos de producción que reporta el estado (Cuadro 6) que alcanzaron los \$33, 493.00 reportados por la Asociación de Agricultores del Río Fuerte

Sinaloa, AC, para el ciclo Otoño – Invierno 2015 – 2016; impactando en los márgenes de rentabilidad de la producción, obteniendo como ganancia tan solo \$198.00 pesos por tonelada en producción por maquila y \$821 pesos por tonelada en producción con maquinaria propia.

Cuadro 6. Costos de producción de maíz blanco en Sinaloa, ciclo Otoño – Invierno 2015 – 2016.

Concepto	Maquinaria Propia	Maquila
Preparación de tierras	\$3,146.00	\$7,406.00
Labores de siembra	\$6,125.00	\$6,652.00
Labores de fertilización	\$6,043.00	\$6,659.00
labores de cultivo	\$859.00	\$1,425.00
Control de plagas	\$742.00	\$1,174.00
Labores de cosecha	\$3,280.00	\$3,534.00
Gastos diversos	\$6,643.00	\$6,643.00
Costo total (sin renta de tierra)	\$26,838.00	\$33,493.00
Costo por tonelada	\$2,496.56	\$3,115.63
Costo total (con renta de tierra)	\$38,838.00	\$45,493.00
Costo por tonelada	\$3,612.84	\$4,231.91

Rendimiento de 10.75 tHa⁻¹.

1.4.5. El mercado de semillas mejoradas de maíz en México

El mejoramiento genético y la innovación en semillas han sido factores cruciales en el aumento de la productividad del maíz y los ingresos de los productores de todo el mundo. En México, particularmente en las zonas de temporal, la demanda de semillas mejoradas es heterogénea y el resultado de la adopción es incierto.

Las empresas semilleras deben ofrecer productos que estén más disponibles y más accesibles a partir del desarrollo de atributos y servicios innovadores que no forman parte de la oferta actual, la gestión de los costos de producción para brindar precios más bajos y la ampliación de los canales de distribución para llegar a los productores en todo el país.

Para esto es necesario agilizar la transferencia de material genético entre los sectores público y privado con el fin de facilitar el acceso de las empresas a las variedades adecuadas y adaptadas; acelerar la reglamentación y aplicación de leyes de semillas apropiadas; facilitar el crédito a las empresas semilleras y explorar estrategias de comercialización que aumenten la adopción de variedades mejoradas de maíz (Langyintuo et al., 2010; Luna et al., 2012).

Estos desafíos requieren de un esfuerzo colaborativo entre las organizaciones públicas, las empresas semilleras y los productores a través de relaciones de tipo ganar – ganar en una verdadera cadena de valor.

México es el centro de diversidad del maíz, grano que es fundamental para el sustento de millones de productores. En México, los agricultores domesticaron el maíz hace unos 9,000 años y, desde entonces, el cultivo se ha diversificado, gracias a la selección constante, en muchas variedades y poblaciones autóctonas (Bellon y Berthaud, 2006). El maíz se produce actualmente en un rango de sistemas de producción que va desde los más tradicionales a los más comerciales.

La producción en los sistemas tradicionales se caracteriza por la coexistencia de múltiples poblaciones de maíz y por la coexistencia del maíz con otros cultivos en un mismo paisaje. En contraste, la agricultura comercial se caracteriza por paisajes de monocultivo de maíz sembrados con un solo material genético, por el uso intensivo de insumos y por la alta productividad de ese único cultivo.

México no es autosuficiente en la producción de maíz, lo que obliga a la importación de maíz blanco y en especial amarillo. Existe un gran interés en que se reduzcan las importaciones y se logre el abastecimiento del consumo de maíz con producción nacional en los próximos años. Para esto

es necesario aumentar la productividad del maíz dándoles a los productores acceso a tecnologías apropiadas, incluidas las semillas mejoradas.

Se consideran semillas mejoradas aquéllas que han sido mejoradas mediante el mejoramiento genético convencional que incluye la producción de líneas, variedades de polinización abierta y la hibridación. Esto contrasta con las prácticas de mantenimiento y mejoramiento de los productores que incluyen la selección y el intercambio de semillas en los ambientes de producción (Perales *et al.*, 1998; Morris *et al.*, 1999).

El mejoramiento genético del maíz en México es llevado a cabo por organismos públicos y empresas privadas. Los organismos públicos incluyen al INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias), varias universidades y centros de enseñanza agrícola entre las que destacan la Universidad Autónoma Chapingo, el Colegio de Posgraduados y la Universidad Autónoma Antonio Narro y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

En los últimos años, el papel de estas organizaciones ha ido disminuyendo, mientras que ha ido aumentando el de empresas privadas como Pioneer y Monsanto (Bellon *et al.*, 2009). Se considera que del total de semillas mejoradas actualmente en el mercado, aproximadamente el 95% son de estas compañías (Luna *et al.*, 2012).

El impacto actual en el comercio de semilla de las variedades mejoradas de maíz liberadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y por otras instituciones públicas, es limitado, a pesar de que existen materiales genéticos destacados. Una causa es la insuficiencia, en número y tamaño, de empresas productoras de semilla que multipliquen este insumo; además, su abastecimiento de semilla registrada no es adecuado ni oportuno, por lo que es frecuente que los planes de las empresas de semillas, usuarias del INIFAP, reduzcan sus programas de producción. Por ello se requiere propiciar y apoyar el desarrollo de empresas mexicanas productoras de semilla de maíz y de otras especies, para garantizar el abastecimiento de semilla certificada (González et al., 2008).

En los ciclos primavera-verano 2002 a 2008, 66 % se produjo en Guanajuato, 11 % en Jalisco y 9 % en Querétaro. La empresa Monsanto produjo 75, 84 y 98 %, respectivamente, del total de la producción en esos estados.

En los ciclos otoño-invierno 2001-2002 a 2007-2008, 56 % se produjo en Sinaloa, 18 % en Nayarit y 15 % en Sonora. Monsanto representó 68, 85 y 71 % respectivamente del total de la producción en estos estados.

En el año 2009 en México se sembraron aproximadamente 8 millones de hectáreas de maíz de las cuales se estima que 6.5 millones se sembraron con semilla nativa de polinización libre y 1.5 millones con semilla híbrida (SIAP, 2016). Si se considera únicamente la superficie sembrada con semilla híbrida y una densidad de siembra promedio de 30 kilogramos por hectárea, se necesitarían 45 mil toneladas de semilla certificada de maíz. De esa cantidad, aproximadamente 95 % o sea 42 mil toneladas, son producidas por las grandes empresas transnacionales (Monsanto y Pioneer, principalmente) y el resto por las demás empresas (3 mil toneladas).

Las empresas semilleras deben ofrecer productos que estén más disponibles y más accesibles a partir del desarrollo de atributos y servicios innovadores que no forman parte de la oferta actual, la gestión de los costos de producción para brindar precios más bajos y la ampliación de los canales de distribución para llegar a los productores en todo el país.

Para esto es necesario agilizar la transferencia de material genético entre los sectores público y privado con el fin de facilitar el acceso de las empresas a las variedades adecuadas y adaptadas; acelerar la reglamentación y aplicación de leyes de semillas apropiadas; facilitar el crédito a las empresas semilleras y explorar estrategias de comercialización que aumenten la adopción de variedades mejoradas de maíz. Estos desafíos requieren de un esfuerzo colaborativo entre las organizaciones públicas, las

empresas semilleras y los productores a través de relaciones de tipo ganar-ganar en una verdadera cadena de valor.

CAPITULO II. CALIDAD FÍSICA Y NIXTAMALERA DE OCHO HIBRIDOS DE MAÍZ BLANCO EN GUASAVE, SINALOA.

2.1. Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es el cereal más importante a nivel mundial, y actualmente existe una tendencia creciente hacia la diversificación de su uso, ya que se puede utilizar para consumo humano y pecuario, especialmente para la producción de pollo y cerdo; en la industria para la producción de almidón, glucosa, dextrosa, fructosa, aceite, botanas, etanol, etc., así como la elaboración de algunas bebidas alcohólicas y en la de otros productos utilizados como materia prima en las industrias minera, textil electrónica, farmacéutica, alimentaria, etc. (SIAP, 2007). En México es el cultivo más importante, por cuanto a la superficie sembrada, el valor de su producción, el empleo –ocupa al 20 % de la población económicamente activa–, y por ser el alimento principal de la población (Sierra-Macías et al. 2010).

Según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) durante el periodo comprendido entre octubre 2013 y octubre 2014 se produjeron un total de 20.48 millones de toneladas, de las cuales 11.89 millones se destinaron al consumo humano y 5.49 millones al

autoconsumo. Poco más de 75 % de la producción es para el consumo humano principalmente en forma de tortilla (SIAP, 2015).

En el país existen dos tipos de industrias que procesan el grano de maíz mediante su nixtamalización. La industria de la masa y la tortilla (IMT) y la industria de las harinas nixtamalizadas (IHN). Las características de calidad de grano para cada tipo de industria son ligeramente diferentes, sobre todo, en lo que tiene que ver con la dureza del endospermo (Salinas, 2002).

Cerca de un tercio de la tortilla consumida en México proviene de la industria de la masa-tortilla. La IMT requiere maíces con menor dureza y que retengan mayor cantidad de pericarpio durante el proceso, ya que este componente solubilizado por la acción del álcali, se convierte en gomas naturales que van a favorecer las características de textura en la masa (adhesividad y cohesividad), y tortilla (plasticidad y suavidad) (Martínez et al., 2001).

El estado de Sinaloa aporta el 17.3% de la producción nacional de maíz blanco, la cual es apreciada tanto por industriales de la masa y la tortilla como por la de harinas nixtamalizadas debido a su calidad para el procesamiento alcalino (Salinas et al., 2010).

Las características físicas del grano de maíz determinan el proceso industrial y la calidad de la tortilla; por esta razón se han efectuado evaluaciones de estas características a variedades e híbridos comerciales y experimentales (Zepeda et al., 2007).

La industria de la masa y la tortilla y la de harina nixtamalizada determinaron los parámetros de calidad del grano que utilizan como materia prima para la elaboración de tortillas y harina de maíz, mismos que se indican en la Norma Mexicana para Maíz Nixtamalizado en tres categorías: características físicas, componentes estructurales y variables de nixtamalización (Salinas y Vázquez, 2003).

Dada la periodicidad del proceso de sustitución de maíces utilizados en las principales áreas productoras, por nuevas y diferentes variedades; es indispensable verificar que estas últimas tengan la calidad requerida para la industria, y que no sólo cumplan con las exigencias agronómicas y de productividad estipuladas por el productor.

2.2. Objetivos

Por todo lo anterior los objetivos de la presente investigación fueron:

- a) Evaluar la calidad de híbridos comerciales y pre-comerciales para la elaboración de masa y tortilla producidos en el municipio de Guasave en el estado de Sinaloa con el fin de evaluar la posibilidad de introducir híbridos pre-comerciales al mercado sin bajar los estándares hasta ahora obtenidos por los híbridos actualmente en uso
- b) Identificar los componentes que deben ser modificados por el fitomejorador en la búsqueda de mejor calidad de los maíces utilizados como materia prima en la industria de la masa y tortilla.

2.3. Hipótesis

- a) Existen híbridos precomerciales con la calidad física y nixtamalera igual o superior a la de los híbridos actualmente utilizados en Guasave, Sinaloa; los cuales pueden producirse para su introducción como materia prima en la industria de la masa y la tortilla.
- b) Se pueden correlacionar algunos componentes físicos del grano a la calidad nixtamalera permitiendo direccionar el trabajo de los fitomejoradores en cuestiones de calidad de maíz y no sólo en aspectos agronómicos.

2.4. Revisión de literatura

2.4.1. La industria de la masa y la tortilla en México

El consumo anual de maíz en México en forma de tortilla asciende a 11.5 millones de toneladas de grano, lo cual representa un consumo per cápita de 70 kg (Yeverino et al., 2007). Generalmente el maíz blanco es empleado para preparar tortillas de consumo básico en las ciudades; sin embargo, la tortilla consumida en las áreas rurales se elabora con el maíz que se produce localmente, que puede ser además del blanco, amarillo o de colores con pigmentos de antocianinas (azules o negros).

Las principales entidades o regiones de abastecimiento de maíz blanco destinado al procesamiento alcalino, para la industria de la masa y la tortilla (IMT) o de la industria de harinas nixtamalizadas (IHN) son: a) Sinaloa con producciones del ciclo otoño-invierno; b) El Bajío produce durante primavera-verano, comprende parte de Jalisco y Guanajuato e Hidalgo ubicado en la región denominada de transición; y c) los estados de Chiapas, Guerrero, Veracruz y Tamaulipas, cuyas zonas de producción comercial se ubican en las regiones agroecológicas denominadas “trópico húmedo” en el Golfo y “trópico sub-húmedo” por el Pacífico, que se caracterizan por presentar abundantes precipitaciones (1 700 mm y 1 000 mm,

respectivamente), con temperaturas promedio anuales de 24 a 26.5 °C y máximas de 45 °C.

2.4.2. Calidad de maíz para la industria de la masa y la tortilla

La calidad del grano de maíz para el procesamiento alcalino está determinada por sus características físicas y composición química. Esta calidad es importante para los procesadores de grano a nivel industrial, aunque no para las amas de casa de áreas rurales, quienes seleccionan el maíz de acuerdo a sus preferencias particulares y utilizan cantidades de cal para el proceso de nixtamalización conforme a su costumbre o gusto (Rangel et al., 2004)

Los requerimientos de calidad del grano para la IMT e IHN que utilizan el proceso de nixtamalización son diferentes en algunos aspectos. La IHN requiere maíces de endospermo duro o muy duro, con mínima retención de pericarpio durante el proceso y que la humedad del nixtamal no sobre pase 42%. La IMT por su parte, requiere maíces de menor dureza y que retengan mayor cantidad de pericarpio durante el proceso, ya que el pericarpio solubilizado por la acción del álcali, se convierte en gomas naturales que van a favorecer las características de textura en masa (adhesividad y cohesividad), y tortilla (plasticidad y suavidad) (Martínez-Bustos et al., 2001).

El cocimiento alcalino del maíz o nixtamalización (nextli, cenizas de cal, y tamalli, masa de maíz cocido), incrementa significativamente el contenido de calcio en las tortillas, permite la liberación de niacina al dejarla disponible para el organismo, y mejora la digestibilidad de la proteína. La combinación de calor, alta humedad y el hidróxido de calcio $[Ca(OH)_2]$, facilitan la hidrólisis del pericarpio, y la liberación de gomas naturales; la gelatinización del almidón, solubilización parcial de la pared celular y la matriz proteínica, así como la desnaturalización de la proteína, interaccionan con fibra y grasa para crear una estructura flexible y suave en masa y tortillas (Almeida y Rooney, 1996).

Para la elaboración de tortillas se requiere un grano que produzca masa con alta humedad, buena extensibilidad y resistencia, entre otras características (Arámbula et al., 2001). La firmeza de la masa está determinada por el tipo de maíz, la dureza del grano, las condiciones de secado, la absorción de agua y el grado de gelatinización de los almidones (Bedolla y Rooney, 1984). Las tortillas de buena calidad se asocian con masas cuyos valores de viscosidad máxima oscilan entre 220 y 330 unidades Brabender (UB) (Bedolla y Rooney, 1984).

Los industriales de la masa y la tortilla prefieren procesar maíces de tamaño y color uniforme, optan por los de color blanco crema brillante y con

textura intermedia a dura. Ponderan los maíces con alta relación de masa/grano (>2.0:1.0) y de tortilla/maíz (>1.5 kg por kg de maíz procesado) (Salinas et al. 2010); de igual manera la norma NMX-034 (Anónimo 2002) para maíz destinado al proceso de nixtamalización, incluye principalmente variables de calidad del grano, entre las que destaca la dureza, así como pericarpio retenido en el nixtamal, pérdida de sólidos y humedad del nixtamal.

2.4.3. Mejoramiento enfocado en maíz con calidad industrial en México

México posee la mayor diversidad genética de maíz (*Zea mays* L.), la cual se manifiesta en variación de caracteres morfológicos vegetativos, así como de espiga, mazorca y grano, y en la composición química del grano. De las 436 razas de maíz reportadas en el continente americano, 50 se encuentran en México (Goodman y Brown, 1988). De ellas 25 son utilizadas para consumo humano, las cuales difieren en características físicas y funcionales (USDA-ARS, 2005). En éstas se han hecho múltiples cruzamientos para obtener mejores características genéticas, aunque la mayoría de ellas son de tipo agronómico. Pocos atributos importantes para los campesinos y consumidores han sido estudiados, como los relativos a la calidad de la tortilla.

Un aspecto importante de estas mejoras y que hasta hoy no se ha sistematizado, es la evaluación del potencial que tienen dichas razas para usos específicos. En los últimos años ha crecido la demanda del maíz destinado al proceso de nixtamalización industrial, lo que ha estimulado el estudio de las características de calidad del grano tanto en los programas de mejoramiento genético como en el proceso industrial de fabricación de productos de maíz nixtamalizado. Como atributos de una tortilla de buena calidad puede considerarse los siguientes: fácil enrollado, suavidad al tacto, olor, sabor textura y plasticidad. Tales atributos se obtienen mediante un procesamiento con concentraciones adecuadas de cal y tiempos apropiados de cocimiento; además es deseable lograr óptimas condiciones sanitarias y reconocida calidad nutricional.

En los últimos años ha crecido la demanda de maíz destinada al proceso de nixtamalización industrial, lo que ha provocado que las características de calidad de grano sean importantes tanto en los programas de mejoramiento genético como en el proceso industrial de fabricación de productos de maíz nixtamalizado.

Los rasgos morfológicos y fisiológicos del maíz mexicano se relacionan con la selección del medio, pero también existe interés para fijar características deseables de calidad para hacer tortilla o para otro fin (FIRA, 1998).

2.5. Materiales y Métodos

2.5.1. Material Genético

Se utilizaron muestras de grano de 2 kilogramos de 8 híbridos de maíz blanco tipo Sinaloa cosechadas en el ciclo OI 2013-2014 tanto comerciales (HC-1, HC-2, HC-3 y HC-4) como pre-comerciales (HE-1, HE-2, HE-3 y HE-4), proporcionadas por miembros de la Asociación de Agricultores del Rio Sinaloa Poniente (AARSP) en Guasave, Sinaloa. Adicionalmente se utilizaron dos muestras de maíz nativo (criollo) como testigos de calidad de la raza Zapalote chico. 1. Criollo morado de Comitancillo, Oax. y 2. Criollo de Morro Mazatan, Oax proporcionadas por el Dr. Aquiles Carballo Carballo del Colegio de Postgraduados.

2.5.2. Caracterización física del grano

Las variables de calidad física evaluadas en esta investigación fueron las siguientes: humedad de grano, determinada con el método 44-11 (AACC, 2000) el equipo Steinlite (USA); peso hectolítrico, estimado con el método 84-11(AACC, 1976); índice de flotación (Salinas *et al*, 1992); peso de cien granos; color de grano, con el método 14-30 (AACC, 2000) y, porcentajes de pico (pedicelo), pericarpio y germen (Salinas y Vázquez, 2006). Con el fin de

estandarizar las mediciones los datos se ajustaron a un 14% de humedad, utilizando la siguiente formula:

$$DA = \left(\frac{100 - HA}{100 - 14} \right) \times DSA$$

Donde:

DA = Dato ajustado

HA = Humedad actual

DSH = Datos sin ajustar

2.5.3. Nixtamalización y producción de tortillas

La nixtamalización se realizó a partir de 100 g de grano, utilizando 1% de óxido de calcio y 200 ml de agua destilada. Se mezclaron los componentes en un vaso de precipitados de 600 ml y se calentaron en una parrilla para nixtamalización hasta el punto de ebullición, asignando su tiempo de cocimiento, de acuerdo a la dureza del grano (medida por el índice de flotación) (Salinas y Vázquez, 2006).

La dureza de grano está relacionada con el tiempo requerido para la nixtamalización; mientras más duro más tiempo de cocimiento es requerido para lograr un nixtamal con características adecuadas para obtener masa de calidad (Salinas *et al*, 2010). Los maíces se calificaron de acuerdo con la escala propuesta por Gómez (1993) en la que; a) los valores de IF entre 0 y 12 % corresponden a maíces muy duros; b) los de 13 a 37 % son duros; c)

los de 38 a 62 % son intermedios; d) los de 63 a 87 % son suaves; y e) los mayores de 87 % son muy suaves (Vázquez *et al*, 2003). Con base en la escala anterior se asignaron tiempos de cocimiento para cada híbrido.

Después del cocimiento, las muestras se dejaron en reposo durante 14-16 h a temperatura ambiente para después enjuagar el nixtamal y molerlo en un molino de piedras con el fin de obtener la masa (Salinas y Arellano, 1989). Las tortillas se moldearon en una prensa manual y se cocieron sobre una plancha metálica. Una vez cocidas, se enfriaron a temperatura ambiente durante 30 min tapadas con una servilleta de manta.

2.5.4. Calidad de nixtamal y tortilla

Para la evaluación de la calidad del nixtamal se consideraron las variables de humedad del nixtamal, pérdida de sólidos y pericarpio retenido, en tanto que la calidad de la tortilla se determinó mediante las variables: humedad de tortilla a dos y 24 horas, rendimiento en tortilla fría (Salinas y Vázquez, 2006); color en el equipo Agtron por el método 14-30 (AACC, 2000), expresado como porcentaje de reflectancia a 2 y 24 horas; textura que se midió mediante el texturómetro TAXT2, utilizando la metodología descrita por Arámbula-Villa *et al.* (2004). Esta característica se expresó en función de la fuerza máxima de punción (gramos-fuerza) (dureza) y elongación de la tortilla (mm).

2.5.5. Análisis estadístico de datos

Los resultados fueron analizados con el paquete estadístico SAS versión 9.4. Se utilizó el modelo estadístico correspondiente a un diseño completamente al azar, las variables medidas se sometieron a un análisis de varianza mediante el procedimiento GLM del *Statistical Analysis System* y aquellas características que mostraron diferencias significativas se les aplicó la prueba de comparación múltiple de medias mediante la diferencia significativa honesta (DSH) de Tukey con nivel de significancia al 5% (SAS Institute, 2014).

2.6. Resultados y discusión

2.6.1. Calidad física del grano

Las características físicas de grano en los híbridos analizados (Cuadro 1) presentaron diferencias significativas según el análisis de varianza ($P < 0.05$) realizado.

a) Peso hectolítrico

El peso hectolítrico o densidad aparente, fluctuó entre 70.78 y 82.78 kg hL⁻¹. Los híbridos de mayor peso hectolítrico fueron HC-2 y HC-3, en tanto que los de menor peso fueron los testigos TE-1 y TE-2. A excepción de los testigos todos los híbridos cumplen con la norma establecida para esta variable (≥ 74 kg hL⁻¹).

Cuadro 1. Propiedades físicas de grano en ocho híbridos y dos testigos de maíz blanco

Híbrido	Peso hectolítrico (kg hL ⁻¹)	Índice de flotación (%)	Peso cien granos (g)	Reflectancia (%)	Pedice (%)	Pericarpio (%)	Germ en (%)
HE-1	76.97	43 I	37.98	68.0	1.07	4.05	10.38
HE-2	79.32	25 D	36.46	64.5	1.22	3.74	11.28
HE-3	80.46	23 D	37.92	66.5	1.20	3.62	11.08
HE-4	78.95	33 D	32.40	65.0	1.36	4.17	10.60
HC-1	78.22	26 D	35.05	64.5	1.28	4.10	10.25
HC-2	81.83	5 MD	46.07	68.0	1.15	3.69	10.50
HC-3	82.78	4 MD	40.52	67.0	1.18	3.67	10.14
HC-4	79.16	33 D	41.46	68.0	1.26	4.49	11.57
TE-1	70.78	92 MS	21.09	78.5	1.31	4.13	13.72
TE-2	71.78	92 MS	30.47	72.0	1.42	3.83	13.29

DSH: PHec 1.67, IF 10.55, PCG 2.41, CG 4.68, Ped 0.2402, Per 0.5567, Ger 1.56. Requerimientos IMT: PHec ≥ 74 kg hL⁻¹, IF ≤ 50 , PCG 30–35 g, CG $\geq 55\%$, Ped $\leq 2\%$, Per $\leq 5.5\%$, Ger $\leq 13\%$. DSH: diferencia significativa honesta de Tukey con nivel de significancia al 5%.

b) Índice de flotación

Las variables, índice de flotación y peso hectolítrico, relacionadas con la dureza del grano, correlacionan de manera inversa, mientras más duro sea el grano de maíz, mayor será el peso hectolítrico y menor su índice de flotación (Salinas *et al.*, 1992). Los híbridos HC-2 y HC-3 presentaron el menor índice de flotación con 5 y 4% respectivamente y los testigos TE-1 y TE-2 los de mayor valor con 92%; estos resultados que coinciden con los reportados por Salinas *et al.* (2010) en cuanto a una correlación inversa entre el peso hectolítrico y el índice de flotación en maíces del trópico húmedo y sub-húmedo de México.

De acuerdo con la escala utilizada para clasificar a los maíces según su índice de flotación, los híbridos HC-2 y HC-3 son muy duros, los híbridos HE-2, HE-3, HE-4, HC-1 y HC-4 son maíces duros, el HE-1 es intermedio y los testigos TE-1 y TE-2 son muy suaves; en consecuencia los híbridos HC-2 y HC-3 son los únicos que no cumplen con las características requeridas por la industria de la masa-tortilla según lo reportado por Salinas *et al.* (2012).

A nivel comercial estas variables tienen importancia diferenciada según el eslabón de la cadena productiva a la que se refieran. Para el productor de

maíz es deseable un peso hectolítrico alto e índice de flotación bajo, ya que obtendrá un mayor tonelaje por hectárea y recibirá un pago mayor por su cosecha. Por otra parte, para el molinero esta variable se aprecia de distinta manera ya que maíces muy duros requerirán un tiempo de cocción mayor, absorben menor cantidad de agua y por la estructura del grano producirán menor cantidad de masa.

Por esta razón, es importante para el productor de maíz determinar el cliente al cual va dirigida su producción ya que si se enfoca a la industria de la molienda será apreciado un maíz de tipo intermedio como lo es el HE-1; sin embargo, si el destino final de su producción es la venta a la industria de la harina de maíz nixtamalizado, esta condición de grano no será tan importante ya que la industria no distingue de manera tan puntual entre diferentes tipos de maíz, siempre que cumplan los requerimientos mínimos establecidos (comunicación verbal).

c) Tamaño de grano

El tamaño de grano es otra variable de interés en el procesamiento alcalino, por su impacto en el grado de cocimiento y absorción de agua durante la nixtamalización. Granos de la misma dureza pero de tamaño grande, alcanzan un menor cocimiento que granos pequeños en el mismo tiempo (Salinas *et al.*, 2010). De acuerdo con Salinas y Vázquez (2006) los

granos grandes tienen un peso de 100 granos mayor a 38 g, los medianos entre 33 y 38 g, en tanto que los pequeños presentan valores menores a 33g. La IMT se favorece con granos de tamaño intermedio o pequeños, es decir no más de 38 g por 100 granos, que se hidratan más fácilmente que los de tamaño grande y favorecen el rendimiento de los productos que comercializa que son de humedad elevada (Salinas *et al.*,2010).

En las muestras analizadas se encontró que los híbridos HE-1, HE-2, HE-3, HE-4, HC-1 y los testigos TE-1 y TE-2, cumplen con el requerimiento que favorece los rendimientos en la IMT, por lo que son preferibles por esta industria. Por el tamaño de grano la clasificación de las variedades bajo estudio, fue la siguiente: HC-2, HC3 y HC-4 son considerados como de tamaño grande, HE-1, HE-2, HE-3, HE-4, HC-1 de grano mediano y los testigos TE-1 y TE-2 se consideran de grano pequeño.

d) Color de grano

Existen diferencias altamente significativas en el color de grano (% de reflectancia) siendo el testigo TE-1 el que registró el nivel más alto con 78.5%. Todas las variedades analizadas superaron el 55% de reflectancia estipulado para la utilización de maíz por la industria (Salinas *et al.*, 2012). Cabe señalar que, aunque el color de grano en maíz no se considera una

propiedad importante para el uso alimentario del mismo, influye considerablemente en la preferencia del consumidor (Sánchez *et al*, 2004).

e) Pedicelo

La industria de harina nixtamalizada (IHN) demanda maíces con reducidas proporciones de pedicelo ($\text{Ped} \leq 2\%$), los maíces estudiados registraron valores en un rango de 1.0746 y 1.4279% por lo que todas las variedades analizadas se encuentran dentro de los requerimientos en la industria. El testigo TE-2 presentó la mayor proporción de pedicelo con 1.4279 y el híbrido pre-comercial HE-1 registró la menor proporción con 1.0746%. El porcentaje de pedicelo en el grano de maíz es relevante en la industria de la masa y la tortilla, toda vez que está compuesta de lignina, y no se hidroliza con el álcali de la nixtamalización, aunque una tonalidad oscura afecta la apariencia de la tortilla, en virtud que a mayor porcentaje, habrá mayor abundancia de puntos negros en la superficie (Salinas y Pérez, 1997).

f) Pericarpio

El porcentaje de pericarpio de todos los híbridos y testigos ubicado entre 3.62 y 4.49%, se considera adecuado para la IMT. Los molineros tradicionales de masa y tortilla no objetan las proporciones de esta

estructura ya que en ella se localizan las gomas que contribuyen en la cohesión de las partículas de la masa (Almeida y Rooney, 1996).

g) Germen

Por otra parte, el porcentaje de germen de los testigos TE-1 y TE-2 excede los requerimientos de la industria al ser superiores a 13% (13.72 y 13.29% respectivamente).

Cabe mencionar que al ser la IMT una industria donde el producto final no tiene grandes periodos de almacenamiento los porcentajes altos de germen que pueden favorecer al arranciamiento, no tiene un gran peso sobre la selección de maíces para esta industria.

2.6.2. Calidad de nixtamal y tortilla

a) Humedad de nixtamal

Es importante que el grano se hidrate de una manera tal, que pueda reblandecerse lo suficiente para facilitar la molienda, y obtener la granulometría adecuada en la masa. Entre las ocho variedades se obtuvieron diferencias significativas para la variable humedad de nixtamal, con registros desde 42.10 hasta 49.57%; siendo los híbridos HC-2 y HC-3

los que presentaron los valores más bajos (42.87 y 42.10% respectivamente), con lo anterior se corrobora que los maíces muy duros, no obstante su mayor tiempo de nixtamalización (45 min), absorben menos agua, en tanto que los suaves (TE-1 y TE-2) que recibieron 30 min de cocción, fueron los de mayor humedad (Cuadro 2).

El resto de los híbridos presentaron valores comprendidos entre los 44.02 y 47.72% que son porcentajes dentro del intervalo de humedad que se considera adecuada para obtener masa de calidad para la elaboración de tortillas (Salinas *et al*, 2012).

Cuadro 2. Variables de calidad de nixtamal, masa y tortilla de ocho híbridos y dos testigos de maíz de grano blanco bajo estudio

Híbrido	Humedad de nixtamal (%)	Sólidos en nejayote (g)	Humedad de tortilla (2h) (%)	Humedad de tortilla (24 h) (%)	Rendimiento masa (Kg ms/kg mz)	Rendimiento tortilla (Kg tr/kg mz)
HE-1	47.7240	5.2853	43.5250	42.0539	1.9921	1.4437
HE-2	45.8570	3.2053	42.3570	42.6972	2.0028	1.4403
HE-3	45.2510	3.2160	43.0120	44.2638	2.0503	1.5209
HE-4	45.6180	3.1018	42.6790	43.9119	1.9203	1.3937
HC-1	44.0240	2.8123	44.3910	39.1663	1.9011	1.4772
HC-2	42.8770	3.8393	42.1000	40.7181	1.8490	1.4205
HC-3	42.1000	3.1593	41.3270	40.3556	1.8936	1.4338
HC-4	44.3330	3.1228	39.3200	39.8232	1.8653	1.4069
TE-1	49.5780	3.1278	45.4890	43.9920	1.8053	1.3259
TE-2	48.2160	3.0167	43.7750	39.7347	1.8548	1.3918

DHS: HN 3.9188, SN 0.5475, HT 2h 3.7131, HT 24h 3.0804, RM 0.1608, RT 0.1111.

Requerimientos IMT: HN 44 – 48%; SN ≤ 5%; HT Sin dato reportado; RM ≥ 1.9; RT ≥ 1.4.

DSH: diferencia significativa honesta de Tukey con nivel de significancia al 5%.

b) Sólidos en nejayote

Los valores registrados para la variable SN se ubicaron dentro de los límites establecidos en la norma para maíz que se destina al proceso de nixtamalización. Asimismo, la capacidad de absorción y retención de humedad del grano en el proceso de nixtamalización es muy importante para la industria ya que esta permite un buen rendimiento de masa y tortilla al final del proceso.

c) Rendimiento de masa y tortilla

Los rendimientos en masa se ubicaron entre 1.80 y 2.05 de índice de rendimiento, lo cual indica la cantidad de masa acondicionada en kilogramos por cada kilo de maíz. De acuerdo con Salinas *et al.* (2012) los industriales de la IMT consideran como bueno, un maíz de 1.9 o más de rendimiento de masa, en esta investigación los valores obtenidos son muy cercanos a 1.9 y se pueden considerar como viables para la IMT.

El híbrido HE-3 obtuvo un índice de rendimiento de masa de 2.05 y de tortilla de 1.52 a pesar de no haber presentado la mayor humedad en nixtamal, siendo esto evidencia de que retiene la humedad durante el proceso de molienda y cocimiento de las tortillas.

El testigo TE-1 presentó el menor índice de rendimiento de masa y tortilla (1.80 y 1.32 respectivamente) a pesar de haber sido el que presentó mayor humedad de nixtamal con 49.75%, siendo también la variedad con mayor humedad tanto en tortilla como en masa, contrario a lo mencionado por Salinas *et al.* (2010) al indicar que, una alta humedad en el nixtamal no garantiza una alta humedad en la tortilla, ya que influyen además de las características de los principales componentes de la masa (almidón, proteína, grasa), el espesor de la tortilla, así como el tiempo y temperatura de cocimiento.

Aguilar (2005) afirma que se requiere un valor 45% para obtener 1.5 kg de tortilla por kilogramo de maíz; sin embargo el único híbrido que alcanzó el 1.5 de índice de rendimiento de tortilla presentó una humedad de 43.01% mientras que el testigo TE-1 obtuvo un índice de rendimiento de tortilla de 1.32 (el más bajo) con una humedad de 45.48% (la más alta).

Estos aspectos de rendimiento son de los más importantes para los molineros ya que un maíz que les rinda más les permitirá obtener mayores ganancias en la venta de sus productos, por lo que en la perspectiva del molinero estas son variables cruciales para la elección de variedades.

Otros aspectos a considerar en la selección de maíces con calidad para la elaboración de masa y tortilla son el color y la textura.

d) Color de tortilla

En cuanto al color de las tortillas, se obtuvieron valores de reflectancia (Figura 1) tomados a 2 horas de su elaboración con mediciones entre 74 y 86%, así como a las 24 horas de su elaboración donde los valores están desde 74.86 hasta 83.25%; en este aspecto, a excepción de los híbridos HE-2 y HE-3, todos los valores se redujeron en hasta 3 puntos porcentuales de reflectancia con el paso del tiempo, por lo que no se consideraron diferencias importantes entre las tortillas recién hechas y después de 24 horas de almacenamiento. También se pudo observar que las tortillas elaboradas con las muestras de maíz de híbridos comerciales presentaron un porcentaje de reflectación mayor en comparación a las tortillas elaboradas con híbridos pre-comerciales.

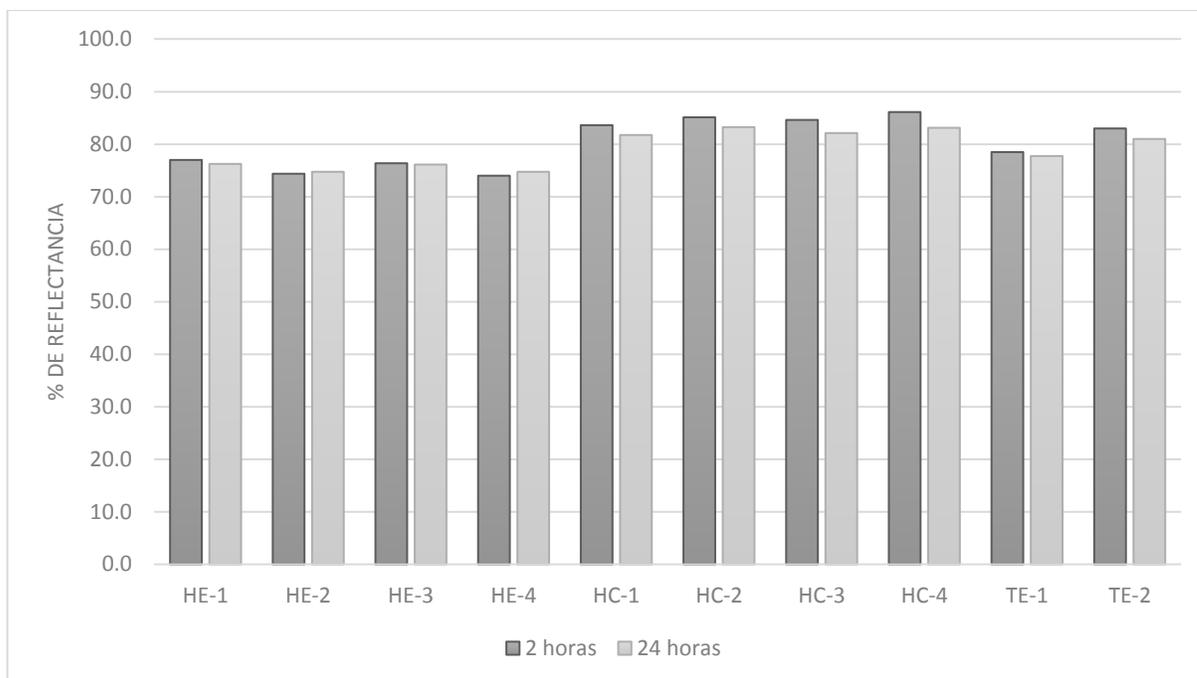


Figura 1. Porcentaje de reflectancia en tortillas de maíz recién elaboradas (2 h) y 24 horas después de almacenadas a 4°C.

Esta variable es apreciada principalmente por el consumidor final; sin embargo, dependiendo de la zona en donde se consuma la tortilla las preferencias del consumidor cambian; mientras en la zona centro una tortilla amarilla es aceptada, hacia la zona norte no lo es, por lo que al buscar comprador para la cosecha de los productores se deberá considerar esta característica.

e) Textura de tortilla

En cuanto a la textura, son diversos los trabajos publicados que abordan estos aspectos en tortillas de maíz (Martínez-Bustos et al., 2001; Sánchez-Feria et al., 2007), no obstante en la mayoría de ellos se utiliza el mismo equipo (texture analyzer, TXXT2) y los parámetros de fuerza máxima de rompimiento y deformación, elasticidad o elongación, para definir la textura (Suhendro et al., 1998; Arámbula-Villa et al., 2004), en ninguno se han establecido hasta ahora, los valores que debe presentar una tortilla para ser considerada como de buena calidad; a pesar de la importancia de las propiedades de la tortilla relacionadas a estos parámetros (Salinas *et al.*, 2010).

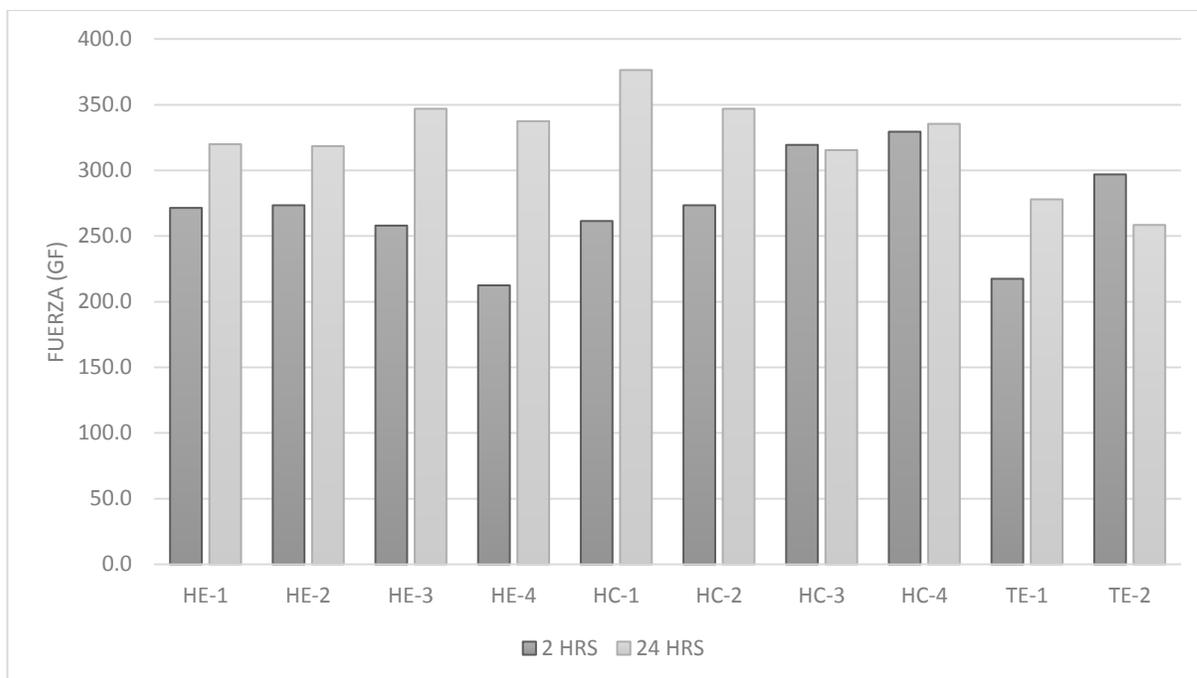


Figura 2. Fuerza de punción de tortillas de maíz recién elaboradas (2 h) y 24 horas después de almacenadas a 4°C.

Las tortillas del HE-4 recién elaboradas fueron las más suaves y semejantes al testigo TE-1, que es apreciado por la suavidad de sus tortillas (Figura 2). La mayor fuerza de punción (gf) requerida por las tortillas, 24 h después de almacenadas, se debe a la retrogradación del almidón (Bello et al., los maíces utilizados presentaron mayor dureza con el paso del tiempo, debido a la pérdida de humedad, siendo los híbridos HC-7 y HC-8 los que menos humedad perdieron durante el almacenamiento, lo que se refleja en la mínima diferencia en cuanto a la dureza de la tortilla obtenida a las 2 horas y pasadas 24 horas de su elaboración. Sin embargo, con el paso del

tiempo la dureza de las tortillas se estabiliza al no encontrar diferencias significativas transcurridas 24 horas de su elaboración.

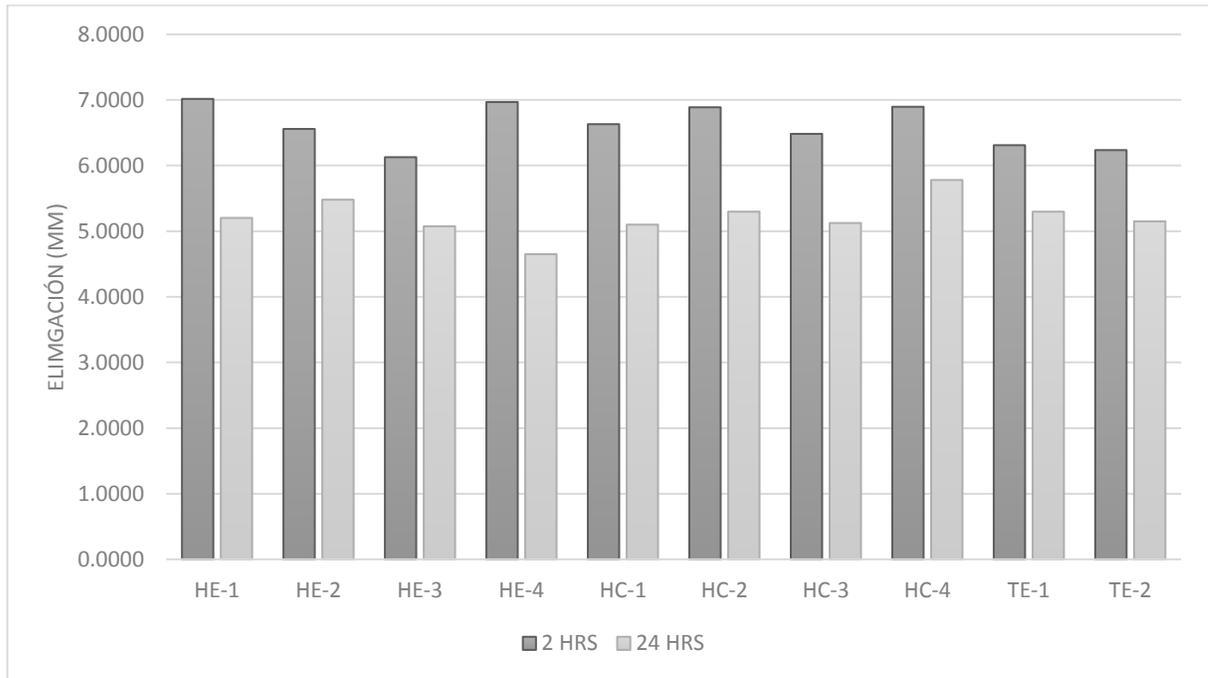


Figura 3. Elongación en tortillas de maíz recién elaboradas (2 h) y 24 horas después de almacenadas a 4°C.

La capacidad de elongación de la tortilla está relacionada a la dureza; no obstante, como se puede observar en la Figura 3, la tendencia no es clara en cuanto a este comportamiento. En esta variable no se presentaron diferencias significativas entre materiales ni a 2 horas ni a 24 horas de la elaboración de las tortillas, por lo que no se puede inferir que con alguno de los híbridos estudiados se puedan elaborar tortillas más elásticas.

La textura que requiere cada producto final no puede ser la misma ya que la elasticidad y dureza para la elaboración de tortillas para flautas es completamente diferente a la deseada en tortillas para tacos, siendo esta característica un punto de reflexión al momento de identificar compradores potenciales de las cosechas y al mismo tiempo poder encontrar nichos de mercado específicos para aquellos maíces con características no necesariamente adecuadas a la IMT como un producto único.

2.7. Discusión general

A pesar de existir parámetros específicos para cada industria, a saber, la industria de la masa y la tortilla, de la harina nixtamalizada, de la botana de maíz, la extracción de almidones, entre otras; el acopio de maíz en zonas de alta producción, como Guasave, Sinaloa, eliminan la apreciación de las ventajas comparativas entre las diferentes variedades producidas; ya que, el maíz se mezcla con todas las variedades que son recibidas para su acopio y es vendido a granel, la única diferenciación que se realiza es por tamaño, siendo esta diferenciación poco favorable para productores y compradores.

Es necesario un nuevo sistema de acopio que permita realizar la diferenciación de las características especiales de cada variedad producida y en este sentido mejorar el valor de la cosecha para los productores y de la producción de los industriales. Para ello será necesario que los productores

se involucren en el proceso de comercialización que hasta el momento se ha dejado en manos de los acopiadores, colocando su producción en nichos específicos según sea la variedad producida y los intereses del cliente.

Hasta el momento la mayoría de los trabajos de mejoramiento genético se han enfocado en el mejoramiento de características de productividad agronómica, y que benefician principalmente al productor; se ha dejado de lado el mejoramiento enfocado a la alta calidad para el industrial, pero en especial para el consumidor final de la industria de alimentos procesados.

En el caso particular de la industria de la masa y la tortilla son necesarios maíces de tipo intermedio (índice de flotación entre 38 y 62%), niveles menores a 5.5% de pedicelo 2% de pericarpio y 13% de germen, una reflectancia mayor a 55% permitiendo estas estructuras mejorar posteriormente el proceso de nixtamalización obteniendo tortillas y masa de buena textura, color y sabor.

Es indispensable realizar un estudio económico tanto de la producción primaria, como de la industrialización de la materia prima para identificar las variedades que favorezcan a productores e industriales en el aumento de la rentabilidad en sus procesos productivos ya sea aumentando la productividad o bajando costos.

2.8. Conclusiones

Los maíces evaluados cumplieron con la mayoría de los parámetros requeridos para la utilización de los mismos en la Industria de la Masa y la Tortilla (IMT), por lo que los híbridos pre-comerciales son candidatos como materia prima para la producción y comercialización de la IMT.

Con el fin de que tanto los productores de maíz como los de masa y tortilla puedan obtener mayores beneficios en la comercialización de sus productos es importante encontrar nichos de mercado en los que sean apreciadas las características particulares de cada híbrido.

Existen variables susceptibles de mejora como el rendimiento de masa y tortilla en los híbridos evaluados, por lo que un programa de mejoramiento genético puede dar a los productores de maíz y de la IMT ventajas comparativas frente a los híbridos actualmente utilizados.

CAPITULO III. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DE OCHO HÍBRIDOS DE MAÍZ BLANCO EN GUASAVE, SINALOA

3.1. Introducción

México produce el 2.7% del maíz en el mundo (23 millones de toneladas en 2010), siendo el 4° productor a nivel global, detrás de Estados Unidos, China y Brasil. Nuestro rendimiento promedio por hectárea es de 3.2 toneladas (lugar 78 de 164 países que producen este grano en el mundo). El promedio mundial es de 5.2 tonha⁻¹ (SIAP, 2016).

México es el mercado más grande de maíz en el mundo, representando el 11% del consumo mundial. Cada mexicano consume, en promedio, 123kg de maíz anualmente, cifra muy superior al promedio mundial (16.8 kg per cápita).

Sinaloa es uno de los principales productores de maíz blanco en México, la producción de maíz en el estado es altamente tecnificada, el uso de semilla mejorada es común y el sistema de siembra por excelencia es el riego.

A pesar de ello los productores de maíz en Sinaloa reportan como una constante que la rentabilidad del cultivo es baja o nula y dados los precios

crecientes de los insumos, la producción de maíz pronto dejará de ser una opción para ellos.

Al ser la semilla el componente de los costos de producción más significativo, es necesario conocer la rentabilidad de los híbridos utilizados en la región, por lo que este estudio se plantea los siguientes objetivos e hipótesis:

3.2. Objetivos

- Evaluar la rentabilidad de la producción de ocho híbridos de maíz blanco para su producción en Guasave, Sinaloa en ciclo Otoño – Invierno.
- Comparar la rentabilidad de híbridos comerciales contra híbridos experimentales de maíz blanco para su producción en Guasave, Sinaloa en ciclo Otoño – Invierno.
- Determinar la viabilidad económica en la producción de la introducción de cuatro híbridos experimentales para su producción en Guasave, Sinaloa en ciclo Otoño – Invierno.

3.3. Hipótesis

- La rentabilidad de la producción de maíz blanco en Guasave, Sinaloa es baja y susceptible de mejora.
- Existen híbridos experimentales de maíz blanco que pueden igualar o superar la rentabilidad de los híbridos comerciales de maíz blanco para su producción en Guasave, Sinaloa en ciclo Otoño – Invierno.
- Los híbridos experimentales de maíz blanco a evaluar son viables económicamente para su producción en Guasave, Sinaloa en ciclo Otoño – Invierno.

3.4. Revisión de literatura

3.4.1.Importancia económica del maíz en el mundo

La oferta de granos y oleaginosas a nivel internacional responde a factores muy diversos; durante los últimos años es frecuente hacer énfasis en la seguridad alimentaria, la demanda de biocombustibles y la participación de commodities agrícolas en el mercado de valores (SAGARPA, 2009).

Paralelamente, el volumen de producción en cada ciclo agrícola se encuentra determinado por factores como la superficie destinada al cultivo, los rendimientos obtenidos, las expectativas de importaciones y exportaciones en el comercio internacional y los precios en el mercado (Caballero, 2010).

El mercado mundial de maíz atraviesa por un periodo de amplia disponibilidad, observada a través de volúmenes de producción e inventarios finales históricos, y por consecuencia, de precios relativamente bajos.

Durante el ciclo comercial 2014/15 se observó el nivel de producción mundial más alto de la historia, al totalizar 1,009 millones de toneladas.

Dicho volumen de producción se explica por los volúmenes de producción récord obtenidos en los principales países productores, Estados Unidos, Brasil y la Unión Europea. Las expectativas de producción para 2015/16 estiman un descenso de 3.6 por ciento para ubicarse en 972.6 millones de toneladas. Lo anterior ante un descenso en la superficie cosechada mundial estimada y menores volúmenes de producción en Estados Unidos, Brasil y la Unión Europea, este último afectado de manera importante por la sequía y altas temperaturas durante este último verano (FIRA, 2015).

Las expectativas de consumo mundial se estiman al alza, para totalizar 976.7 millones de toneladas en 2014/15, de las cuales 61.4 por ciento corresponde a consumo forrajero y el restante 38.6 por ciento a consumo humano, industrial y semilla. Para el siguiente ciclo, USDA estima un incremento de 0.6 por ciento en el consumo mundial total, impulsado por crecimientos de 0.5 por ciento en el consumo forrajero y 0.7 por ciento en el consumo humano, industrial y semilla.

El dinamismo de la producción y consumo mundial ha provocado una acumulación de inventarios importante durante los últimos ciclos comerciales. Así, durante 2014/15 se observó el volumen mundial de inventarios más alto de los últimos quince años, 196.0 millones de toneladas (FIRA, 2015).

Las exportaciones mundiales de maíz observaron un incremento significativo durante los últimos ciclos comerciales, ante la marcada disponibilidad del grano. Así, las exportaciones mundiales totalizaron 133.0 millones de toneladas en el ciclo 2014/15. Las expectativas 015/16 estiman una reducción anual de 8.4 por ciento, ante un nivel de producción y disponibilidad menor en países exportadores.

El precio internacional de referencia, respondiendo a los fundamentales de mercado, se encuentra en niveles bajos. Durante septiembre 2015, el precio del maíz amarillo FOB Golfo promedió \$165.5 dólares por tonelada, nivel 2.2 por ciento más alto que durante agosto 2015 y 2.0 por ciento más alto que septiembre 2014. Los futuros con vencimientos en 2016 presentan una recuperación en la cotización del grano hacia mediados de 2016.

3.4.2. La producción de maíz en México

México es el centro de diversidad del maíz, grano que es fundamental para el sustento de millones de productores. En México, los agricultores domesticaron el maíz hace unos 9,000 años y, desde entonces, el cultivo se ha diversificado, gracias a la selección constante, en muchas variedades y poblaciones autóctonas (Bellon y Berthaud, 2006). El maíz se produce actualmente en un rango de sistemas de producción que va desde los más

tradicionales a los más comerciales. La producción en los sistemas tradicionales se caracteriza por la coexistencia de múltiples poblaciones de maíz y por la coexistencia del maíz con otros cultivos en un mismo paisaje. En contraste, la agricultura comercial se caracteriza por paisajes de monocultivo de maíz sembrados con un solo material genético, por el uso intensivo de insumos y por la alta productividad de ese único cultivo.

La producción del grano en México tiene dos variedades, la blanca y la amarilla. La primera es para el consumo humano y se estima que es autosuficiente en esa materia, mientras que la segunda variedad, que se destina para el consumo animal y a la industria de almidones y cereales, registra déficit en su producción. Sin embargo, hasta hace dos ciclos agrícolas, la producción de maíz blanco se destinaba al consumo humano, pero por el crecimiento del consumo pecuario, en el 2006 se destinó al consumo animal más de un millón de toneladas de esta variedad.

En México hay dos ciclos productivos en el cultivo del maíz: el ciclo primavera/verano y el otoño/invierno, en el primer ciclo los principales estados productores son: Jalisco, Estado de México, Michoacán, Chiapas y Puebla. Aproximadamente entre el 90 y el 95 por ciento de la producción nacional se cultiva en el ciclo primavera-verano que se cosecha en los meses de octubre a diciembre.

Por su parte, la producción del ciclo otoño/invierno se concentra básicamente en los estados del norte del país como Sinaloa, Sonora y Chihuahua, la cosecha de este ciclo se realiza durante los meses de marzo y septiembre; particularmente durante este ciclo, casi el 40 por ciento de la superficie sembrada cuenta con sistemas de riego. En 2006, el principal productor de maíz en este ciclo fue Sinaloa. En 2006 el consumo interno de maíz ascendió a 25.2 millones de toneladas, 4.3 por ciento superior al de 2005, mientras que las importaciones ascendieron a 4.9 millones de toneladas, que resultaron inferiores en 12.6 por ciento respecto a 2005. El sector molinero de maíz cubre casi el 60 por ciento del consumo nacional.

3.4.2.1. Superficie sembrada y volumen de producción

En México se siembran 7.6 millones de hectáreas de maíz grano. De éstas, 6.2 corresponden a maíz blanco de temporal y 1.3 millones a maíz blanco de riego. El maíz amarillo se cultiva en 225 mil hectáreas de temporal y 194 mil hectáreas de riego. En el 2010, la producción de maíz blanco fue de 21.2 millones de toneladas y la de maíz amarillo de 2.0 millones de toneladas. Desde 1980, México se ha vuelto cada vez más dependiente de las importaciones de maíz, especialmente maíz amarillo para alimentación animal y uso industrial.

En 2006, la producción ascendió a 21.3 millones de toneladas, en tanto que la demanda fue de 26.2 millones de toneladas, por lo que se tuvo que importar casi 5 millones de toneladas en ese año, volumen similar a lo que se había venido importando en los años previos.

La mayor importación de maíz es resultado de los bajos niveles de producción, ya que este cultivo se ha visto afectado no sólo por la apertura comercial derivada del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), sino también por factores estructurales internos como la falta de acceso al crédito por parte de los productores de este cultivo, la limitada infraestructura de riego para elevar los rendimientos, la concentración del mercado en muy pocas empresas privadas, la escasa investigación científica en este campo y los limitados subsidios que otorga el Gobierno a este sector comparado con los que se otorgan a los productores de otros países europeos y Estados Unidos, principalmente.

3.4.2.2. Exportaciones e importaciones

Hay un gran interés en que México reduzca las importaciones y abastezca su consumo de maíz con producción propia en los próximos años. Para esto es necesario aumentar la productividad del maíz dándoles a los productores acceso a tecnologías apropiadas, incluidas las semillas mejoradas.

Aunque el uso de semilla mejorada ha aumentado en los últimos 15 años, el padrón de adopción ha sido irregular y su uso se ha concentrado en zonas de producción comercial (Aquino-Mercado et al., 2009). Datos del directorio de productores, obtentores y comercializadores de semilla del 2009 indican que la producción de semilla se concentra en estados del Noroeste y de El Bajío (Luna-Mena et al., 2012). Por ello, no es casualidad que entre los estados con mayor consumo de semilla mejorada se encuentren Sinaloa, Sonora, Jalisco y Guanajuato, en los cuales la superficie sembrada con este tipo de insumo es mayor de 70 % (Ortega-Paczka, 2003).

3.4.2.3. Rendimiento

El Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera reporta que el rendimiento nacional del maíz grano por hectárea sólo ha incrementado en un 40% desde el año 2000, pasando de 2.46 t/ha a, 3.48 t/ha en 2015 como se ilustra en la figura 1.

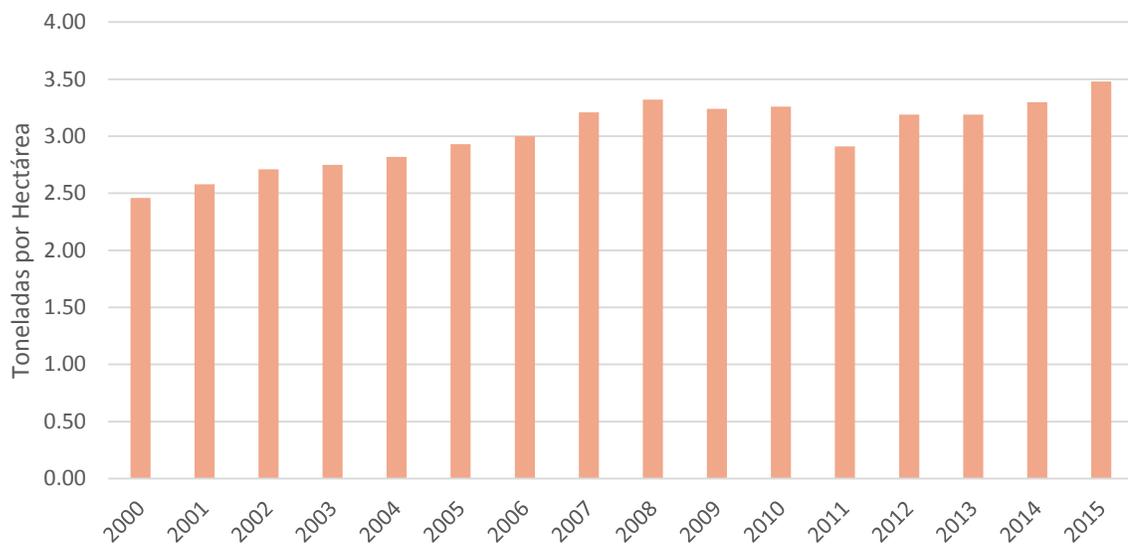


Figura 1. Rendimiento nacional de maíz grano de 2000 a 2015 en toneladas, por hectárea. Fuente. Elaboración propia con datos del SIAP.

Cabe mencionar que el rendimiento nacional emitido por el SIAP no considera una diferenciación entre regiones geográficas, tecnología de siembra, uso de semilla mejorada o criolla, así como ciclo agrícola.

3.4.2.4. Precio internacional y Precio Medio Rural

El precio internacional de referencia, respondiendo a los fundamentales de mercado, se encuentra en niveles bajos. Durante septiembre 2015, el precio del maíz amarillo FOB Golfo promedió \$165.5 dólares por tonelada, nivel 2.2 por ciento más alto que durante agosto 2015 y 2.0 por ciento más alto que septiembre 2014. Los futuros con vencimientos

en 2016 presentan una recuperación en la cotización del grano hacia mediados de 2016.

El Precio Medio Rural (PMR) del maíz en México alcanzó su máximo en el año 2011 al situarse en \$4077.81 pesos por tonelada de maíz un 44% arriba del PMR del año 2010, sin embargo, del 2011 al 2015 el PMR sufrió una pérdida nominal del 16% y una pérdida real tomando como base la segunda semana de diciembre de 2015 del 3.91%. Como podemos observar en la figura 2 el PMR del maíz ha tenido una tendencia al alza en los últimos 15 años.

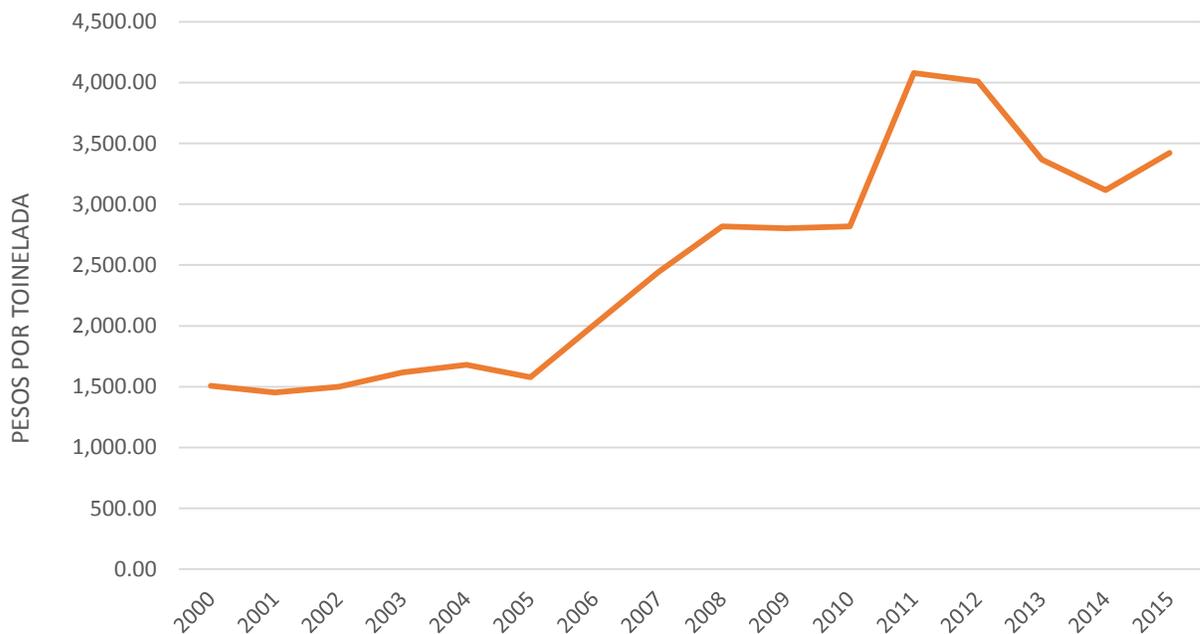


Figura 2. Precio Medio Rural (PMR) en pesos por tonelada de maíz grano de 2000 a 2015 en precios nominales. Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Administración Tributaria (SAT, 2017).

3.5. Materiales y Métodos

La metodología empleada en este estudio se basó en trabajo de campo en dos etapas: Etapa 1. Experimento en campo para la obtención de datos sobre rendimiento; Etapa 2. Levantamiento de encuestas a productores del municipio de Guasave, Sinaloa para la obtención de datos sobre costos de producción.

3.5.1. Etapa 1 Experimento en campo

El experimento se estableció en condiciones de riego en el municipio de Guasave, Sinaloa en el ejido El Progreso, con clima tropical seco (Clasificación climática de Köppen-Geiger), la temperatura media anual es de 24.9 °C. En un año, la precipitación media es 451 mm. Dado que el objetivo del experimento es validar el rendimiento de cada híbrido se consideró como único tratamiento al híbrido sembrado.

El material genético utilizado constó de 4 variedades experimentales proporcionadas por el Club de Productores de Guasave, Sinaloa, (HE – 1, HE – 2, HE – 3 Y HE – 4); y 4 variedades comerciales (HC – 1, HC – 2, HC – 3 Y HC – 4) con alta aceptación en la región, proporcionadas también por el

Club. Se usó semilla categoría certificada de los híbridos comerciales, y la semilla que proporcionó el Club para las variedades experimentales.

El diseño experimental utilizado fue un Bloque Completos al Azar en 2 localidades con 2 repeticiones.

La unidad experimental constó de 4 surcos de 50 mt de largo. La parcela útil considera los 4 surcos centrales. El manejo del experimento fue de acuerdo a las prácticas de la región con una distancia entre surcos de 76 cm, densidad de siembra de 131,500 pl/ha (10 pl/m).

Las variables a medir fueron: Emergencia, rendimiento de grano, humedad en la cosecha, número de mazorcas por planta, materia seca, altura de planta, altura de mazorca, cobertura de mazorca, días a floración masculina, días a floración femenina, aspecto de planta, aspecto de mazorca y enfermedades.

Debido a las inclemencias del tiempo los datos de la segunda localidad no fue posible recabarlos por lo que se utilizó al número de plantas como covariable para realizar la prueba de LSD Fisher en el programa SAS.

3.5.2. Etapa 2 Levantamiento de encuestas a productores

3.5.2.1. Unidad de análisis

A fin de realizar el estudio se plantea la aplicación de encuestas a productores del municipio de Guasave, Sinaloa para obtener información referente a los costos de producción e ingresos por comercialización del producto.

Se realizó la clasificación de los costos en fijos y en variables, siendo los primeros los costos asociados a depreciación, impuesto predial y cuotas anuales de organización e intereses sobre capital invertido y los segundos los costos semilla, costo de labores, costo de fertilización y control de plagas y costos de riego, a fin de obtener la información pertinente para estimar el costo total de producción. De la misma manera se obtiene información sobre rendimientos, ingresos y precios de venta del producto.

3.5.2.2. Muestreo y recolección de información

Se consideró tomar una muestra de tamaño $n=30$, de manera que los datos obtenidos sean representativos de la población. La información se recabó por muestreo aleatorio simple sin reemplazo de manera que se obtuvieron observaciones de las que se pueden hacer inferencias objetivas

de la población. El hecho de tomar una muestra responde al tiempo y costo que representa encuestas o censar a toda la población.

Como se ha mencionado en apartados anteriores la información se recabó principalmente de fuentes primarias a través de encuestas a los productores.

3.5.2.2.1. Variables de estudio

Las variables de estudio consideradas en la investigación son las que se presentan a continuación. Cabe mencionar que estas variables permiten caracterizar la producción de maíz blanco ciclo OI en el municipio de Guasave, Sinaloa, pero no todas se incluyen dentro de la determinación de los costos de producción.

- Localidad (LOC): ubicación del sitio de siembra
- Híbrido sembrado (HIBR): representa el tipo de híbrido de maíz cultivado identificado por el nombre del híbrido.
- Régimen hídrico (REGH): riego por bombeo (1) o riego por gravedad (0).
- Superficie cultivada (SUPC): Superficie en hectáreas que posee el productor con el cultivo de maíz blanco.
- Rendimiento (REND): toneladas por hectárea.

- Precio de venta (PVTA): es el precio en pesos por tonelada de maíz que recibe el productor por su cosecha.
- Costo de semilla (SEM): costo por hectárea de semilla para la siembra.
- Costo de labores (LAB): costo por hectárea de insumos y mano de obra utilizados en labores como desmenuzar, subsuelo, rastreo, nivelación, marcado, canalización, escarificado, siembra, cultivo y trilla.
- Costo de fertilización y control de plagas (FYCP): costo por hectárea de insumos y mano de obra utilizado en la fertilización del cultivo.
- Costo de riego (RIE): costo por hectárea de mano de obra para la aplicación de riego base de auxilio, costo de mano de obra y cuota por riegos auxiliares.
- Impuestos y cuotas anuales (IMP): Impuestos y cuotas anuales que paga el productor entre ellos impuesto predial y permiso de siembra medido en pesos por hectárea.
- Seguro agrícola (SEGA): monto anual del seguro pagado por el productor para su cosecha.
- Intereses bancarios (INTB): intereses anuales pagados por préstamos para el establecimiento y cosecha. Se mide en pesos por hectárea.
- Asistencia técnica (ASIS): costo anual pagado por asistencia técnica necesaria para el acceso al crédito agrícola.
- Otros gastos (OTG): gastos no identificados por el productor de forma particular. Se mide en pesos por hectárea.

- Valor de la producción (VPROD): se obtiene del producto del rendimiento (REND) por el precio de venta pagado al productor (PVTA). Se mide en pesos por hectárea.
- Costo Fijo Total (CFT): se mide en pesos por hectárea y se obtiene al sumar los impuestos y cuotas anuales, seguro agrícola, intereses bancarios, asistencia técnica y otros gastos.
- Costo Variable total (CVT): se mide en pesos por hectárea y se obtiene al sumar los costos de semilla (SEM), labores (LAB), fertilización y control de plagas (FYCP) y riego (RIE).
- Rentabilidad (RENT): se mide en pesos por hectárea y se obtiene al restar al valor de la producción total (VPROD) el costo total de la producción CTP. Esta variable indica el nivel de ganancias obtenidos por el productor en una hectárea.

3.5.3. Estimación de la rentabilidad

Se hizo una estimación del cálculo de la rentabilidad correspondiente al ciclo Otoño – Invierno 2014 en el cultivo de maíz, la cual fue calculada estimando el costo total de la producción obtenido en la etapa 2 de la investigación y el ingreso total para cada uno de los híbridos objetos de estudio obtenido por el producto del Precio Medio Rural (PMR) para 2014 y el rendimiento estimado para cada híbrido en la etapa 1 de la investigación.

Para determinar la rentabilidad se utilizaron las expresiones algebraicas siguientes, basadas en la teoría económica (Krugman y Wells, 2006), Samuelson y Nordhaus, 2009):

$$CT = P_x X$$

Donde:

CT = Costo total

P_x = Precio del insumo o actividad

X = Actividad o insumo.

Para la integración del costo primeramente se realizó una estimación de la estructura de costos basada en los datos obtenidos por las encuestas a productores. Posteriormente se realizó una estructura de costos para cada híbrido siendo el costo de la semilla la única variante entre híbridos.

El Ingreso total se obtiene al multiplicar el rendimiento del cultivo por su precio de mercado. La expresión algebraica es:

$$IT = P_y Y$$

Donde:

IT = Ingreso total

P_y = Precio de mercado del cultivo

Y = Rendimiento del cultivo.

Para el cálculo del Ingreso total de cada híbrido se utilizó el rendimiento obtenido del experimento en campo.

La rentabilidad finalmente es igual a:

$$\text{Rentabilidad} = IT - CT$$

3.6. Resultados

3.6.1. Caracterización de la producción de maíz blanco en el ciclo OI 2015 en el municipio de Guasave, Sinaloa

3.6.1.1. Variedad sembrada (HIBR)

Se identificaron 6 variedades de maíz blanco cultivado, todos ellos híbridos, siendo el PG 133 híbrido experimental del Ing. Alfonso González junto al DK 2038, quienes acumulan la preferencia del 57% de los productores (Figura 3). Sin embargo, el PG 133 representa el 54% de la superficie sembrada.

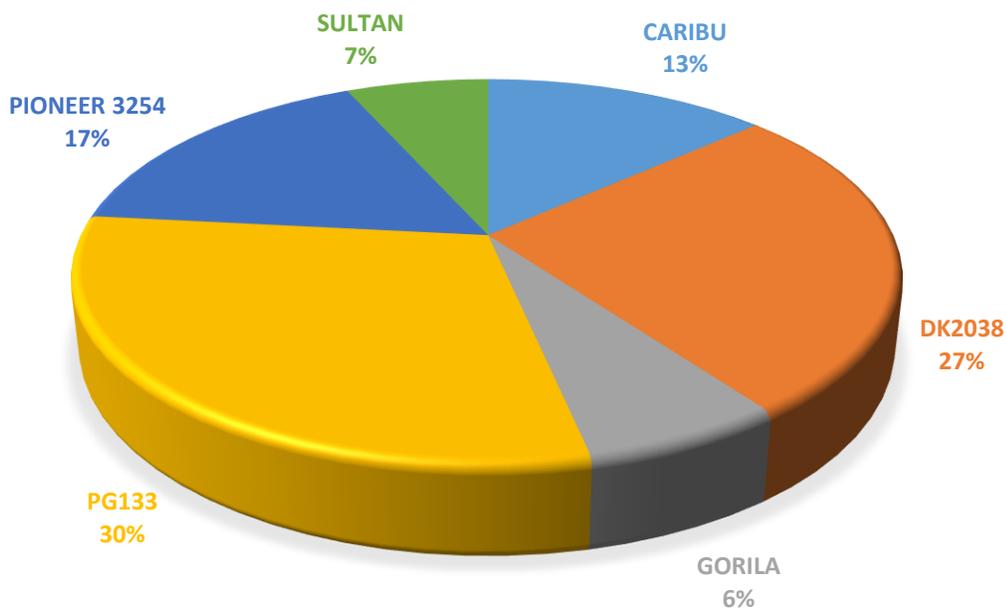


Figura 3. Híbridos sembrados por los productores en Guasave, Sinaloa

3.6.1.2. Régimen hídrico

Todos los productores encuestados utilizan el sistema de riego por gravedad con apoyo de riegos auxiliares según consideran necesario en la temporada.

3.6.1.3. Superficie cultivada

En cuanto a la superficie cultivada respecta los valores obtenidos se encuentran entre parcelas de 5 hectáreas hasta parcelas de 100 hectáreas, siendo la moda parcelas de 10 hectáreas como se muestra en la figura 4. Considerando esto el 86.66% de los productores cultivan entre 5 y 20 hectáreas durante el ciclo OI.

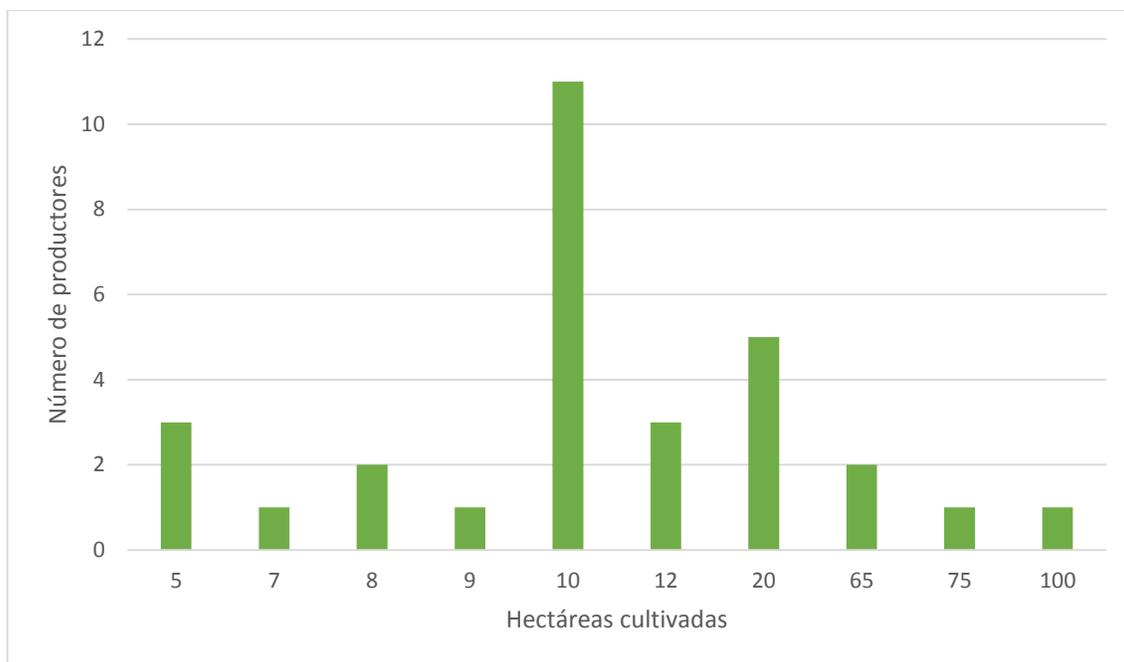


Figura 4. Tabla de frecuencias según cantidad de hectáreas cultivadas por productor en Guasave, Sinaloa.

3.6.1.4. Rendimiento

El rendimiento promedio general es de 11.11 tonha^{-1} durante el ciclo. Esta variable se mantuvo estable al presentar un coeficiente de variación de 2.09 y no presentar diferencias significativas entre híbridos con un nivel de confianza $\alpha = 0.05$ en la prueba LSD Fisher, según los datos obtenidos por las encuestas.

3.6.1.5. Costo de semilla

El costo de semilla presentó un promedio de \$5458.67 por hectárea, oscilando en un costo entre \$ 4,862.83 y \$ 6,054.50 por hectárea. Esto representa en promedio el 22% de los costos totales y el 32% de los costos variables totales de la producción por hectárea.

3.6.1.6. Costo de labores

La mayoría de los productores encuestados maquila la aplicación de labores a sus parcelas teniendo en promedio un costo de \$5,441.10, prácticamente a la par de los costos en semilla. Cabe mencionar que no todos los productores realizan todas las labores encuestadas por lo que el costo de las labores de ubica entre \$4,869.44 y \$6,012.76 por hectárea cultivada presentando un coeficiente de variación de 5.36.

3.6.1.7. Costo de fumigación y control de plagas

Los costos de fumigación y control de plagas fueron en promedio de \$5,189.11 por hectárea cultivada. El 93% de los productores aplican solo 2 fertilizaciones y el 100% de los productores aplican 2 controles de plagas durante el ciclo agrícola. Los costos de fumigación y control de plagas variaron de \$4,616.17 a \$5,762.04 por hectárea cultivada.

3.6.1.8. Costo de riego de auxilio

Todos los productores aplican 4 riegos de auxilio que en promedio tienen un costo de \$905.67 por hectárea oscilando entre los \$870.45 y \$940.89 por hectárea cultivada.

3.6.1.9. Precio de venta del maíz

El precio de venta de maíz para la cosecha del ciclo OI 2015 expresado por los productores en promedio fue de \$ 3448.33 por tonelada a un máximo de 14% de humedad de grano. El precio medio rural PMR para el mismo ciclo fue de \$3,422.84 (SIAP, 2017), por lo que en promedio el productor obtuvo un pequeño sobreprecio.

3.6.1.10. Valor de la producción

El valor de la producción promedio en el municipio de Guasave, Sinaloa fue de \$38,227.17 por hectárea. Con un mínimo de 36,282.93 y un máximo de \$40171.40 por hectárea. El valor de la producción está en función del rendimiento obtenido en cada unidad de producción y el precio de venta del producto.

3.6.1.11. Ganancia neta

La ganancia neta promedio por hectárea es de \$13,299.64, con ganancias máximas de \$25,233.33 y mínimas de \$2,771.00. Los productores con el menor rendimiento registrado fueron los que presentaron las menores ganancias en el estudio.

3.6.1.12. Costo fijo total

El costo fijo total promedio es de \$7,932.99 por hectárea; con un coeficiente de variación de 0.68. Este costo se encuentra integrado por los costos de impuestos y cuotas anuales, seguro agrícola, intereses bancarios, asistencia técnica y otros gastos no identificados por los productores.

3.6.1.13. Costo variable total

El costo variable promedio fue de \$16,994.54 por hectárea con un mínimo de \$16,170.23 y un máximo de \$17,818.84 por hectárea con un coeficiente de variación de 2.47.

3.6.2. Rendimiento por híbrido evaluado

Derivado del experimento en campo y mediante una prueba de LSD Fisher utilizando como covariable el número de plantas se obtienen los resultados expuestos en el cuadro 1.

Cuadro 1. Prueba de medias LDS Fisher del rendimiento de cuatro híbridos experimentales y cuatro híbridos comerciales evaluados en Guasave, Sinaloa.

Híbrido	Media	T Grupo
HC - 4	16.29	A
HE - 1	15.55	A
HC - 1	14.40	A B
HC - 2	13.85	A B
HC - 3	13.47	A B
HE - 4	11.92	A B
HE - 3	11.66	A B
HE - 2	9.66	B

De acuerdo a la prueba LSD Fisher con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ se concluye que los híbridos se pueden dividir en 2 grandes grupos, siendo el primero en el que podemos observar a los híbridos con mejores

rendimientos HC – 4 y HE – 1 con un rendimiento de 16.26 y 15.55 tonha⁻¹ respectivamente.

3.6.3. Análisis de costos y ganancias

De acuerdo al análisis de la estructura de costos se tiene que los costos más importantes en el cultivo del maíz se atribuyen a el costo de la semilla (21.90%), el costo de las labores (21.83%) y el costo de fertilización y control de plagas (20.82%), todos considerados costos variables y los cuales juntos acumulan más del 60% del costo asociado a la producción de maíz (Cuadro 2).

Cuadro 2. Estructura de costos de producción de maíz grano blanco en el municipio de Guasave, Sinaloa para el ciclo OI 2015.

Actividad	Costo (\$)	Participación del Costo Total (%)
Costo Fijo	\$ 7,932.99	31.82%
Impuestos y cuotas anuales	\$ 3,702.99	14.86%
Seguro agrícola	\$ 1,930.00	7.74%
Intereses bancarios	\$ 1,800.00	7.22%
Asistencia técnica	\$ 450.00	1.81%
Otros gastos	\$ 50.00	0.20%
Costo Variable	\$ 16,994.54	68.18%
Costo de semilla	\$ 5,458.67	21.90%
Costo de Labores	\$ 5,441.10	21.83%
Costo de fertilización y control de plagas	\$ 5,189.11	20.82%
Costo de riego	\$ 905.67	3.63%
Costo total	\$ 24,927.52	100.00%

Fuente: Elaboración propia con datos de encuestas a productores.

En comparación con los costos de producción publicados por Fideicomisos Instituidos con Relación a la Agricultura (FIRA) para el municipio de Guasave, Sinaloa en el mismo ciclo para estos mismos rubros

la semilla solo representa el 18.25%, el costo de labores el 14.56% y el costo de fertilización y control de plagas el 21.46%.

Los costos fijos integrados por impuestos y cuotas anuales, seguro agrícola, intereses bancarios, asistencia técnica y otros gastos no identificados por los productores; representa el 31.82% del costo total, mientras que los costos variables representan el 68.18% integrados por el costo de la semilla, las labores, fertilización y control de plagas y riego.

El cultivo de maíz en el municipio de Guasave, Sinaloa, se encuentra altamente tecnificado; la siembra, labores, fertilización y control de plagas, así como la cosecha no son realizados de forma manual como en gran parte del país por lo que el uso de mano de obra es mínimo, como indica FIRA en su resumen de costos de producción de maíz blanco en el municipio sólo son utilizados 9.57 jornales en todo el proceso productivo.

Por otra parte, tenemos las ganancias reportadas por los productores que en promedio son de \$13,299.64 por hectárea esto sin considerar los apoyos recibidos por los productores. La ganancia se encuentra directamente relacionada con el rendimiento obtenido por el productor en cada hectárea y el precio por tonelada obtenido al momento de la cosecha, oscilando entre \$2,271.00 y \$25,233.33 de ganancias netas por hectárea.

En este punto es importante considerar el costo beneficio de los productores ya que, aunque todos obtienen ganancias la proporción de ganancias recibidas por cada peso invertido durante el ciclo agrícola el B/C promedio es de 1.76.

3.6.4. Estructura de costos por híbrido evaluado

Dado que el experimento realizado en campo tuvo como único tratamiento el uso de diferentes híbridos *ceteris paribus* la estructura de costos se puede observar cómo se presenta a continuación:

Cuadro 3. Estructura de costos para cuatro híbridos comerciales de maíz blanco en Guasave, Sinaloa en el ciclo OI 2015

Actividad	HC-1	HC-2	HC-3	HC-4
	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)
Costo Fijo	\$7,932.99	\$7,932.99	\$7,932.99	\$7,932.99
Impuestos y cuotas anuales	\$3,702.99	\$3,702.99	\$3,702.99	\$3,702.99
Seguro agrícola	\$1,930.00	\$1,930.00	\$1,930.00	\$1,930.00
Intereses bancarios	\$1,800.00	\$1,800.00	\$1,800.00	\$1,800.00
Asistencia técnica	\$450.00	\$450.00	\$450.00	\$450.00
Otros gastos	\$50.00	\$50.00	\$50.00	\$50.00
Costo Variable	\$18,375.88	\$17,295.88	\$17,295.88	\$17,295.88
Costo de semilla	\$6,840.00	\$5,760.00	\$5,760.00	\$5,760.00
Costo de Labores	\$5,441.10	\$5,441.10	\$5,441.10	\$5,441.10
Costo de fertilización y control de plagas	\$5,189.11	\$5,189.11	\$5,189.11	\$5,189.11
Costo de riego	\$905.67	\$905.67	\$905.67	\$905.67
Costo total	\$26,308.87	\$25,228.87	\$25,228.87	\$25,228.87

Elaboración propia con datos recabados de los productores.

En este sentido el híbrido HC-1 es el que presenta el costo más elevado dentro del grupo de los híbridos comerciales y en general dentro de los ocho híbridos evaluados.

Cuadro 4 Estructura de costos para cuatro híbridos experimentales de maíz blanco en Guasave, Sinaloa en el ciclo OI 2015.

Actividad	HE-1	HE-2	HE-3	HE-4
	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)
Costo Fijo	\$7,932.99	\$7,932.99	\$7,932.99	\$7,932.99
Impuestos y cuotas anuales	\$3,702.99	\$3,702.99	\$3,702.99	\$3,702.99
Seguro agrícola	\$1,930.00	\$1,930.00	\$1,930.00	\$1,930.00
Intereses bancarios	\$1,800.00	\$1,800.00	\$1,800.00	\$1,800.00
Asistencia técnica	\$450.00	\$450.00	\$450.00	\$450.00
Otros gastos	\$50.00	\$50.00	\$50.00	\$50.00
Costo Variable	\$13,695.88	\$13,695.88	\$13,695.88	\$13,695.88
Costo de semilla	\$2,160.00	\$2,160.00	\$2,160.00	\$2,160.00
Costo de Labores	\$5,441.10	\$5,441.10	\$5,441.10	\$5,441.10
Costo de fertilización y control de plagas	\$5,189.11	\$5,189.11	\$5,189.11	\$5,189.11
Costo de riego	\$905.67	\$905.67	\$905.67	\$905.67
Costo total	\$21,628.87	\$21,628.87	\$21,628.87	\$21,628.87

Elaboración propia con datos obtenidos de los productores.

Dado que los híbridos experimentales se encuentran en una etapa de introducción, los precios de los cuatro híbridos experimentales se encuentran en el mismo rango, haciendo esto que su estructura de costos sea exactamente la misma y ubicándolos de esta forma como los híbridos con menos costo de producción por hectárea.

El porcentaje del costo empleado en semilla pasa de un 26% para el HC-1 a un 8.21% para los cuatro híbridos experimentales, impactando de forma positiva el costo en uno de los rubros más importantes para los productores.

La relación beneficio – costo de cada híbrido se distribuiría de la siguiente manera:

Cuadro 5. Costos fijos, costos variables, ingresos, ganancias e índice Costo/Beneficio de ocho híbridos de maíz blanco en Guasave, Sinaloa

Híbrido	CF	CV	CT	IT	GN	B/C
HC – 1	\$7,932.99	\$18,375.88	\$26,308.87	\$49,288.90	\$22,980.03	1.87
HC – 2	\$7,932.99	\$17,295.88	\$25,228.87	\$48,227.82	\$22,998.95	1.91
HC – 3	\$7,932.99	\$17,295.88	\$25,228.87	\$46,105.65	\$20,876.78	1.83
HC – 4	\$7,932.99	\$17,295.88	\$25,228.87	\$55,758.06	\$30,529.19	2.21
HE – 1	\$7,932.99	\$13,695.88	\$21,628.87	\$53,225.16	\$31,596.29	2.46
HE – 2	\$7,932.99	\$13,695.88	\$21,628.87	\$33,064.63	\$11,435.76	1.53
HE – 3	\$7,932.99	\$13,695.88	\$21,628.87	\$39,910.31	\$18,281.44	1.85
HE – 4	\$7,932.99	\$13,695.88	\$21,628.87	\$40,800.25	\$19,171.38	1.89

Los híbridos que mayor relación B/C obtuvieron son los híbridos HE – 1 y HC – 4 con 2.46 y 2.21 respectivamente muy por encima del promedio general de 1.75 y consistente con la prueba de medias de rendimiento como podemos ver en la Figura 5.

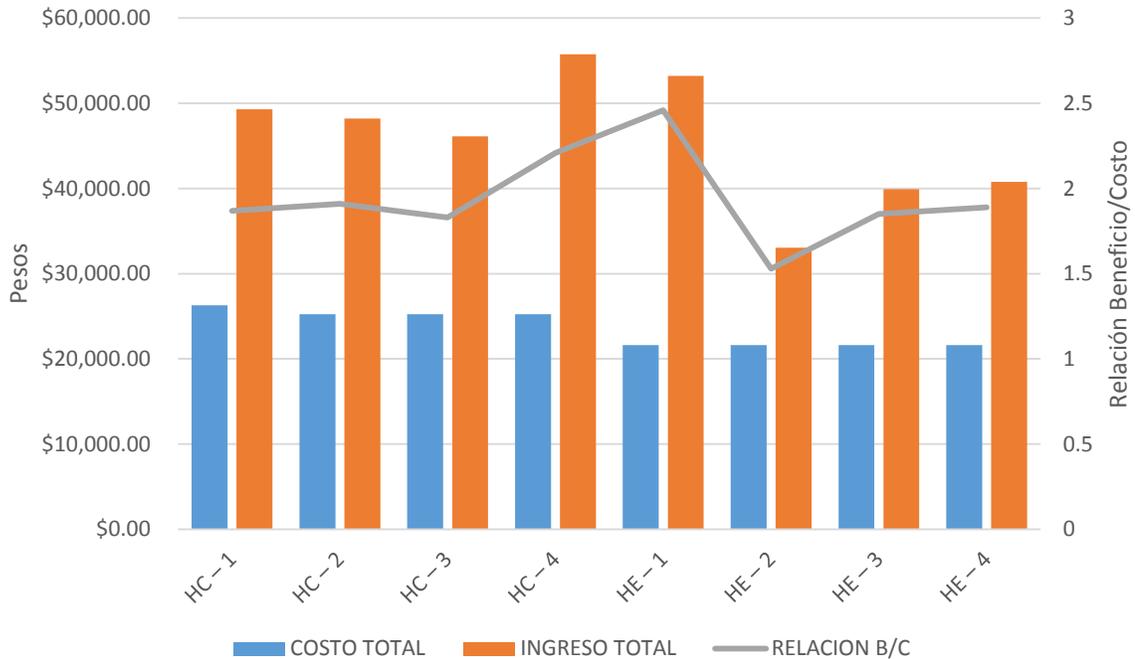


Figura 5. Costo total, ingreso total y relación beneficio – costo de ocho híbridos de maíz blanco en Guasave, Sinaloa.

Con este comparativo podemos ver claramente que todos los híbridos tienen un índice de Beneficio/Costo aceptable en términos económicos, sin embargo, mediante comunicación personal, los productores de maíz blanco en Guasave, Sinaloa, expresan su preocupación en cuanto a los bajos beneficios económicos de la producción de maíz en la zona, ya que la inversión necesaria es alta al ser la región una región altamente tecnificada.

3.7. Discusión y Conclusiones Generales

Los productores de maíz blanco en Guasave, Sinaloa, consideran que el principal factor para aumentar la rentabilidad de su producción es el rendimiento, es por ello que buscan híbridos con rendimientos cada vez más elevados, que por costumbre sólo encuentran en compañías trasnacionales con híbridos consolidados entre los productores de la región.

En segundo lugar, aunque muy de la mano, los productores sitúan al costo de la semilla como un punto de mejora para aumentar la rentabilidad en su producción.

Es por ello que los productores de la región se encuentran interesados en el desarrollo de híbridos que mantengan el estándar de rendimiento pero que al ser desarrollados por pequeñas empresas puedan darles la ventaja de disminuir costos de producción mediante la baja del precio de los mismos.

Cualquier híbrido que se desee introducir en el mercado debe cumplir con las expectativas de producción en la región, mientras que el promedio de rendimiento nacional se sitúa en 4.267 tha^{-1} , en Sinaloa el promedio de rendimiento es de 10.683 tha^{-1} (SIAP, 2017).

Los híbridos experimentales evaluados en este estudio resultaron ser competitivos en rendimiento frente a los cuatro híbridos comerciales al formarse sólo dos grupos en la prueba de LDS Fisher con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, el primero en el que encontramos a los híbridos HC - 4 y HE - 1; y el segundo en donde se encuentran los híbridos comerciales HC - 1 HC - 2 y HC - 3 y, los híbridos experimentales HE - 2, HE - 3 y HE - 4, se puede concluir que, con base en los datos obtenidos, los híbridos experimentales pueden ser competitivos frente a los híbridos comerciales en cuanto a rendimiento se refiere.

Por otro lado, los híbridos comerciales son significativamente más caros que los híbridos experimentales, siendo el precio de los híbridos comerciales hasta 153% más elevado que cualquiera de los híbridos experimentales evaluados.

Aunque esto podría suponer disminución inmediata para el productor en sus costos de producción, seguido de un aumento de la rentabilidad, es importante recordar que los híbridos experimentales evaluados se encuentran en una etapa temprana de introducción por lo que el precio establecido para la evaluación no necesariamente será el precio final al que pueden ser introducidos al mercado regional de semilla mejorada de maíz.

Debido a las dificultades presentadas durante la etapa de campo llevada a cabo para este estudio, se recomienda una segunda evaluación de campo en la que se pueda incluir un mayor número de repeticiones y localidades y así obtener datos más sólidos para la obtención de datos concluyentes al respecto.

En conclusión, con base en los datos obtenidos de la evaluación en campo y las encuestas a productores, los cuatro híbridos experimentales de maíz blanco son económicamente viables para su producción extensiva en Guasave, Sinaloa en el ciclo Otoño – Invierno.

De igual forma los híbridos experimentales pueden igualar la rentabilidad que presentan los híbridos comerciales evaluados en este estudio, permitiendo a los productores tener un abanico de opciones para la elección de la semilla mejorada a utilizar en la región.

El uso de semilla mejorada de maíz en la producción intensiva en Guasave, Sinaloa debe buscar, además del incremento en el rendimiento, la disminución de los costos, en este sentido, las empresas pequeñas de mejoramiento de semilla, pueden encontrar un excelente nicho de mercado en la región al ofertar híbridos que igualen los rendimientos de híbridos comerciales, pero con menores costos.

CAPÍTULO IV DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES

La producción de maíz en México sigue siendo vendida, con sus pequeñas excepciones, como commodity (a granel), situación que genera que el productor no obtenga un sobre precio en caso de que su producto cumpla con las características especiales para una industria en específico.

Por lo contrario, la demanda de maíz grano en México es cada vez más específica, creando nichos más pequeños hacia los cuales los mejoradores deben empezar a direccionar su trabajo.

En el caso de la industria de la masa y la tortilla por costumbre se utiliza el mismo tipo de maíz que se utiliza para la industria harinera, sin embargo, las especificaciones para la elaboración de masa y tortilla de calidad difieren un poco.

La venta del maíz grano en Guasave, Sinaloa se realiza a través de las acopiadoras que en su afán de simplificar el manejo de las miles de toneladas que reciben en la temporada de cosecha, no clasifican el tipo de maíz que reciben y ofrecen a la industria de la harina nixtamalizada, principalmente, una mezcla de híbridos que, en conjunto, cumplan con los requerimientos mínimos del comprador.

Todos los híbridos evaluados en esta investigación presentaron características suficientes para considerar que pueden ser utilizados como materia prima de calidad para la industria de la masa y la tortilla.

Los híbridos experimentales se podrían introducir con éxito al mercado de la masa y la tortilla en cuanto a calidad se refiere, pudiendo sustituir a los híbridos comerciales en uso.

La rentabilidad de los híbridos experimentales es similar a la de los híbridos comerciales por lo que, en términos económicos, es viable la introducción de los híbridos experimentales evaluados como posibles sustitutos de los híbridos comerciales actualmente utilizados.

Cabe mencionar que, aunque el costo de la semilla de los híbridos experimentales, en esta etapa de introducción, se encuentra muy por debajo del de los híbridos comerciales, contrario a lo esperado la rentabilidad de los híbridos experimentales no supera a la de los comerciales.

Esto no lleva a concluir que para poder aumentar la rentabilidad de los híbridos experimentales es necesario no solo disminuir su precio, sino también aumentar el rendimiento obtenido, conclusión que va de la mano del punto de vista de los productores al plantear que a mayor rendimiento mayor rentabilidad a pesar del alto costo de la semilla mejorada.

Es necesario iniciar un programa de mejoramiento enfocado a cada una de las industrias que tiene como materia prima el maíz blanco, a la par que un sistema para los productores en el que puedan ofrecer sus productos diferenciados directamente al comprador, sin el uso de las acopiadoras como mediadores.

Este sistema le permitirá al productor ofrecer maíz grano con las características necesarias para que la industria obtenga productos de calidad y en futuro pueda simplificar sus procesos de clasificación ya que el maíz que recibe será con las especificaciones que los necesita.

La eliminación de los intermediarios aportará al productor un incremento en la rentabilidad inmediatamente, adicional al sobreprecio que podría obtener por parte de la industria.

Se recomienda realizar un estudio de rendimiento identificando diferentes recomendaciones de fertilización y control de plagas ya que una fertilización y control de plagas eficiente pueden disminuir los costos variables y repercutir en la rentabilidad final de los híbridos.

CAPÍTULO V LITERATURA CITADA

- Aguilar, M. L. 2005.** Diferencias en el rendimiento en tortilla y su calidad respecto al tipo de endospermo del maíz (*Zea mays*L.). Tesis de Licenciatura. Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Autónoma Chapingo. 54 p
- Almeida, H. D., y Rooney, L. W. 1996.** Avances en la manufactura y calidad de productos de maíz nixtamalizado. Excelencia en calidad de tortillas y botanas de maíz y trigo. Asociación Americana de soya. United Soybean Board. México. pp, 14-19.
- American Association of Cereal Chemists (AACC). 2000.** Approved methods of the AACC. The Association. 10th ed. St. Paul, Minnesota, USA.
- Anónimo. 2002.** Norma Mexicana para Maíces Destinados al Proceso de Nixtamalización, NMX-FF034-2002-SCFI-Parte-1 (2002) Productos alimenticios no industrializados-para consumo humano-cereales-Maíz blanco para proceso alcalino para tortillas de maíz y productos de maíz nixtamalizado- Especificaciones y métodos de prueba. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Dirección General de Normas. México, D.F. 18 p.
- Arámbula, V. G. , González, H. y Ordorica, C. A. .2001.** Physicochemical structural and textural properties of tortillas from extruded instant corn flour supplemented with various types of corn lipids. J. Cereal Sci. 33:245-252.
- Arámbula-Villa, G., Méndez-Albores, J. A., González-Hernández, J., Gutiérrez-Arias, E., y Moreno-Martínez, E. 2004.** Evaluation of a methodology to determine texture characteristics of maize (*Zea mays* L.) tortilla. Archivos latinoamericanos de nutrición, 54(2), 216-222.
- Bedolla, S. y Rooney, L. W. .1984.** Characteristics of U.S. Mexican instant maize flour for tortilla and snack preparation. Cereal Food Wld. 29:732-735.
- Bellon, M. R., y Berthaud, J. 2006.** Traditional Mexican agricultural systems and the potential impacts of transgenic varieties on maize diversity. Agriculture and Human Values, 23(1), 3-14.

- Cámara Nacional del Maíz Industrializado (CANAMI) 2007.** La cadena maíz – tortilla, la realidad y las soluciones. Seminario del CIESTAM. UACH, Chapingo, Estado de México. de maíces de Ecatlán, Puebla, México. *Agrociencia*. 38:53-61.
- Caballero, M. 2010.** Estudio de gran visión y factibilidad económica y financiera para el desarrollo de la infraestructura de almacenamiento y distribución de granos y oleaginosas para el mediano y largo plazo a nivel nacional. SAGARPA
- Espinosa C. A. y Turrent F. A. 2000.** QPM: Maíz de calidad protéica. *Revista Énfasis. Alimentos, Tecnología y Empaque México*. I (1): 6 – 20.
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura en el Banco de México (FIRA). 1998.** Oportunidades de Desarrollo del Maíz “Mexicano”, Alternativas de Competencia. *Boletín Informativo* 309. 87 p.
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura en el Banco de México (FIRA). 2015.** Panorama agroalimentario. Maíz 2015. México. SAGARPA
- Flores V. C., Ponce J. P., y Ramírez M. P. 2007.** Situación del maíz y la tortilla. Universidad Autónoma Chapingo – Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). Reporte de Investigación No. 80. México. pp. 9 – 21.
- Gómez E., J. 1993.** Métodos comparativos para determinar dureza en maíz (*Zea mays* L.) y su influencia en el tiempo de nixtamalización. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Ingeniería Agroindustrial. Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. 82 p.
- González A, Islas, J, Espinosa, A., Vázquez, J. A., y Wood, S. 2008.** Impacto económico del mejoramiento genético del maíz en México. *Publicación especial* No. 25. INIFAP. México. 88 p.
- Goodman M N y Brown, L W. 1988.** Races of corn. In: G F Sprague, J W Dudley (eds). *Corn and Corn Improvement*. ASA Monograph 18 ASA, Madison, Wisconsin. pp:33-79.
- Hernández, M., Chávez, A., y Borges, H. 1987.** Valor nutritivo de los alimentos mexicanos. *Tablas de uso práctico*. 10^a ed. División de Nutrición, Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán. México. 34 p.

- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) 2010.** Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos en los Hogares. INEGI. México
- Jugenheimer, R.W. 1988.** Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Limusa. México. 841 p.
- Kato T.A., Mapes C., Mera L.M., Serratos J.A. y Bye R.A. 2009.** Origen y Diversificación del Maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México. Primera Edición. pp. 19 – 21
- Langyintuo, A. S., Mwangi, W., Diallo, A. O., MacRobert, J., Dixon, J., y Bänziger, M. 2010.** Challenges of the maize seed industry in eastern and southern Africa: A compelling case for private–public intervention to promote growth. *Food Policy*, 35(4), 323-331.
- Luna, M., Bethel, M., Hinojosa Rodríguez, M., Ayala Garay, Ó. J., Castillo González, F., y Mejía Contreras, J. A. 2012.** Perspectivas de desarrollo de la industria semillera de maíz en México. *Revista fitotecnia mexicana*, 35(1), 1-7.
- Martínez-Bustos, F., Martínez-Flores, H. E., Sanmartín-Martínez, E., Sánchez-Sinencio, F., Chang, Y. K., Barrera-Arellano, D., y Ríos, E. 2001.** Effect of the components of maize on the quality of masa and tortillas during the traditional nixtamalisation process. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(15), 1455-1462.
- Morris, M. L., Risopoulos, J., y Beck, D. L. 1999.** Genetic change in farmer-recycled maize seed: a review of the evidence. 17:219--249.
- Ortega-Paczka R. 2003.** El maíz como cultivo II: In: Sin Maíz no hay País. José Vicente Anaya (ed). CONACULTA. pp:123-154
- Perales, H., Brush, R. S. B., y Qualset, C. O. 1998.** Agronomic and economic competitiveness of maize landraces and in situ conservation in Mexico. In *Farmers Gene Banks and Crop Breeding: Economic Analyses of Diversity in Wheat Maize and Rice* (pp. 109-126). Springer Netherlands.
- Rangel, M. E.; Muñoz, O. A.; Vázquez, C. G.; Cuevas, S. J.; Castillo, M. J. y Miranda, C. S. 2004.** Nixtamalización, elaboración y calidad de tortilla
- SAGARPA, 2009.** Estudio de gran visión y factibilidad económica y financiera para el desarrollo de infraestructura de almacenamiento y distribución de granos y oleaginosas. México. SAGARPA.

- Salinas M., Y. y Pérez P., H. 1997.** Calidad nixtamalera-tortilla en maíces comerciales de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 20:121-136.
- Salinas M., Y. y Vázquez C., G. 2003.** Calidad de maíz para las industrias molinero-tortillera y de harinas nixtamalizadas. 60 Años de Investigación al Servicio de México 1943-2003-Campo Experimental Valle de México. Díaz G., L. T.; Espitia E., R. y Magallanes J., V. (eds). Texcoco, Estado de México, México. 95 p. (Memoria Técnica No. 6.)
- Salinas, M. Y. 2002.** Parámetros de calidad en maíz para las industrias molinera-tortillera y de harinas nixtamalizadas. *Revista Chapingo, Serie Ingeniería Agropecuaria* 5:133-136.
- Salinas, M. Y. y Vázquez, C. G. 2006.** Metodologías de análisis de la calidad nixtamalera-tortillera en maíz. INIFAP. Folleto técnico. Núm. 24. 98 p.
- Salinas, M. Y., Gómez, M. N. O., Cervantes, M. J. E., Sierra, M. M., Palafox, C. A., Betanzos, M. E., y Coutiño, E. B. 2010.** Calidad nixtamalera y tortillera en maíces del trópico húmedo y sub-húmedo de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 1: 509-523.
- Salinas, M. Y., Vázquez, C. G., Velázquez, C. G., y Soria, R. J. 2012.** Esquema de selección de maíces con calidad para elaborar masa-tortilla y harinas nixtamalizadas: caso Estado de México. INIFAP. Folleto técnico. Núm. 50.
- Salinas, M. Y., y Arellano, V. J. L. 1989.** Calidad nixtamalera y tortillera de híbridos de maíz con diferente tipo de endospermo. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 12:129-135.
- Salinas, M. Y.; Martínez, B. F. y Gómez, E. J. 1992.** Comparación de métodos para medir dureza del maíz (*Zea mays* L.). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 42(1):59-63.
- Sánchez, F. C.; Salinas, M. Y.; Vázquez, C. M. G.; Velázquez, C. G. A. y Aguilar, G. N. 2007.** Efecto de las prolaminas del grano de maíz (*Zea mays* L.) sobre la textura de la tortilla. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 57(3):295-301.
- Sánchez, R. A. M., Cárdenas, J. D. D. F., Taba, S., Vega, M. D. L. L. R., Sánchez, F. R., y Galván, A. M. 2004.** Caracterización de accesiones de maíz por calidad de grano y tortilla. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27(3), 213-222.

- SAS Institute. 2014.** SAS User's Guide. Version. 9.4, SAS Institute Inc. Cary, NC. USA.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2007.** Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2015.** Disponibilidad - consumo de maíz blanco.
<http://www.numerosdelcampo.sagarpa.gob.mx/publicnew/productosAgricolas/cargarPagina/4> (consultado el día 04 de mayo de 2015)
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2017** Avance de Siembras y Cosechas Resumen nacional por estado.
[http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacion
alCultivo.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do) (consultado el día 3 de diciembre de 2017)
- Sierra-Macías M., Palafox-Caballero, A., Vázquez-Carrillo, G., Rodríguez-Montalvo, F., Espinosa-Calderón, A. 2010.** Caracterización Agronómica, Calidad industrial y Nutricional de maíz para el trópico mexicano. *Agronomía Mesoamericana* 21: 21-29.
- Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON). 2012.** Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Dirección: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> 25 de abril de 2015
- Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON). 2016.** Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SIAP. SAGARPA. Dirección: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> 02 de febrero de 2016.
- Suhendro, E. L.; Almeida-Dominguez, H. D.; Rooney, L. W. and Waniska, R. D. 1998.** Objective rollability method for corn tortilla texture measurement. *Cereal Chemistry*. 75(3):320-324.
- USDA ARS. 2005.** Races of Maize Collection. North Central Regional Plant Introduction Station. Iowa State University; Ames, Iowa. Digital compilation
(<http://www.ars.usda.gov/pandp/people/publications.htm.personid=12358>)
- Vázquez, C. M. G., L. Guzmán B., J.L. Andrés G., F. Márquez S. 2003.** Calidad de grano y tortillas de maíces criollos y sus retrocruzas. *Revista Fitotecnia Mexicana* 26: 231-238.

Yeverino, G. M.; Arteaga, M. G.; Gracia, V. Y. y González, T. M. 2007. Comparación de la calidad de la tortilla elaborada en autoservicios y en tortillerías. IX Congreso de Ciencia de los Alimentos y V Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad de Guanajuato. Memoria. 690-694 pp.

Zepeda Bautista, R., Carballo Carballo, A., Muñoz Orozco, A., Mejía Contreras, J. A., Figueroa Sandoval, B., Cossio, G., & Valerio, F. 2007. Fertilización nitrogenada y características físicas, estructurales y calidad de nixtamal-tortilla del grano de híbridos de maíz. Agricultura técnica en México, 33(1): 17-24.