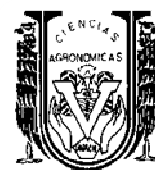




**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
CONSORCIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS CAMPUS V**

Cuerpo Académico de Agroforestería Pecuaria

**MAÍCES LOCALES CON POTENCIAL DE USO MÚLTIPLE EN UN ÁREA
NATURAL PROTEGIDA DE CHIAPAS**

Tesis que presenta

MANUEL ANTONIO HERNÁNDEZ RAMOS

**Como requisito parcial para obtener el grado de
Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical**

Director de tesis

DR. FRANCISCO GUEVARA HERNÁNDEZ

Codirector de tesis

DR. BULMARO COUTIÑO ESTRADA

Villaflores, Chiapas

Febrero, 2014



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS, CAMPUS V.**



DIRECCIÓN

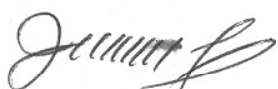
VILLAFLORES, CHIAPAS
21 DE FEBRERO DE 2014
OFICIO N° D/160/14

C. MANUEL ANTONIO HERNÁNDEZ RAMOS
MAESTRANTE EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
P R E S E N T E.

En atención a que usted ha presentado los votos aprobatorios del Honorable Jurado, designado para su evaluación profesional, de la tesis de maestría titulada: **"MAÍCES LOCALES CON POTENCIAL DE USO MÚLTIPLE EN UN ÁREA NATURAL PROTEGIDA DE CHIAPAS"**, por este conducto le comunico que se le autoriza la impresión del documento, de acuerdo a los lineamientos vigentes de la Universidad.

Sin otro particular, le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR LA CONCIENCIA DE LA NECESIDAD DE SERVIR"


M. C. JAIME LLAVEN MARTÍNEZ
DIRECTOR

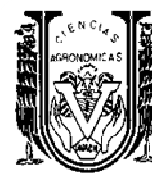


C. c. p. Archivo

JLLM/ymc



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
CONSORCIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**



MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL

Cuerpo Académico de Agroforestería Pecuaria

Esta tesis titulada **MAÍCES LOCALES CON POTENCIAL DE USO MÚLTIPLE EN UN ÁREA NATURAL PROTEGIDA DE CHIAPAS** forma parte del proyecto de investigación **FOMIX-CHIAPAS 2009-2013: RED DE INNOVACIÓN EN GANADERÍA SOSTENIBLE PARA LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO: UN ESFUERZO MULTI-ACTORES E INTERDISCIPLINARIO PARA EL ESTADO DE CHIAPAS** el cual es financiado por los Fondos Mixtos del Consejo de Ciencia y Tecnología del estado de Chiapas (COCYTECH) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) para el periodo 2010-2013, con registro 06/AGV/FMX/203/10 y clave FOMIX CHIS-2009-09-18, cuyo responsable es el Dr. Francisco Guevara Hernández quien es integrante del Cuerpo Académico señalado y está a cargo de la sublínea de investigación Innovación, Extensionismo y Monitoreo y Evaluación de Procesos dentro de la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: Producción Animal y Ambiente.

Se incluye en la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: **SISTEMAS PECUARIOS TROPICALES**, del cuerpo académico **AGROFORESTERÍA PECUARIA**.

Se incluye en la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: **SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUCCIÓN**, del Programa de **MAESTRÍA DE CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL**.





**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
CONSORCIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**



MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL

Cuerpo Académico de Agroforestería Pecuaria

Esta tesis titulada: **“MAÍCES LOCALES CON POTENCIAL DE USO MÚLTIPLE EN UN ÁREA NATURAL PROTEGIDA DE CHIAPAS”**, forma parte del proyecto de investigación **“CARACTERIZACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN TECNOLÓGICA DE MASAGRO: PROYECTO PILOTO EN EL NODO DE INNOVACIÓN (HUB) TRÓPICO BAJO DE CHIAPAS”**, el cual es financiado por el CIMMYT-MasAgro y respaldado por el convenio TTF-2013-008 para el periodo 2013-2016, cuyo responsable es el Dr. Francisco Guevara Hernández quien es integrante del Cuerpo Académico señalado y está a cargo de la sublínea de investigación :Innovación, Extensionismo y Monitoreo y Evaluación de Procesos dentro de la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: Producción Animal y Ambiente.

Se incluye en la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: Sistemas Pecuarios Tropicales del Programa de Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
CONSORCIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL

Cuerpo Académico de Agroforestería Pecuaria

Esta tesis titulada **MAÍCES LOCALES CON POTENCIAL DE USO MÚLTIPLE EN UN ÁREA NATURAL PROTEGIDA DE CHIAPAS**, fue realizada por el ING. **MANUEL ANTONIO HERNÁNDEZ RAMOS**, bajo la dirección, codirección y asesoría del Comité Tutorial indicado, como requisito parcial para obtener el grado de **MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL**.

COMITÉ TUTORIAL

DIRECTOR


DR. FRANCISCO GUEVARA HERNÁNDEZ

CODIRECTOR


DR. BULMARO COUTIÑO ESTRADA

ASÉSORES

MC. MARÍA DE LOS ÁNGELES ROSALES ESQUINCA

DR. LUIS A. RODRÍGUEZ LARRAMENDI

DR. HERIBERTO GÓMEZ CASTRO







**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
CONSORCIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**



MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL

Cuerpo Académico de Agroforestería Pecuaria

Esta tesis titulada **MAÍCES LOCALES CON POTENCIAL DE USO MÚLTIPLE EN UN ÁREA NATURAL PROTEGIDA DE CHIAPAS**, fue realizada por el **ING. MANUEL ANTONIO HERNÁNDEZ RAMOS**, ha sido aprobada por la *Comisión Revisora* indicada, como requisito parcial para obtener el grado de **MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL**.

COMISIÓN REVISORA

DR. FRANCISCO GUEVARA HERNÁNDEZ

DR. BULMARO COUTIÑO ESTRADA

MC. MARÍA DE LOS ÁNGELES ROSALES ESQUINCA

CONTENIDO	Página
ÍNDICE DE CUADRO.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1 Objetivo.....	14
1.1.1 Objetivos específicos.....	14
1.2 Hipótesis.....	14
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	15
3. MARCO TEÓRICO.....	18
3.1 Origen y distribución.....	18
3.2 Importancia del maíz.....	22
3.2.1 Producción del maíz.....	22
3.2.2 Uso de los maíces criollos.....	24
3.2.3 Usos múltiples.....	26
3.3 Características de los maíces.....	29
3.4 Clasificación de los maíces.....	29
3.5 Contexto metodológico.....	32
3.5.1 Exploración etnobotánica.....	32
3.5.2 Caracterización molecular.....	34
3.5.3 Estudio de calidad de grano y tortilla.....	36
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	39

4.1 Localización del área de estudio.....	39
4.2 Características generales del área de estudio.....	40
4.3 Enfoque metodológico.....	41
4.4 Desarrollo Metodológico.....	42
4.4.1 Exploración etnobotánica.....	42
4.4.2 Caracterización molecular.....	47
4.4.3 Determinación físico-química de los maíces.....	49
4.5 Análisis estadístico.....	50
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	52
5.1 Ubicación y distribución de maíces locales en comunidades de la REBISE.....	52
5.1.1 Aspectos generales.....	52
5.1.2 Presencia y distribución de los maíces locales en la REBISE.....	58
5.1.3 Prevalencia de los maíces locales en la REBISE.....	61
5.1.4 Permanencia de los maíces locales en la REBISE.....	64
5.1.5 Factores que influyen en la prevalencia y permanencia de los maíces locales.....	65
5.1.6 Usos de los maíces locales.....	67
5.2 Descripción de aspectos socio-agronómicos.....	67
5.2.1 El uso desde la perspectiva del destino de la producción.....	67
5.2.2 Contribución de la característica de los maíces a la selección de uso.	70
5.2.3 Descripción de los maíces locales.....	72

5.2.4 Afectaciones por factores ambientales.....	74
5.2.5 Manejo de los maíces criollos.....	74
5.3 Identificación <i>in situ</i> de maíces locales en comunidades de la REBISE.....	78
5.3.1 Variables cuantitativas.....	78
5.3.2 Análisis de componentes principales.....	84
5.3.3 Variables cualitativas.....	86
5.3.4 Descripción general de los maíces.....	93
5.4 Determinación físico-química de maíces locales de la REBISE.....	102
5.4.1 Propiedades físicas del grano.....	102
5.4.2 Propiedades físicas del nixtamal, masa y tortilla.....	104
5.4.3 Textura de la tortilla.....	107
5.4.4 Propiedades químicas del grano y la tortilla.....	109
5.4.5 Correlación de parámetros físicos de calidad de grano y tortilla.....	111
5.4.6 Calidad del grano.....	112
5.4.7 Comportamiento de los ML durante el proceso de Nixtamalización.....	113
5.4.8 Comportamiento de los maíces locales durante la elaboración de la tortilla.....	115
5.4.9 Relación entre parámetros proteína y triptófano del grano y la tortilla..	120
5.4.10 Color de grano y tortilla.....	121
5.4.11 Descripción de uso en función de sus características físicas y químicas de grano y tortilla.....	125

5.5	Caracterización molecular de maíces locales en área de la REBISE...	128
5.5.1	Calidad del AND genómico.....	128
5.5.2	Amplificación y polimorfismo de cebadores ISSR.....	129
5.5.3	Similitud de los maíces locales.....	132
5.5.4	Agrupamiento de los maíces locales.....	134
5.6	Potencial de uso de los maíces locales de la REBISE.....	138
6.	CONCLUSIONES.....	140
7.	LITERATURA CONSULTADA.....	142

ÍNDICE DE CUADROS	Página
Cuadro 1. Las razas que representan a cada uno de los grupos.....	22
Cuadro 2. Agrupamiento de los usos más comunes del Maíz.....	28
Cuadro 3. Características físicas y fisicoquímicas de maíces nativos para su uso final.....	37
Cuadro 4. Clasificación de la dureza y tiempo requerido para la cocción mediante del índice de flotación.....	38
Cuadro 5. Ubicación geográfica de las 10 comunidades.....	40
Cuadro 6. Selección de muestras de maíces locales para su identificación...	44
Cuadro 7. Descriptores utilizados para la identificación de los maíces locales.....	45
Cuadro 8. Descripción de claves de las variables cualitativas.....	46
Cuadro 9. Secuencia genética y temperatura de hibridación de los cebadores ISSR utilizados.....	48
Cuadro 10. Mezcla de reacción para la amplificación.....	48
Cuadro 11. Características físicas y químicas de grano y tortilla que se tomaron en cuenta para este estudio.....	49
Cuadro 12. Valores para interpretar resultados cuantitativos hacia una percepción cualitativa.....	50
Cuadro 13. Características generales de los agricultores entrevistados en las comunidades de estudio de la REBISE.....	54
Cuadro 14. Sistemas de producción que se realizan en la zona de estudio...	55
Cuadro 15. Superficie sembrada y rendimiento de los maíces locales.....	58
Cuadro 16. Presencia y distribución de los maíces locales en el área de	

estudio de la REBISE.....	60
Cuadro 17. Rangos de prevalencias para clasificar los maíces locales en cada comunidad estudiada.....	62
Cuadro 18. Prevalencia por comunidad de las LV que presentaron alta prevalencia en la REBISE.....	63
Cuadro 19. Prevalencia por comunidad de los maíces locales que presentaron prevalencia intermedia en la REBISE.....	66
Cuadro 20. Maíces locales que se conservan desde la fundación del ejido...	65
Cuadro 21. Razones por las que siembran los maíces locales en la REBISE	66
Cuadro 22. Comparación entre la CSS, el rendimiento y destino de la producción.....	69
Cuadro 23. Agrupación de los maíces locales según su color.....	71
Cuadro 24. Calificación en sus usos de los maíces locales según el color...	72
Cuadro 25. Calificación de los maíces locales en la alimentación familiar...	73
Cuadro 26. Calificación de los maíces locales en la alimentación animal...	74
Cuadro 27. Características agronómicas de interés por los agricultores para la selección de sus maíces.....	75
Cuadro 28. Características de las actividades agrícolas.....	76
Cuadro 29. Descripción de variables cuantitativas de 19 ML de la REBISE...	79
Cuadro 30. Correlación entre variables cualitativas.....	83
Cuadro 31. Valores y vectores propios del análisis de componentes principales de 19 poblaciones de maíces locales de la REBISE.....	85
Cuadro 32. Descripción de algunas de las características cuantitativas principales que describen a razas de maíz reportadas para la Frailesca	

Chiapas.....	95
Cuadro 33. Descripción general de la Variedades de maíces locales presentes en la REBISE y su relación con razas.....	102
Cuadro 34. Propiedades físicas del grano de maíces locales ubicados en la REBISE.....	104
Cuadro 35. Propiedades físicas de nixtamal, masa y tortilla de maíces locales ubicados en la REBISE.....	106
Cuadro 36. Correlación entre parámetros físicos de calidad de grano y tortilla.....	119
Cuadro 37. Correlación entre parámetros químicos de calidad de grano y tortilla.....	121
Cuadro 38. Presencia del color en maíces con tonalidades diferente al blanco.....	122
Cuadro 39. Polimorfismo de los cebadores analizados en los ML de la REBISE.....	132

ÍNDICE DE FIGURAS	Página
Figura 1. Ilustración de: 1) la comparación entre una espiga de teocintle (A), el maíz más antiguo descubierto (B) y el maíz actual (C), y 2) el gran parecido de un híbrido F2 entre teocintle y <i>Tripsacum</i> , con el maíz primitivo.	20
Figura 2. Localización del área de estudio.....	39
Figura 3. Imagen satelital (Google Earth) del área de estudio.....	40
Figura 4. Etapas del sistema de investigación orientada al desarrollo rural...	42
Figura 5. Asociación entre las actividades realizadas en los sistemas de maíces locales y las comunidades contempladas en el estudio.....	56
Figura 6. Distribución de las variedades locales en el área de estudio de la REBISE.....	59
Figura 7. Prevalencia de los MCC en la REBISE.....	61
Figura 8. Proporción de NHM encontradas en cada población evaluada de maíces de la REBISE.....	81
Figura 9. Proyección de los ML de la REBISE en los CP1 y CP2.....	86
Figura 10. Distribución y proyección del comportamiento de los maíces con respecto al tipo de daño presente.....	87
Figura 11. Análisis de factor multivariante de la asociación de las variables DHG, FG, FM y TG.....	88
Figura 12. Distribución de los ML de la REBISE con respecto a las variables DHG, FM, TG y FG.....	89
Figura 13. Proyección del comportamiento de los ML de la REBISE con respecto a las variables DHG, FM, TG y FG.....	90
Figura 14. Análisis de factor multivariante de la asociación de las variables	

CO, CEM, CEF, CBM y CT.....	91
Figura 15. Proyección del comportamiento cada material con respecto al CO, CEM, CEF, CBM y CT.....	92
Figura 16. Asociación del color del grano y ML de la REBISE.....	93
Figura 17. Descripción gráfica del origen de razas de maíces reportadas para la Frailesca Chiapas.....	102
Figura 18. Propuesta de las posibles relaciones y parentescos de los ML de la REBISE con razas de maíz reportadas para la Frailesca, Chiapas.....	102
Figura 19. Comportamiento de la textura de la tortilla a las 2h y 24h de elaboradas.....	109
Figura 20. Valores de proteína y triptófano presentes en grano y tortilla de los maíces de la REBISE.....	111
Figura 21. Comportamiento de los ML de la REBISE con respecto a la luminosidad.....	123
Figura 22. Comportamiento de los ML con respecto al valor de a y b.....	124
Figura 23. Comportamiento de los ML de la REBISE respecto a los valores de HUE y CROMA.....	125
Figura 24. Calidad de ADN de los ML de la REBISE.....	129
Figura 25. Dendograma obtenida con la matriz de similitud, muestra la distancia genética entre las muestras analizadas.....	137

RESUMEN

En la REBISE se encuentra una gran diversidad de maíces locales que presentan un amplio potencial de uso. En general, se ubicaron diferentes variedades locales identificadas en 26 nombres comunes. En su mayoría son materiales formados por generaciones avanzadas de algunos mejoreros, principalmente de la raza Tuxpeño, en combinación con otras razas como Vandeño, Olotillo, Tepecintle. El olotillo y Tepecintle también se encontraron con razas de origen en algunos materiales locales.

En general, los maíces conocidos como Amarillo, Jarocho, Crema, Maíz Negro y Olote Rojo se consideran como los más importantes en la REBISE, ya que presentan mayor distribución, son los más cultivados por los agricultores y han permanecido por más tiempo. Otros como el Precoz, Morales, Huesito y San Gregorio son de gran importancia en las comunidades de Tres Picos, La Sombra de la Selva, Nueva Independencia y La Sierrita, respectivamente. Algunos como el Tuxpeño, Chimbo, Jolochi Morado, Pollito y Americano presentan una aceptación media en las comunidades donde se encontraron.

Por otra parte, desde el punto de vista de los agricultores mismos, se han descritos cuatro aspectos importantes para definir el potencial de uso de los maíces: 1) la primera es que presentan amplia adaptación al ambiente; 2) mejor potencia de producción, comparado con las variedades mejoradas; 3) reúnen características morfológicas y fisiológicas de interés de uso; y 4) el beneficio económico relacionado con el rendimiento. Las características más sobresalientes son: 1) resistencias a pudrición de mazorca, presencia de gorgojos y viento; 2) presentan mazorcas grandes, completamente llenas y con granos pesados; 3) presentan buen sabor en elotes, para comidas (varias), y bebidas como pozol, pinole y atole; 4) además, algunos se consideran nutritivos. 5) Otra característica importante en algunos maíces es su precocidad, color de grano y altura de planta.

Finalmente los estudios etnobotánicos, morfológicos, moleculares, físicos y químicos revelaron que los maíces presentan amplio potencial de uso. El cual toman dos direcciones: 1) el comercial definido por tener calidad física y química para las industrias de harineras, de la masa y la tortilla; y 2) el local para uso alimenticio familiar y alimentación animal. En el primero prácticamente sobresalen los maíces

que se derivan de generaciones avanzadas, mientras que en el segundo participan todos. Existen otros usos importantes como Forraje, rastrojo, combustible, medicinales y religiosos.

1. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* ssp. *mays*) es una de las especies domesticadas más antigua en el continente americano. Actualmente es uno de los cereales de mayor importancia mundial por su alta rentabilidad, ya que es básico para la alimentación humana y animal. Tanto el grano como la planta presentan un alto potencial para la producción de derivados y otros usos. En muchos países se produce principalmente para forraje, materia prima de alimentos procesados, producción de etanol y el consumo humano (Serratos, 2009). En México, existe una fuerte tradición tanto cultural como histórica debido a sus usos, principalmente alimenticios, religiosos y medicinales (Vázquez *et al.*, 2003).

Desde sus orígenes el maíz se ha cultivado y mejorado a partir de procesos de selección basados en necesidades y gustos del hombre. Esto ha llevado a tener una riqueza enorme de maíces, tanto de variedades nativas o tradicionales como mejoradas. Las primeras presentan una forma amplia de adaptación a múltiples condiciones agroecológicas, son de gran importancia cultural y han permanecido por años entre los agricultores. Las variedades mejoradas tienen características más homogéneas. Son creadas con fines de incrementar su rendimiento y mejorar su adaptación y resistencias a factores muy específicos como sequía, plagas y enfermedades (Riposudan *et al.*, 2001). Estas tienen actualmente prioridad en el mercado de la industria y en las estrategias públicas con fines de sustentabilidad alimentaria.

Desde inicios del siglo XX hasta la actualidad, los maíces tradicionales han generado un alto interés por la investigación científica. Los temas más abordados, desde estudios multidisciplinarios e interdisciplinarios (antropología, biología, genética, entre otras) están relacionados con su conservación, genética, manejo, cultura, usos, comercialización y mejoramiento. Estudios iniciales de gran importancia como los de Hernández (1971), mostraron la riqueza y diversidad etnobotánica del maíz, otros más recientes en Chiapas, basados en colectas y caracterizaciones, reportan 11 razas de materiales locales (Perales y Hernández, 2005). Algunos maíces locales como: Chalqueño, Cónico, Celaya, Bolita, Tuxpeño y Comiteco, se han aprovechado intensamente para obtener variedades mejoradas (Espinoza *et al.*, 2004). Sin

embargo, aun existe un vacío de información sobre los materiales locales y su genética, así como los usos múltiples y potenciales de estos tanto para el uso local como industrial.

En Chiapas, al igual que en todo el país, suceden varios fenómenos interesantes alrededor de los maíces locales, como son: a) el intercambio permanente de semillas entre agricultores, dentro y/o entre comunidades (Louette, 1999); b) como consecuencia de lo anterior, ocurre una sustitución y combinación de los diferentes tipos de maíces, que a su vez provoca la modificación de sus principales usos (Bellon y Brush, 1994); c) en algunas regiones del estado, se introducen constantemente variedades mejoradas (comerciales); y d) el proceso de selección de la semilla se realiza frecuentemente en el hogar y no en el campo (Keleman *et al.*, 2009). Todos estos procesos facilitan la constante modificación de la estructura genética de las poblaciones de este cereal. Esta problemática demanda por lo tanto generar información sobre la cercanía filogenética y el manejo de dichos materiales, con relación a sus usos actuales y potenciales, lo cual servirá de base para identificar con los productores, las posibles estrategias locales de conservación, aprovechamiento y/o mejoramiento.

En este sentido, esta investigación está orientada desde la etnobotánica y la antropología, ambas con perspectivas que facilitan: 1) explorar los conocimientos de manejo y uso local; 2) evaluar las características y calidad industrial de los maíces locales; 3) analizar la relación filogenética entre los maíces; y 4) buscar la relación de los usos y calidad industrial con la cercanía filogenética. Lo anterior, permite definir el potencial de uso de los maíces locales, así como los elementos para guiar las decisiones de su aprovechamiento, manejo y conservación en la REBISE.

1.1 Objetivo

Conocer el potencial de uso múltiple de los maíces locales más cultivados en comunidades de la Reserva de la Biosfera la Sepultura (REBISE) para generar información que oriente las decisiones con relación a su manejo, aprovechamiento y conservación.

1.1.1 Objetivos específicos

Ubicar y caracterizar socio-agronómicamente los maíces locales que se cultivan en comunidades de la REBISE para identificar los elementos de uso y manejo actuales.

Identificar *in situ* y caracterizar molecularmente los maíces locales de mayor importancia en comunidades de la REBISE, para conocer su relación filogenética y clasificarlos en función de sus usos actuales y/o potenciales.

Determinar las características físico-químicas y calidad tortillera en maíces criollos de la REBISE.

Conocer y/o proponer los principales maíces locales con potencial de uso múltiple en comunidades de la REBISE.

1.2 Hipótesis

Los maíces locales cultivados en Áreas Naturales Protegidas (ANP) como la REBISE, tienen un potencial de uso múltiple, definido por su genotipo, ambiente y manejo al que están sujetos. Por su naturaleza reproductiva, el flujo genético constante entre estos y otros maíces que se cultivan en las mismas comunidades (como los mejorados) hace posible una relación filogenética cercana. Esta se ve influenciada por el potencial de usos que estos maíces locales tienen, como resultado del propio manejo y necesidades de los agricultores, lo cual les confiere gran importancia en la región. Por lo tanto, es necesario conocer la relación filogenética, de manejo y de uso de estos maíces para orientar la toma de decisiones en el uso múltiple y manejo, así como su conservación, aprovechamiento y/o mejoramiento.

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En México, desde 1906 se iniciaron las primeras investigaciones del maíz, principalmente enfocadas al mejoramiento genético (Meza *et al.*, 2010). Posteriormente, en el primer decenio de 1930, en la región Central de México se hicieron las primeras colectas con fines de mejoramiento genético. En 1940 se realizó una colecta más amplia en gran parte del país (CIMMYT, 1989). Brush y Perales (2007), mencionan que en Chiapas se han realizado tres colecciones importantes: la primera, en 1946 por Wellhausen *et al.*, (1952), la segunda en 1971 por Ortega Paczka (1973) y en el 2000 por Brush y Perales.

Estos trabajos de colectas se han enfocado principalmente a obtener material para el mejoramiento genético regional y ampliar el acervo racial regional y nacional, almacenándose en bancos de germoplasma (Márquez, 2008). Dichas colectas llevaron a conocer más a fondo los maíces criollos, hasta caracterizarlos y clasificarlos morfológica y molecularmente. Tanto que en 1988 el Consejo Internacional de Recursos Filogenéticos (IBPGR) estableció descriptores morfológicos del maíz, lo que propició un lenguaje universal para el registro y la comunicación de los datos sobre este recurso genético (CIMMYT, 1989).

A pesar de esto, la investigación de maíz es aún muy limitada. Por ejemplo, en cuanto a los estudios sobre el uso de las razas de maíces criollos, solo se cuenta con el trabajo etnobotánico de Hernández (1972), el cual muestra varias formas de aprovechamiento de razas específicas de maíz en México y parte de Latinoamérica. En esta investigación se distinguen además los maíces dulces, eloteros, harinosos, totoperos, palomeros y coloreados. Por otra parte, los estudios de mejoramiento genético han proporcionado materiales altamente adaptados a ciertas condiciones ambientales y de manejo específicos.

Actualmente, entre las variedades mejoradas, referenciadas y distribuidas en el país se encuentran la variedad Rocamex V-520, H-501, H-507, V-530, H-520 (Andrés-Meza *et al.*, 2010). Estos materiales son elegidos principalmente por responder mejor a la selección, en el caso de variedades (V-); por la alta heterosis (plantas de mejores características que sus progenitores), en el caso de híbridos (H-); y por su potencial para usos específicos (p.e., palomeros, harineros, forrajeros, etc.).

Sin embargo, este conocimiento se concentra solo en muy pocos materiales en el país. Desconociéndose el potencial real de muchos de los materiales locales que actualmente usan los agricultores en comunidades rurales de algunas Áreas Naturales Protegidas (ANP). En la REBISE del estado de Chiapas, aún se encuentran materiales locales, tales como Cremas, Olotillos, Amarillos y Zapalotes (PROMAC, 2011). Son maíces que se conservan a pesar de la presión ejercida por las compañías de semillas o programas de gobierno. La sencilla razón por lo que aun coexisten es que están altamente adaptados a sus condiciones ambientales y de manejo. Por lo tanto, los agricultores tienen un alto grado de seguridad sobre sus semillas (Esteva, 2003).

Por otra parte, el gobierno federal ha contribuido a la conservación de los maíces criollos. En este sentido, la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) por medio de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) creó el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012. Su objetivo fundamental es conservar y proteger la biodiversidad nativa, como algunas plantas cultivadas de maíz, frijol y vainilla. Con ese propósito se implementó el Programa de Conservación de Maíz Criollo (PROMAC) en ANP que apoya a los agricultores agrupados con un incentivo económico (\$1390.00/ha) y les brinda capacitación técnica para estimular la conservación *in situ* de este germoplasma.

La investigación científica ha generado información importante y útil para el mejoramiento e implementación de programas gubernamentales dirigidos a la conservación del maíz. Sin embargo, aún existen vacíos en la información. La región frailesca, donde los agricultores identifican sus maíces por nombres autodescriptivos y donde programas como el PROMAC propician procesos de revaloración de estos materiales locales; es un escenario adecuado para generar un conocimiento profundo y multidisciplinario sobre la base de integrar el conocimiento local y el científico como lo sugieren las tendencias investigativas orientadas al desarrollo (Guevara H. y Rodríguez L., 2011; Guevara H. *et al.*, 2011).

Esta investigación generará conocimientos básicos de los maíces locales, a partir, de dos líneas investigativas: 1) el trabajo directo con los productores para la sistematización de los procesos locales de producción de los maíces, 2) el trabajo de

laboratorio para el análisis genético y calidad físico-química de los mismos. Esto aportará tanto conocimiento científico como innovaciones para contribuir al mejoramiento y conservación de los maíces locales en la REBISE.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Origen y distribución

Históricamente se ha demostrado que el maíz es una especie originaria y domesticada en Mesoamérica. Evidencias arqueológicas y antropológicas han señalado que antiguas civilizaciones mesoamericanas basaban su alimentación en el maíz y lo usaban en ceremonias religiosas. En Europa y Asia las evidencias se presentaron posteriores al descubrimiento de América (Figueroa y Aguilar, 1997). En México, análisis moleculares han demostrado que la domesticación ocurrió hace aproximadamente 9,000 años (Matsuoka *et al.*, 2002). Uno de los principales centros de origen o quizás el único, se encuentra en la región de la Cuenca del Río Balsas y el Altiplano en el centro de México (Serratos, 2009).

Las evidencias de su origen ancestral, el arraigo en las antiguas civilizaciones y actuales grupos étnicos, han convertido al maíz en un importante símbolo cultural y una especie totalmente nativa del territorio mexicano (Kato *et al.*, 2009).

El origen del maíz se ha explicado también desde una perspectiva biológica. Uno de los principales aspectos que da pauta a teorizar su origen, es su alto parentesco con otra especie de su mismo género (*Zea*), el teocintle. Esta relación ha llevado a establecer diferentes teorías que colocan al teocintle como ancestro del maíz. Entre estas teorías se encuentran la Transmutación Sexual Catastrófica (TSC: Iltis, 1983), la teoría unicéntrica (Matsuoka *et al.*, 2002) y multicéntrica (Kato *et al.*, 2009).

La teoría de TSC, desde la perspectiva de la selección natural, plantea que debido a cambios ambientales el teocintle sufrió una condensación de las ramas laterales y posteriormente una asimilación genética, que da origen a las mazorcas. Este fenómeno da como resultado al maíz primitivo.

La teoría unicéntrica se basa en que el maíz tiene un único lugar de origen, la cuenca del Río Balsas. Al respecto, Matsuoka *et al.*, (2002) dedujeron que el teocintle (*Zea mays* ssp. *parviglumis*) es el único progenitor del maíz y el teocintle (*Zea mays* ssp. *mexicana*) como contribuyente de su diversificación.

La teoría multicéntrica plantea que el maíz fue originado en diferentes regiones, localizadas desde México hasta Guatemala. En este sentido, Kato (2005) considera que la diversificación de maíces es el resultado de la combinación de diferentes teocintles ubicados en cada una de esas regiones. Como resultado se formaron diferentes complejos raciales, denominados: complejo Mesa Central, complejo pepitilla, complejo Tuxpeño, complejo Zapalote y complejo altos de Guatemala. Posteriormente estos complejos migraron a diferentes lugares, donde surgieron nuevas razas por hibridación y selección.

Sin embargo, existen otras teorías como la tripartita, que trata de explicar la relación Teocintle-Maíz. Esta teoría de Mangelsdorf en 1974, estableció que el teocintle se originó de sus ancestros, el *Tripsacum* y un maíz primitivo del tipo tunicado, ya extinto.

Este recorrido por las diferentes teorías que sustentan el origen del maíz, denotan lo controversial de este tema. Sin embargo, hasta la fecha se desconocen evidencias concretas del teocintle como ancestro del maíz (McClung, 2001). Del mismo modo que no hay dudas acerca del origen del maíz en Mesoamérica, es probable que el teocintle actual no sea el ancestro del maíz, tal como se defiende en la teoría del ancestro común (Weatherwax, 1935). En este sentido, si nos fundamentamos en la teoría darwiniana, que plantea la existencia de un ancestro común para cada especie, el cual evoluciona conforme los cambios ambientales, entonces la teoría TSC podría ser la más acertada, siempre que se trate de una planta que pueda reproducirse libremente. Posteriormente de forma accidental pudo haberse hibridado con otra especie, quizás el *tripsacum* u otro parecido (Figura. 1).

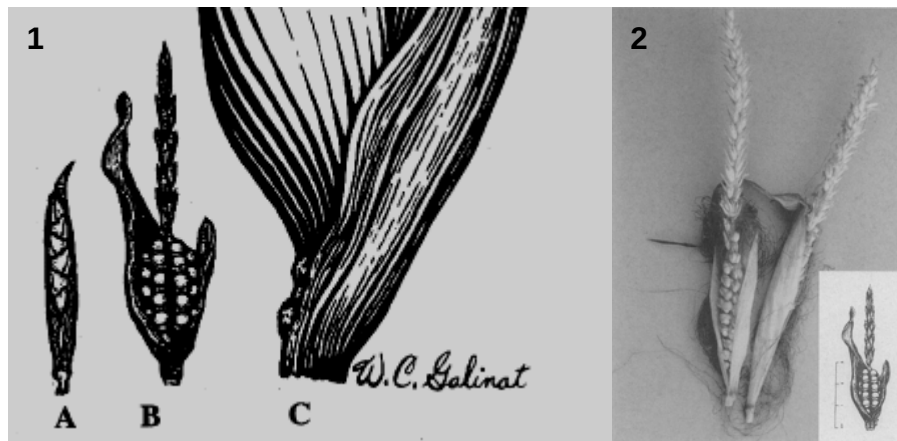


Figura 1. Ilustración de: 1) la comparación entre una espiga de teocintle (A), el maíz más antiguo descubierto (B) y el maíz actual (C), y 2) el gran parecido de un híbrido F2 entre teocintle y *Tripsacum*, con el maíz primitivo. 1) Galinat (1995); 2) Eubanks (2001)

En este sentido, si consideramos que el hombre llegó a Mesoamérica hace aproximadamente 11 600 años a.p. (Zizumbo y Colunga, 2008), es probable que la hibridación haya surgido tiempo después, influenciada inconscientemente por este. Así más tarde, hace 9000 años, el hombre inicio su domesticación (Miranda, 2000). De este modo se estaría hablando de una teoría unicéntrica (origen de un maíz primitivo), y otra multicéntrica (origen del actual maíz a partir de la domesticación del hombre).

Es evidente que el maíz ha evolucionado a partir de su mejoramiento por el hombre, lo cual lo ha llevado a depender totalmente de él. Miranda (2000) menciona que el maíz actual es el resultado de un proceso de domesticación en diferentes regiones (centros de domesticación). Sin embargo, esto no fue tan simple, ya que: 1) Al principio el teocintle, fue una especie dispersada de forma natural por diferentes regiones, donde el hombre comenzaba a establecerse; 2) La domesticación del maíz surgió en cuatro etapas, la primera etapa inicio hace más de 8000 años a.p.; la segunda hace 3500 años a.p.; la tercera etapa a la llegada de los europeos en 1942; y la última en la época actual.

Actualmente, los maíces se agrupan, según sus orígenes, en cinco grupos principales (Narváez et al., 2012): 1) Razas originadas en México a partir del maíz

primitivo tunicado (indígenas antiguas). 2) Razas que fueron introducidas a México desde centro o Sudamérica, durante las épocas prehistóricas (Exóticas precolombinas). 3) Razas que se considera se originaron a partir de hibridaciones entre razas indígenas antiguas y exóticas precolombinas y posteriormente con el teocintle (Mestizas prehistóricas). 4) Razas que se han desarrollado desde la época de la conquista y aun no han alcanzado condiciones de uniformidad racial (modernas incipientes). Y 5) razas colectadas recientemente, pero la información con que se cuenta de estas no justifica su clasificación genealógica con seguridad (Razas no bien definidas). En el cuadro 1 se hace referencia de estos grupos raciales.

Actualmente, existe una gran diversidad de maíz conocidos como razas, adaptadas a diferentes regiones agroecológicas y distribuidas en todas las partes del mundo. Tan solo en el continente americano se considera que existe alrededor de 220 a 300 razas de maíces (Kato *et al.*, 2009).

En México, existe un promedio de 60 razas, de las cuales se han registrado 23 en Chiapas, pero solo 11 (Comiteco, Cubano Amarillo, Nal-Tel, Olotillo, Olotón, Tehua, Tepecintle, Tuxpeño, Vandeño, Zapalote Chico y Zapalote Grande) se consideran con presencia bien establecida (Perales y Hernández, 2005).

Cuadro 1. Las razas que representan a cada uno de los grupos

Grupos de razas	Razas de maíces
Indígenas antiguas	Palomero Toluqueño; Arrocillo Amarillo; Chapalote; Nal-Tel
Exóticas	Cacahuacintle; Harinoso de ocho: sub-raza elotes occidentales;
precolombinas	Olotón; Maíz Dulce.
Mestizas	Conico; Reventador; Tabloncillo; Tehua; Tepeintle; Comiteco;
Prehistóricas	Jala; Zapalote Chico; Zapalote Grandre; Pepitilla; Olotillo: Sub-raza Dzit-Bacal; Tuxpeño; Vandeño
Modernas incipientes	Chalqueño; Selaya; Cónico Norteño; Bolita
Razas no bien definidas	Conejo, mushito; Conejo Serrano de Jalisco; Zamorano Amarillo; Maiz Blanco de Sonora; Onaveño; Dulcillo del Noroeste.
Razas no clasificadas	Azul; Apachito; Tabililla de Ocho; Gordo; Tuxpeño norteño; Bofo; Onaveño; Coscomatepec; San Norteño; Conejo Vandeño; Blandito; Blandito gordo; Cristalino de Chihuahua; Cristalino de Chihuahua-Tablón; Azul bofo; Chalqueño Elotes Cónicos; Conico norteño bofo; Ancho Olotillo; Olotón Bolita; Cónico Bolita; Cónico Cacahuacintle; Tunicado; Maizón; Xmehenal; Tablón Perla; Lady Finger; Clavillo; Fasciado; Ratón; Palono de Chihuahua; Chatino Maizón; Mixeño; Choapaneco; Mixteco; Serrano Mexe; Motozinteco; Elotero de Sinaloa

Fuente: Narváez *et al.* (2012)

Los maíces se distribuyen en una gran diversidad de regiones agroecológicas. Se pueden encontrar desde altitudes de 0 msnm hasta los 4000 msnm. Se cultivan desde el Ecuador hasta altas latitudes de ambos hemisferios. Se siembra donde las precipitaciones oscilan entre los 400 y 3000 mm, en suelos y climas muy variados, factores que son determinantes en su distribución y variabilidad (Kato *et al.*, 2009).

3.2 Importancia del maíz

3.2.1 Producción del maíz

Según INEGI (2012), hasta el 2010, Estados Unidos, China y Brasil fueron los países con mayor producción de maíz en el mundo, con 316 165.0, 177 548.6 y 56 060.4 miles de toneladas respectivamente. También, en el mismo orden, han sido los

de mayor superficie sembrada, 32 960.4, 32 519.9 y 12 814.8 miles de hectáreas. México ocupa el cuarto lugar en producción con 23 301.9 miles de t, y el quinto en superficie sembrada con 7 148 miles de ha. Sin embargo, es uno de los países con bajo rendimiento por hectárea (3.3 t/ha), ubicándose en el cuadragésimo lugar, junto a Bolivia y Colombia. Los países con mayores rendimientos son Israel (28.4 t/ha) y Kuwait (18.3 t/ha), seguidos de Chile, Austria, Bélgica, Grecia y Países Bajos con un rendimiento de 11-12 t/ha. Mientras en Estados Unidos, China y Brasil el rendimiento es de 9.6 t/ha, 5.5 t/ha y 4.4 t/ha respectivamente.

Las cifras anteriores muestran que en México, el maíz es un cereal de gran importancia, que ocupa el 36.7% de la superficie cultivada (SIAP, 2013), el 75% es de tipo tradicional y subsistencia (Turrent *et al.*, 2012), lo que indica el protagonismo del sector rural en el cultivo del maíz en el país. Además, el valor cultural es una de las razones de siembra, y que por tradición se ha destinado al autoconsumo.

El SIAP (2013) menciona que la producción de este cereal en México está destinada principalmente para grano (91.77%), forraje (8.16%), semilla (0.06%) y maíz palomero (0.01%). En la producción de grano destacan los estados de Sinaloa, Jalisco y Michoacán con 3 646.87, 3 235.18 y 1 801.96 miles de t; en la de forraje, Jalisco, Durango y Chihuahua con 2 592.47, 2 339.55 y 1 133.18 miles de t; en semilla los únicos productores son Jalisco (19, 653.2 t) y Nayarit (15 371.82 t). Tamaulipas sobresale como productor de maíz palomero con 3 272.88 t.

Chiapas ocupa el quinto lugar en producción de grano (ciclo agrícola 2012) con 1 404.67 miles de t. Los municipios con mayor producción son Villaflores (78 561.6 t), Venustiano Carranza (71 225.0 t), Frontera Comalapa (68 241.0 t), la Concordia (65 800.0 t), Ocozocoautla de Espinoza (56 917.0 t), Palenque (53 071.1 t), La Trinitaria (44 739.8 t), Villacorzo (44 482.4 t), Las Margaritas (44 049.6 t) y Chiapas de Corzo (41 898.0 t). Tres de estos municipios (La Concordia, Villaflores y Villacorzo) se encuentran en la Región Frailesca y junto a los municipios de Ángel Albino Corzo (9 564.3 t) y Montecristo de Guerrero (1 351.6 t) producen el 14.2% de la producción estatal. En este sentido, la Frailesca es una zona potencialmente productiva y de importancia para el estudio de los maíces.

3.2.2 Uso de los maíces criollos

México es uno de los países más importantes en el consumo del maíz, con una fuerte tradición en sus usos (Vázquez *et al.*, 2003). Evidencias antropológicas e históricas han señalado que el maíz era la dieta básica de nuestros antepasados. A partir de estas evidencias, se sostienen varias hipótesis sobre el uso inicial del maíz como fuente de azúcares, fundamentadas en el empleo de este cereal como la principal fuente para elaborar bebidas alcohólicas (Gonzales, 2008).

Actualmente, se sabe que una bebida conocida como chicha fue inventada por las antiguas civilizaciones mesoamericanas. A partir, de un proceso de fermentación de maíz maseado (Reyes, 1990). Entre sus usos, este licor es útil para controlar y retener la orina, controlar la arena y piedra en los riñones y vejiga. El cocho o asiento de masa de la chicha se aplica a los pies gotosos, para quitar el ardor y mitigar el dolor. La sora es otro líquido, que suele ser más potente que el vino de uva, y se hace con maíz podrido.

Cuando los españoles llegaron a Mesoamérica se encontraron con una gran diversidad de platillos y bebidas, a base de maíz como ingrediente principal. Algunos historiadores escribieron:

... y allí trajeron indias para que hiciesen pan de su maíz... (Bernal Díaz del Castillo)

...Las mujeres amasaban y molían pan de centli, que es maíz...
(Francisco López de Gómora)

Entre la gran diversidad de alimentos Fray Bernardino de Sahagún en 1559, religioso e historiador, reportó que existían alimentos importantes derivados del maíz. Tales como atoles calientes, con miel, con chile amarillo, con harina muy espesa y blanca, o tequesquite (Gonzales, 2009). Fray Cervantes de Salazar, religioso y catedrático escribe:

...La semilla del maíz, que en su lengua se dice tlauli, es la principal semilla... Cómenla los hombres, las bestias y las aves; la hoja de ella, cuando está verde, es el verde con que purgan los caballos; y seca, regándola con un poco de agua, es buen mantenimiento para

ellos...el fruto es una mazorca grande y pequeña; echa cada caña dos, tres y cuatro mazorcas a lo más; cuando están verdes y tiernas las llaman clotes; son sabrosas de comer; después de secas se guarda el maíz, o desgranado o en mazorca, el cual, cuando se come tostado, se llama cacalote. Para hacer pan, que es en tortillas, se cuecen con cal y, molido y hecho masa, se pone a comer en unos comales de barro... y de su harina se hacen muchas cosas, como atole, que es como poleadas de catilla, y en lugar de arroz se hace el manjar blanco, buñuelos y otras cosas muchas, no menos que de trigo. Hácese del maíz vino y vinagre, y antes que hubiese trigo se hacía biscochos...

Según Gonzales (2009), Francisco Hernández, médico y naturalista, reporto, en 1599, diferentes tipos de atoles, tamales y tortillas. Los **atoles**, en su mayoría eran para curar enfermedades o mejorar al enfermo (Naquetolli o a tolli con miel; Atolli iztac o atole blanco; Xocoatolli o atole agrio; Yollatolli o a tole blanco; Chillatolli o atloe mezclado con chilli; Nechillatolli o atole mezclado con chile y miel; Ayocomollatolli o atole con frijoles; Chinatolli o atole con chían; Chiantzotzolatolli o atole hecho con una semilla más grande que la del chian; Michuauhtolli o atole de semillas con michihoautli; Tlatonolatolli; Tlaxcalatolli; olloatolli; Quauhnexatolli; Izquiatolli; Hoauhatolli; y Michihoauhatolli). Las **tortillas** eran blancas, pardillas, hojaldradas, de maíz tierno y duro, de distintos tamaños y grosor, suaves o duras, calientes o frías. Y Los **tamales** eran blancos y pardillos, solos o rellenos de frijol o bledos, suaves o duros, de distintos tamaños y formas. Estos platillos eran para los nobles.

En la actualidad, la principal forma de aprovechar el maíz es en tortillas, elote, tamales, pinole, atole, tostadas, botanas, etc., entre otros con fines medicinales y religiosos, como la cura de diversos males del cuerpo y del alma (Esteva, 2003). Varias partes de la planta sirven para hacer figuras artesanales. También es utilizado como combustible y abono. Esto indica que el maíz tiene un fuerte potencial de uso múltiple. Es decir, los productores y familiares pueden aprovechar desde el grano, hasta hoja, tallo, espiga y olote, con diferentes propósitos (Kato *et al.*, 2009).

Uno de los principales secretos que le ha dado valor al maíz como consumo alimenticio, es la **nixtamalización**, del náhuatl *nixtli* (Cenizas) y *tamalli* (masa), transmitida de generación a generación en Mesoamérica desde tiempos prehispánicos (Paredes *et al.*, 2009). Consiste en cocer con cal los granos de maíz, durante un tiempo necesario, hasta que obtengan la consistencia y humedad adecuada.

La nixtamalización es uno de los más grandes e importantes descubrimientos de nuestra civilización (Perales, 2012). Es uno de los procesos más importante en el consumo del maíz, ya que se liberan vitaminas y se aporta calcio, indispensable para la dieta del hombre. La nixtamalización no solo se emplea para la elaboración de tortillas, de ella se han derivado diferentes platillos, como el pozol, atoles, tamales, etc.

El maíz consumido como tortilla representa el 2.7% del gasto diario en una ciudad. En el medio rural, el 45% del gasto familiar puede ser únicamente para productos de maíz. En México el consumo *per cápita* de maíz en un medio urbano es de 115 kg anuales, mientras que en el medio rural es mucho más del doble (Massieu y Lechuga, 2002). Así pues, la tortilla es una de los principales alimentos en la alimentación humana. Razón, que ha permitido el desarrollo de grandes empresas harineras.

3.2.3 Usos múltiples

Las especies con usos múltiples se consideran aquellas con mayor potencial en sus usos, es decir, son plantas que de acuerdo a sus características morfológicas tienen diversa utilidad para el ser humano; aunque en ocasiones subvalorada por la población local (Burgos, 2009). En este sentido, el maíz es una especie que presenta múltiples usos.

Una de las principales cualidades del maíz, es su nobleza, que le permite al hombre disponer de sus características físicas y químicas. Ortega (2003) menciona que en los usos tradicionales las mujeres del país prefieren maíces con alta calidad culinaria y fácil de desgranar. El maíz blanco es utilizado habitualmente para hacer tortillas comunes, el amarillo para los animales y el morado para los antojitos, mientras que

en comunidades indígenas se acostumbra comer tortillas de maíces de diferente color en distintos días, dando variedad a la dieta.

El maíz es cultivado principalmente para consumo domestico y para el mercado, como es la industria (Bellon y Brush, 1994). Según Reyes (1990) el maíz tiene múltiples usos que se pueden agrupar en los siguientes rubros (Cuadro 2.): 1) Grano: Alimento humano, alimento del ganado, materia prima para la industria (harina, aceite, mieles, etanol, etc.) y Semilla; 2)Planta: forraje verde, ensilado, rastrojo (planta seca) y materia orgánica para el suelo; 3) Mazorca: Elote (alimento humano), forraje y olote (combustible).

Cuadro 2. Agrupamiento de los usos más comunes del Maíz

Grupos de Usos	Partes de la planta					
	Grano	Mazorca	Raquis	Brácteas	Flor femenina	Hojas y tallo
	Cualquier producto					
Alimentación humana	nixtamalizado Pinoles, granos reventados, etc.	elotes, atoles de grano tierno				
Industrializados	X					
Alimentación animal	como suplemento en la alimentación			Rastrojo		Rastrojo
Combustible	Biodiesel		para hacer fuego, que posteriormente servirá para hacer la comida			
Artesanías	cualquier producto artesanal que se pueda elaborar			cualquier producto artesanal que se pueda elaborar		
Medicinal	X				mal de orín	
Construcción						materia prima en las construcciones
Otros usos				bases para tamales, dulces, etc.		

Fuente: Esteva (2003)

3.3 Características de los maíces

Los maíces son diversos debido a la naturaleza de su polinización cruzada y a la influencia del agricultor mediante la selección e intercambio de conocimiento. Por lo tanto, sus características dependen prácticamente de su genética, manejo y condiciones ambientales, estas dos últimas influyen en la determinación de las variedades (Bellon y Brush, 1994).

Algunas características de los maíces que los hacen diferenciables se muestran en su fenotipo, es decir, es a través de su morfología. En estudios realizados por Chávez *et al.*, (2011) encontraron que algunas de estas características, como: la altura de mazorca y planta, longitud y número de ramas en las espigas, días de floración femenina, longitud y número de hileras de la mazorca, pueden explicarse por la mayor proporción de variabilidad morfológica de las variedades. Por tanto, estas tienen un alto significado biológico en las agrupaciones raciales (Sánchez y Goodman (1992).

Por otra parte, ciertas diferencias en las variedades criollas se relacionan principalmente con el manejo y sus usos. Por ejemplo, el almacenado de grano permite seleccionar maíces con ciertas características de cristalinidad y dureza (Bellon y Brush, 1994). En otros usos como es la producción de forraje, cualquier tipo puede cultivarse, pero las de mejores rendimientos de biomasa son aquellas de porte alto y mayor número de hojas (Elizondo y Boschini, 2002).

3.4 Clasificación de los maíces

El maíz (*Zea mays* ssp. *mays*) y el teocintle (*Zea mays* ssp. *parviglumis* y *Zea mays* ssp. *mexicana*) pertenecen a la familia de las *Poaceae* también conocida anteriormente como *Gramineae*. En 1748, Linneo clasificó al maíz dentro del género *Zea* y no fue hasta el siglo XX cuando se integró el teocintle a este género. El tipo de clasificación de especie (ej. *mays*) y subespecie (ssp. *mays*) solo es útil para el caso del maíz. Pero esta clasificación es muy general; para establecer diferencias es necesario emplear otra más precisa basada en las razas, variedades o cultivares (Kato *et al.*, 2009).

El termino **raza**, para Bellon y Brush (1994) es un concepto importante para la comprensión del cultivo. En su trabajo definen raza como un conjunto de individuos relacionados, con suficientes características en común, que permite su reconocimiento como grupo. En otras palabras, es un grupo de maíces que tienen características en común.

Las variaciones en algunas características físicas de la mazorca son las principales para determinar una raza. Sin embargo, dentro de una raza puede encontrarse diferentes tipos; por ejemplo, razas con maíces blancos, amarillos, negros, azules, rojos y pintos. Además, en un mismo color puede encontrarse diversos tipos de adaptaciones a distintas condiciones ambientales y fisiológicas como la precocidad, resistencias a sequías o insectos, entre otras (Perales y Hernández, 2005).

En este sentido, Perales y Hernández (*op Cit*), consideran que no es precisa la delimitación de la raza. Esto se debe a que, como grupo de individuos, es muy común que tengan sobre posición en su morfología y fenología, lo que implica que no puedan ser clasificados de forma inequívoca, porque son híbridos, segregantes o simplemente extremos en la variación dentro de la raza. Sin embargo, la diversidad del maíz también puede ser abordada desde el punto de vista genético.

Por otra parte, las **variedades** son un grupo de individuos de relaciones más estrechas de una raza (Reyes, 1990). Este término se le adjudica a aquellas que 1) son producto de una selección por algún método de mejoramiento genético; 2) forman grupos de plantas con características similares (son más homogéneas y menos heterocigóticas); 3) son seleccionadas por su precocidad, altura de planta, color, resistencias, etc. Estas variedades pueden ser mejoradas, sintéticas, híbridas, y/o líneas. Otros, que se forman a partir de segregaciones de híbridos se les conoce como generaciones avanzadas de híbridos o híbridos acriollados, y al cruzamiento recíproco de maíces locales con variedades mejoradas se les llama criollos híbridos.

Para identificar las variedades formadas localmente resultado de un proceso cultural, se han desarrollado términos como variedades nativas o tradicionales y/o variedades criollas o maíces criollos (Kato *et al.*, 2009; Perales, 2012). Las variedades nativas

son aquellas que se originan en un lugar determinado donde evolucionaron¹. Por otra parte, las variedades criollas son las introducidas y adaptadas a las condiciones existentes en el lugar de adopción (Reyes, 1990).

Sin embargo, el término criollo se ha generalizado, y se ha hecho de él, el concepto de mayor uso. En este sentido, Kato *et al.*, (2009), aclara que el termino criollo, variedad criolla, raza criolla o maíz criollo es una nomenclatura equivocada ya que el maíz es una planta de nuestro país. Para ser más explícitos, la palabra criollo se definió en América en la época de la colonización y se empleó para describir a los nacidos en “América” pero de origen europeo. Diferente al termino indígena que se refería a los originarios de América; y mestizo para señalar a los descendientes de una cruce de padres europeos y nativos americanos.

Entonces la palabra correcta debe ser, maíces nativos. Sin embargo, diferentes razas han surgido en nichos donde también se han desarrollados diferentes culturas. A estos lugares se les conoce como centros de domesticación. Estas nuevas razas, producto de la asociación “ambiente-cultura-genotipo” establecen una nueva nomenclatura de “razas locales” (Serrato, 2012).

Por su parte, Perales (2012) emplea la palabra tradicionales, para aquellos maíces que se han formado y desarrollado bajo una cultura en particular. Además, se han dispersado y cultivado únicamente en el área de influencia de estos grupos sociales. Sin embargo, existen variedades que han surgido como resultado de una dispersión hacia nuevos nichos ecológicos. Forman parte de un nuevo proceso de construcción social, como sucede en la edificación de nuevas comunidades (± 40 años de fundación) en algunas ANP. Estos nuevos grupos sociales han adoptado tanto las variedades tradicionales, como las mejoradas. De las mejoradas han tomado algunas (variedades segregas²). Como consecuencia del nuevo ambiente surgen nuevas variedades, que por su interacción hace posible una relación filogenética cercana. En este sentido, en esta tesis, a estas nuevas variedades se le denominará “variedades

¹ Estos lugares se definen como centro de origen, y se refiere a una zona geográfica donde se encuentra un máximo de diversidad de cultivo y coexisten o coexistieron sus parientes silvestres (Kato *et al.*, 2009).

² En esta tesis utilizaremos el término variedades segregadas en lugar de variedades acriolladas. Debido a la anterior explicación sobre el término criollo.

locales³”, para diferenciales de las variedades tradicionales. Las variedades locales, son conocidas e identificadas por “nombres comunes”; nombres que son dados, en su lugar de origen o son denominaciones autodescriptivas (Reyes, 1990).

En este sentido, la clasificación puede definirse a partir de dos grupos, desde el punto de vista de su origen (centro de origen) y de su domesticación (centro de domesticación). En el primero se diferencia los maíces nativos de los criollos. En la segunda se agrupan en variedades tradicionales, locales y mejoradas.

3.5 Contexto metodológico

3.5.1 Exploración etnobotánica

La etnobotánica forma parte de un grupo amplio de subdisciplinas etnocientíficas (etnozología, etnología, etnoecología, etnobiología, etc.) que se encargan en relacionar el hombre con su entorno. Cada una de estas subdisciplinas estudia la relación hombre-entorno desde un objeto específico (Argueta *et al.*, 2012). Particularmente, la etnobotánica se encarga del estudio de la relación hombre-planta, en diferentes culturas. Harshberger (1896) la definió inicialmente como el estudio de las plantas utilizadas por los pueblos primitivos.

Actualmente en el campo de la investigación, la etnobotánica ha adquirido importancia científica por su interdisciplinariedad y aplicabilidad en el desarrollo de procesos investigativos y productivos de los recursos vegetales (Sanabria, 2011). En este sentido, la etnobotánica registra el conocimiento de las culturas actuales e interpreta estos como parte de un proceso histórico de acumulación de conocimiento (Gómez, 1993).

Halmilton *et al.*, (2003) consideran a la etnobotánica como una herramienta para la conservación y el desarrollo sostenible. En efecto esta propicia a los campesinos alternativas para el aprovechamiento de su recurso genético y la posibilidad de reconocer las ventajas de la conservación (Lerner *et al.*, 2003). De manera que es necesario entender que el uso de las plantas y la interrelación con el hombre es

³ Se emplea el término local, por su proceso de construcción en un nuevo y determinado lugar.

producto de la intervención de medios físicos y sociales, además de las cualidades inherentes a las plantas (Alcorn, 2001).

La etnobotánica como exploración, es un arte basado en varias disciplinas científicas, donde se construye el puente intelectual y material entre el agricultor, el agrónomo, el antropólogo, el bioquímico, el genetista, el fitomejorador, entre otros (Hernández, 1971). Por lo tanto, la etnobotánica se describe como el estudio de la correlación hombre-planta involucrada en la dinámica natural, social y cultural de los agroecosistemas. Es el estudio contextualizado del uso y aprovechamiento de las plantas (Ford, 1978).

Caballero (2002) menciona tres dominios básicos de la etnobotánica: a) percepción cultural y clasificación de los organismos; b) aspectos biológicos y culturales de la utilización de las plantas; y c) bases culturales y consecuencias biológicas del manejo de los recursos naturales por los seres humanos a lo largo del tiempo.

De manera práctica Hernández (1971) considera que la función de la exploración etnobotánica consiste en: a) registrar, ordenar, escudriñar, hilvanar y publicar la información en el mismo marco de la cultura agrícola del hombre; b) reunir con cuidado e inteligencia el material de propagación de interés de la investigación. En resumen, puede entenderse que el primero se refiere a conocer y ubicar los materiales genéticos a estudiar, caracterizarlos social y agronómicamente para conocer sus usos y manejo en función a las necesidades de los agricultores. El segundo es la colecta del material genético y su reconocimiento *in situ* (Identificación *in situ*).

Caracterización socio-agronómica

La etnobotánica, como una disciplina inter y multidisciplinaria, se ha convertido en una herramienta importante para comprender los procesos ecológicos y socioculturales de la conservación de la biodiversidad (Lagos-witte y Chacón, 2011). Richard Evans Schultes en 1941 reconoce a la etnobotánica como una ciencia intermedia entre la botánica y la antropología, que a través de la interacción entre la geografía, química, farmacología y agricultura, estudia las relaciones entre el ser humano y su medio ambiente.

La botánica estudia todas las plantas y su relación con otros seres vivos. Mientras que el objeto central de la antropología es la permanencia y cambio de los fenómenos socioculturales (Parlem, 1980). Así, la etnobotánica plantea el estudio del uso de una gran diversidad de especies silvestres y domesticadas como parte cultural del hombre. Entonces, cuando nos enfocamos únicamente al estudio del uso de una especie ampliamente domesticada, estamos refiriéndonos a una relación hombre-cultivo. Esta relación nos permite utilizar el estudio socio-agronómico como una fase del proceso de la etnobotánica para entender el uso de la especie cultivada, desde la perspectiva de intervención del agricultor a través del manejo para definir y obtener el potencial de uso de la especie.

Identificación *in situ*

Una de las principales formas de conocer e identificar a los maíces es por medio de su morfológica. La caracterización morfológica es el procedimiento clásico y la base principal para conocer la variabilidad genética (Gonzales, 1998). Estos estudios pueden ser *ex situ* o *in situ*. La caracterización *ex situ* se realiza dentro de un campo experimental, con las condiciones controladas. Una caracterización *in situ* se realiza en las parcelas de los agricultores, esto permite evaluar sus características de las variedades en su o ambiente natural.

En un estudio de identificación y caracterización morfológica se emplean descriptores. Estos descriptores son variables fenotípicos con alto grado en la diferenciación racial y pueden ser de dos tipos, el primero de uso universal y técnico (para caracterización *ex situ*), y el segundo es local y responde a la necesidad utilitaria del agricultor (para caracterización *in situ*) (INIEA, 2006). Actualmente existe una serie de descriptores estandarizados definidos por el IBPGR, útiles en cualquier lugar, ya sea *in situ* o *ex situ* (IBPGR, 1991).

3.5.2 Caracterización molecular

Los caracteres moleculares y morfológicos ofrecen una base más sólida para el agrupamiento racial de los maíces criollos (Holle, 2006). La caracterización molecular permite identificar el polimorfismo en una población, en otras palabras, la variación existente para un mismo carácter (Gonzales, 1998).

En la caracterización molecular se emplean marcadores moleculares basados en el DNA (Ácido desoxirribonucleico). Entre los estudios genéticos del maíz, se destacan los RFLPs (Restriction Fragment Length Polymorphisms), basado en la hibridación de cadena complementaria de DNA, (Alvarado, 2010), y RAPDs (Random Amplified Polymorphic DNAs), AFLPs (Amplified Fragment Length Polymorphism) y microsatélites o SSR (Simple Sequence Repeats) (Gethi *et al.*, 2002), basados en la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) (Valadez y Kahl, 2000).

Con los RFLPs se pueden distinguir organismos entre sí, mediante el análisis de los patrones, obtenidos de fragmentos del DNA; pero su uso es limitado por su alto costo, la complejidad metodológica, que requiere del uso de sondas específicas y sustancias radioactivas (Wilches, 2004).

Las técnicas basadas en PCR se basan en una copia de fragmentos de DNA molde, por acción de una polimerasa termoestable, y requiere la presencia de oligonucleótidos que actúan como cebadores (Primers). Estos cebadores son fragmentos de DNA de una única hebra, cuya secuencia es complementaria de las que enmarca la región que se va a amplificar (Jiménez y Collada, 2000).

Los RAPDs son marcadores que amplifican aleatoriamente segmentos de DNA en una gran variedad de especies. Se basan en la probabilidad estadística de que se presenten sitios complementarios al oligonucleótido de 10 pares de bases (pb) a lo largo del genoma. Esta técnica amplifica tanto las regiones codificantes del DNA como las no codificantes y revelan niveles de variación más altos que los RFLPs. Es una técnica fácil, no requiere pruebas radioactivas, pero el número de loci que puede ser examinado es limitado (Rentarías, 2007).

Los AFLPs combinan los principios de RFLP y PCR, donde una submuestra de fragmentos producidos por la restricción de DNA bajo estudio es amplificada selectivamente. Esta técnica es de mayor precisión que los RAPDs, pero se necesita más tiempo en la interpretación de los datos cuando se realiza de forma no automatizada y requiere una buena calidad de DNA para el proceso de digestión con enzimas de restricción (Becerra, V. y Paredes, C., 2000).

Los SSR son secuencias de DNA formadas de uno a seis pares de bases que representan una clase de DNA repetitivo, comúnmente encontrado en el genoma de los eucariotas (Galarreta *et al.*, 2004). Los SSR presentan los más altos grado de polimorfismo, segregan de manera mendeliana y son codominantes, la presencia de un solo locus genético por microsatélite hace que la lectura de banda sea clara y fácil de interpretar. En esta técnica es necesario conocer secuencias de la región a analizar para contar con “primers” específicos que amplifiquen la región repetitiva responsable de la variación observada (Golstein *et al.*, 1996).

Por otra parte, mediante la técnica de inter microsatélites (inter Simple Sequence Repeats, ISSR) es posible realizar una aproximación a las regiones de microsatélites sin necesidad de un conocimiento previo de las mismas (Zietkiewicz *et al.*, 1994). El ISSR es una técnica relativamente nueva, ha sido utilizada en especies cultivadas desde 1994. Esta técnica es similar a los RAPDs, excepto que en los ISSR los primers son un di o trinucleotido repetido (Culler y Wolfe, 2001). Además es usualmente larga, lo que resulta en una mayor reproductividad de las bandas. Las bandas que se obtienen con los ISSR van de 100 a 2000 pb. La variación alélica consiste de la presencia o ausencia de los productos amplificados. Una de las ventajas que tiene esta técnica es que presenta un gran número de bandas polimórficas (Rentarí, 2007).

3.5.3 Estudio de calidad de grano y tortilla

Las empresas de harinas nixtamalizadas tomaron auge entre los años de 1988 y 1994. Se estima que la producción de tortilla elaborada con harina nixtamalizada para 1993 ya era del 27% del total elaborado en el país y actualmente alcanza el 34% (Espejel, 2012). Ésta revolución industrial de la tortilla incrementó la importancia de los estudios de la “calidad de grano y tortilla”. En este sentido, muchos investigadores se han dado a la tarea de buscar las mejores características del grano para la nixtamalización, así como mejoras en su procesamiento.

Aunque la calidad del grano para la producción de masa y tortilla es importante para las industrias, sin embargo las amas de casa en áreas rurales, prefieren seleccionar el maíz de acuerdo a sus preferencias (Jiménez *et al.*, 2012). Aun así, se han determinado algunas características del grano que influyen en la calidad de

tortilla. Al respecto , las industrias prefieren maíces de color blanco-crema brillante y de textura intermedia a dura, así como maíces con una relación masa/grano de 2:1, y aquellos que producen 1.5 kg de tortilla/kg o más de maíz procesado (Vásquez, 2010).

La norma oficial NMX-FF-034/1-SCFI-2002 establece que las características de calidad comercial que debe reunir el grano de un maíz blanco destinado a la elaboración de tortilla o productos de maíz nixtamalizado debe ser: humedad del grano (no mayor de 14%); peso hectolítrico (mínimo 74 kh/hl de densidad); dureza del grano (máximo 40 % en índice de flotación). En nixtamailización el pericarpio remanente (debe ser mayor de 2%); en pérdida de sólido (máximo 5%); y la humedad en Nixtamal (entre 36-42%).

En resumen, Gálvez y Fernández (2012) resumen las principales características físicas y fisicoquímicas del grano que determinan algunos usos finales de diversos maíces nativos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Características físicas y fisicoquímicas de maíces nativos para su uso final

Uso final	características físicas y fisicoquímicas
Atoles	Granos de mayor tamaño, menor dureza y menor gravedad específica. Valores altos de capacidad de absorción de agua.
Tortillas	Granos de valores intermedio de: tamaño, dureza y gravedad específica. Valores altos de capacidad absorción de agua. Alto peso de mil granos. Alto ancho del grano. Alto rendimiento de tortilla. Baja resistencia al corte de tortilla.
Pinoles	Granos cortos, anchos y gruesos, de baja dureza y gravedad específica. Valores bajos de capacidad de absorción de agua.
Palomitas	Son los granos de mayor gravedad específica, pequeños y duros. Valores bajos de capacidad de absorción de agua.
Botanas	Son los granos más largo y duros. Valores intermedios de capacidad de absorción de agua.

Fuente: Gálvez y Fernández (2012); Grijalva *et al.* (2008); Sánchez *et al.* (2004).

Respecto al proceso de nixtamalización, estudios relacionados con la dureza del grano han establecido tiempos de cocción (cuadro 4). Esta información favorece el ahorro de energía en las empresas dedicadas a la elaboración de harinas.

Cuadro 4. Clasificación de la dureza y tiempo requerido para la cocción mediante del índice de flotación

Granos flotantes o índice de flotación (%)	Clasificación de dureza	Tiempo de cocción ⁴ (minutos)
0-12	Muy duros (MD)	45
13-37	Duros (D)	40
38-62	Intermedios (I)	35
63-87	Suaves (S)	30
88-100	Muy Suaves (MS)	25

Fuente: NMX-FF-034/1-SCFI-2002; Salinas y Vásquez (2006)

⁴ El tiempo se emplea a partir de que inicia la ebullición plena

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Localización del área de estudio

La investigación se realizó en el Área Natural Protegida de la Reserva de la Biosfera “La Sepultura” (REBISE) en la porción oeste de la Sierra Madre de Chiapas (Figura 2). Se trabajó en 10 comunidades: El Triunfo, California, Tres Picos, Nueva Esperanza, Nueva Independencia, Josefa Ortiz de Domínguez, La Sombra de la Selva, Ricardo Flores Magón y Villahermosa del municipio de Villaflores y La Sierrita de Villacorzo, en la región VI Frailesca del Estado de Chiapas (Cuadro 5).

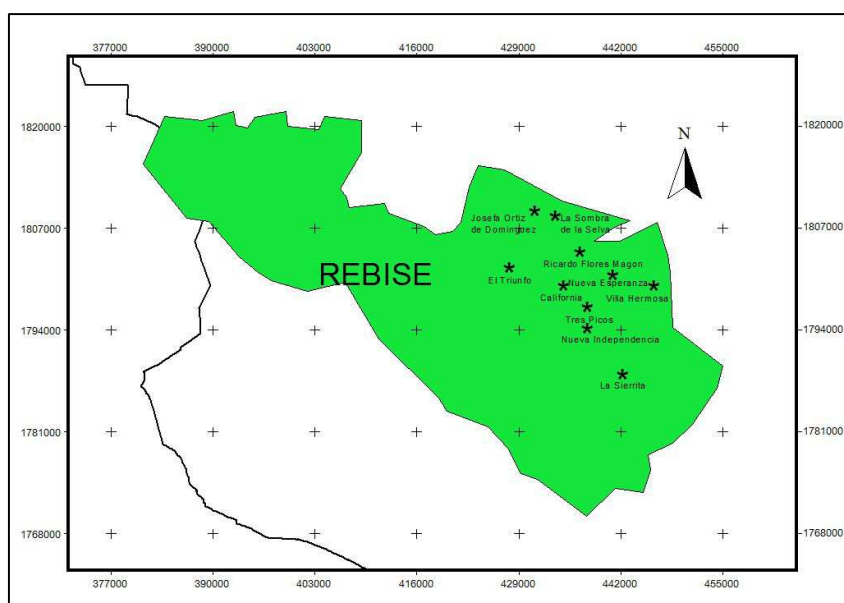


Figura 2. Localización del área de estudio

Se ubicó la Frailesca por su importante contribución a la producción de maíz en el Estado. La REBISE porque aun se manejan y conservan materiales genéticos locales (PROMAC, 2010). Las comunidades por ser los principales nichos agroecológicos, donde se desarrollan y cultivan estos maíces (Perales y Hernández, 2005; PROMAC, 2011; y Aguilar, 2010).

Cuadro 5. Ubicación geográfica de las 10 comunidades

Comunidad	Posición		Altitud ¹ (msnm)
	Latitud Norte	Longitud Oeste	
El Triunfo	16° 16' 49''	93° 40' 38''	1040
California	16° 15' 36''	93° 36' 44''	960
Tres Picos	16° 14' 05''	93° 35' 00''	998
Nueva Esperanza	16° 16' 20''	93° 33' 14''	802
Nueva Independencia	16° 12' 36''	93° 35' 02''	1325
Josefa Ortiz de Domínguez	16° 20' 44''	93° 38' 49''	920
La Sombra de la Selva	16° 20' 23''	93° 37' 19''	839
Ricardo Flores Magón	16° 17' 55''	93° 35' 33''	719
Villahermosa	16° 15' 36''	93° 30' 17''	1042
La sierrita	16° 09' 26''	93° 32' 30''	914

¹Tiene como referencia el centro del área urbana. Fuente: INEGI (2010)

4.2 Características generales del área de estudio

La topografía de la REBISE presenta diferentes elevaciones (Figura 3). Esto influye en las variabilidades climáticas, las características de los suelos, accesibilidad de corrientes de agua y la adaptación de diferentes prácticas de manejo en la agricultura. Estas características ambientales cambian desde la zona más alta (el cerro Tres Picos) hasta las áreas planas, en dirección a la costa del Pacífico y hacia la Depresión Central (Velasco *et al.*, 2005).

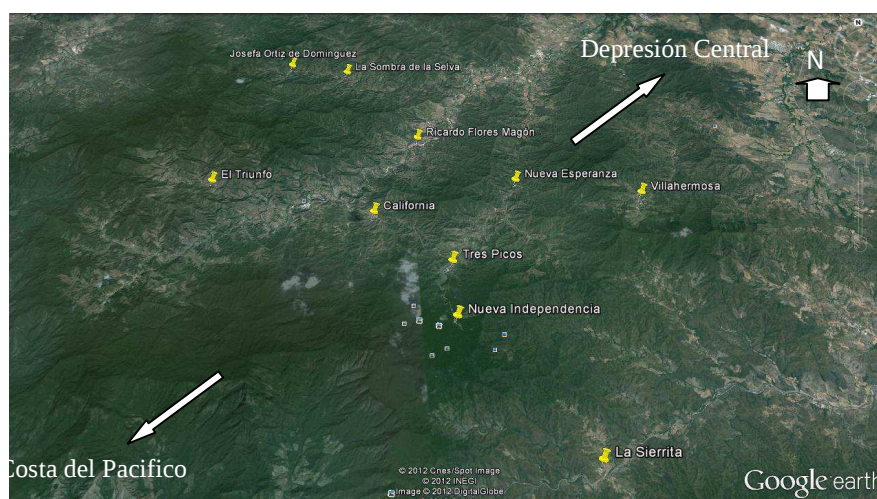


Figura 3. Imagen satelital (Google Earth) del área de estudio

En general, las condiciones climáticas predominantes son: 1) **A(C)m(w) o semi-cálido húmedo**. Este clima se caracteriza por presentar temperaturas medias anuales de 18°C y abundantes lluvias en verano. Se encuentra presente en la mayoría de las comunidades, con excepción de Nueva Independencia. 2) **AW2(w) o cálido sub-húmedo**. Presenta temperaturas medias anuales mayores de 22°C y lluvias en verano y sequías en invierno. Se encuentra presente en los ejidos de California, Tres Picos, Nueva Esperanza, Ricardo Flores Magón, La Sombra de la Selva, Josefa Ortiz de Domínguez y La Sierrita. Y 3) **C(m)(w) o templado húmedo**. Presenta temperaturas medias anuales de 12-18°C y abundantes lluvias en verano. Únicamente se encuentra en el ejido Nueva Independencia.

4.3 Enfoque metodológico

El presente estudio se enmarca en el contexto de la investigación orientada al desarrollo. Se buscan alternativas para el sector rural desde enfoques más influyentes, como los participativos o en combinación con otros (Guevara, 2008). Bajo esta perspectiva se definió el potencial de uso múltiple de los maíces en la REBISE.

La investigación se desarrolló en dos etapas (Figura 4). La primera conocida como **investigación adaptativa** permite generar una visión integradora del objeto de estudio, al realizarse en campo en conjunto con los agricultores (Guevara *et al.*, 2008).

La investigación adaptativa puede desarrollarse bajo diferentes enfoques. Una de ellas es la investigación-acción, en la que se integran los actores locales (participación del agricultor) como eje articulador del proceso de investigación y acciones colectivas (Guevara, *et al.*, 2009). En este sentido, realizó una exploración etnobotánica. Se ubicaron e identificaron *in situ* los maíces en el área de estudio. Posteriormente se realizó una caracterización socio-agronómica. En esta etapa se empleó la etnografía como herramienta para obtener información del uso de los maíces locales mediante pláticas informales, entrevistas semi-estructuradas y estructuradas y observaciones directas.

La segunda etapa se define como **investigación básica o estratégica**, llevada a cabo en un laboratorio y/o campo experimental. Permite analizar únicamente el objeto de estudio, pero no el contexto en que se desarrolla. En esta etapa, se aplicaron: 1) técnicas moleculares de PCR para la caracterización molecular de las muestras de maíces colectadas; y 2) metodologías para determinar la calidad nixtamalera-tortillera en maíces (Evaluación físico-química).



Figura 4. Etapas del sistema de investigación orientada al desarrollo rural (Guevara y Rodríguez, 2011)

4.4 Desarrollo Metodológico

4.4.1 Exploración etnobotánica

A) Ubicación de maíces locales en las comunidades de la REBISE

Se realizó durante el periodo Abril–Mayo de 2012. Se ubicó y corroboró la presencia de maíces locales en la REBISE, así como los de mayor importancia local. Para ello se evaluaron aspectos de presencia, distribución, prevalencia y uso de los maíces. El proceso fue: 1) Acercamiento a las comunidades: se contactó con las autoridades ejidales y se aclaró el motivo de la visita. 2) Identificación de personas clave: Se identificaron aquellos agricultores que manifestaron sembrar y conservar los maíces locales. El acercamiento a estos agricultores permitió obtener referencias de otros, con los que han compartido y/o intercambiado semillas, ya sea dentro y/o fuera de la

comunidad (técnica bola de nieve). 3) Aplicación de entrevistas semi-estructuradas: se entrevistaron a 105 agricultores que representan el 18% del total (568) de agricultores de 10 comunidades. Las variables recogidas en la entrevista fueron: Variedades cultivadas (identificadas por nombres comunes); Tiempo de uso de la semilla; Procedencia u origen de la semilla y Motivos de siembra. 4) Ubicación de maíces criollos de mayor importancia local: se seleccionaron las variedades más distribuidas, con mayor presencia y prevalencia, así como de mayor uso.

B) Caracterización socio-agronómica

Se llevó a cabo durante los meses de Mayo–Septiembre de 2012. Se aplicaron entrevistas estructuradas, formuladas en función de los resultados obtenidos durante la primera exploración.

Para la aplicación de entrevistas se realizó un muestreo dirigido, seleccionándose únicamente los agricultores que han conservado durante más tiempo las variedades con mayor importancia local. Con esto se buscó incidir en aquellos maíces que han tenido una mayor presión en la selección por los agricultores locales. La muestra tomada fue de 16 agricultores, que representa el 15.23% de la muestra original, constituida de 105 productores.

C) Identificación *in situ* de maíces locales

Material genético

Se muestrearon 19 poblaciones de maíces en nueve comunidades de la REBISE (Cuadro 6). Cada material seleccionado se caracterizó por mostrar alta aceptación por los agricultores. Sin embargo, el “Tornamil” es un maíz recientemente introducido que se seleccionó para explorar su aceptación por su calidad y potencial de uso en la zona. El muestreo se realizó en la parcela de cada agricultor. El manejo de cada parcela respondió a la forma en que lo hace cada agricultor.

Cuadro 6. Selección de muestras de maíces locales para su identificación

Comunidad	Agricultor	Maíz cultivado
California	Mario Hernández López	Amarillo
Ricardo Flores Magón	Rafael Cruz Ruíz	Amarillo
Villahermosa	Javier de Jesús López Castro	Amarillo
Josefa Ortiz de Domínguez	Arturo de la Cruz Sánchez	Amarillo
California	Cornelio Santos Avendaño	Precoz
Tres Picos	Silverio Moguel Cruz	Precoz
Tres Picos	Neftalí Cruz Santos	Jarocho
El Triunfo	Omar Torres	Jarocho
Ricardo Flores Magón	Rafael Cruz Ruíz	Jarocho
Villahermosa	Ponciano Castro Ozuna	Jarocho
Ricardo Flores Magón	Segundo Gómez López	Chimbo
Ricardo Flores Magón	Segundo Gómez López	Pollito
Nueva Esperanza	Francisco Ramón Sixto Morales	Olote-Rojo
Tres Picos	Fernando Díaz López	Huesito
La Sombra de la Selva	Onésimo Hernández Gutiérrez	Morales
California	Mariano Ruíz Ruíz	Maíz Negro
California	Juan Carlos Cruz Pérez	Crema
La Sierrita	Migue Ángel Clemente Ramírez	San Gregorio
Ricardo Flores Magón	Rafael Cruz Ruíz	Tornamil

Variables evaluadas

Se evaluaron 26 caracteres morfológicos por variedad. Las variables elegidas (Cuadro 7) fueron aquellas de importancia para los agricultores, que se relacionan con el potencial de uso (Bellon y Brush, 1994; Elizondo y Boschini, 2002; Vásquez *et al.*, 2003; y Ortega, 2003); y que tienen un alto significado en las agrupaciones raciales (Sánchez y Goodman, 1992; Chávez *et al.*, 2011). Los días de floración masculina se omitieron para el análisis, ya que fue imposible tener una predicción exacta de las fechas.

Cuadro 7. Descriptores utilizados para la identificación de los maíces locales

Caracteres de la planta	Caracteres de la mazorca	Caracteres del grano
Altura de planta ¹	Longitud de la mazorca ¹	Longitud del grano ¹
Altura de mazorca ¹	Diámetro de la mazorca ¹	Ancho del grano ¹
Longitud de ramas de la espiga ¹	Numero de hileras de la mazorca	Grosor del grano ¹
Número de ramas de la espiga	Diámetro del olote ¹	Tipo de grano ³
Número total de hojas por planta	Daños de la mazorca ³	Color de grano ³
Hoja donde se encuentra la mazorca	Disposición de hileras de grano ³	Forma del grano ³
Área foliar de hoja de la mazorca ²	Forma de la mazorca ³	
Diámetro del tallo ¹	Color del olote ³	
Color de la espiga femenina ³	Color de las brácteas de la mazorca ³	
Color de la espiga masculina ³		
Color del tallo ³		

Las características cuantitativas se miden en cm (1) y cm² (2). Las características cualitativas (3) se miden con el uso de claves (ver más adelante).

Muestreo

Se realizó en el ciclo agrícola 2012 (mayo–diciembre), en dos etapas: 1) durante el desarrollo de la mazorca (Agosto-Septiembre), donde se midieron las características morfológicas de la planta; y 2) durante la cosecha (noviembre-diciembre) para las características de la mazorca y el grano. Se seleccionaron 20 plantas/variedad ubicadas en la parte central de la parcela, al azar y con competencia completa. Las variables se evaluaron con la metodología propuesta por el IBGRIP (1991). En el caso de los datos cualitativos se agregaron algunas descripciones a los propuestos por el IBGRIP (Cuadro 8).

Cuadro 8. Descripción de claves de las variables cualitativas

Clave	Descripción	clave	Descripción
<i>Daños de la mazorca por pudrición</i>			
0	sin daños	3	Dañado (>50%)
1	Poco dañado (<50%)	4	Completamente añado
2	Regularmente dañado ($\pm 50\%$)		
<i>Color del tallo</i>			
1	Verde	2	Morado
<i>Color de las brácteas de la mazorca</i>			
1	Verde	3	Morado
2	Rosado		
<i>Color de la espiga femenina</i>			
1	Rojo	3	Morado
2	Rosado	4	Crema
<i>Color de la espiga masculina</i>			
1	Verde	4	Morado
2	Rojo	5	Crema
3	Rosado		
<i>Color del olote</i>			
1	Blanco	4	Morado
2	Rojo claro	5	Morado claro
3	Rojo intenso		
<i>Color del grano en la mazorca</i>			
1	Blanco	11	Morado Intenso
2	Blanco Cremoso	12	Amarillo Claro-Blanco Cremoso
3	Amarillo Claro	13	Pinto
4	4. Amarillo Medio	14	Blanco Cristalino
5	Amarillo Intenso	15	Blanco Cremoso R y M*
6	Naranja Claro	16	Rosado Cremoso
7	Naranja Intenso	17	Amarillo Claro-Amarillo Medio
8	Rojo Claro	18	Amarillo Claro-Amarillo Intenso
9	Rojo Intenso	19	Amarillo Intenso con Rallas Rojas
10	Morado Medio	20	Pinto Medio
<i>Disposición de hileras de grano</i>			
1	Regular	3	Recta
2	Irregular	4	Espiral
<i>Formas de la mazorca</i>			
1	Cónica	3	Cilíndrica

2 Cónica cilíndrica

Tipo de grano

1 Dentado

2 Semi-dentado

3 Semi-cristalino

Forma de grano

1 Dentado

2 Plano

3 Semi-redondo

* Con colores Rojo y Morado en la parte superior

4.4.2 Caracterización molecular

Material genético

Se utilizaron 19 materiales locales previamente colectados (Cuadro 2). Además se incluyeron, dos variedades mejoradas comerciales (Vs-536 y Vs-424), un híbrido comercial (H-MX3), un maíz local (Costeño) de la REBISE, dos materiales criollos de Tlaxcala, México (de las razas Cónico Chalqueño y Elotes Cónicos) y un teocintle (ssp. Mexicana), también de Tlaxcala, México. Estas variedades adicionales fueron utilizadas para comparar las distancias genéticas. En total se utilizaron 26 muestras diferentes. El análisis molecular se realizó en el Laboratorio de Recursos Fitogenéticos en la Facultad de Ciencias Agronómicas Campus V de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), Villaflores, Chiapas.

Extracción del ADN

Para conocer la cantidad exacta de muestra se realizó una prueba de extracción de ADN. Se utilizaron tres pesos diferentes de 50, 100 y 150 mg de hoja de maíz y como testigo, 80 mg de *Jatropha curcas* L. Los dos últimos pesos presentaron ADN de mejor calidad. Para la extracción del ADN de las muestras de interés se utilizó de 100 a 130 mg de muestra (hoja limpia y no maltratada) por plántula. Se realizaron dos repeticiones por germoplasma. La extracción del ADN DNA se basó en la metodología de Asemota (1995) modificado por Solís (2010).

Cebadores utilizados

Se realizó una prueba con 21 cebadores (UBC808, UBC811, UBC818, UBC827, UBC834, UBC835, UBC841, UBC857, UBC868, UBC873, UBC877, UBC878,

UBC880, UBC885, UBC888, UBC889, UBC890, UBC891, 17899-B, I4, I9). El Cuadro 9 muestra los cebadores ISSR que amplificaron y presentaron polimorfismo en maíz, y que sirvieron para el análisis de la relación genética.

Cuadro 9. Secuencia genética y temperatura de hibridación de los cebadores ISSR utilizados

Cebador	Secuencia	T° de hibridación (°C)
UBC811	5' GAGAGAGAGAGAGAGAC 3'	43.3
UBC827	5' ACACACACACACACACG 3'	54.9
UBC834	5' AGAGAGAGAGAGAGAGYT 3'	56.5
UBC835	5' AGAGAGAGAGAGAGAGYC 3'	45.6
UBC841	5' GAGAGAGAGAGAGAGAYC 3'	46
UBC857	5' ACACACACACACACACYG 3'	53.7
UBC868	5' GAAGAAGAAGAAGAAGAA 3'	47.8
UBC873	5' GACAGACAGACAGACA 3'	45
I4	5' AGAGAGAGAGAGAGAGC 3'	63.5
I9	5' ACACACACACACACAC 3'	63.5

G: Guanina; A: Adenina; C: Citosina; Y: Citosina o Timina

Amplificación del ADN

La amplificación del ADN se hizo con la técnica de PCR y se utilizó 25 µL de solución total para cada muestra (Cuadro. 10).

Cuadro 10. Mezcla de reacción para la amplificación

Reactivo	Cantidad (µL)
DNA molde	1.0
Solución Amortiguadora (NH ₄ 10X)	2.5
MgCl ₂ (50 mM)	1.5
dNTP`s (1 mM)	5.0
Cebador (1 µg/µL)	0.4
Biolasa DNA Pol. (5 U/µL)	0.1
H ₂ O	14.5
Total	25.0

Electroforesis

Se emplearon geles de agarosa al 1.5% en solución TAE 1X. En la extracción del ADN genómico, para fines de corroborar su obtención y calidad se utilizó al 1%. En el gel se cargaron los 25 µL de la mezcla de reacción. Se utilizaron dos marcadores de peso molecular: 1) GeneRuler™ 100 bp DNA Ladder (10 bandas de 100 pb hasta 1000 pb) y 2) HiperLadder™ 1 (14 bandas de 200 pb hasta 10 000 pb). Para visualizar las 26 muestras por duplicadas, se requirió de dos geles por cada cebador utilizado. Las muestras se identificaron con sus respectivos números (1 al 52). La electroforesis se realizó en una cámara OWL modelo A2 a 80 V durante 150 minutos. Para la tinción de geles se utilizó el indicador GelRed 10000X a concentración de 1X. Se aplicó después del corrimiento electroforético, durante la incubación de 40 min. Posteriormente, se foto-documentó en un trans-iluminador UV de tipo Gel Doc (BIO RAD®).

4.4.3 Determinación físico-química de los maíces

Se utilizaron los 19 materiales colectados y como testigo, dos maíces comerciales mejorados (H-WP8063 y H-27) que cultivan los agricultores. El análisis físico-químico se realizó en el Laboratorio de Maíz del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Texcoco, México.

Variables evaluadas

Se evaluaron 15 características físicas y químicas de grano y tortilla (Cuadro 11), eligiéndose las que mejor describen la calidad de los mismos (Salinas y Vázquez, 2006).

Cuadro 11. Características físicas y químicas de grano y tortilla que se tomaron en cuenta para este estudio

Características físicas del grano	Características físicas de nixtamal y tortilla	Características químicas de grano y tortilla
Humedad de grano ¹	Humedad de Nixtamal ¹	Triptófano en grano ¹
Peso Hectolítrico ²	Humedad de masa ¹	Triptófano en tortilla ¹
Peso de 100 granos ³	Humedad de tortilla ¹	Proteína en grano ¹
Índice de Flotación ⁴	Kg de tortilla/Kg de Maíz	Proteína en Tortilla ¹
Textura de grano ^{1,5}	Textura de tortilla ⁷	

Color ⁶	Color de tortilla ⁶
--------------------	--------------------------------

Se expresa en: 1: %; 2: Kg hL⁻¹; 3: g; 4: número de semillas flotantes; 5: % de pico, germen y pericarpio; 6: en la escala de CIELab; y 7: g_f

La medición de las variables físicas y químicas se realizaron mediante la metodología propuesta por Salinas *et al.*, (1992); Gómez, (1993); Salinas *et al.*, (2003); Salinas y Vázquez, (2006).

4.5 Análisis estadístico

La información obtenida durante las entrevistas; medición de variables morfológicas, caracterización molecular, física y química se procesó en hojas de cálculo de Microsoft Office Excel 2007. El análisis, principalmente de las entrevistas y pláticas informales se realizó con base en las técnicas etnográficas, y estadísticos simples (medias, rangos de variación y desviación estándar). Se emplearon cuadros descriptivos, de frecuencia y graficas de barra. Se estableció valores para interpretar datos cuantitativos hacia una perspectiva cualitativa (Cuadro 12).

Cuadro 12. Valores para interpretar resultados cuantitativos hacia una percepción cualitativa

Valores en porcentaje	Valores en números	Calidad	Dispersión y prevalencia	Variabilidad
81-100%	9-10	Muy bueno	Alta	Heterogéneo
61-80%	7-8	Bueno	Relativamente Alto	Relativamente heterogéneo
41-60%	5-6	Regular	Media	Medio
21-40%	3-4	Malo	Relativamente Bajo	Relativamente Homogéneo
1-20%	1-2	Muy Malo	Baja	Homogéneo

Para analizar los caracteres morfológicos, se utilizaron técnicas multivariantes (Componentes principales, análisis factorial de correspondencia simple y múltiple), estadísticos simples, análisis de correlación de Person y prueba de Duncan. Para analizar los datos físicos y químicos, se utilizaron estadísticos simples, análisis de correlación de Person y prueba de Duncan. En el análisis molecular, se realizó un análisis de similitud mediante coeficiente de asociación DICE (Dice, 1945), y el coeficiente de igualdad simple (SM, por sus siglas en inglés) (Sokal y Michener, 1958). Se hizo un análisis de agrupamiento, Método Aritmético de Grupo de Pares no Ponderados (UPGMA, *por sus siglas en ingles*) (Sneath y Sokal, 1973) y análisis de coordenadas principales.

Para la realización de los análisis se emplearon los programas SPSS Statistics 21; SAS 9.0; y NTSYSpc 2.2.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Ubicación y distribución de maíces locales en comunidades de la REBISE

5.1.1 Aspectos generales

Durante la exploración preliminar se ubicaron 26 maíces locales. Algunos son ampliamente distribuidas entre las comunidades, otras no tanto. Pocas han sido cultivadas desde la fundación de los ejidos, mismas que tienen entre 20 y 40 años. Algunas llegaron tiempo después, recientemente o se han generado con cruza intencionales de las variedades existentes o mezcladas con mejorados. En este sentido, el uso y manejo de variedades locales o maíces locales es una dinámica constante, donde el agricultor permanentemente intercambia semillas, prueba nuevas variedades y experimenta al mezclarlas (Bellon y Brush, 1994).

Actualmente el $\pm 89\%$ de los agricultores siembran maíces locales. La selección es principalmente por su adaptación al ambiente, rendimiento en la producción y usos alimenticios. Según Perales *et al.*, (2005) estas formas de selección son componentes principales en la satisfacción de necesidades. Sin embargo, depende de los grupos culturales, por ejemplo, en Chiapas se ha encontrado que los grupos indígenas seleccionan sus variedades por aspectos culinarios y/o religiosos, mientras que los mestizos desvían la selección hacia aspectos más comerciales (Brush y Perales, 2007).

En la zona donde se centró este estudio, el 21% de los agricultores que siembran maíces locales tienen sus orígenes en algún grupo étnico (principalmente Tsotsil), el resto son mestizos. Este hecho permite que en la REBISE existan variedades específicas, por ejemplo, durante la exploración se encontró que el 82% de los maíces de coloración morada lo siembran indígenas.

Un aspecto importante en el desarrollo de los maíces locales es el acceso al principal medio de producción, la tierra (Estrada *et al.*, 2003). La tenencia de tierra permite que el agricultor tenga la oportunidad de crear nuevos nichos agroecológicos permanentes. Estas situaciones están ampliamente fortalecidas en las comunidades contempladas para el estudio. En concreto, se encontró que: 1) el 80% de los agricultores que siembra maíces locales son ejidatarios y cuentan con una propiedad

parcelaria individual. 2) El 12.4% son pobladores y avecinados integrados a las comunidades ejidales, y carecen de parcelas propias. En algunos casos logran comprar parcelas ejidales con acuerdo de la asamblea ejidal, en otros solo arrendan. 3) El 7.6% son propietarios y cuentan con un título de propiedad privada. Este grupo se ubica en la comunidad El Triunfo.

La edad del agricultor es otro aspecto que muchos autores lo relacionan con la disposición para adquirir nuevas tecnologías y asegurar la permanencia de las variedades locales (Pat *et al.*, 2012). En las comunidades contempladas para este estudio se encontró que la edad promedio de los agricultores que siembran maíces locales es 52.3 ± 14.9 años. Aguilar (2010) menciona que a esta edad son agricultores jóvenes que están accesibles a nuevos cambios del sistema. En otras palabras, son agricultores que están accesibles a nuevas variedades. Una de las razones de encontrar personas de esta edad puede deberse a que las comunidades son de reciente fundación; si consideramos que más del 50% de los agricultores llegaron a las comunidades cuando apenas tenían ± 20 años de edad ó ahí nacieron. En este sentido, casi el 70% de los agricultores tienen entre 20 y 60 años.

En el Cuadro 13 se resumen las características de tenencia de tierra, presencia de grupos étnicos y edad de los agricultores, que se presentan en las comunidades de estudio.

Cuadro 13. Características generales de los agricultores entrevistados en las comunidades de estudio de la REBISE

Comunidades	agricultores/ comunidad	Edad ($\bar{X}$)	Origen (%)		Tenencia de Tierra (%)		
			OE	Mz	Ej	Pr	AyP
El Triunfo	27	45.3 ± 10.9	33	67		89	11
California	84	52.3 ± 17.7	80	20	93	0	7
Nueva Independencia	23	44.5 ± 15.2	14	86	71	0	29
Tres Picos	84	54.5 ± 13.1	27	73	64	0	36
Nueva Esperanza	22	46.7 ± 6.8	0	100	67	0	33
Josefa Ortiz de Domínguez	68	68.4 ± 6.8	0	100	100	0	0
La Sombra de la Selva	86	51.2 ± 15.2	0	100	100	0	0
Ricardo Flores Magón	120	53.7 ± 13.7	0	100	92	0	8
Villahermosa	22	48.0 ± 18.8	30	70	100	0	0
La Sierrita	32	59.1 ± 12.8	0	100	86	0	14

OE: Origen étnico; Mz: Mestizos; Ej: Ejidatarios; Pr: Propietarios; AyP: Vecinos y Pobladores.

Una de las características de los agricultores de la REBISE es que realizan más de un sistema de producción (1.9 ± 0.9). Entre los principales se encuentran el cultivo de frijol (91.4%), Café (36.2%) y La Ganadería Bovina (27.6%). Otros como las hortalizas (13%), calabaza (5.7%) y frutales (5.7%) forman parte de la diversificación agroalimentaria en algunas comunidades de la región (Cuadro 14). La ganadería porcina también se encuentra presente con el 1%. Por otra parte, en algunos casos (3%) realizan otras actividades que les ayuda a mantener la estabilidad económica familiar (son comerciantes, albañiles, o realizan trabajos fuera de la comunidad). Mariaca *et al.*, (2003) se refiere a estos (sistemas agropecuarios y actividades varias) como las necesarias para mantener el sistema maíz en comunidades del sur del país. Principalmente como fuente de dinero que ayudan a adquirir energías externas como fertilizantes y agroquímicos, ya que en algunos casos el maíz es de autoconsumo.

Cuadro 14. Sistemas de producción que se realizan en la zona de estudio

	SP/agricultor ($\bar{X}$)	Sistemas de producción (%)						
		Fj	Cl	Hx	Fr	Cf	GB	GP
El Triunfo	2.6 ± 0.9	88.9	22.2	11.1	-	66.7	66.7	-
California	1.5 ± 0.9	80	-	20	6.7	-	40	6.7
N. Independencia	2.2 ± 0.7	92	-	14.3	14.3	100	-	-
Tres Picos	2.5 ± 0.5	100	9.1	27.3		100	18.2	-
N. Esperanza	2.5 ± 1.0	100	-	66.7	33.3	-	50	-
La S. de la selva	1.4 ± 0.9	100	-	-	-	-	25	-
Villahermosa	1.3 ± 0.5	70	30	-	-	10	10	-
J. O. de Domínguez	1.1 ± 0.3	88.9	-	-	-	11.1	44.4	-
R. F. Magón	1.2 ± 1.0	100	-	-	-	-	8.3	-
La Sierrita	2.4 ± 0.5	100	-	14.3	14.3	71.4	42.9	-

Fj: Frijol; Cl: Calabaza; Hx: Hortalizas; Fr: Frutales; Cf: Café; GB: Ganadería Bovina; GP: Ganadería porcina

En la Figura 5 se aprecia que el frijol es un cultivo fuertemente asociado a todas las comunidades. Sin embargo, esta asociación se presenta en menor medida con las comunidades de California y Villahermosa.

Los cultivos de café, calabaza y ganadería no mostraron fuerte asociación con las comunidades. Sin embargo, es importante destacar que el café es un sistema altamente cultivado en comunidades como Nueva Independencia y Tres Picos. Lo que significa, que se ha convertido en una fuente importante de ingreso para los agricultores en ambos ejidos. Además, las condiciones ambientales favorecen el perfecto desarrollo de la especie.

El sistema de Ganadería Bovina (GB) se presenta en todas las comunidades, excepto en Nueva Independencia. Sin embargo, este sistema puede o no realizarse independientemente de la comunidad. Esto se ve justificado con lo mencionado por Keleman *et al.*, (2009), quienes afirman que la ganadería en algunas comunidades de la Frailesca es una actividad complementaria al resto de los sistemas agrícolas.

La calabaza es otra de las especies asociadas al maíz. En la Frailesca esta asociación ha sido muy común (Hernández, 2013). Sin embargo, en comunidades contempladas para este estudio, ha ido en decadencia. Únicamente en las

comunidades de El Triunfo y Villahermosa existe una tendencia a asociarse. Villahermosa, es donde más se presenta el uso de esta cucurbitácea, además, al menos en un caso se encontró la presencia de chilacayote asociado al maíz.

Aunque la presencia de chilacayote no sea relevante en la zona de estudio, es importante tener en cuenta que en la Frailesca ha sido uno de los cultivos más antiguos asociado al maíz (Cobo y Paz, 2010).

Finalmente, los cultivos de hortalizas y frutales presentaron mayor asociación a la comunidad Nueva Esperanza.

En el sistema maíz, además del cultivo de temporal algunos agricultores empiezan a practicar el cultivo bajo riego (7.6%). California es el ejido donde más se practica este sistema.

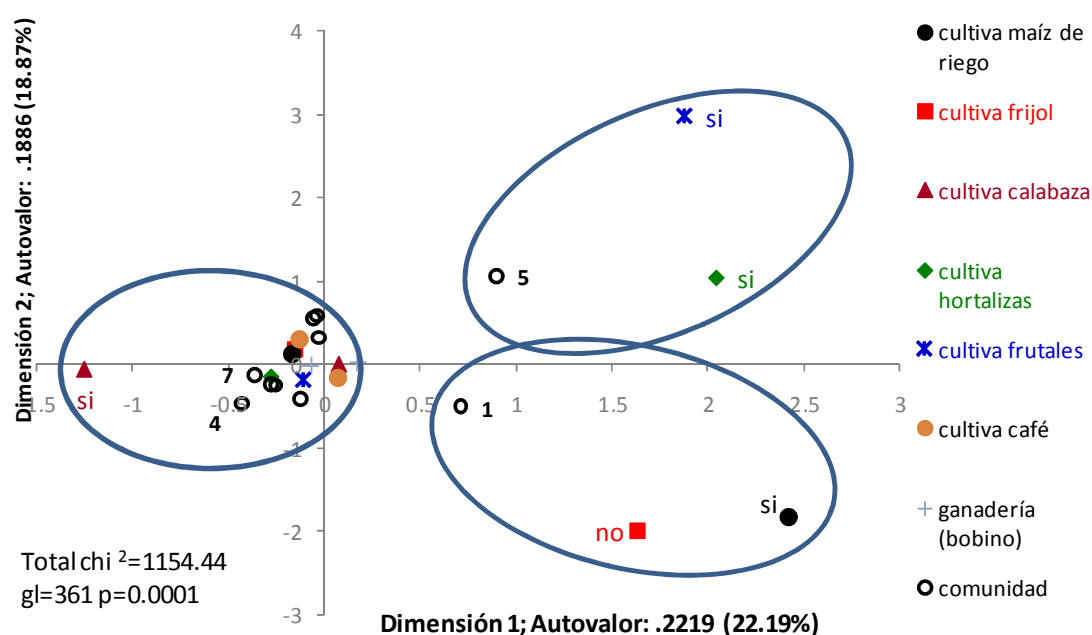


Figura 5. Asociación entre las actividades realizadas en los sistemas de maíces locales y las comunidades contempladas en el estudio. 1) California; 2) Tres Picos; 3) Ricardo Flores Magón; 4) Villahermosa; 5) Nueva Esperanza; 6) El Triunfo; 7) Josefa Ortiz de Domínguez; 8) La Sombra de la Selva; 9) La Sierrita; 10) Nueva Independencia.

Uno de los aspectos más relevantes en el cultivo del maíz local, es que el agricultor siembra más de una variedad, y puede llegar a sembrar hasta cuatro tipos, en promedio 1.6 (2).

Por otra parte, durante el estudio se encontró que en al menos el 16.2% de agricultores que siembran maíces locales, también siembran mejorados comerciales. Al respecto, si lo comparamos con datos anteriores, se puede apreciar que el uso de maíces mejorados ha ido en decadencia. Por ejemplo, desde 1994 con el Tratado de Libre Comercio para América del Norte (TLCAN) se inició una revolución con los maíces mejorados (Fox y Haight, 2010), y que hasta el 2002 tuvo relevancia en la REBISE (Hernández, 2010). Tal que, en el 2001 casi el 40% de los agricultores había sustituido sus semillas locales por comerciales y el 45.3% dependía de ambas semillas, pero para el 2006 esta cifra se había reducido a un 26.7% y 43% respectivamente (Bellon y Hellin, 2011). En este sentido, aunque las políticas públicas han tratado de persuadir a los agricultores a que usen maíces comerciales, estos aun mantienen sus semillas locales, y las seguirán manteniendo. Una de las razones por la que aún se conservan las maíces locales es que presentan características de adaptabilidad al ambiente (Perales, 2012).

Otros aspectos importantes del sistema es el uso de variables productivas como superficie sembrada (SS) y rendimiento. La variable SS, descrita con la unidad de medida “hectáreas” es poco usual en las comunidades de estudio. En su lugar se tiene en cuenta la cantidad de semilla sembrada (CSS). La CSS es la principal medida de siembra para los agricultores, y puede ser en almud (1almud= 12 Kg), Kg (1kg= 0.0833 almud) o cuartilla (1cuartilla= 3 kg). Es así que, 1ha es equivalente a 17-24 kg ó 1.42-2 almudes de semilla. Estos valores están determinados por “el tamaño del grano, las distancias de siembra, la topografía del terreno, etc”. Cada agricultor siembra en promedio 1.7 almud con un rendimiento de 1.2 ton/almud. Para fines prácticos en el Cuadro 15 se muestran los datos de CSS en almud y de rendimiento en ton/almud de semilla sembrada.

Cuadro 15. Superficie sembrada y rendimiento de los maíces locales

Comunidades	N Var/ agricultor ($\bar{X}$)	CSS/ VL* (%)			Rendimiento Ton/almud
		<0.8 almud	0.9-2.6 almud	>2.7 almud	
El Triunfo	2.5 ± 1.1	26.1	52.2	21.7	1.5
California	2.1 ± 0.9	32.0	60.0	8.0	1.3
Nueva Independencia	1.4 ± 0.5	27.8	61.1	11.1	0.8
Tres Picos	1.7 ± 0.6	40.0	40.0	20.0	1.1
Nueva Esperanza	1.2 ± 0.4	16.7	66.7	16.7	1.8
Josefa Ortiz de Domínguez	1.7 ± 0.7	22.2	33.3	44.4	1.3
La Sombra de la Selva	1.2 ± 0.4	0.0	75.0	25.0	1.1
Ricardo Flores Magón	1.5 ± 0.8	33.3	55.6	11.1	1.2
Villahermosa	1.5 ± 0.8	40.0	60.0	0.0	1.0
La Sierrita	1.7 ± 1.0	0.0	100	0.0	1.4

*Variedades Locales

5.1.2 Presencia y distribución de los maíces locales en la REBISE

La **presencia** se define como la existencia de maíces locales en la REBISE. La **distribución** hace referencia a los lugares donde los maíces locales se reparten o agrupan, y se determina por el número de comunidades donde se encuentran presentes. En las comunidades contempladas para el estudio existen pocos materiales altamente distribuidos. Los más distribuidos son: Amarillo, Precoz, Tuxpeño en nueve, ocho y seis comunidades respectivamente. Otros como el Jarocho se encuentran en cinco comunidades; el maíz Crema, maíz Negro y Olote Rojo en cuatro comunidades; y el maíz Chimbo y Morales en tres comunidades; el resto, en dos y una comunidad (Figura 6).

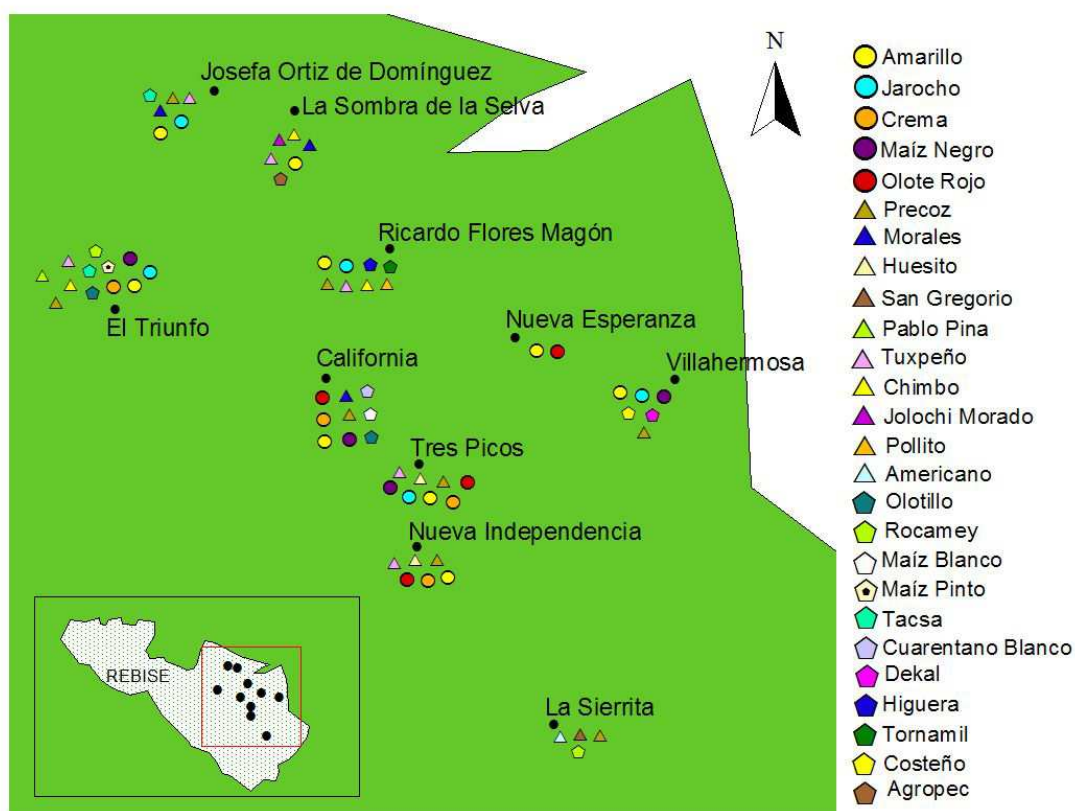


Figura 6. Distribución de las variedades locales en el área de estudio de la REBISE

Las Variedades locales que presentan mejor distribución, coinciden con los más sembrados por los agricultores. El maíz Amarillo, que es el material genético mejor distribuido, es el más cultivado en un 27.1% del total de agricultores. En orden descendente sigue el Jarocho (19.6%), Precoz (16.8%), Crema (14.0%), Maíz Negro (10.3%), Tuxpeño (8.4%), Olote Rojo (8.4%), Morales (6.5%) y Chimbo (5.6%). Sin embargo, existen otros no dispersos que se agrupan en un rango medio de la distribución, como son: el Huesito (8.4%) y San Gregorio (3.7%) sembrados en dos y una comunidad respectivamente (Cuadro 16). En este sentido, se establece que existe una aceptación diferente de las variedades locales en cada comunidad que se presenten.

Cuadro 16. Presencia y distribución de los maíces locales en el área de estudio de la REBISE

Distribución en comunidades	VL mas cultivadas en la REBISE*		
	Más cultivados $\leq 9.1\%$	Regular 3.0 – 9.0 %	Pocos cultivados $\geq 2.9 \%$
≥ 6 comunidades (alta)	Amarillo; Precoz	Tuxpeño	-
3 – 5 comunidades (media)	Jarocho; Crema; Maíz Negro	Chimbo; Morales; Olote Rojo o Pérez	-
≤ 2 comunidades (baja)	-	Huesito; San Gregorio	Pablo Pina; Jolochi Morado; Olotillo; Rocamey; Maíz Blanco; Maíz Pinto; Tacsá; Cuarentano Blanco; Dekal; Pollito; Higuera Tornamil; Costeño Agropec; Americano

* Para entender cuáles eran las VL más cultivadas en la REBISE, se elaboró un criterio de agrupamiento que se adecuará a la percepción que se tuvo hacia los germoplasmas más utilizados. Para este caso se establecieron rangos que delimitaron a los grupos. Al tener en cuenta la existencia de valores muy dispersos se decidió establecer los rangos a partir de la media aritmética ($\bar{X}=6\%$). El cual consistió en ubicar un límite en ambos extremos de la media. Para establecer este límite se dividió la media por dos y se obtuvo un valor (en este caso 3%) que se restó y sumó a la media. Esta misma metodología se utilizó para definir rangos de prevalencia (en la REBISE y en cada comunidad) y agrupar las razones de uso de los maíces.

Entre otros aspectos, es importante mencionar que en las comunidades estudiadas se registra un número diferente de maíces locales. Esto nos permite tener una idea preliminar de la variabilidad genética y por otra parte delimita la prevalencia de los maíces en cada comunidad. Es decir, a mayor número de maíces, la proporción de superioridad ante los demás es menor. En tal caso, es necesario tener en cuenta que las comunidades de El Triunfo y California cuentan con 12 y 9 cultivares respectivamente; Tres Picos y Ricardo Flores Magón con ocho cultivares; Nueva Independencia, La Sombra de la Selva, Villahermosa y Josefa Ortiz de Domínguez

con seis cultivares; y La Sierrita y Nueva Esperanza con cuatro y dos cultivares respectivamente.

5.1.3 Prevalencia de los maíces locales en la REBISE

La **Prevalencia** representa la proporción en superioridad que tiene una variedad ante el resto, y está determinado por la frecuencia relativa. Es decir, la frecuencia que presenta cada cultivar entre la frecuencia total de todos los cultivares. Además, es influenciado por el número de variedades que siembra el agricultor y el número de variedades presentes en la comunidad. En la Figura 7 se muestra la prevalencia en la REBISE de todos los maíces locales. Se agrupan en: 1) sobresalientes ($\geq 5.8\%$) señalados por un círculo grande; 2) intermedios ($5.7-1.9\%$) señalados por los dos círculos pequeños; y no sobresalientes ($\leq 1.8\%$), no señalados.

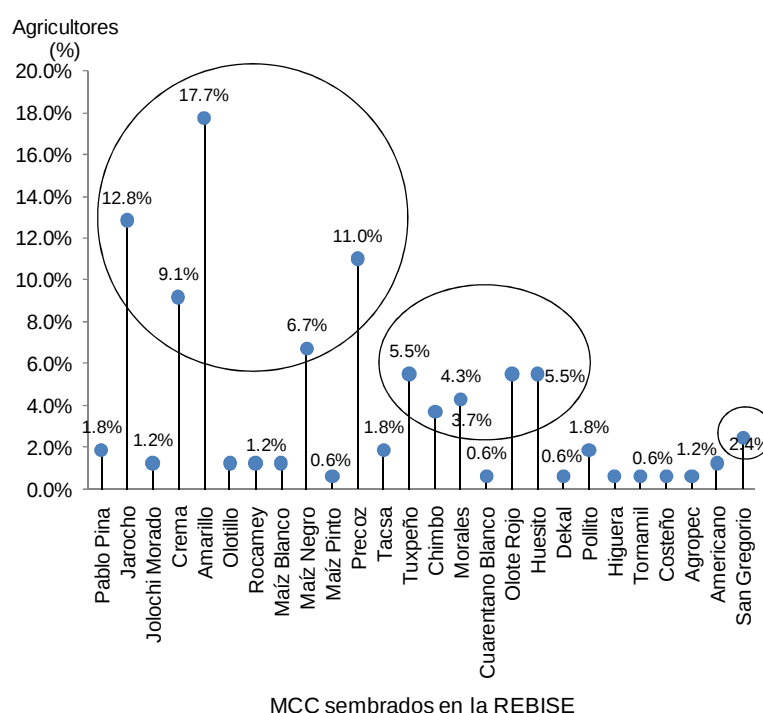


Figura 7. Prevalencia de los MCC en la REBISE

Sin embargo, como se ha predicho, que la prevalencia de los maíces locales entre las comunidades es variante. En el Cuadro 17 se muestran los rangos de prevalencia en cada comunidad. Se observa que existen rangos diferentes, esto se debe a que existen una cantidad diferente de variedades presentes por comunidad. Lo que se

busca con este criterio es conocer cuál es más superior en cada comunidad independientemente de la superioridad que tiene un maíz ante el resto en la REBISE.

Cuadro 17. Rangos de prevalencias para clasificar los maíces locales en cada comunidad estudiada

Comunidades	Prevalencia (%)		
	Sobresalientes	Intermedios	No sobresalientes
El Triunfo	>12.6	12.5-4.2	<4.1
California	>16.8	16.7-5.6	<5.5
T. Picos	>18.8	18.8-6.3	<6.2
R. F. Magón	>18.8	18.8-6.3	<6.2
La S. de la Selva	>25.1	25-8.3	<8.2
Villahermosa	>25.1	25-8.3	<8.2
J. O. de Domínguez	>25.1	25-8.3	<8.2
N. Independencia	>25.1	25-8.3	<8.2
La Sierrita	>37.6	37.5-12.5	<12.4
N. Esperanza	>75.1	75-25	<24.9

En el Cuadro 18 se observan los maíces con alta prevalencia en la REBISE. Podemos ver que el maíz amarillo tiene más aceptación en las comunidades de California, Josefa Ortiz de Domínguez y Nueva Independencia; el Jarocho en El Triunfo, Tres Picos, Ricardo Flores Magón y Villahermosa; el Precoz en Tres Picos; El Crema en California; y el Maíz negro en California y Villahermosa.

Cuadro 18. Prevalencia por comunidad de las LV que presentaron alta prevalencia en la REBISE

	Amarillo	Jarocho	Precoz	Crema	M. Negro
El Triunfo	13.0 ²	26.1 ¹	4.3	4.3	4.3
California	16.7 ¹	-	13.3 ²	30.0 ¹	16.7 ¹
T. Picos	6.7 ²	20.0 ¹	33.3 ¹	6.7 ²	6.7 ²
R. F. Magón	5.9	35.3 ¹	5.9	-	-
La S. de la Selva	16.7 ²	-	-	-	-
Villahermosa	20.0 ²	33.3 ¹	6.7	-	26.7 ¹
J. O. de Domínguez	46.7 ¹	6.7	13.3 ²	-	-
N. Independencia	30.0 ¹	-	5.0	20.0 ²	-
La Sierrita	-	-	22.2 ²	-	-
N. Esperanza	14.3	-	-	-	-

Maíces sobresalientes: ¹ Sobresalientes; ² Intermedios

De los maíces de prevalencia intermedia en la REBISE presentaron las siguientes aceptaciones en las comunidades: El Tuxpeño y Chimbo solo tuvieron aceptación media entre las comunidades; El Morales tuvo aceptación alta en La sombra de la Selva; El Olote Rojo en Nueva Esperanza; el Huesito en Nueva Independencia y el Maíz San Gregorio en La Sierrita (Cuadro 19).

Cuadro 19. Prevalencia por comunidad de los maíces locales que presentaron prevalencia intermedia en la REBISE

	Tuxpeño	Chimbo	Morales	O. Rojo	Huesito	S. Gregorio
El Triunfo	4.3	8.7 ²				
California			6.7 ²	3.3		
T. Picos	6.7 ²			6.7 ²	13.3 ²	
R. F. Magón	5.9	17.6 ²				
La S. de la Selva	16.7 ²	8.3	33.3 ¹			
Villahermosa						
J. O. de Domínguez	20.0 ²		6.7			
N. Independencia	5.0			5.0	35.0 ¹	
La Sierrita						44.4 ¹
N. Esperanza				85.7 ¹		

Maíces sobresalientes: ¹ Sobresalientes; ² intermedios

De los maíces con prevalencia no sobresaliente en la REBISE, únicamente el maíz Pablo Pina resultó con alta aceptación en la comunidad de El Triunfo. Algunos como Jolochi Morado, Pollito y Americano resultaron con aceptación intermedia en las comunidades de La Sombra de la Selva, Ricardo Flores Magón y La Sierrita, respectivamente.

5.1.4 Permanencia de los maíces locales en la REBISE

La permanencia se define como la duración que tiene un maíz en el tiempo en el área de estudio. Está representado por los años en que los maíces locales han estado presentes, y se limita a conocer las razones por la que persisten. Sin embargo, es una expresión en tiempo de la persistencia de los maíces locales. Por tal motivo responde a la pregunta ¿Cuál es el tiempo (años) que tienen los maíces locales en la REBISE? En este sentido, puede encontrarse maíces que tienen desde 1 año hasta los 40 años de estar presentes, o ser cultivado por los agricultores, con un promedio de 11.7 ± 10.9 años. Encontrándose que el 44.9% de los maíces cultivados tienen entre 1 a 6 años, el 20.4% de 7 a 12 años, un 13.6% de 13 y 18 años, otro 6.8% entre 19 a 24 años, y un 8.2% entre 25 a 30 años. Empero, existen algunos que han sido cultivados durante más años y que rebasan el rango promedio, estos maíces representan el 5.4% (37 a 42 años) y 0.7% (55 a 60 años).

Estos datos reflejan la importancia que ha tomado los maíces locales en los últimos años en las comunidades de estudio. Si tomamos en cuenta que las variedades mejoradas habían revolucionado en la REBISE, en los últimos seis años muchos agricultores que habían perdido sus semillas, las han recuperado con familiares o compañeros. Dado a este problema son pocos los materiales que se conservan desde que se fundaron los ejidos. En el Cuadro 20 se muestran estos maíces.

Cuadro 20. Maíces locales que se conservan desde la fundación del ejido

Comunidad	Años de fundación (< 2012)	Permanencia de Maíces (años)					
		Amarillo	Jarocho	M. Negro	Crema	O. Rojo	Rocamey Pollito e Higuera
El Triunfo	27	X	X				
California	32			X	X		
T. Picos	40						
R. F. Magón	44						X
La S. de la Selva	40						
Villahermosa	30		X	X			
J. O. de Domínguez	50	X					
N. Independencia	31	X					
La Sierrita	30						X
N. Esperanza	22					X	

5.1.5 Factores que influyen en la prevalencia y permanencia de los maíces locales

Al referirnos a factores que influyen en la prevalencia y permanencia de los maíces locales, buscamos responder la pregunta ¿Por qué aun están presentes los maíces locales? En este sentido, estos factores o condiciones se describen como los motivos por las que aun se cultivan y usan los maíces locales. Existen 30 de ellos, que se agrupan en: por su facilidad de adaptabilidad al ambiente (36.3%), potenciales en la producción (33.1%), potencial para elaborar alimentos (14.8%), características morfológicas y fisiológicas (10.9%) y por costumbre o porque le propicia un beneficio económico (4.9%).

Los Motivos más importantes para preferir un maíz local, son (Cuadro 21): resistencia a la pudrición de mazorca (24.9%), resistencia a la presencia de gorgojos (6.7%) y al viento (3.5%). También se prefieren aquellos de mazorcas grandes (5.4%), granos pesados (4.9%) y mazorcas completamente llenas (4.0%), lo que permite tener y considerar la capacidad de mejores rendimientos (17.3%) para preferir un cultivar. Por otra parte, también se elige por presentar buen sabor en elotes y/o en la elaboración de comidas (7.2%) y en bebidas como el pozol (2.7%),

además considerarlos nutritivos (1.7%). En otros aspectos los eligen por su precocidad (3.7%), color del grano (3.7%) y altura de la planta (1.7%).

En general, se puede deducir que regiones donde las condiciones ambientales y económicas son extremas, y accesibilidad de recursos convencionales son limitadas, los agricultores valoran la adaptación de las variedades a condiciones de baja fertilidad del suelo, resistencias a plagas y enfermedades y la posibilidad de almacenamiento de sus granos y semillas (Hellin et al., 2006).

Cuadro 21. Razones por las que siembran los maíces locales en la REBISE

Grupos	Subgrupos		
	Destacados (≥5.2%)	Relevantes (3.4 ± 1.7%)	Menos relevantes (≤1.6%)
Adaptabilidad al ambiente	- Resistencia a la pudrición de mazorca - Resistencia a la presencia de gorgojos	- Resistencia al viento	- Resistencia a la falta de agua - Resistencia a la falta de aplicación de fertilizantes
Potencial de producción	- Rendidor - Mazorcas grandes	- Pesor del grano - Mazorcas C. llenas	- Granos grandes
Potencial para elaborar alimentos	- Buen sabor en elotes y comidas	- Bueno para elaborar pozol - Nutritivo	- Bueno para la alimentación de animales - Para hacer tamales - Buen aroma - Mejores tortilla*
Morfología y fisiología	-	- Precocidad - Color del grano - Altura	- Fácil de desgranar - Olote delgado
Beneficio económico o costumbre	-	-	- Está inscrito en el PROMAC - Es económico - Sus compañeros lo

- compran o lo*
- siembran*
- *No prospera otro tipo*
- de maíz*
- *Para tener maíz*
- blanco*
- *Para vender*
- *Para probar su*
- rendimiento*
- *Por costumbre*

* *La tortilla no endurece y al cocerse la parte superior sube bien (también conocida como ampolla)*

5.1.6 Usos de los maíces locales

En las comunidades de estudio, el uso de los maíces locales está relacionado con la comercialización y con el autoconsumo. En el autoconsumo los principales usos son: tortilla, pozol, elotes, tamales, pinoles y se emplea en diversas comidas. Así también, para la alimentación de animales de granja. Esta forma de consumo del maíz es similar a muchos lugares del sur de México. Por ejemplo, un estudio realizado por Mariaca *et al.*, (2003) encontraron que en comunidades de Chiapas y Quintana Roo los usos más comunes son tortillas, pozol, atole y tamales. Así como para los rituales y la alimentación de aves y cerdos.

5.2 Descripción de aspectos socio-agronómicos

5.2.1 El uso desde la perspectiva del destino de la producción

Con el aspecto socio-agronómico se plantea describir como el agricultor selecciona su maíz, planea y realiza sus actividades agrícolas a partir de sus necesidades económicas, disposición de recursos y necesidades particulares de uso del maíz. En particular el uso de los maíces inicia en una decisión personal del agricultor (es la parte en que decide si el maíz a sembrar lo requiere principalmente para el autoconsumo o la comercialización).

Al hablar de autoconsumo se hace inferencia a cualquier aspecto que se relacione dentro del círculo familiar. Por ejemplo: 1) la alimentación humana; 2) alimentación de los animales de la granja, principalmente cerdos, aves y equinos en el caso del grano, y ganado bovino en el caso de rastrojo; 4) usos varios, p.e., el olote como

combustible, brácteas para tamales, etc. y 5) la semilla para siembra. Respecto al destino comercial puede ser local o directamente con comerciantes. En lo local, la venta es con personas dentro de la misma comunidad ó de las comunidades cercanas, quienes ocupan el maíz para uso local. La venta con comerciantes se refiere al acto de vender el maíz con intermediarios conocidos localmente como “coyotes”.

En una muestra exploratoria con agricultores que siembran los maíces más cultivados en la REBISE (cuadro 22), se encontró que exactamente todos los agricultores destinan parte (56.25% de agricultores) o total (43.75%) de la producción para el autoconsumo. De los agricultores que venden parte de su producción, un 55.6% vende el maíz con sus mismos compañeros, un 22.2% suelen vender con comerciantes, y el resto con ambos. Este comportamiento ha llevado a tener ciertas preferencias por los maíces, principalmente por el color del grano. Por ejemplo, quienes venden con comerciantes, prefieren maíces que presentan mazorcas con granos completamente blancos. Al vender con sus mismos compañeros tienen a ser más flexibles y permiten mazorcas con colores diferentes al blanco. Mientras que, los que usan el maíz en un 100% para autoconsumo cultivan variedades de diferentes tonalidades de color de grano; por ejemplo, amarillos, rojos, naranjas y moradas.

Al respecto: Cornelio Santos Avendaño de 36 años de edad, de la comunidad de California comentó “...yo prefiero el maíz blanco porque este puedo venderlo... cuando el maíz presenta otros colores [está revuelto] no lo compran o lo pagan muy barato, por ejemplo el “Crema”, ese es muy difícil de vender...”; Juan Carlos Cruz Pérez de 35 años, quien siembra maíz Crema, dice “...yo siembro este maíz porque se me da muy bien... cuando suben a comprar, este maíz no lo llevan; aunque acá la gente le gusta mucho porque es muy sabroso, y lo compran para sus consumo... yo lo utilizo todo para mi consumo porque siembro muy poco...”.

Por otra parte, se observa que entre los agricultores que venden parte de su producción, aquellos que siembran una mayor CSS suelen vender más grano. Por ejemplo, Francisco Ramón Sixto Morales siembra 40 kg de semilla (aprox. 2 ha) cosecha en promedio 6 t; el cual destina alrededor de 75% para la venta comercial que corresponde a 4.5 t, quedándose con 1.5 t para autoconsumo; Comparado con

Neftali Cruz Santos que siembra 14 kg de semilla, con un rendimiento de 1.6 t; vende el 25% (0.4t) y se queda con 75% (1.2 t) para autoconsumo. En general un agricultor deja para autoconsumo entre 0.8 y 1.5 t, en algunos casos hasta 2.5 t. La cantidad depende si es únicamente para alimentar la familia o se emplean en alimentar los animales de granja. Según algunos agricultores se requiere alrededor de 3kg de maíz diario para alimentar una familia. Un cálculo rápido muestra que si esto es cierto, una familia necesita alrededor de 1.1 t de maíz al año. Lo que significa que el agricultor vela primero por el sustento alimenticio familiar antes de vender.

Cuadro 22. Comparación entre la CSS, el rendimiento y destino de la producción

Agricultor	Maíz cultivado	CSS (kg)	R/CSS (t)	Auto-consumo	Venta local	Venta C.
Mario Hernández López	Amarillo	3	0.38	100%		
Cornelio Santos Avendaño	Precoz	24	3.00	33%	67%	
Juan Carlos Cruz Pérez	Crema	3	0.30	100%		
Mariano Ruíz Ruíz	Maíz Negro	3	0.30	100%		
Silverio Moguel Cruz	Precoz	24	3.20	31%	69%	
Fernando Díaz López	Huesito	8	1.12	71%	29%	
Neftalí Cruz Santos	Jarocho	14	1.60	75%	25%	
Omar Torres	Jarocho	20	3.00	67%	33%	
Javier de Jesús López Castro	Amarillo	10	1.25	50%		50%
Ponciano Castro Ozuna	Jarocho	18	2.50	100%		
Francisco Ramón Sixto Morales	Olote-Rojo	40	6.00	25%	75%	
Onésimo Hernández Gutiérrez	Morales	10	1.20	100%		
Arturo de la Cruz Sánchez	Amarillo	9	1.20	100%		
Segundo Gómez López	Chimbo	12	1.20	100%		
Segundo Gómez López	Pollito	12	1.20	100%		
Rafael Cruz Ruíz	Amarillo	19	2.95	5%	20%	75%
Rafael Cruz Ruíz	Jarocho	17	3.00	27%		73%
Rafael Cruz Ruíz	Tornamil	17	3.00	27%		73%
Migue Ángel Clemente Ramírez	San Gregorio	30	4.00	25%		75%

En el uso local, dos necesidades son prioritarias, la alimentación familiar y la semilla que se sembrará el siguiente ciclo. Sin embargo, en ocasiones se considera la alimentación de animales de granja, siempre y cuando se tenga suficiente grano; esto lo hacen al menos el 88% de los agricultores.

Por otra parte, se emplea el uso de la planta como forraje (19% de los agricultores) o rastrojo (50%) después de la cosecha. En algunos casos usan el estigma (31%) como uso medicinal, principalmente para la cura de enfermedades como “mal de orín”; se usa en estado fresco, se hierva en agua y se toma como té. También se consume en elotes (100%), donde el 6% llega a comercializarlo. El olote puede emplearse como combustible (25%). El uso de este material es muy escaso, por lo que solo se emplea cuando el desgranado del maíz se hace en casa, dejándose una pequeña parte (muy mínima en comparación a lo que se obtiene) para este uso y el resto es incinerado.

Así también, algunos tipos de mazorca, principalmente las de grano rojo son empleadas para elaborar cruces o simplemente colocadas en altares como ofrenda (caso de Arturo de la Cruz Sánchez, de 78 años de edad). Las brácteas de la mazorca se emplean para elaborar tamales (94%). Las brácteas y los elotes también son ofrecidos a los animales de forma molida o son dejados en la parcela para que los mismos animales se encarguen de pastarlo junto con el resto de la planta del maíz. En otros casos pueden ser dejados en el campo, el cual sirve como material orgánico que al ser degradado se incorpora al suelo para contribuir en la conservación del suelo. Esteva (2003) y Kato *et al.*, (2009), describen estas diferentes partes y etapas de la madures de la planta como elementos que permiten que el uso del maíz sea muy amplio.

5.2.2 Contribución de la característica de los maíces a la selección de uso

Grano: Como se ha mencionado en el grano, el color es una de las características morfológicas que permite diferenciar a los maíces locales. En general, se consideran cuatro grupos en función al color, estos son: maíces blancos, cremas, amarillos y pigmentados. En el Cuadro 23 se observan los grupos a los que pertenecen los maíces locales evaluados en este estudio.

Cuadro 23. Agrupación de los maíces locales según su color

Blancos	Cremas	Amarillos	Pigmentados
Precoz	Crema	Amarillo	Maíz Negro
Chimbo			
Olote Rojo			
Huesito			
Pollito			
San Gregorio			
Jarocho			

En muchos casos el color puede asociarse a ciertas características del grano, que se relacionan con la percepción, el gusto y las suposiciones, por ejemplo: el sabor, el olor, la dureza, ser considerados nutritivos y claro la aceptación en el mercado. Cuando se destina un maíz para la alimentación familiar prácticamente se considera el sabor, el olor, la dureza y el ser nutritivo. En la alimentación animal, se prioriza ser nutritivo. En la comercialización, la facilidad para comercializarlo.

Desde la perspectiva de la alimentación familiar, el sabor es considerado evidente en la selección y preferencia del maíz. Por ejemplo, los maíces amarillos y cremas se consideran más sabrosos y de mejor olor para elaborar el alimento familiar. Sin embargo, se aprecian más duros. Los maíces blancos son menos sabrosos y con menos olor pero más suaves. Los maíces negros los prefieren por el color que obtiene la tortilla y otros productos al ser preparados. El tamaño de grano, se considera cuando se elabora el pinol y tascalate, para este caso se prefieren aquellos de granos más pequeños, y regularmente se usan los de la punta de la mazorca.

En la alimentación animal, prefieren los maíces amarillos por ser considerados más nutritivos, además que sea evidente a los ojos de los agricultores el incremento de peso de los animales como cerdos y aves.

Planta: En la alimentación animal se prefirieren maíces que presentan plantas altas y de grano amarillo, para el caso de ser utilizado en verde. En el suministro de forraje seco no se exigen características ya que como residuo de cosecha es una

oportunidad (un beneficio extra) para utilizarlo en la alimentación animal. Sin embargo, se considera que los maíces con tallo más delgado se consumen mejor por los animales. Juan Antonio Toledo Cruz de 52 años de edad, menciona: “...la vaca come mejor el rastrojo cuando el tallo es más delgado [se lo come todo, no deja nada], cuando es más grueso siempre lo deja y lo aplasta desperdiciando materia [lo pisotea mucho]...”.

Flor: En su uso medicinal, el estigma de cualquier maíz es útil. Sin embargo, algunos recomiendan el uso de aquellos con coloraciones rojizas.

Mazorca: En elote se consideran mejor cuando los granos tiernos son suaves y con un buen sabor. Por ello, los maíces Cremas y Amarillos son los ideales. Así también, al considerarse las brácteas para elaborar tamales, se prefieren los de mazorca más grande y que no se encuentran dañadas.

El Cuadro 24, muestra los cuatro principales usos en la región mencionados por los agricultores y calificados según las necesidades de los mismos.

Cuadro 24. Calificación en sus usos de los maíces locales según el color

	Blancos	Cremas	Amarillos	Pigmentados
Alimento familiar	MB	B	MB	B
Alimento animal	R	B	MB	M
Comercialización	MB	R	R	M
Religioso y medicinal	-	-	-	MB
Otros	-	-	-	-

MM: Muy malo; M: Malo; R: Regular; B: Bueno; MB: Muy bueno

5.2.3 Descripción de los maíces locales

En la alimentación familiar los maíces locales se emplean en diferentes formas, entre los principales y más mencionados por los agricultores están: la tortilla, el pozol, el elote, los tamales, el tascalate y el pinol. En el Cuadro 25 se aprecia que en la mayoría de estos usos se consideran buenos (B) y muy buenos (MB). Sin embargo, para elaborar tascalate o pinol algunos se consideran malos (M) y regulares (R), esto se debe a las características del grosor del grano.

Cuadro 25. Calificación de los maíces locales en la alimentación familiar

	<i>Tortilla</i>	<i>Pozol</i>	<i>Elote</i>	<i>Tamales de elote</i>	<i>Tascalate y pinol</i>
<i>Precoz</i>	<i>MB</i>	<i>MB</i>	<i>MB</i>	<i>MB</i>	<i>MB</i>
<i>Chimbo</i>	<i>MB</i>	<i>B</i>	<i>MB</i>	<i>MB</i>	<i>B</i>
<i>Olote Rojo</i>	<i>MB</i>	<i>MB</i>	<i>MB</i>	<i>MB</i>	<i>B</i>
<i>Huesito</i>	<i>MB</i>	<i>MB</i>	<i>MB</i>	<i>MB</i>	<i>MB</i>
<i>Pollito</i>	<i>MB</i>	<i>MB</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>MB</i>
<i>Crema</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>B</i>
<i>Jarocho</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>MB</i>	<i>B</i>	<i>M</i>
<i>Amarillo</i>	<i>B</i>	<i>MB</i>	<i>MB</i>	<i>MB</i>	<i>R</i>
<i>Maíz Negro</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>B</i>

MM: Muy malo; M: Malo; R: Regular; B: Bueno; MB: Muy bueno

En la alimentación animal el mejor maíz considerado tanto en la alimentación en grano y como en forraje es el Amarillo (Cuadro 26). En forraje verde los maíces que se han suministrado es el Amarillo, Jarocho y Precoz. En rastrojo, se considera que entre los mejores consumidos por los animales están el Chimbo, Pollito, Amarillo y Jarocho.

Cuadro 26. Calificación de los maíces locales en la alimentación animal

	Grano para alimentación animal	Forraje verde	Rastrojo
<i>Precoz</i>	<i>MB</i>	<i>B</i>	<i>R</i>
<i>Chimbo</i>	<i>B</i>	-	<i>MB</i>
<i>Olote Rojo</i>	<i>B</i>	-	<i>R</i>
<i>Huesito</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>B</i>
<i>Pollito</i>	<i>B</i>	-	<i>MB</i>
<i>Crema</i>	<i>B</i>	<i>R</i>	<i>R</i>
<i>Jarocho</i>	<i>B</i>	<i>MB</i>	<i>B</i>
<i>Amarillo</i>	<i>MB</i>	<i>MB</i>	<i>MB</i>
<i>Maíz Negro</i>	<i>MM</i>	<i>R</i>	<i>R</i>

MM: Muy malo; M: Malo; R: Regular; B: Bueno; MB: Muy bueno

5.2.4 Afectaciones por factores ambientales

Los factores ambientales a veces ocasionan problemas en los cultivos de maíces criollos. Se puede encontrar: la presencia de vientos muy fuertes que dañan principalmente aquellos maíces de mayor altura; las fuertes lluvias que ocasionan presencia de enfermedades como la pudrición de la mazorca; la falta de lluvias; y la incidencia de algunas plagas como el gusano cogollero y la gallina ciega.

5.2.5 Manejo de los maíces criollos

Selección del material genético

Los agricultores eligen sus materiales para sembrar en la REBISE por presentar características como: resistencia a pudrición de mazorca, al picado durante el almacenamiento, resistencia al viento, bajos requerimientos de fertilización, fácil de desgranar, mejor rendimiento y olote delgado. Sin embargo, al ser evaluadas en función a la perspectiva del agricultor, los maíces criollos forman grupos según la característica de interés. Por ejemplo, el Precoz y Amarillo son los mejores para resistir la pudrición de la mazorca, el olote rojo es el más resistente para el picado del grano en el almacenamiento, el resto solo se consideran buenos. Para resistir el viento se consideran mejores aquellos maíces de menor altura como el precoz,

Chimbo y Pollito. En el Cuadro 27 se aprecia cómo se percibe cada maíz criollo en función a sus características agronómicas.

Cuadro 27. Características agronómicas de interés por los agricultores para la selección de sus maíces

	RPM	RPA	RV	BRF	FD	MR	OD
<i>Precoz</i>	<i>MB</i>	<i>B</i>	<i>MB</i>	<i>M</i>	<i>B</i>	<i>MB</i>	<i>M</i>
<i>Chimbo</i>	<i>R</i>	<i>B</i>	<i>MB</i>	<i>R</i>	<i>MB</i>	-	<i>MB</i>
<i>Olote Rojo</i>	<i>B</i>	<i>MB</i>	<i>B</i>	<i>MM</i>	<i>MB</i>	<i>B</i>	<i>R</i>
<i>Huesito</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>M</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>MB</i>
<i>Pollito</i>	<i>R</i>	<i>B</i>	<i>MB</i>	<i>R</i>	<i>MB</i>	-	<i>MB</i>
<i>Crema</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>R</i>	<i>M</i>	<i>R</i>	<i>B</i>	<i>B</i>
<i>Jarocho</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>R</i>	<i>M</i>	<i>R</i>	<i>B</i>	<i>B</i>
<i>Amarillo</i>	<i>MB</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>M</i>	<i>B</i>	<i>MB</i>	<i>B</i>
<i>Maíz Negro</i>	<i>B</i>	<i>R</i>	<i>B</i>	<i>R</i>	<i>B</i>	<i>R</i>	<i>B</i>

RPM: Resistencia a Pudrición de Mazorca; **RPA:** Resistencia al Picado durante el Almacenamiento; **RV:** Resistencia al viento; **BRF:** Bajos requerimientos de fertilización; **FD:** Fácil de desgranar; **MR:** Mejor rendimiento; **OD:** Olote delgado
MM: Muy malo; M: Malo; R: Regular; B: Bueno; MB: Muy bueno

Selección del material para la temporada de riego

Los maíces más utilizados para la época de riego son el precoz (6% de los agricultores) y jarocho (13%). El primero es elegido principalmente por su precocidad (ligera o violenta como le llaman los agricultores). El segundo, por ser considerado de un buen sabor. Además, de que ambos son considerados resistentes a la pudrición. Por otra parte, el objetivo de sembrarlos en riego es para usarlos en la alimentación familiar, principalmente para comerlos en elotes y tamales. También obtienen el beneficio de aprovechar el grano y la pastura o forraje.

La selección de semilla

Los agricultores mencionaron que para seleccionar la semilla a sembrar, eligen la mazorca más pesada (33%), grande (83%), gruesa (8%), llena de granos (42%), limpia y sana (67%), y con granos mas grandes (25%). Esta selección es realizada

en la casa, después de ser cosechado (75%), y al momento de pizar, donde apartan las mazorcas que consideran idóneas (25%).

Por otra parte, el material que se va a sembrar se escoge del centro de la mazorca (92%). Sin embargo, un 8% de agricultores mencionaron que utilizan la semilla completa de la mazorca.

Este método de selección lo realizan por las siguientes razones: 1) por costumbre o porque así les enseñaron sus padres o abuelos (41.2%); 2) porque no conocen otra forma (5.9%), 3) consideran que es la mejor manera de selección y así pueden tener mejores maíces con mayores rendimientos (52.9%).

Actividades agrícolas

En el cuadro 28 se hace una descripción general de las actividades agrícolas que se realizan durante la etapa de cultivo.

Cuadro 28. Características de las actividades agrícolas

Actividad agrícola	Descripción
<i>Rastroje o limpia antes de la siembra</i>	Es una actividad que se realiza antes o después de la apertura de la brecha cortafuego, principalmente en el mes de Abril. Usan machetes y coas. En terrenos donde ha antecedido el ganado vacuno, el trabajo es menor, dado que el pisoteo de los animales reduce bastante la presencia de malezas.
<i>Apertura de brecha cortafuego</i>	Esta actividad se realiza para evitar la pérdida del control del fuego durante la quema. Puede realizarse antes o después del rastroje en el mes de abril o a principios del mes de Mayo. Las brechas van desde los 2 a 3 metros de ancho en el perímetro de la parcela. Las herramientas más utilizadas son machetes y coas.
<i>Quema</i>	Se realiza después de las primeras lluvias, principalmente los productores dejan pasar dos lluvias en el mes de Mayo

	o Junio. Esta actividad se hace de forma controlada, el material vegetal se quema en pequeños montones previamente hechos. El productor se queda en la parcela hasta asegurarse que no exista peligro. Esta actividad se excluye cuando el material vegetal es relativamente escaso para ser quemado.
<i>Siembra</i>	Se lleva a cabo entre los meses de Junio o Julio, una vez establecidas las lluvias. La siembra es con espeque o macana.
<i>Aplicación de herbicidas</i>	Estos productos se aplican de dos a cuatro veces. La primera se realiza antes de la siembra, la segunda antes de la emergencia de la plántula de maíz, y una tercera a los 20 a 30 días después de la siembra. La cuarta aplicación de herbicida no siempre se realiza, al menos que se pretenda hacer la siembra de frijol.
<i>Fertilización</i>	Se realizan dos aplicaciones de fertilizantes. La primera en los primeros días de cultivo, entre dos a 8 días de emergencia la plántula de maíz. La segunda justo antes de la aparición de las espigas masculinas.
<i>Dobla</i>	Se realiza durante el mes de agosto-Septiembre. Regularmente antecede la fecha de siembra de frijol. Cuando el agricultor decide no sembrar frijol donde el maíz se encuentra cultivado, la dobla puede excluirse. En ocasiones se decide la realización para evitar la pudrición de mazorca cuando las lluvias son muy fuertes.
<i>Pisca o cosecha</i>	Esta actividad se realiza entre los meses de diciembre y febrero. Se hace manual. El procedimiento es cortar las mazorcas y hacer montones en partes de la parcela, para luego levantarlas en costales y trasladarlas hasta el lugar donde serán desgranadas. En algunos casos el

desgranado se hace en la misma parcela. También en esta etapa, algunos agricultores seleccionan su material para la siembra del siguiente ciclo.

Condiciones de la siembra y manejo del maíz

Los maíces locales se siembran en un 67% junto al cultivo de otros agricultores, distancia que van desde los límites de la parcela a los 40 metros. Las parcelas más retiradas (33%) se encuentran entre los 150 a 400 metros aproximadamente. Por otra parte, el 50% de los agricultores mencionan que sus vecinos siembran maíces mejorados, pero solo el 17% conoce el tipo de maíz que estos siembran, el resto lo desconoce. Así, el 42% aclaró que sus vecinos no siembran maíces mejorados y un 8% menciona no tener conocimiento.

El 100% de los agricultores fertiliza con formulas químicas y aplican herbicidas. En la fertilización utilizan las formulas de 20.5-00-00 (Sulfato de amonio), 35.5-00-00 (Nitrato de amonio), 46-00-00 (Urea) y 18-46-00 (Fosfato diamónico, DAP). El uso de estos fertilizantes van del 83%, 17%, 8% y 8% respectivamente. Los herbicidas más comunes son: Paraquat; paraquat+diuron; glifosato; 2,4-D ester; y 2,3-D amina.

Conservación de semilla y grano

El grano es almacenado en costales, desgranado (92%) o en mazorca cubiertos con las brácteas (8%). Para conservarlos y evitar que plagas como el gorgojo lo ataquen, aplican un producto químico conocido como Malatión deodorizado (50%), cal (25%), Paratión metílico (8%) y Fosfuro de aluminio (17%) este último también conocido como pastilla de gas.

5.3 Identificación *in situ* de maíces locales en comunidades de la REBISE

5.3.1 Variables cuantitativas

En el cuadro 29 se muestran los valores promedio, mínimo, máximo, desviación estándar y coeficiente de variación de las variables cuantitativas de planta, espiga, mazorca y grano. En general, los ML de la REBISE presentaron amplia variación morfológica, donde la mayor diferenciación se encontró en el comportamiento de la planta y las estructuras reproductivas. Lo que puede indicar que los agricultores de la

REBISE han tenido la capacidad de manejar una alta variabilidad morfología en sus variedades locales, como sucede en otras regiones del país (Camacho y Chávez, 2004). Sin embargo, los maíces se muestrearon directamente en las parcelas de los agricultores. Por lo que las variables de planta y mazorca reflejan la conducta de cada material en su respectivo ambiente y manejo. Excepto el número de hileras de la mazorca (NHM).

Cuadro 29. Descripción de variables cuantitativas de 19 ML de la REBISE

Variables	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	C.V. (%)
Características la de planta					
Altura de planta (cm)	224.94	62.74	93.00	517.00	27.9%
Altura de mazorca (cm)	117.00	35.12	42.00	235.00	30.0%
Hoja donde se encuentra la mazorca	7.12	1.41	4.00	11.00	19.7%
Longitud de la hoja de la mazorca (cm)	95.44	13.94	55.00	175.00	14.6%
Ancho de la hoja de la mazorca (cm)	9.42	1.46	5.70	17.70	15.5%
Área foliar de la hoja de la mazorca (cm)	636.02	163.15	250.25	1507.00	25.7%
Numero de hojas por planta	12.66	2.05	1.00	17.00	16.2%
Diámetro del tallo (cm)	2.37	0.37	1.59	3.66	15.5%
Características de la espiga					
Longitud de la Rama de la Espiga (cm)	60.79	9.92	16.00	88.00	16.3%
Numero de espigas primarias	13.63	3.81	2.00	27.00	28.0%
Numero de espigas Secundarias	2.90	2.26	0.00	22.00	77.9%
Características la de mazorca					
Longitud de la mazorca (cm)	16.13	2.39	10.50	24.00	14.8%
Diámetro de la mazorca (cm)	4.64	0.57	3.15	8.85	12.4%
Numero de hileras de la mazorca	12.52	2.15	8.00	18.00	17.2%
Diámetro del olote (cm)	2.56	0.35	1.60	3.75	13.8%
Características del grano					
Largo del grano (cm)	1.16	0.24	0.68	4.73	20.6%
Ancho del grano (cm)	0.97	0.10	0.70	1.33	10.0%
Grosor del grano (cm)	0.38	0.08	0.28	1.22	20.9%

Respecto al comportamiento de la planta, se encontró que las variables altura de planta (AP), altura de mazorca (AM) y área foliar de la hoja de las mazorcas (AFHM)

fueron los que mayor variación presentaron. El maíz Jarocho de Villahermosa fue el material más sobresaliente en éstas variables, además del número de hojas por planta (NHP), hoja donde se encuentra la mazorca (HDEM), longitud de hoja de la mazorca (LHM) y Diámetro del tallo (DT). Mientras que los maíces con valores más bajos fueron Pollito, Precoz de Tres Picos y Chimbuto, así como el Amarillo de RFM y el Maíz Negro. En el Cuadro 30 se muestran los promedios de cada una de las variables para cada material evaluado.

Como ejemplo, la AP del Jarocho de Villahermosa fue en promedio de 405.0 cm y la AM de 188.4 cm. En los maíces Precoz de Tres Picos y Pollito sus valores promedio de AP fueron de 152.2 cm y 156.2 cm; y en AM de 70.2 cm y 79.6 cm, respectivamente. En el caso del Chimbuto, Amarillo de RFM y Maíz Negro presentaron valores de AP entre 180.3 cm a 183.8 cm; y de 87.1 cm a 92.3 cm para el caso de AM. El resto de los materiales se ubicaron por debajo de los 267.5 cm en AP y 162.9 cm en AM, promedio del material denominado Olote Rojo.

La variación en los demás caracteres de la planta están altamente correlacionadas ($p < 0.0001$) entre sí (Cuadro). El análisis de correlación mostró que los valores de AM, NHP, HDEM, LHM, AHM, AFHM y DT son directamente proporcionales a la AP, (0.858, 0.592, 0.613, 0.547, 0.416, 0.571 y 0.448, respectivamente). Al mismo tiempo el NHP presenta una correlación de 0.803 con HDEM; el AFHM se correlacionó con LHM (0.835) y AHM (0.866), a su vez estas con el DT, 0.693, 0.526 y 0.654, respectivamente. En este sentido, cualquier influencia del ambiente o manejo que experimente la planta repercutirá en todos los caracteres vegetativos. Investigadores pioneros de la caracterización e identificación de los maíces como Wellhausen *et al.* (1951) y, Anderson y Cutler (1942), llegaron a concluir que la variación en estos caracteres es altamente inestable al cambio de ambiente. Por lo que en estudios donde -el ambiente- es el factor limitante, los datos obtenidos son puramente descriptivos y/o de referencia.

Por otra parte, las variables de planta también mostraron estar correlacionados ($p < 0.0001$) con algunas variables de mazorca y grano, principalmente con largo de la mazorca (LM), largo de grano (LG) y ancho de grano (AG). Lo que demuestra la influencia que tiene el comportamiento vegetativo de la planta en caracteres

relacionados con la producción (Pat *et al.*, 2012). Sin embargo, no fue así, con las variables de DM y DO, donde sus correlaciones se direccionaron al NHM.

El NHM es una variable no correlacionada con los caracteres de planta ya que demuestra ser independiente de factores ambientales, y que es el resultado de factores hereditarios (Sevilla, 2006). Esta variable presentó un coeficiente de variación de 17.2%, con maíces entre 8 y 18 hileras/mazorca. El cual favorece la identificación de los maíces de la REBISE. El menor NHM lo presentaron el Maíz Negro, Huesito, Jarocho de Villahermosa, Amarillo de JOD, Amarillo de California, Morales, Amarillo de RFM y Amarillo de Villahermosa. Donde más del 70% de las mazorcas tenían entre 8 y 12 hileras. El resto presentaron en un 70% mazorcas de 12 a 16 hileras. Algunos como el Crema, Jarocho RFM, Tornamil y Olote Rojo también mostraron entre un 5 y 10% mazorcas de 18 hileras. La figura 8 ilustra el comportamiento de los materiales evaluados con respecto al NHM.

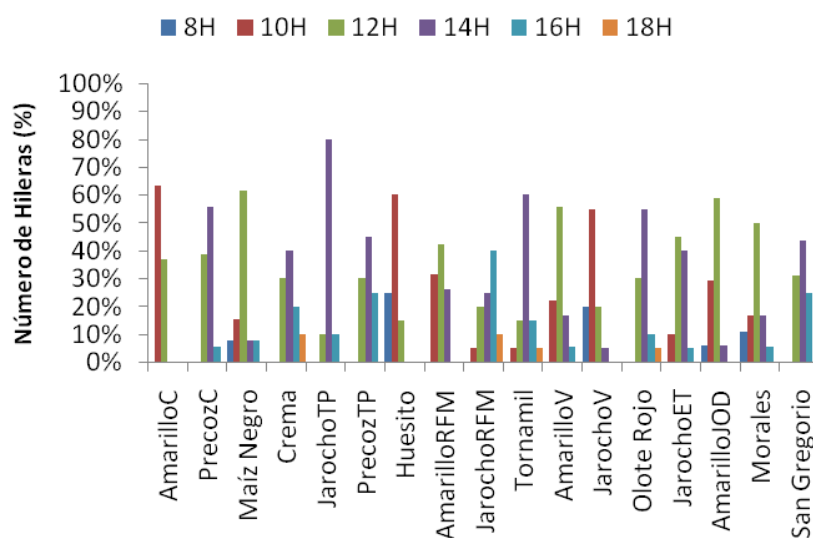


Figura 8. Proporción de NHM encontradas en cada población evaluada de maíces de la REBISE

Referente a la estructura de la espiga, el número de espigas primarias (NEP) y número de espigas secundarias (NES) presentaron un Coeficiente de Variación de 28.0 y 77.9 respectivamente. La correlación entre ambas variables fue altamente significativa (0.422). Según Herrera *et al.*, (2000) el NEP y NES son características de mayor relevancia y fáciles de medir en campo para la clasificación de maíces. Al

correlacionarlos con las variables de planta mostraron entre 0.217 a 0.372. Esto indica que el número de espigas está relacionado al comportamiento de la planta. Sin embargo, Aramendiz *et al.* (2005) mencionan que estas características son importantes en la diferenciación de maíces locales y mejorados, ya que estos últimos aprovechan mejor la energía para la producción del grano y no para la formación de ramificaciones de la espiga.

Cuadro 30. Correlación entre variables cualitativas

	AP	AM	LRE	NEP	NES	NET	NHP	HDEM	LHM	AHM	AFHM	DT	LM	DM	NHM	DO	LG	AG	GG
AP	-	0.858	-0.090	0.312	0.376	0.033	0.592	0.613	0.547	0.416	0.571	0.448	0.375	0.061	-0.209	-0.015	0.266	0.280	0.016
AM	-	-	-0.065	0.352	0.431	0.002	0.596	0.696	0.562	0.371	0.539	0.404	0.311	0.066	-0.162	-0.0341	0.184	0.204	-0.009
LRE	-	-	-	-0.085	0.025	-0.055	-0.236	-0.207	0.077	-0.100	0.079	0.124	-0.090	-0.090	-0.063	-0.052	-0.088	0.014	0.021
NEP	-	-		-	0.422	0.057	0.372	0.323	0.326	0.226	0.303	0.335	0.103	0.041	0.014	0.006	0.054	-0.004	-0.009
NES	-	-	-	-	-	0.051	0.288	0.339	0.310	0.217	0.297	0.208	0.151	-0.051	-0.127	-0.069	0.053	0.117	-0.029
NET	-	-	-	-	-	-	-0.076	-0.027	0.095	0.023	0.065	-0.017	-0.053	-0.084	-0.032	-0.062	-0.037	0.001	0.042
NHP	-	-	-	-	-	-	-	0.803	0.325	0.355	0.395	0.408	0.300	0.226	0.037	0.184	0.175	0.155	0.010
HDEM	-	-	-	-	-	-	-	-	0.302	0.339	0.375	0.380	0.306	0.110	-0.072	0.023	0.192	0.203	-0.023
LHM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.466	0.835	0.526	0.293	0.124	-0.116	0.049	0.147	0.223	0.033
AHM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.866	0.654	0.313	0.163	-0.028	0.114	0.240	0.127	0.028
AFHM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.693	0.354	0.161	-0.102	0.094	0.238	0.229	0.036
DT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.403	0.247	0.051	0.192	0.239	0.151	0.024
LM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.159	-0.076	0.171	0.051	0.264	0.090
DM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.576	0.603	0.185	-0.126	-0.060
NHM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.509	0.017	-0.671	-0.043
DO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.003	-0.065	0.101
LG	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.134	-0.021
AG	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.112
GG	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

5.3.2 Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales aplicado al promedio de los valores de las variables cuantitativas explicó en sus dos primeros componentes el 56.92% de la variación. Este resultado no es una proporción significativa, ya que se pierde el 43.08% de varianza. Sin embargo, se reduce la dimensión de matriz (número de variables) en un 73.68%. En el tercer componente, con un valor propio de 2.50 la varianza explicada acumulada incrementa al 70.07%, pero las magnitudes de variables que se ajustan al componente, también se ajustan al componente uno y dos. Lo que dificulta la explicación de este tercer componente (Cuadro 31).

El primer componente principal (CP1) agrupó el 39.63% de la varianza explicada y se relacionó con las variables de AP, AM, NES, NHP, HDEM, LHM, AHM, AFHM, DT, LM, LG y AG. En conjunto estas variables explican el comportamiento vegetativo de la planta y elementos principales de la producción. El segundo CP2 explicó el 17.28% de la varianza y se asoció con el DM, NHM, DO y AG, ligados a las dimensiones de la mazorca, definida por el componente genético NHM. El CP3 se relacionó principalmente con las variables de estructura de espiga y algunas de planta, los cuales explicaron el 13.15% de la varianza.

En este sentido, se confirma que los caracteres de planta, mazorcan y grano son las principales variables que describen y diferencia a los maíces. Condición que coincide con Chávez *et al.*, (2011). Sin embargo, las variables de mazorca (DM, NHM, DO y AG) son caracteres que presentan baja interacción con el ambiente (Sánchez *et al.*, 1993; y Herrera *et al.*, 2000). Lo que hace posible para la caracterización e identificación de los maíces. Por otra parte, los caracteres de la espiga (NEP, NES y LRE) son independientes del comportamiento de las variedades locales de la REBISE. Caso que no coincide completamente con Arias *et al.*, (2004) quien afirma que la diversidad de los maíces está determinada por las características de espigas, mazorca y grano. Esto seguramente se debe a lo antes mencionado por Aramendiz *et al.*, (2005) “que únicamente diferencia variedades locales de las mejoradas”.

Cuadro 31. Valores y vectores propios del análisis de componentes principales de 19 poblaciones de maíces locales de la REBISE

Variables	CP1	CP2	CP3
AP	0.929	0.138	0.026
AM	0.930	0.132	-0.170
LRE	-0.392	0.299	0.365
NEP	0.461	-0.157	-0.663
NES	0.694	0.280	-0.520
NET	0.125	0.018	-0.403
NHP	0.792	-0.289	-0.314
HDEM	0.825	-0.150	-0.339
LHM	0.843	0.010	0.146
AHM	0.707	-0.103	0.500
AFHM	0.859	-0.074	0.369
DT	0.656	-0.216	0.619
LM	0.581	0.009	0.214
DM	0.074	-0.945	0.093
NHM	-0.305	-0.923	-0.099
DO	-0.036	-0.911	-0.001
LG	0.662	-0.274	0.114
AG	0.613	0.485	0.122
GG	-0.018	0.010	-0.607
Valor propio	7.530	3.283	2.499
Varianza explicada (%)	39.634	17.282	13.154
Varianza explicada acumulada (%)	39.634	56.915	70.069

La Figura 9 muestra la proyección de los maíces en vectores propios del CP1 y CP2. En las dimensiones del CP1 (Dim-1) se observa al extremo derecho de la grafica, al maíz JarochoV como el más sobresaliente, y al extremo izquierdo los maíces Amarillo de RFM, Maíz Negro y Precoz TP con los valores más bajos en las variables asociadas al componente. El resto de los materiales destacan por presentar valores medios. En la Dim-2 podemos apreciar a dos grandes grupos, el primero (extremo inferior) comprendido por materiales que presentan mazorcas con un mayor número de hileras (>12); y el segundo materiales (extremo superior) con el menor número de hileras (<12). De las 19 poblaciones de maíz

muestreadas en estado vegetativo, solo 17 se lograron completar con la medición de variables de mazorca y grano, por lo que la gráfica solamente muestra a estas últimas variedades.

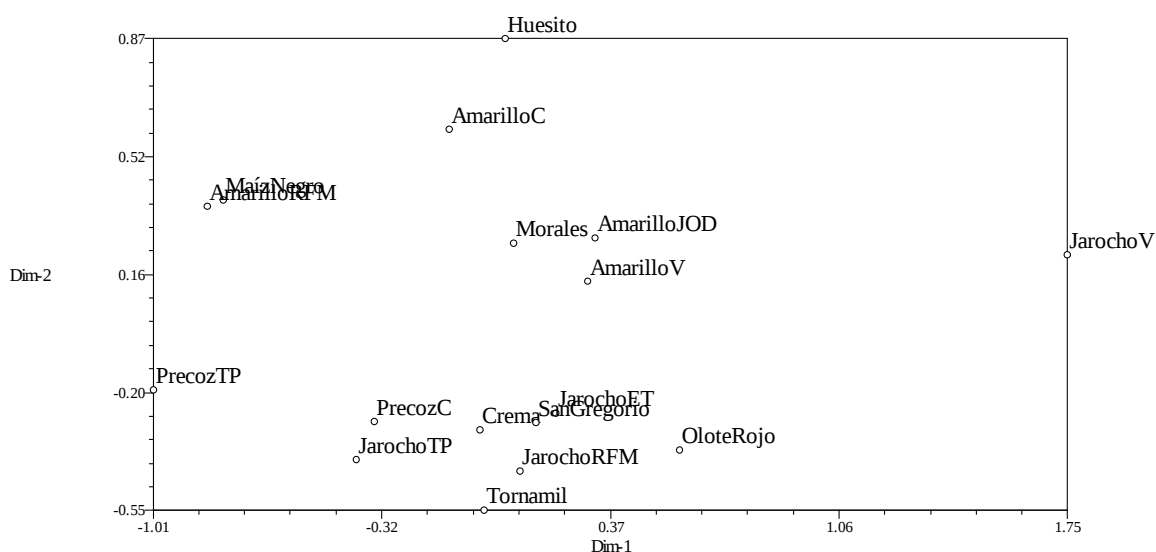


Figura 9. Proyección de los ML de la REBISE en los CP1 y CP2

5.3.3 Variables cualitativas

Una de las características que destacan los agricultores para la selección y conservación de sus materiales durante las consecutivas generaciones es la resistencia por pudrición de mazorca. Al evaluar los daños de las mazorcas colectadas, se encontró que la mayoría presentaron poco daño. Lo que confirma el importante trabajo de los agricultores para la selección de estos materiales. Algunos, como Maíz Negro (3) presenta la mayor susceptibilidad a este daño, ya que mostró en un 28.6% de mazorcas dañadas por encima del 50%, hasta completamente dañadas. Los más sobresalientes en este aspecto fueron AmarilloC, AmarilloRFM, Crema, Huesito, JarochoET y Tornamil. En la Figura 10 se muestran dos gráficas que describen la distribución y proyección del comportamiento de los maíces con respecto al tipo de daño presente.

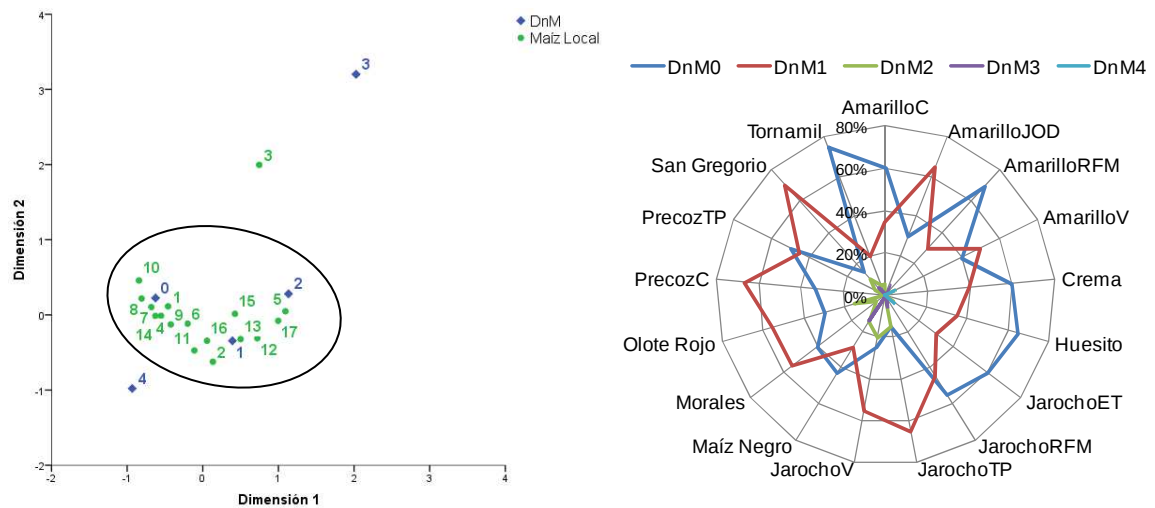


Figura 10. Distribución y proyección del comportamiento de los maíces con respecto al tipo de daño presente. **DnM** 0) Sin daño; 1) Poco dañado <50%; 2) Regularmente dañado $\pm$ 50%; 3) dañado > 50%; 4) Completamente dañando. **Maíz Local** 1) Amarillo de California; 2) Precoz de California; 3) Maíz Negro; 4) Crema; 5) Jarocho de Tres Picos; 6) Precoz de Tres Picos; 7) Huesito; 8) Amarillo RFM; 9) Jarocho RFM; 10) Tornamil; 11) Amarillo de Villahermosa; 12) Jarocho de Villahermosa; 13) Olote Rojo; 14) Jarocho del Triunfo; 15) Amarillo JOD; 16) Morales; y 17) San Gregorio.

En los ML de la REBISE predominan materiales con DHG irregulares y rectas; FG dentado; TG semi-dentado; y FM Cónico-cilíndrico y Cilíndrico. De forma independiente se observa asociación entre la FG plano y TF semi-cristalino. Así como FG semi-redondo y DHG irregular. En la figura 11 se aprecia la asociación entre las variables DHG, FG, FM y TG.

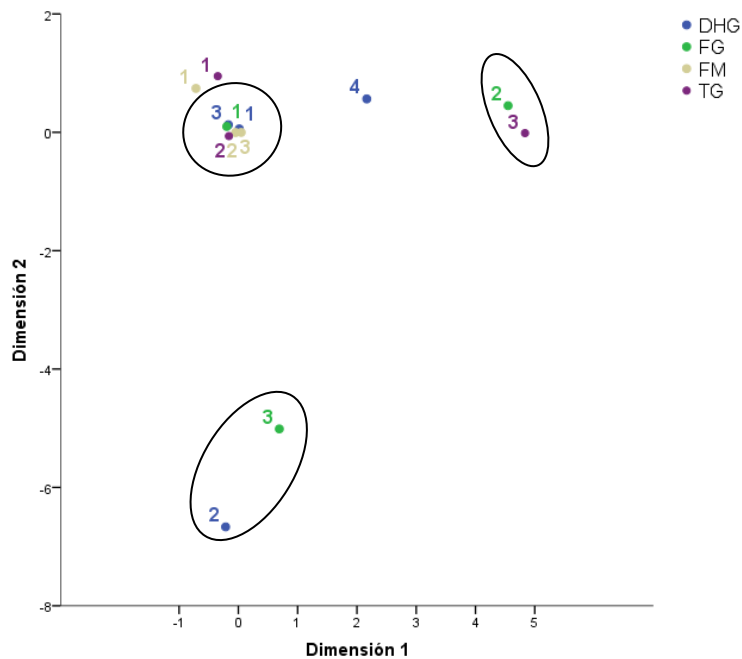


Figura 11. Análisis de factor multivariante de la asociación de las variables DHG, FG, FM y TG. **DHG** 1) Regular; 2) Irregular; 3) Recta; 4) Espiral. **FG** 1) Dentado; 2) Plano; 3) Semi-redondo. **FM** 1) Cónico; 2) Cónico Cilíndrico; 3) Cilíndrica. **TG** 1) Dentado; 2) semi-dentado; 3) Semi-cristalino.

En la figura 12 se proyecta la distribución de cada material con respecto a la DHG, FM, TG y FG; mientras que en la figura 13 se observa las proporciones que presentan cada material con respecto a estas variables. En DHG todos los materiales tienen una tendencia en un 72.4% hacia el tipo Irregular y en un 24.8% hacia el tipo plana. El maíz Precoz TP presenta una tendencia de un 10% a tener hileras en espiral y el maíz Negro en un 14.3% a tener hileras irregulares. En FM tienden en 52.2% a tener mazorcas tipo cónicos-cilíndricos y 47.5% a Cilíndricos. El maíz crema en un 10% sus mazorcas tienen a ser mas cónicos. Para el TG la predominancia es del 90.4% para semi-dentado donde cada material presenta entre el 60 y el 100% y únicamente 6.2% dentado. Un 3.4% semi-cristalino lo presentaron los maíces AmailloC y Crema con el 40% y 30% respectivamente. En FG la tendencia es del 94.1% dentado.

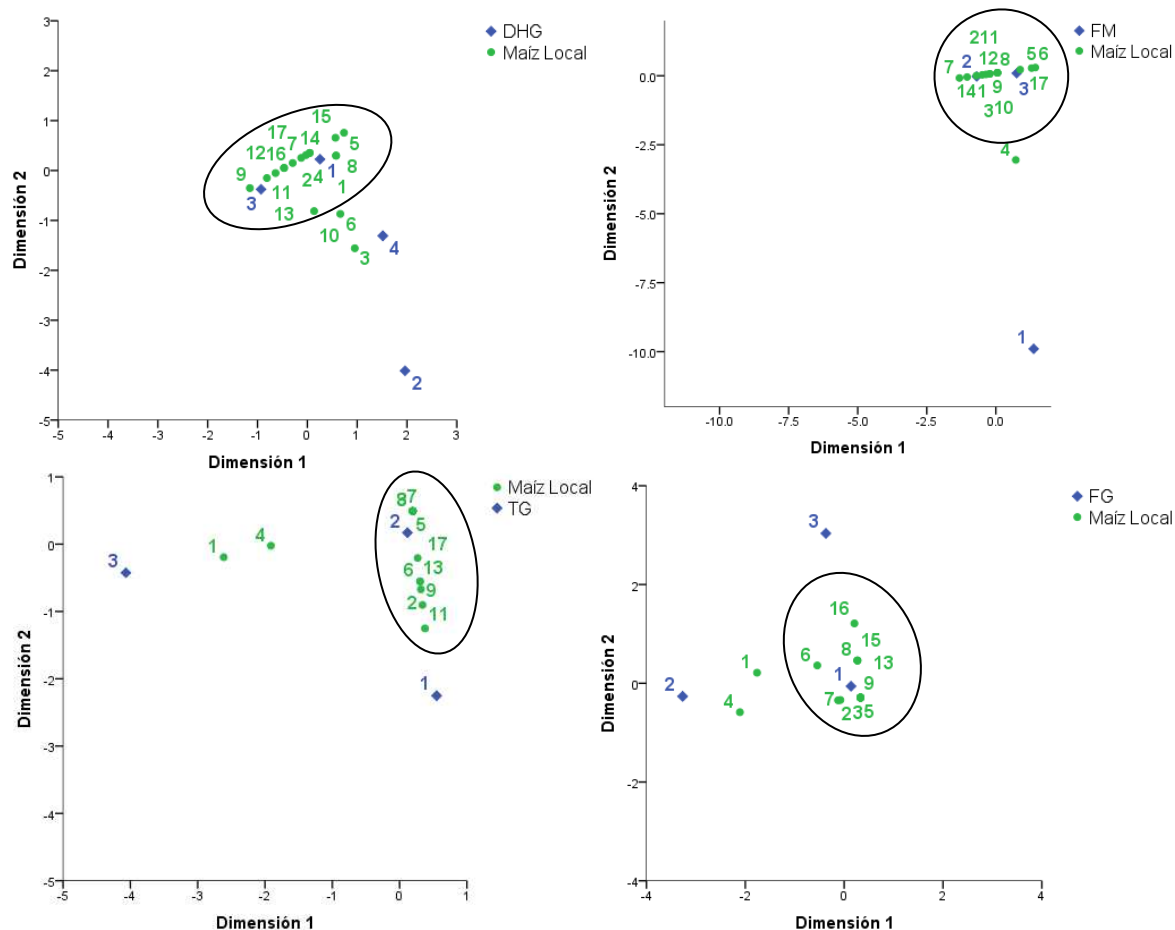


Figura 12. Distribución de los ML de la REBISE con respecto a las variables DHG, FM, TG y FG. **DHG** 1) Regular; 2) Irregular; 3) Recta; 4) Espiral. **FG** 1) Dentado; 2) Plano; 3) Semi-redondo. **FM** 1) Cónico; 2) Cónico Cilíndrico; 3) Cilíndrica. **TG** 1) Dentado; 2) semi-dentado; 3) Semi-cristalino. **Maíz Local** 1) Amarillo de California; 2) Precoz de California; 3) Maíz Negro; 4) Crema; 5) Jarocho de Tres Picos; 6) Precoz de Tres Picos; 7) Huesito; 8) Amarillo RFM; 9) Jarocho RFM; 10) Tornamil; 11) Amarillo de Villahermosa; 12) Jarocho de Villahermosa; 13) Olote Rojo; 14) Jarocho del Triunfo; 15) Amarillo JOD; 16) Morales; y 17) San Gregorio.

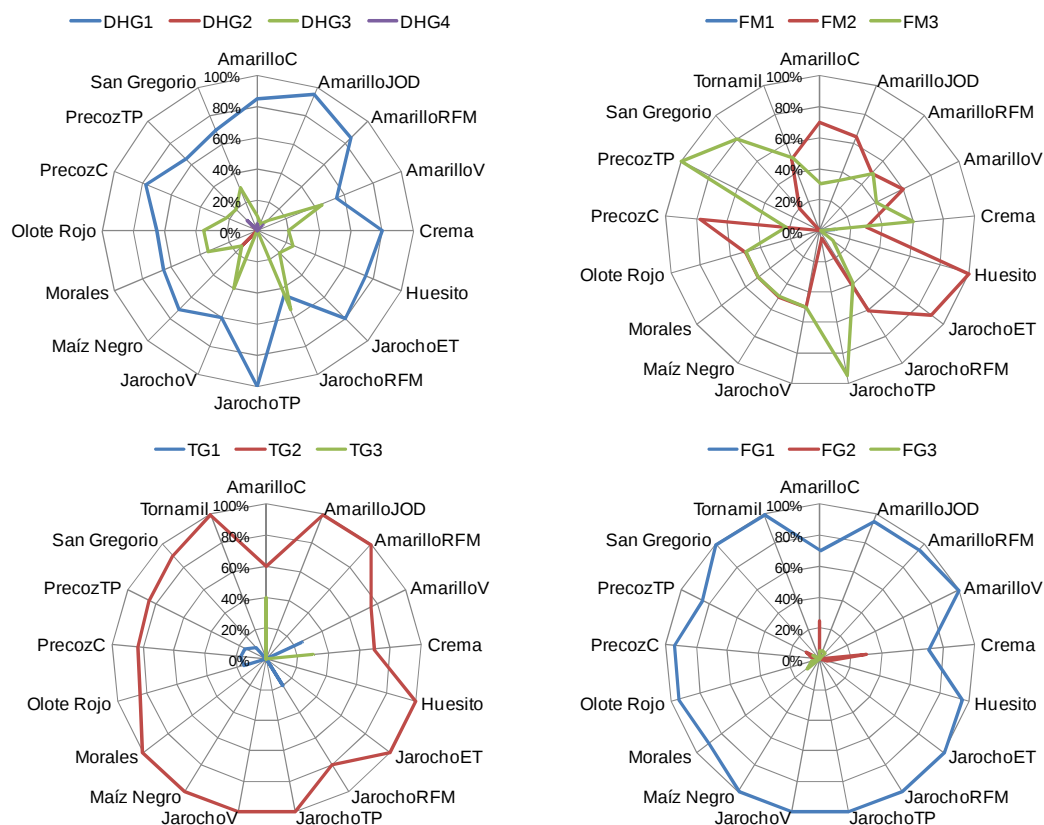


Figura 13. Proyección del comportamiento de los ML de la REBISE con respecto a las variables DHG, FM, TG y FG

Respecto a los colores de planta se encontró asociación entre el CT morado, CBM morado y CO morado; Así como CT Verde, CBM Verde y CO Blanco. Tal dependencia concuerda con Gil *et al.*, (2004) quienes reportaron la relación entre el color del tallo y color de las brácteas de la mazorca. Al respecto se encontró que en un 80.7% de los maíces presenta tallos color verde; en un 78.9% brácteas verdes; y en un 82% olotes blancos. El resto se distribuyen en las diferentes tonalidades moradas y rojas. Estas características pueden ser importantes para diferenciar principalmente variedades. En las figuras 14 y 15 se muestran la distribución y las proporciones que presentan cada material con respecto a estas variables.

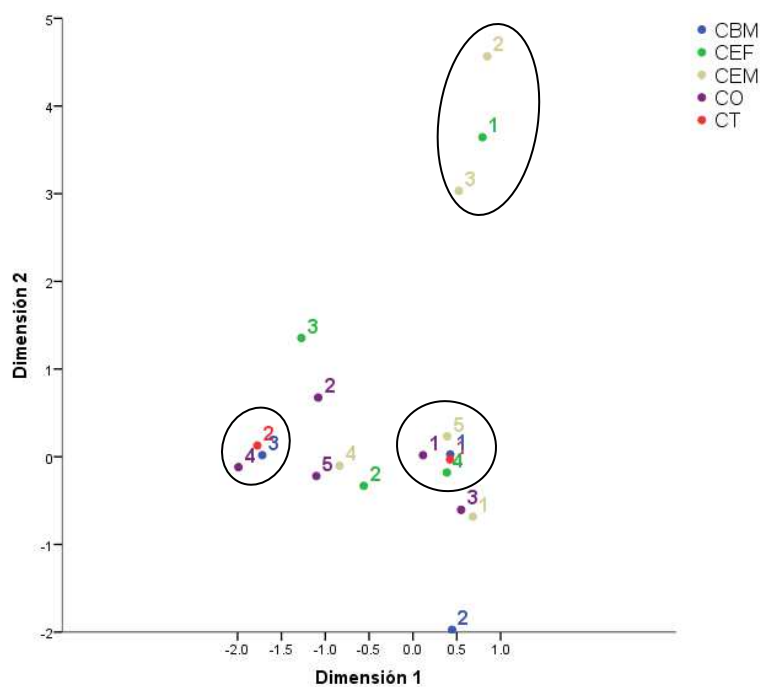


Figura 14. Análisis de factor multivariante de la asociación de las variables CO, CEM, CEF, CBM y CT. **CBM** 1) Verde; 2) Rosado; 3) Morado; **CEF** 1) Rojo; 2) Rosado; 3) Morado; 4) Crema **CEM** 1) Verde; 2) Rojo; 3) Rosado; 4) Morado; 5) crema **CO** 1) Blanco; 2) Rojo Claro; 3) Rojo Intenso; 4) Morado; 5) Morado Claro **CT** 1) Verde; 2) Morado.

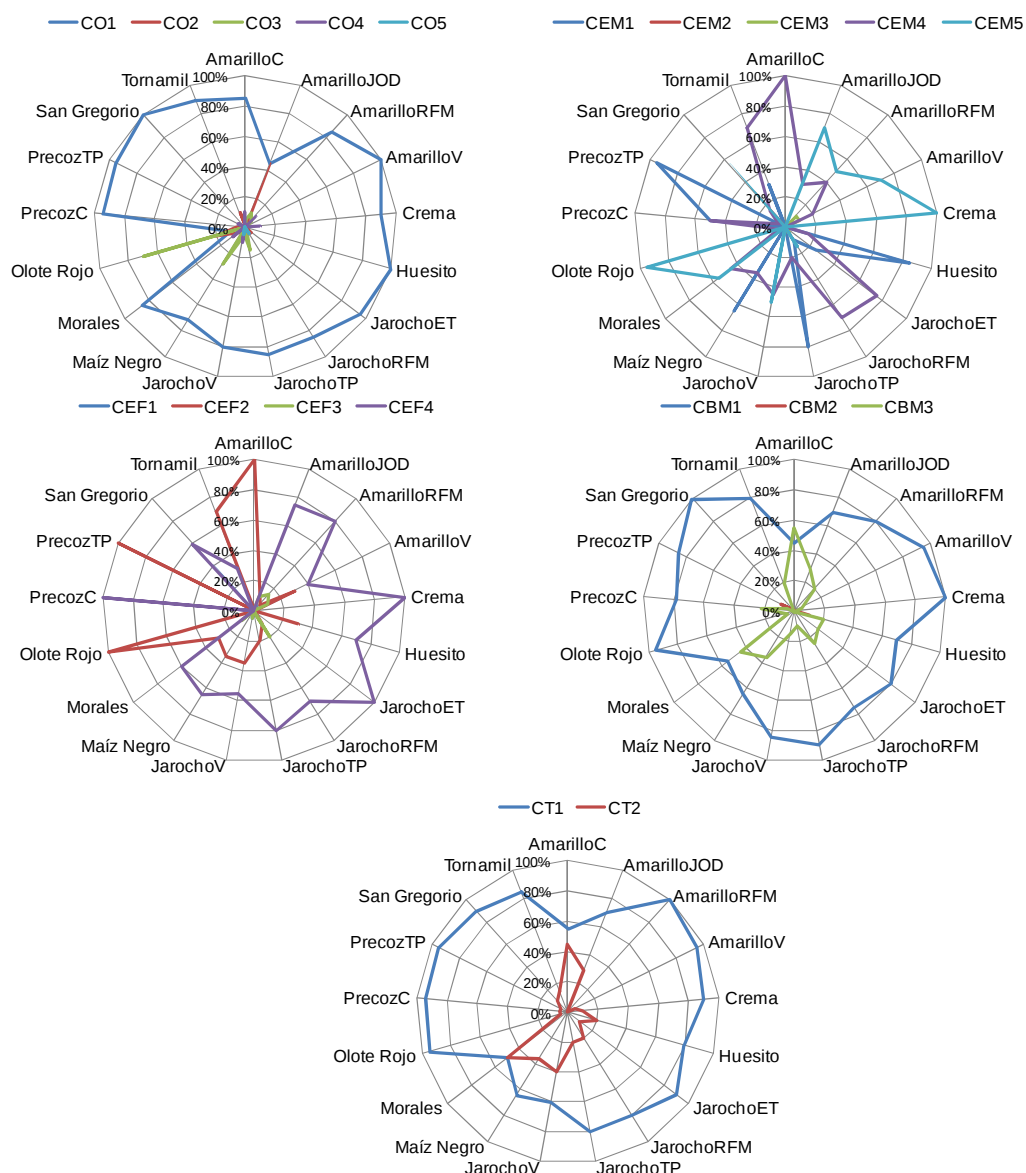


Figura 15. Proyección del comportamiento cada material con respecto al CO, CEM, CEF, CBM y CT

Por otra parte, en la Figura. Se muestra la asociación del color del grano con los ML de la REBISE. En tal circunstancia el análisis de correspondencia permitió tener tres principales asociaciones. Las variedades locales –Amarillo– están asociadas a las diferentes tonalidades de amarillo, naranja y rojo. La variedad Maíz Negro se asocia a las tonalidades moradas y pintas. Mientras que el resto de las variedades están asociadas al color blanco cremoso. En la figura 16 se observa una distribución de frecuencia de los colores por variedad.

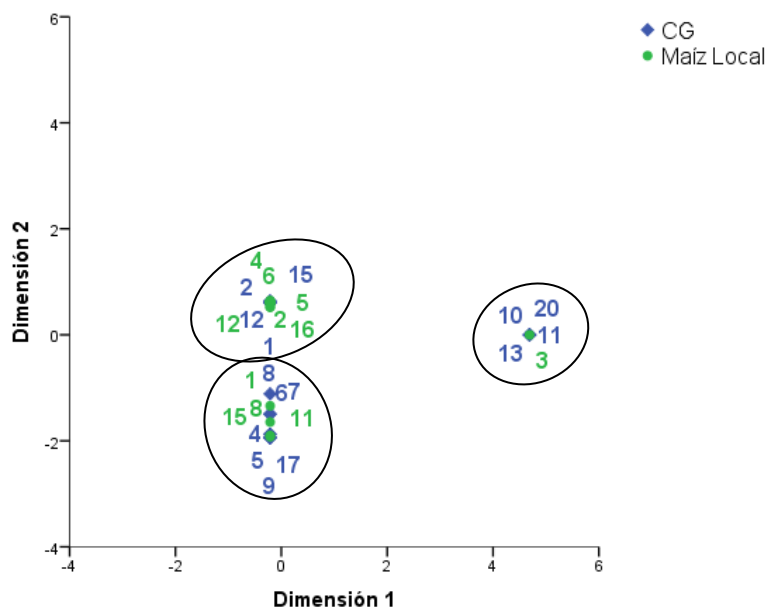


Figura 16. Asociación del color del grano y ML de la REBISE. **CG** 1) Blanco; 2) Blanco Cremoso; 3) Amarillo Claro; 4) Amarillo Medio; 5) Amarillo Intenso; 6) Naranja Claro; 7) Naranja Intenso; 8) Rojo Claro; 9) Rojo Intenso; 10) Morado Medio; 11) Morado Intenso; 12) Amarillo Claro-Blanco Cremoso (Maíz Crema); 13) Pinto; 15) Blanco Cremoso (con colores Rojo y Morado en la parte superior); 16) Rosado Cremoso; 17) Amarillo Claro-Amarillo Medio; 18) Amarillo Claro-Amarillo Intenso; 19) Amarillo Intenso con Rallas Rojas; 20) Pinto Medio. **Maíz Local** 1) Amarillo de California; 2) Precoz de California; 3) Maíz Negro; 4) Crema; 5) Jarocho de Tres Picos; 6) Precoz de Tres Picos; 7) Huesito; 8) Amarillo RFM; 9) Jarocho RFM; 10) Tornamil; 11) Amarillo de Villahermosa; 12) Jarocho de Villahermosa; 13) Olote Rojo; 14) Jarocho del Triunfo; 15) Amarillo JOD; 16) Morales; y 17) San Gregorio.

5.3.4 Descripción general de los maíces

Las evidencias apuntan que la raza Tuxpeño, Vandeño, Olotillo y Tepecintle se encuentran presentes en el área de estudio. Perales y Hernández (2005) ya han reportado estas razas para la región Frailesca. Sin embargo, las características que presentan los materiales evaluados se relacionan con más de una raza, lo que comprueba que el intercambio genético entre estos materiales es amplio. Las principales razas probables que dan origen de la mayoría de los ML de la REBISE, son Tuxpeño, Olotillo y, en al menos un caso, el Tepecintle. El Vandeño se considera únicamente como raza influyente. Algunas otras como las razas Conejo y Dzit-Bacal parecen indicar que también comparten genes en las Variedades locales.

La raza Tuxpeño es la más cultivada en el país por su alto potencial productivo. Desde los inicios del mejoramiento genético ha sido fuertemente difundido en diferentes estados de la república (Meza *et al.*, 2010). En Chiapas es el material

más cultivado, principalmente en áreas de climas cálidos (<1000msnm). Perales y Hernández (2005) consideran que es probable que los ejemplares encontrados actualmente de esta raza sean provenientes de materiales mejorados y que se han cultivado ampliamente por los agricultores como materiales de generaciones avanzadas (acriollados), y reconocidos como locales (criollos).

El tuxpeño se caracteriza por presentar mazorcas cilíndricas, medianamente delgadas, entre 12 y 14 hileras distribuidas en forma recta. Granos dentados, con endospermo blanco y de dureza mediana. Aleurona y pericarpio generalmente sin color. Mazorcas y olote son más gruesos que el Olotillo. La planta puede llegar a medir hasta cuatro metros. Se considera que se originó entre la hibridación del Olotillo y el Tepecintle. Debido a su mejoramiento es una raza que requiere suelos fértiles.

El Olotillo se adapta bien a suelos pobres o no fertilizados. Entre sus características presenta mazorcas largas, delgadas, flexibles y cilíndricas con un promedio de ocho y 10 hileras, disponibles en forma recta. Granos muy anchos, semi-dentados a semi-harinosos. Endospermo generalmente suave y blanco, aleurona y pericarpio sin color. La planta llega a medir aproximadamente tres metros. Además, es una raza que se ha ido desplazando por la introducción de variedades mejoradas.

El Tepecintle es característico por su mazorca cilíndrica con un ligero adelgazamiento en el ápice y descubierta de grano, lo que le da la apariencia de cónica-cilíndrica. En diámetro suele ser más grueso que el Olotillo y Tuxpeño, pero menor que del Vandeño. Tiene en promedio 12 hileras, granos fuertemente dentados, endospermo medianamente duro y blanco; aleurona y pericarpio sin color (Wellhausen *et al.*, 1951). En el cuadro 32 se presentan algunas características cuantitativas descriptivas de las razas presentes en el área de estudio.

Cuadro 32. Descripción de algunas de las características cuantitativas principales que describen a razas de maíz reportadas para la Frailesca Chiapas

Raza	Variables cuantitativas							
	AP*	NHP**	LM*	DM*	DO*	NHM**	AG*	LG*
Tepecintle	180	13.6	10.4	4.9	3.3	11.8	0.9	1.2
Zapalote grande	160	15.9	14.8	4.9	3.2	15.7	0.9	1.1
Olotillo	290	20.0	19.8	3.8	2.3	9.4	1.1	1.2
Tuxpeño	270	18.0	19.7	4.4	2.7	12.6	0.9	1.3
Vandéño	250	13.7	17.2	5.1	3.2	13.2	0.9	1.4

*cm ** numérico. Fuente Wellhausen *et al.*, (1951)

Los maíces que presentan relación más estrecha con el Olotillo son: Huesito, JarochoV, Maíz Negro, AmarilloJOD. La característica principal de este grupo es que presentan mazorcas de ocho y 10 hileras, principalmente; y olote delgado (2.1 a 2.4 cm). Sin embargo, no presentan la característica distintiva de su flexibilidad, y tienen mazorcas ligeramente cónicas (cónicas-cilíndricas); en algunos casos la parte superior de la mazorca es escasa en granos. Por lo que se cree que estos materiales han interactuado con poblaciones de maíces de la raza Tuxpeño, Vandéño y/o Tepecintle. Otros maíces que pueden tener relación con el Olotillo (por influencia) son AmarilloC, AmarilloV y Morales.

El Huesito y JarochoV son los materiales con el porcentaje más alto de mazorcas de ocho y 10 hileras, 80% y 75% respectivamente. El maíz Huesito reúne en su mayoría las características del Olotillo, sin considerar, además de su escasa flexibilidad, que es un maíz muy difícil al desgranar. Es probable que la presencia de variedades mejoradas, como el Tuxpeño hayan intervenido en la modificación de esta característica. Sin embargo, existe la posibilidad de que esté relacionada con otra raza. Hellin y Bellon (2007) han reportado la presencia de la raza Conejo en la Frailesca. Este maíz presenta características parecidas al Olotillo, a excepción que es más precoz y presenta granos semi-dentados a cristalinos. Por lo que una posible combinación del Olotillo con esta raza –Conejo– puede ser la causante del Huesito. Sin embargo, no existen evidencias concretas de su presencia en la región (REBISE). Por lo que aún queda en duda de su influencia en la variedad Huesito.

En el caso del JarochoV existe la posibilidad de que haya interactuado con razas como el Tuxpeño, Vandeño y Tepecintle, lo que le ha permitido tener más características de estos materiales. El Vandeño le da la apariencia de tener el grano más suave. El Tepecintle le permite tener mazorcas cónicas-cilíndricas con el ápice descubiertos de grano. Por otra parte, por su forma en algunas mazorcas y por presentar plantas mayores de cinco metros, es tentador relacionarlo con la raza Tehua. Sin embargo, estas características lo pudo haber obtenido directamente del Vandeño, debido a que este se considera como el resultado del cruzamiento del Tuxpeño y el Zapalote Grande, y este último del Tehua y Zapalote chico.

El maíz Negro se considera de origen Olotillo con una fuerte intervención de la Raza Vandeño. Sin embargo, debido a la presencia en la zona de maíces resultados de la cruce de Tuxpeño + Vandeño, es probable que la intromisión del Vandeño se deba a este medio. Por otra parte, el AmarilloJOD presenta una relación más cercana al Tepecintle, el cual le permite tener materiales parecidos al Tuxpeño (Olotillo + Tepecintle), y al Olotillo y Tepecintle.

El maíz AmarilloC presenta mazorcas ligeramente cónicas (cónico-cilíndrica) descubierta de grano en el ápice con un número de 10 a 12 hileras, haciéndolo semejante al Tepecintle. Presenta olotes más delgados del grupo y granos semi-dentados a semi cristalino. En algunos casos presenta mazorcas completamente cilíndricas. Lo que lo hace relacionarlo con la raza Tuxpeño y Olotillo. Sin embargo, este maíz tiene sus orígenes en el ejido Nuevo Vicente Guerrero, municipio de Villacorzo, Chiapas. En este ejido se ha reportado la presencia del Dzit-Bacal, un maíz muy parecido al Olotillo, considerado como sub-raza de este. Presenta un olote muy delgado y flexible como el Olotillo, y granos pequeños, dentados a semi-cristalino. En este sentido, la relación con esta sub-raza puede ser la causa de sus características.

El resto de los maíces presentan características que hacen suponer son generaciones avanzadas de la raza Tuxpeño. Algunos como el Morales, Crema, Jarocho, Amarillo, Precoz y San Gregorio ya se han reportado en la base de datos del Proyecto Global de Maíces Nativos con origen Tuxpeño, como Raza principal. En tanto que el Olotillo, Comiteco, Tepecintle, Vandeño y Zapalote como secundarias. Respecto al maíz AmarilloV y Morales se considera que es el

resultado de la combinación del Olotillo y el Tepecintle. El maíz Crema del Tuxpeño y el Tepecintle. El JarochoET, PrecozC, JarochoTP, Olote Rojo, San Gregorio, AmarilloRFM, JarochoRFM, PrecozTP y Tornamil como una formación entre Tuxpeño y Vandeño.

En resumen, la descripción no implica que los materiales permanezcan constantes en el tiempo. Cada variedad puede modificar su estructura en cada ciclo, debido al constante intercambio de genes entre variedades (mezclas de diferentes razas). Por otra parte, las razas locales como Olotillo y Tepecintle son desplazadas por materiales de generaciones avanzadas (Tuxpeño), lo que implica una amenaza para la erosión genética. Sin embargo, Bellon y Brush (1994) mencionan la presencia de más de una raza y la naturaleza de polonización cruzada es un contrapeso importante de esta erosión. En el cuadro 33 se hace una descripción general de las variedades locales de la REBISE y sus posibles relaciones con razas reportadas para la Frailesca. En las figuras 17 y 18 se hace una descripción gráfica del origen de razas reportadas para la región Frailesca y una propuesta de la relación de las variedades locales con sus respectivas razas.

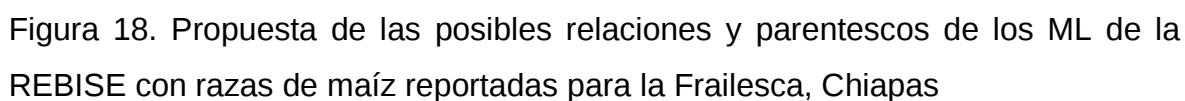
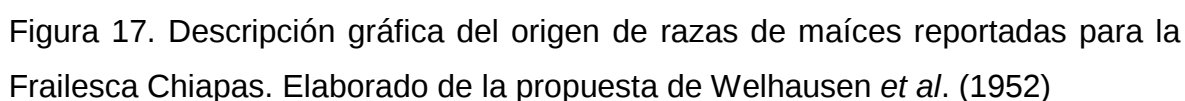
Cuadro 33. Descripción general de la Variedades de maíces locales presentes en la REBISE y su relación con razas

Variedad local	Descripción	Raza relacionada
AmarilloC	Presenta entre 10 y 12 hileras, con una predominancia regular a recta en su distribución, y en algunas mazorcas en espiral; abundante número de espigas; las mazorcas tienden a ser cónicas-cilíndricas; algunas mazorcas suelen tener el ápice sin grano. Granos tipos semi-dentado y semi-cristalino; y de forma dentada. Color de grano predominan las tonalidades naranja y rojo claro.	Olotillo + Tepecintle + Tuxpeño
PrecozC	Presenta mazorcas de 12 a 14 hileras. En pocos casos de 16 hieras. Con una disposición de las hileras de regular a recta. Mazorcas cilíndricas con tendencia a cónico (cónico-cilíndricas). Tipo de grano, predominantemente semi-dentado. Forma dentado. El color de grano predominante es blanco cremoso.	Tuxpeño (generación avanzada) + Vandeño
Maíz Negro	Presentan mazorcas con 10 y 12 hileras, principalmente. También presentan de 8, 14 y 16 hileras. Con una disposición de las hileras de regular a recta, y en algunos casos irregulares. Mazorcas cilíndricas con tendencia a cónico. Tipo de grano semi-dentado. Forma, dentado. Presenta color de grano de tonalidades moradas y pintas.	Olotillo + Vandeño + Tuxpeño
Crema	Presenta mazorcas entre 12 y 16 hileras, y en algunos casos 18 hileras. Con una disposición de las hileras de regular a recta. Mazorcas cilíndricas con tendencia más amplia que el resto a forma cónica. Tipo de grano,	Tuxpeño (generación avanzada) + Tepecintle

	predominantemente semi-dentado. En algunas mazorcas presentan tendencia hacer semi-cristalinos. Forma, dentado. Color de grano Crema (amarillo claro-blanco cremoso).	
JarochoTP	Presentan mazorcas de 14 hileras. En algunos casos se aprecian de 12 y 16 hileras. Disposición de hileras regulares. Mazorcas completamente cilíndricas. Tipo de grano semi-dentado. Forma, dentado. El color de grano predominante es blanco cremoso.	Tuxpeño (generación avanzada) + Vandeño
PrecozTP	Presenta mazorcas de 12 a 16 hileras. Con una disposición de las hileras de regular a recta. Mazorcas completamente cilíndricas. Tipo de grano, predominantemente semi-dentado. Forma, dentado. Color de grano blanco cremoso.	Tuxpeño (generación avanzada)
Huesito	Predominan las mazorcas entre 8 y 10 hileras. En algunos caso 12 hileras. Con una disposición de las hileras de regular a recta. Mazorcas cilíndricas con tendencia a cónico. Tipo de grano semi-dentado. Forma, dentado. Color de grano blanco cremoso.	Olotillo + Tuxpeño + Conejo
AmarilloRFM	Presenta mazorcas con 10 a 14 hileras. Con una disposición de las hileras de regular. En algunos casos son tipo recta y espiral. Mazorcas cilíndricas con tendencia a cónico. Tipo de grano semi-dentado. Forma, dentado. En color grano, presenta las tonalidades de amarillo negro a rojo claro.	Tuxpeño (generación avanzada)
JarochoRFM	Predominan las mazorcas de 12 a 16 hileras. En algunos caso de 10 y 18 hileras. Con una disposición de las hileras de regular a recta. Mazorcas cilíndricas con tendencia a cónico. Tipo	Tuxpeño (generación avanzada)

	de grano, predominantemente semi-dentado. Forma, dentado. El color de grano predominante es blanco cremoso.	
Tornamil	Presenta mazorcas de 12 a 16 hileras. Pero también presenta de 18 hileras. Con una disposición de las hileras de regular a recta. Mazorcas cilíndricas con tendencia a cónico. Tipo de grano semi-dentado. Forma, dentado. El color de grano predominante es blanco cremoso.	Tuxpeño (generación avanzada)
JarochoV	Predominan mazorcas de 8 a 12 hileras. En algunos casos de 14 hileras. Con una disposición de las hileras de regular a recta. Mazorcas cilíndricas con tendencia a cónico-cilíndricas. Tipo de grano semi-dentado. Forma, dentado. El color de grano predominante es blanco cremoso.	Olotillo + Tuxpeño + Vandeño + Tepecintle
Olote Rojo	Predominan mazorcas de 12 y 14 hileras. También presentan de 16 hileras, y en pocos casos de 18 hileras. Con una disposición de las hileras de regular a recta. Mazorcas cilíndricas con tendencia a cónico-cilíndricas. Tipo de grano, predominantemente semi-dentado. Forma, dentado.	Tuxpeño (generación avanzada) + Vandeño
JarochoET	Predominan las mazorcas de 12 y 14 hileras. Con una disposición de las hileras de regular a recta. Mazorcas cilíndricas con tendencia a cónico. Tipo de grano semi-dentado. Forma, dentado. Color de grano blanco cremoso.	Tuxpeño (generación avanzada) + Vandeño
AmarilloV	Presenta mazorcas de 10 a 14 hileras. Pero también se encuentran con 16 hileras. Con una disposición de las hileras de regular y recta. Mazorcas cilíndricas con tendencia a cónico. Tipo de grano, predominantemente semi-dentado.	Tuxpeño (generación avanzada) + Olotillo + Tepecintle

	Forma, dentado. En color de grano presenta las tonalidades de amarillo medio, amarillo intenso y la combinación de ambos.	
AmarilloJOD	Predominan las mazorcas entre 10 y 12 hileras, pero también se presentan de 8 y 14 hileras. Con una disposición de las hileras de regular. En algunos casos son rectas. Mazorcas cilíndricas con tendencia a cónico. Tipo de grano semi-dentado. Forma, dentado. En color de grano, presenta las tonalidades de amarillo medio a rojo claro y rojo intenso.	Olotillo + Tepecintle
Morales	Predominan mazorcas de 10 a 14 hileras. También presentan de 8 hileras, y en algunos casos de 16 hileras. Con una disposición de las hileras de regular a recta. Mazorcas cilíndricas con tendencia a cónico. Tipo de grano semi-dentado. Forma, dentado. El color de grano predominante es blanco cremoso.	Tuxpeño (generación avanzada) + Olotillo + Tepecintle
San Gregorio	Presenta mazorcas de 12 a 16 hileras. Con una disposición de las hileras de regular a recta. Mazorcas cilíndricas con tendencia a cónico. Tipo de grano, predominantemente semi-dentado. Forma, dentado. Color de grano blanco cremoso.	Tuxpeño (generación avanzada) + Vandeño



De acuerdo con la norma mexicana (NMX-FF-034/1, 2002) los maíces blanco destinados al proceso de nixtamalización deben tener un peso hectolítrico de al menos 74 kg hL⁻¹ y un índice de flotación (IF) ≤ 40 %. En esta experiencia se encontraron maíces de dureza intermedia hasta muy duros. El híbrido H-WP8063 fue el que mayor IF presentó (47%), este junto al maíz Pollito con el 40%, se clasifican como granos de dureza intermedia. Los maíces de mayor dureza fueron

el híbrido H-27, el JarochoET y el AmarilloC, con 11.5, 10.5 y 5% respectivamente.

Con respecto al PH, el maíz AmarilloC fue el de mayor valor con 79.69 kg hL⁻¹. Maíces como el Chimbuto, JarochoV y los dos híbridos utilizados como testigo (H-WP8063 y H-27) presentaron los PH más bajos, de 66.08, 71.62, 73.17 y 73.23 kg hL⁻¹ respectivamente; característica que los excluye de los parámetros de calidad. Sin embargo, Antuna *et al.*, (2008) encontraron que maíces con PH de 68.2 a 75.5 kg hL⁻¹ proporcionan tortillas de buena calidad. Por lo tanto, se puede establecer que los maíces cultivados en la REBISE presentan aptitudes para las industrias tortilleras y de harinas nixtamalizadas.

Al evaluar el peso de cien granos (PCG) se encontró que los maíces con mayor peso fueron el JarochoV (48.17g) y JarochoRFM (43.55g); mientras que Pollito (30.46g), H-27 (30.07g) y H-WP8063 (24.86g) fueron los menos pesados. Según Billeb y Bressani, (2001) una de las características que determina el peso del grano es su tamaño. El maíz Pollito y los híbridos fueron de grano pequeño, y el JarochoV el de granos más grandes. Sin embargo los granos pequeños proporcionan nixtamal de mayor humedad.

Otros aspectos importantes de la calidad del grano, para la industria de la harina nixtamalizada y la tortilla son el porcentaje de pico, pericarpio y germen. Según Salinas *et al.*, (2010) durante la nixtamalización el pico adquiere una tonalidad oscura, que genera puntos negros en la tortilla, afectando su apariencia, mientras que el pericarpio favorece la textura de la masa y tortilla. Por lo tanto, la industria acepta un máximo del 2% de pico y para el pericarpio no tiene un valor establecido. En cuanto algermen, se prefieren aquellos maíces con menos del 13%; pues un porcentaje mayor propicia un mayor contenido de aceite, lo que provoca obstrucción de los molinos durante la molienda y rancidez de las harinas durante el almacenamiento. Sin embargo, esta característica favorece la textura suave de las tortillas y por tanto no afecta a la industria de la masa y la tortilla (Vázquez *et al.*, 2011).

Los resultados mostraron que los maíces evaluados se encuentran dentro de los límites establecidos de pico, pericarpio y germen. Esto permite, considerar a los maíces de la REBISE como apropiados para la industria de harinas nixtamalizadas y tortilleras. El maíz Tornamil se encontró en el límite máximo de

pico (2%) y el Huesito fue el más bajo (1.2%). El pericarpio presentó mayor porcentaje (6.37%) en el maíz Pollito mientras que los valores más bajos se obtuvieron en los dos híbridos de testigos, el H-WP8063 y H-27 con 4.36 y 4.42% respectivamente; seguidos por el maíz Amarillo de Ricardo Flores Magón con 4.64%. El porcentaje de germen fluctuó entre 7.49 y 9.65, donde el testigo H-WP8063 fue el de menor valor y San Gregorio el más alto.

Cuadro 34. Propiedades físicas del grano de maíces locales ubicados en la REBISE

Maíces locales	IF (%)	PH (Kg hL ⁻¹)	PCG (g)	Componentes del grano		
				Pico (%)	Pericarpio (%)	Germen (%)
H-WP8063	47^a	73.17 ⁱ	24.87^l	1.63	4.36	7.49
POLLITO	40^b	-	30.46^k	1.95	6.37	8.45
MORALES	36 ^c	75.45 ^g	38.11 ^g	1.53	5.65	8.53
JAROCHOV	32.5 ^{cd}	71.62 ^j	48.17^a	1.51	5.17	8.42
JAROCHOTP	29.5 ^{de}	74.43 ^h	33.76 ^j	1.89	5.10	8.09
CREMA	28.5 ^{def}	75.91 ^{efg}	34.85 ^{ij}	1.91	5.61	8.26
MAIZ NEGRO	28.5 ^{def}	77.42 ^{bc}	34.54 ^{ij}	1.87	4.79	8.43
PRECOZC	28 ^{ef}	76.91 ^{bcde}	38.94 ^{fg}	1.36	5.16	9.15
JAROCHORFM	26 ^{efg}	75.97 ^{efg}	43.55^b	1.75	5.34	8.84
CHIMBITO	25 ^{fgh}	66.08^k	36.16 ^h	1.53	5.36	9.40
HUESITO	24.5 ^{fgh}	76.44 ^{cdefg}	42.87 ^c	1.20	5.06	8.74
TORNAMIL	22 ^{ghi}	76.52 ^{cdef}	40.77 ^{de}	2.00	5.33	8.19
SAN GREGORIO	21.5 ^{hi}	74.48 ^h	35.21 ^{hi}	1.63	5.20	9.65
AMARILLOV	20 ⁱ	77.80 ^b	39.72 ^{ef}	1.44	5.17	8.72
AMARILLOJOD	19 ⁱ	75.84 ^{fg}	42.21 ^c	1.46	5.57	9.41
OLOTE ROJO	18.5 ⁱ	77.23 ^{bc}	38.93 ^{fg}	1.31	5.43	9.08
AMARILLORFM	18 ^{ij}	75.73 ^{fg}	36.47 ^h	1.48	4.64	8.79
PRECOZTP	14.5 ^{jk}	76.19 ^{defg}	35.47 ^{hi}	1.38	5.51	9.43
H-27	11.5^{kl}	73.23 ⁱ	30.08^k	1.47	4.42	8.59
JAROCHOET	10.5^l	77.18 ^{bcd}	41.67 ^{cd}	1.52	5.23	8.27
AMARILLOC	5^m	79.69^a	38.85 ^{fg}	1.38	5.32	8.86

Valores medios con letra diferente, no son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

5.4.2 Propiedades físicas del nixtamal, masa y tortilla

El comportamiento después de la nixtamalización es uno de los principales aspectos de la calidad de los maíces para la industria harinera y tortillera. Estos están determinados por la humedad del nixtamal (HN); el pericarpio adherido al

grano después de la nixtamalización o pericarpio remanente (PR); así como la cantidad de sólidos desprendidos durante la etapa del cocimiento (PS). La capacidad de absorber agua se refleja en la firmeza y rendimiento de la masa y la tortilla; mientras que el PR ocasiona el color amarillo a las tortillas, favorece la plasticidad y manejabilidad de la masa, y la suavidad de las tortillas (Salinas y Vázquez, 2006). Los requerimientos de HN para la industria de la masa y tortilla, y harinas nixtamalizadas es de 36 a 42%; de PR debe ser mayor de 2 de una escala del 1 al 5; y en pérdida de sólidos deben tener un máximo de 5% (NMX-FF-034/1-SCFI-2002).

Respecto al PR Vázquez *et al.*, (2011) mencionan que la industria de la harina nixtamalizada prefiere procesar maíces que retengan menos del 35% (mayor de 3.6) del pericarpio en el nixtamal, mientras que la industria de la masa y la tortilla admiten el 40% o más del pericarpio (menor de 3.4).

Los maíces evaluados presentaron HN por encima de lo requerido (41.25 a 51.64%), PR entre 2 a 4, y las pérdidas de sólidos, por debajo del límite en el 95% de los maíces (3.48 a 5.41 %). Estos indicadores evidencian que los maíces de la REBISE se encuentran dentro de los límites estándares de calidad. Las variedades Chimbuto, Crema, H-WP8063, Precoz de Tres Picos, H-27 y Pollito presentaron la mejor retención de humedad; mientras que en los cuatro maíces Amarillos y el Huesito se registraron los niveles más bajos. Los maíces H-27, Precoz, Amarillo de California, y Amarillo de RFM fueron los de mayor PR, y los maíces Pollito, Jarocho del Triunfo y Amarillo de JOD los de menor PR. En el caso de PS, el maíz Olote Rojo fue el único que excedió el máximo requerido.

En la obtención de tortillas de buena calidad juega un papel importante la capacidad que tiene la masa para retener la humedad. Arambula *et al.*, (2000) mencionan que para elaborar tortillas de buena calidad, la HM debe oscilar entre 50 y 58%, debido a que la masa es muy susceptible a disminuir su humedad con la temperatura ambiental, lo que afecta la textura. En este sentido, los materiales evaluados presentaron humedades que oscilaron desde 55.11 a 59.52%, lo que indica una alta capacidad de acondicionamiento. El Chimbuto fue el maíz que tuvo la mayor HM, y el Amarillo de Villahermosa presentó el menor valor de humedad.

Sahai *et al.*, (2001) consideran también la HT como otra de las características de calidad que determina la aceptación en la industria de la masa y la tortilla. Sin

embargo, esta se afecta por la temperatura, el tiempo de cocimiento y la dureza del grano. Billeb y Bressani (2001) establecen que valores entre $42.4 \pm 1.9\%$ y $48.9 \pm 0.71\%$ son aceptables para la tortilla. Por su parte, Salinas *et al.*, (2010) mencionan que la mejor calidad de tortillas se obtiene con humedades por encima de 43%; y que a los 45% de humedad el rendimiento de tortilla es superior al 1.5 kg/kg de maíz.

En este estudio se encontraron valores de HT de 40.19 a 48.66%, los cuales se ubican dentro de los rangos normales. Al menos el 60% de los maíces evaluados se encuentran por encima de 43% de humedad; y el 20% superior al 45%. Los maíces de mayor HT fueron Chimbuto, San Gregorio, Jarocho de la Sierrita, Olote Rojo y Precoz de California y los de humedad más baja resultaron ser el Precoz de Tres Picos, Jarocho de RFM, H-27, Amarillo de California, Morales y H-WP0863.

A las 24 horas de reposo a temperatura ambiente hubo una reducción significativa de la humedad, encontrándose valores desde 29.95 a 42.14%. Los maíces con la más alta HT, bajo esas condiciones, fueron Precoz de California, Huesito, Morales, San Gregorio y Jarocho del Triunfo; los más bajos resultados se obtuvieron con Precoz de Tres Picos, H-WP8063 y H-27. El Huesito y Morales fueron los maíces que menos HT perdieron (0.60 y 0.12%), mientras que el Precoz de Tres Picos, Chimbuto, H-WP8063, H-27 y Jarocho de Tres Picos son los de mayor pérdida (7.42 a 10.25%).

El rendimiento de kg de tortilla/kg de maíz estuvo entre 1.32 a 1.56. Los maíces de valores más altos fueron Crema, Precoz de Tres Picos, H-27, Precoz California, Amarillo de RFM, Chimbuto, Morales, H-WP8063 y Olote Rojo (1.45 a 1.56 kg de tortilla/kg de maíz). El más bajo fue el maíz Pollito con 1.32 kg de tortilla/kg de maíz.

Cuadro 35. Propiedades físicas de nixtamal, masa y tortilla de maíces locales ubicados en la REBISE

	PR	PS	HN	HM	HT	HT24h	Kg de Tortilla/ Kg de maíz
H-WP8063	49.95 ^{gh}	3.81 ^{hi}	50.24^{ab}	56.93 ^{efgh}	41.49 ^{gh}	32.89 ^g	1.52
POLLITO	30.97ⁿ	4.81^b	48.32 ^{cd}	58.03 ^{bcd}	42.06 ^{efg}	36.66 ^{ef}	1.32
MORALES	39.31 ⁱ	4.09 ^{fg}	47.00 ^{def}	58.47^b	41.45 ^{gh}	41.33^{ab}	1.49
JAROCHOV	48.75 ^{hi}	3.60 ^j	45.95 ^{efgh}	56.92 ^{efgh}	43.02 ^{def}	36.85 ^{ef}	1.39

JAROCHOTP	52.20 ^{de}	4.83^b	46.83 ^{def}	57.76 ^{bcd}	46.45^b	39.03^{cd}	1.42
CREMA	50.66 ^{fg}	4.26^e	51.44 ^a	56.65 ^{fgh}	43.30 ^{de}	39.15^{cd}	1.45
MAIZ NEGRO	44.91 ^j	4.56^d	45.10 ^{fgh}	55.31 ^{ij}	44.26 ^{cd}	39.07^{cd}	1.43
PRECOZC	58.52^b	3.66 ^j	46.32 ^{defg}	57.35 ^{cdefg}	44.74^c	42.14^a	1.48
JAROCHORFM	48.49 ⁱ	4.05 ^g	46.92 ^{def}	56.22 ^{hi}	40.93 ^{gh}	35.04 ^f	1.44
CHIMBITO	51.59 ^{ef}	4.81^b	51.64^a	59.52^a	48.66^a	39.71^{bcd}	1.49
HUESITO	48.12 ⁱ	4.17 ^{ef}	42.80 ^{ij}	56.26 ^{ghi}	42.03 ^{efg}	41.43^{ab}	1.41
TORNAMIL	51.08 ^{efg}	3.78 ⁱ	47.09 ^{def}	56.57 ^{fgh}	41.72 ^{fg}	36.84 ^{ef}	1.42
SAN GREGORIO	44.63 ^{jk}	4.11 ^{fg}	47.19 ^{de}	57.43 ^{cdef}	46.53^b	41.00^{abc}	1.43
AMARILLOV	43.31 ^k	4.68^c	44.43 ^{ghi}	55.11^j	42.99 ^{def}	39.71^{bcd}	1.42
AMARILLOJOD	37.10 ^m	4.83^b	44.17 ^{hi}	56.87 ^{efgh}	44.23 ^{cd}	39.08^{cd}	1.37
OLOTE ROJO	47.69 ⁱ	5.41^a	45.89 ^{efgh}	56.05 ^{hij}	45.00^c	38.57 ^{de}	1.56
AMARILLORFM	53.13 ^d	3.45 ^k	44.48 ^{ghi}	56.79 ^{efgh}	43.27 ^{de}	38.96^{cd}	1.48
PRECOZTP	45.55 ^j	4.26 ^e	49.51 ^{bc}	56.97 ^{efgh}	40.19^h	29.95^h	1.45
H-27	60.12^a	4.28 ^e	49.31 ^{bc}	57.14 ^{defgh}	41.31 ^{gh}	33.07 ^g	1.47
JAROCHOET	36.48 ^m	3.92 ^h	45.40 ^{efgh}	58.38 ^{bc}	44.02 ^{cd}	40.28^{abcd}	1.42
AMARILLOC	54.95 ^c	4.19 ^{ef}	41.25 ^j	56.27 ^{ghi}	41.35 ^{gh}	35.32 ^f	1.37

Valores medios con letra diferente, no son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). Es importante resaltar que el almacenamiento se hizo al medio ambiente, lo cual explica la elevada pérdida de humedad y consecuentemente de peso.

5.4.3 Textura de la tortilla

Un factor importante para la aceptación de la tortilla por los consumidores es la textura. Según Antuna *et al.*, (2008) mientras más suave y blanda sea una tortilla, más fácil será la masticación. La dureza de la tortilla como un parámetro importante en la textura está determinada por la fuerza requerida al momento de romperse y la elongación que tiene al ejercer presión. Aunque no existen límites exactos de estos parámetros que definan la mejor calidad de tortilla, Cruz (2010) en un trabajo con maíces en Chiapas menciona que un rango de 205 a 274 gramos fuerza (g_f) se puede considerar adecuado para tortillas de buena calidad. Con valores más bajos suelen romperse con facilidad y valores superiores se usan para elaborar otros productos como totopos. Por su parte Vázquez *et al.*, (2003) mencionan que 226 g_f indica textura muy suave. En este estudio, la mayor fuerza de tensión o ruptura necesaria para romper una tortilla lo tuvieron los maíces Precoz de Tres Picos, H-27, AmarilloC y JarochoRFM (292 a 334 g_f); el menor fue Chimbuto con 158 g_f. El resto se ubicaron entre 208 a 283 g_f.

La elongación es un indicador de la flexibilidad que tiene una tortilla. En los maíces de la REBISE estos valores, en tortillas recién hechas (2h, fluctuaron

entre 12.47 y 14.20 mm. Las tortillas más elásticas se obtuvieron con el maíz Jarocho de Tres Picos y las tortillas más rígidas con el Amarillo de Villahermosa. Una comparación con lo que reporta Salinas y Aguilar (2010, Vázquez et al., (2011), entre otros (de 2 a 6 mm en tortillas de buena calidad), la elongación presentada en las variedades estudiadas es relativamente alta, lo que indica una excelente flexibilidad y suavidad de las tortillas.

Las mediciones de tortillas realizadas a las 24 horas, bajo temperatura ambiente, revelaron un mayor endurecimiento (238 a 413 gf). El maíz con más dureza en esas condiciones fue el Amarillo de California, y el más bajo el Jarocho de El Triunfo. Respecto a la elongación hubo una disminución significativa en las variedades de la REBISE, sin diferencias estadísticas entre estas (9.34 a 10.79 mm), pero sí con el testigo H-WP8063 (5.52 mm). A pesar de estos resultados la tortilla mantuvo buena suavidad.

La textura favorable de las tortillas puede estar relacionada con las proporciones de los polisacáridos presentes en el almidón y el efecto de la gelatinización⁵ y retrogradación⁶ (Flores, 2006). La proporción amilosa/amilopectina, regularmente es de 1:3 (Vaclavik, 2002)). Sin embargo, cuando los valores de amilopectina incrementan, las tortillas son menos duras y conservan mejor su humedad (Salinas et al., 2003). En este sentido, podemos considerar que el alto valor de elasticidad y baja dureza de las tortillas de los maíces de la REBISE puede estar asociado, a una mayor proporción de amilopectina en la estructura del almidón, entre otros factores. Este polisacárido se retrograda más lentamente que la amilosa; por lo tanto, a mayor contenido de amilosa la tortilla presentará una textura más dura (Salinas et al., 2011).

La relación entre los valores de dureza y elongación de tortillas encontrados a las 24 horas de almacenamiento, se puede explicar sobre la base de que la retrogradación es dependiente de la temperatura y el tiempo (Flores, 2006). En este sentido, las condiciones de almacenamiento también influyen en la velocidad

⁵ La gelatinización es el resultado del calentamiento (65-75°C) del almidón en presencia de agua, donde las cadenas de polisacáridos que lo conforman (amilosa y amilopectina) se desorganizan (la amilosa se lixivia hacia el agua y la amilopectina pierde su estructura).

⁶ Después del proceso de gelatinización (durante el enfriamiento), se lleva a cabo la re-asociación y re-cristalización de las cadenas de uno de los polisacáridos, la amilopectina; mientras que la amilosa se gelifica.

de retrogradación del almidón (Salinas *et al.*, 2011); razón por la que muchos autores han reportado una alta humedad de tortillas, alta dureza y menos elongación al almacenar a 4°C, comparado con lo encontrado en este estudio con tortillas almacenadas a temperatura ambiente. Estos resultados respaldan la existencia de valores favorables de dureza y elongación, ya que a una mayor disminución de de temperatura, la retrogradación será más rápida.

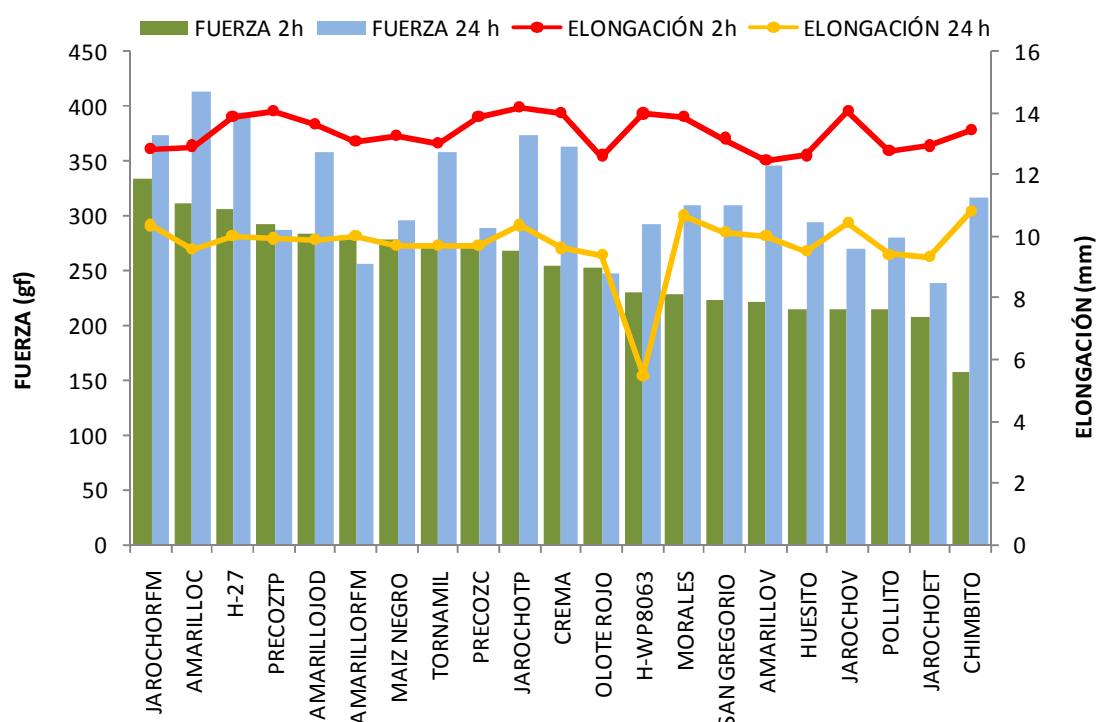


Figura 19. Comportamiento de la textura de la tortilla a las 2h y 24h de elaboradas

5.4.4 Propiedades químicas del grano y la tortilla

El alto valor nutricional del grano de maíz es una de las características más importantes en la calidad, esto lo convierte en uno de los cereales de mayor uso alimenticio. A su vez, la cantidad de proteína es un indicador primordial, así como la proporción de aminoácidos esenciales, como el triptófano y la lisina (Vázquez *et al.*, 2011).

El contenido de proteína en el maíz es relativamente bajo, alrededor del 9.0% (Coutiño y Vázquez, 2005). En este estudio el valor más bajo en el grano se encontró en el maíz Crema (8.60%); el más alto en el JarochoV(12.15%) y el resto estuvo entre 9.30 y 11.85%. En la tortilla se presentó un ligero aumento de proteína en algunos materiales (de 0.5 al 8.3% del total), encontrándose valores entre 9.05 a 12.35 %. El maíz JarochoET fue el más alto, y el Crema fue el más

bajo; el maíz AmarilloV fue el que mayor cantidad de proteína ganó y el Chimbuto el de menor ganancia. Esto coincide con Paredes *et al.*, (2009), quienes mencionan que el proceso de nixtamalización y de elaboración de la tortilla incrementa sensiblemente el valor biológico de la proteína.

Sin embargo, maíces como el JarochoV, Olote Rojo, AmarilloC, PrecozC, JarochoTP, Tornamil, JarochoRFM, Morales y el testigo H-27 perdieron entre 0.5 a 11.3% de proteína durante la nixtamalización. El Testigo H-27 fue el que más proteína perdió (11.3%), seguido del AmarilloC con 7.5%. Este comportamiento también se ha observado en maíces de alta calidad proteica (QPM). Vázquez *et al.*, (2013) encontraron que el contenido de proteína en maíces QPM se reduce con la transformación a tortilla.

Los niveles de triptófano, uno de los aminoácidos esenciales en la alimentación, es limitante en el contenido del grano (Vázquez *et al.*, 2012). En el maíz normal se puede presentar valores de 0.5 gramos/100 gramos de proteína (0.05%); el QPM puede contener el doble (Paredes *et al.*, (2009). En el presente estudio, el maíz Chimbuto fue el de más alto valor (0.083), mientras que el más bajo fue el Crema (0.050). En la tortilla el de mayor valor fue el Olote Rojo (0.044) y el más bajo el Amarillo de RFM (0.030). Se aprecia que hubo una disminución significativa durante el proceso de elaboración de la tortilla (entre el 44% y 57.7%). Esto se debe a una disminución de albúminas y globulinas durante la nixtamalización y el tiempo de reposo, según menciona Vázquez *et al.*, (2012) quienes reportan pérdidas entre 26.7 y 34.2%. Por otra parte, Coutiño *et al.*, (2008) reportaron valores similares (43 y 57%) a los encontrados en el estudio, en variedades mejoradas de la raza Comiteco en el estado de Chiapas, y lo atribuyen a la suavidad del grano. Sin embargo, no fue el caso de los materiales evaluados, ya que la dureza fue de 11 a 47%.

Estas altas pérdidas de aminoácidos esenciales, puede deberse al manejo y factores ambientales locales que influyen en la composición química del grano de maíz, tal como lo menciona Vera, *et al.*, (2012). Esto nos lleva a suponer que las condiciones de estrés a que se someten los maíces generan granos más susceptibles y menos nutritivos. La disminución de su calidad ocurre también durante la cocción y el reposo, donde las pérdidas de aminoácidos son mayores. En este sentido, es conveniente realizar estudios *in situ* que respondan a los

valores bajos, ya que nos permitirá establecer estrategias de manejo y mejoramiento genético de los maíces en áreas rurales.

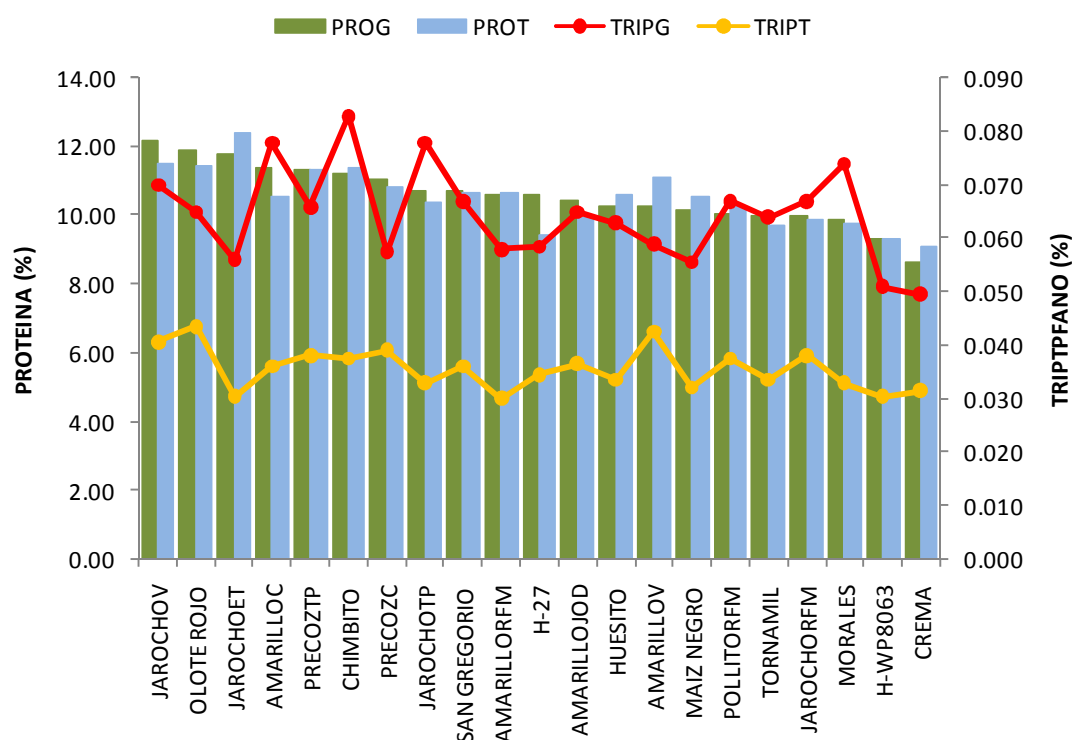


Figura 20. Valores de proteína y triptófano presentes en grano y tortilla de los maíces de la REBISE

5.4.5 Correlación de parámetros físicos de calidad de grano y tortilla

Uno de los aspectos más importantes en la calidad de grano y tortilla es la relación de sus características intrínsecas. Se ha comprobado que la dureza del grano es el parámetro que mejor define la calidad final de los maíces. El índice de flotación (IF), es una medida indirecta de esta característica. La correlación entre los parámetros de calidad es un indicador de gran utilidad para su descripción.

En este estudio se encontraron correlaciones significativas (<0.05) y altamente significativas (<0.0001). El rango de correlación estuvo entre 0.307 a 0.661 para parámetros físicos, y hasta 0.999 para las variables referentes al color. Según Snedecor y Cochran (1971) los valores aparentemente bajos de la correlación son normales en variables de origen biológico, donde regularmente intervienen diversos factores. Sin embargo, es de utilidad para entender cuánto una variable está correlacionada con otra y en qué medida depende una de la otra y respaldar

adecuadamente los resultados. En el cuadro se reflejan las correlaciones de los parámetros físicos de la calidad de grano y tortilla.

5.4.6 Calidad del grano

Se encontró correlación significativa del IF con el peso hectolítrico (PH), peso de cien granos (PCG), humedad del nixtamal (HN) y fuerza de ruptura de la tortilla recién hecha (FZAR). La correlación existente del IF con el PH, PCG y FZAR fue inversamente proporcional, -0.359, -0.320 y -0.350 respectivamente. De este modo los granos más duros con frecuencia tienen un mayor PH o densidad aparente, y se obtienen tortillas más duras; mientras que los granos más suaves tienden a ser menos pesados. El resto depende de la humedad y factores como la forma, el tamaño y la composición química del grano.

La falta de correlación entre el PCG y el PH permitió afirmar que el tamaño del grano influye en la determinación de estas variables. Al correlacionar el PH y PCG con el largo y ancho del grano se encontró correlaciones significativas y altamente significativas. El PH fue menor a medida que aumenta el largo (-0.70) y el ancho (-0.40) del grano. Según Vázquez *et al.*, (2003) esto sucede al acomodarse los granos en el recipiente, donde debido a su mayor tamaño dejan más espacios vacíos entre ellos. Sin embargo los granos más pequeños tienden a ocupar mejor los espacios y por ende se registra un PH alto. Por otra parte, el PCG es mayor a medida que el ancho del grano aumenta; a mayor tamaño, mayor peso. Según Vázquez *et al.*, (2012) los maíces que presentan granos con PCG <33g son regularmente pequeños, y por encima de este valor son de medianos a grandes.

Sin embargo, se ha notado que el largo del grano influye más en el PH; mientras que el ancho en el PCG. En este sentido, granos más largos tienden a tener menos PH, y granos más anchos a presentar más PCG. Entonces si se toma en cuenta que la dureza aumenta proporcionalmente con el PH y PCG, se puede concluir que en maíces de igual dureza la variación de PH y PCG depende del tamaño.

Considerando únicamente el IF y PH, encontramos que los maíces con una dureza <12% como el AmarilloC y JarochoET, presentaron alto PH, 79.69 y 77.18 kg hL⁻¹ respectivamente, a excepción del testigo H-27 que tuvo un comportamiento diferente. Los maíces con dureza intermedia (>37%) como el

testigo **H-WP8063** presentaron bajo PH respecto a los demás maíces. En algunos maíces cercanos a dureza intermedia (**Morales y JarochoV**) y muy duros (**PrecozTP y AmarilloRFM**) tuvieron un comportamiento similar, es decir, a $>IF <PH$ o $<IF >PH$. La correlación entre estos maíces fue altamente significativa (-0.82), mientras que en la mayoría de los clasificados como duros (13-37%), fluctuaron en PH y no mostraron correlación.

Respecto a la correlación entre el IF y PCG se encontró que maíces de dureza intermedia como el Pollito (40%) y H-WP0863 (47%) fueron los menos pesados (PCG $<33g$). Los granos muy duros como el Amarillo de California (IF de 5%) y Jarocho de El Triunfo (IF de 10.5%) presentaron un mayor PCG, 38.85 y 41.67g respectivamente. En maíces clasificados como duros, Jarocho de Villahermosa (23.5%) y el Morales (36%) presentaron alto PCG, 48.17g y 38.11g respectivamente. Sin embargo, otros maíces relativamente más duros que los dos anteriores presentaron bajo PCG, Jarocho de Tres Picos (IF de 29.5 y PCG de 33.75g), Crema (IF de 28.5 y PCG de 34.85g) y Maíz Negro (IF de 28.5 y PCG de 34.54g). Lo mismo pasó con el maíz H-27 que se clasifica como grano muy duro (IF de 11.5%), y presentó bajo PCG (30.08g). Maíces con una dureza cercana a los muy duros, como el Precoz de Tres Picos (14.5%) y el Amarillo de RFM (14.5%), presentaron PCG (35.47 y 36.47g respectivamente) superior al Crema y al Maíz Negro.

Lo anterior muestra que se pueden encontrar granos suaves y duros con valores inferiores y superiores a 33g/100 granos. Lo que confirma que el peso depende tanto de la dureza como del tamaño del grano. Sin embargo, la influencia de la dureza es mejor apreciado en la medida que el grano es más suave. Tal aseveración se fundamenta al relacionar maíces con dureza por encima de la media ($IF \geq 26\%$), el cual presentaron mayor correlación (-0.64) que del grupo entero. Sin embargo, al excluir maíces con mayor tamaño como el Jarocho de Villahermosa y el Morales esta correlación incrementó a -0.80. Lo que confirma nuevamente que el tamaño influye en el PCG, y que en granos de igual tamaño el PCG es menor a media que disminuye la dureza.

5.4.7 Comportamiento de los ML durante el proceso de Nixtamalización

La correlación del IF y HN fue directamente proporcional (0.389). Los granos más suaves tienden a tener mayor HN. Según, Arambula *et al.* (2001) la dureza influye

en la composición estructural y por tanto en la cantidad de agua que asimila el grano. También el tamaño del gránulo de almidón en diferentes partes del endospermo es un factor determinante en este evento (gránulos mas grandes absorben mejor la humedad).

Según, Narváez *et al.* (2007) en maíces de textura dura el tamaño de los gránulos de almidón es mayor en la parte del endospermo duro, mientras que en los de textura intermedia a suave es mayor en la parte suave. Los gránulos de almidón están cubiertos por una matriz proteica que les da soporte y rigidez. Sin embargo, la red proteica en el endospermo duro es más gruesa que en el endospermo suave, por lo que es más difícil de fragmentar. Es conveniente precisar que la dureza del grano está definida por la relación del área harinosa (suave) y cristalina (dura) presentes en el endospermo del grano. Los granos de textura suave tienen mayor contenido de endospermo suave que los de textura dura (Antuna, *et al.*, 2008). En este sentido, a medida que los maíces son más duros pierden la capacidad de absorber más agua durante la nixtamalización debido a la rigidez del gránulo de almidón.

Es por esto que frecuentemente es necesario un tiempo de cocción superior a medida que sea mayor la dureza del grano. En este sentido, Paredes *et al.* (2009) mencionan que un nixtamal con mayor tiempo de cocción absorbe más agua debido a un mayor grado de gelatinización, y adquiere propiedades de pegajosidad y adhesividad indeseables para la producción de tortilla, y con el proceso de retrogresión pierden flexibilidad y textura más rápidamente. Sin embargo, Vázquez *et al.*, (2003) mencionan que aun cuando los granos de textura dura requieran mayor tiempo de cocción absorberán menos agua que los granos de textura suave. En este estudio la HN encontrada en maíces muy duros, duros e intermedios fue igual o superior al rango normal (36-42%), lo que indica que el proceso de nixtamalización empleado fue el adecuado para estos materiales.

No obstante, el tamaño del grano es otra característica importante en la determinación de la HN. Antuna *et al.*, (2008) mencionan que granos más pequeños suelen retener mejor la humedad. Sin embargo, en la mayoría de los maíces, que estadísticamente presentaron tamaños iguales (pequeños) la diferencia en humedad dependió de la dureza. La influencia de la dureza puede apreciarse mejor en maíces pequeños con dureza extrema, como en el testigo H-

WP8063 (I) y AmarilloC (MD). El primero tuvo una humedad muy alta, junto al maíz Crema; mientras que el segundo presentó la humedad más baja, junto al Huesito. El resto presentaron humedades por encima de 43% y por debajo de 49%.

Al comparar la HN con el PH y PCG se encontró correlación altamente significativa (-0.620) y significativa (-0.525) respectivamente. En este sentido, la absorción de agua del nixtamal también está reflejada en la tendencia de que granos con mayor PH y PCG suelen absorber menos agua ($>PH$ y $>PCG$, $<HN$) ó los de menor PH y PCG absorben más agua ($<PH$ y $<PCG$, $>HN$). Este es un comportamiento esperado, por cuanto el $>PH$ se presenta en maíces duros y el $>PCG$ en los maíces grandes y se puede encontrar únicamente en maíces de igual dureza; pero con tamaños diferentes. Maíces duros, de grano grande como el Jarocho de Villahermosa con un alto PCG, pero bajo PH, tiene baja HN. Esto se debe a su mayor tamaño, lo que confirma la relación con el PCG. Otros maíces clasificados como duros como el Maíz Negro, de tamaño pequeño, bajo PCG, pero alto PH, tuvo baja HN con respecto a los demás. En este caso la baja HN está relacionada con su dureza, lo que corrobora la relación con el PH alto.

5.4.8 Comportamiento de los maíces locales durante la elaboración de la tortilla

Se encontró correlación significativa de la HN con la HM (0.453) debido al aporte de agua durante el acondicionamiento. Pero, no todos los materiales evaluados requirieron la misma cantidad de agua para ser acondicionados. La dureza es un factor importante en la retención del agua tanto en el nixtamal, como en la masa y la tortilla. Sin embargo, en este estudio, al relacionar el IF con la HM no se encontró correlación directa, pero si entre el incremento de la humedad después del acondicionamiento de la masa. Es decir, maíces de dureza intermedia a dura, con mayor HN, requirieron menos agua para ser acondicionados, pero no presentaron valores extremos de humedad en la masa, lo cual puede estar influenciado únicamente por el manejo (al momento de acondicionarlo). En este proceso el que acondiciona utiliza el tacto para estimar la humedad ideal de la masa, establecida en un rango del 50 al 58%.

De igual forma sucede con la HT, esta se correlaciona significativamente con la HM, pero no con la HN y el IF. Salinas *et al.*, (2010) mencionan que HN superior

no siempre está asociada con los mayores valores de HT. Sin embargo, valores altos de HM, garantiza lograr una alta HT. Por otra parte, los maíces con mayor HM no precisamente tuvieron las menores ó mayores pérdidas de agua durante el proceso de elaboración de la tortilla. Según (Arambula *et al.*, 2001) la HT depende, igualmente de los componentes principales de la masa (almidón, proteína y grasa), del espesor de la tortilla, el tiempo y la temperatura de cocimiento; por lo que es poco probable que exista correlación entre la HT, debido a la cantidad de agua perdida durante el cocimiento, y la HN ó IF.

Sin embargo, se encontró correlación altamente significativa (-0.612) y significativa (-0.449) respectivamente del PH con la HM y HT. Se ha demostrado que valores altos de PH es un indicador frecuente en los maíces que suelen retener menos agua en la masa y tortilla. Este comportamiento se debe a que los maíces con alto PH tuvieron menos HN, y por consiguiente menos HM y HT. Este comportamiento puede explicarse al considerar que, independientemente de la dureza, los maíces de alto PH ocupan mejor el espacio, por lo que el agua circula más lentamente y se infiltra en el grano con mayor lentitud.

No obstante, la capacidad de la masa y la tortilla para retener el agua depende de su composición química. El comportamiento del almidón es el principal determinante en la capacidad de retención del agua en la masa. Vazquez *et al.*, (2011) encontraron correlación positiva entre la HM y el contenido de amilopectina. Recordemos que la consistencia y dureza de la tortilla dependen de las proporciones de amilosa y amilopectina del almidón. En este sentido, al no contar con un análisis de la presencia de estos hidratos de carbono, solo se pueden hacer deducciones preliminares a partir del comportamiento de la tortilla y su correlación con la masa. La correlación entre la mayor HM con la menor FAZR (-0.449), puede ser un indicador de la influencia de los hidratos de carbono del almidón. Aunque no se encontró una correlación precisa entre la HM con la ELONG (-0.289), si se determinó correlación significativa de la HN con la ELONG (-0.431).

Según Arambula *et al.*, (2001) la humedad que logra el grano al nixtamalizarse influye fuertemente en la textura de la tortilla. Si la humedad y la textura de la tortilla están influenciados principalmente por la composición química del grano; entonces, la relación entre HT y las características de textura de la tortilla como la

dureza (-0.456), puede ser solo un indicador de las proporciones de los hidratos de carbono del almidón. Por cuanto la humedad depende de varios factores, no siempre una baja HT estará relacionada con una mala textura de tortilla. Esto es corroborado por el estudio realizado por Salinas *et al.*, (2010) donde maíces de menor HT proporcionaron tortillas más suaves, durante las primeras horas.

Las tortillas más húmedas perdieron menos humedad durante el reposo de 24 horas. Las tortillas que requirieron mayor FZAR perdieron la mayor HT24h (-0.406) y fueron proporcionalmente los de mayor FZAV (0.472). La ELONG estuvo mejor correlacionada con el PH; y la ELONGV, aunque estadísticamente fueron similares todos los materiales, se correlacionó con el PCG. Sin embargo, la HT24h no se correlacionó con la FZAV y ELONGV. En este sentido, el endurecimiento y la pérdida de flexibilidad de la tortilla de maíz no están relacionados con la reducción de humedad, ya que se debe a cambios estructurales en las moléculas de amilosa y amilopectina, que alteran sus patrones de cristalinidad (Salinas y Aguilar, 2010). Por lo tanto, la dureza y la elongación de la tortilla durante el reposo de 24 horas pueden estar influenciadas por las condiciones de temperatura de almacenamiento, ya que la retrogradación depende fuertemente de los cambios de temperatura.

En resumen, la dureza, el tamaño del grano, el acomodo de los maíces en el recipiente, entre otros factores, influyen en la facilidad que tiene el agua para traspasar el grano y humectar el endospermo. Sin embargo, no determina directamente las diferencias de humedad en el grano y la tortilla en los materiales evaluados. Por otra parte la humedad adquirida en el nixtamal favorece la alta humedad en la masa, y esta a su vez beneficia la humedad en la tortilla. Las diferencias de humedades en masa y tortilla dependen más de las condiciones en que se elaboran. Pero la dureza del grano influye en las características texturales de la tortilla, principalmente la dureza en las de reciente elaboración. La elongación de la tortilla fresca depende más de la humedad adquirida durante la nixtamalización. Finalmente las características texturales de las tortillas a las 24 horas, pudieron estar más influenciadas por las condiciones de temperatura ambiente. Esto propició una buena dureza y elongación después del reposo.

El PH y PCG son indicadores indirectos del comportamiento de los maíces con respecto a la dureza y el tamaño del grano. En este sentido, el PH y PCG

determinan indirectamente las características de humedad y texturales del nixtamal, masa y tortilla.

Finalmente, las características texturales de la tortilla, influenciadas por la composición química del grano, son las que mejor describen la calidad de los maíces para este uso y/o los relacionados.

Cuadro 36. Correlación entre parámetros físicos de calidad de grano y tortilla

	PH	PCG	IF	PR	HN	HM	HT	HT24h	PS	FZAR	ELONGR	FZAV	ELONGV
PH	-	0.185	-0.359*	-0.174	-0.620**	-0.612**	-0.449*	0.045	-0.030	0.515*	-0.372*	0.081	-0.072
PCG	-	-	-0.320*	-0.100	-0.525*	-0.161	0.005	0.336*	-0.165	0.011	-0.258	-0.072	0.375*
IF	-	-	-	-0.216	0.389*	0.156	0.020	0.084	-0.058	-0.350*	0.290	-0.229	-0.291
PR	-	-	-	-	0.088	-0.143	0.044	-0.169	-0.306*	0.345*	0.274	0.363*	0.007
HN	-	-	-	-	-	0.453*	0.108	-0.301	0.062	-0.192	0.431*	-0.017	-0.111
HM	-	-	-	-	-	-	0.319*	0.144	-0.035	-0.449*	0.289	-0.172	0.161
HT	-	-	-	-	-	-	-	0.575**	0.360*	-0.456*	0.042	-0.169	0.195
HT24h	-	-	-	-	-	-	-	-	0.060	-0.406*	-0.200	-0.231	0.232
PS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.114	-0.203	0.126	0.099
FZAR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.089	0.472*	0.032
ELONGR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.117	-0.060
FZAV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.127
ELONGV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* Significativo a 0.05 de probabilidad; ** Altamente significativo a 0.0001 de probabilidad; en cursiva y paréntesis se muestra el coeficiente de determinación

5.4.9 Relación entre parámetros proteína y triptófano del grano y la tortilla

Según Vázquez *et al.*, (2011) el contenido de proteína de los maíces depende en gran medida de las condiciones ambientales y de manejo, así como de la humedad y accesibilidad del nitrógeno. En este sentido, el comportamiento en el incremento o pérdida de proteína y triptófano son las características más importantes para determinar su calidad.

En este estudio, se encontró correlación positiva altamente significativa (0.795) entre la presencia de proteína en el grano (PROG) y la proteína en la tortilla (PROT). Una vez que la tortilla es elaborada, la proteína aumenta de un 0.5 al 8.3%.

De la misma forma, existe una correlación positiva de la PROG con la presencia de TRPG y TRPT en un 0.406 y 0.452 respectivamente. Es decir, maíces con mayor contenido de PROG, tendrán la capacidad de tener mayor contenido de TRPG y en TRPT, con respecto a los demás maíces. Sin embargo, este resultado no coincide con los obtenidos por Vázquez *et al.*, (2011), quienes encontraron que a menor contenido de proteína, el contenido de triptófano es mayor. Por otra parte el triptófano presente en grano disminuyó durante la elaboración de la tortilla (0.307), lo que coincide con Vázquez *et al.*, (2012) quienes observaron pérdidas entre 26.7% a 34.2%. Los maíces con valores más altos en TRPG fueron el Chimbuto, Jarocho de Tres Picos y Amarillo de California, pero perdieron muy fácilmente su contenido de triptófano durante la elaboración de tortilla. Por lo tanto, los maíces con valores más altos de TRPT fueron Olote Rojo y Amarillo de Villahermosa.

La dureza, es una característica importante que influye en el contenido de proteína en el grano. En esta investigación se encontró correlación del IF con PROG de -0.464. Según Narváez *et al.*, (2007) el endospermo duro tiene una red proteica más gruesa que el endospermo suave, y los maíces duros tienen más endospermo duro, por lo que presentaran más alto valor de proteína. En este sentido, la correlación del mayor contenido de proteína y triptófano con el PCG se debe a que, granos duros suelen ser más pesados y tienen mayor contenido de proteína.

Cuadro 37. Correlación entre parámetros químicos de calidad de grano y tortilla

	PH	PCG	IF	PROTGE	GETRP	PS	ELONGR	FZAV	ELONGV	PROT	TRPT
PH	-	0.185	-0.359	-0.087	-0.349	-0.030	-0.372	0.081	-0.072	-0.022	-0.006
PCG	-	-	-0.320	0.411	0.236	-0.165	-0.258	-0.072	0.375	0.432	0.356
IF	-	-	-	-0.464	-0.100	-0.058	0.290	-0.229	-0.291	-0.369	-0.126
PROTG	-	-	-	-	0.406	0.064	-0.074	-0.350	0.161	0.795	0.452
GETRP	-	-	-	-	-	0.300	0.008	0.241	0.380	0.229	0.307
PS	-	-	-	-	-	-	-0.203	0.126	0.099	0.083	0.409
ELONGR	-	-	-	-	-	-	-	0.117	-0.060	-0.276	-0.205
FZAV	-	-	-	-	-	-	-	-	0.127	-0.583	-0.027
ELONGV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.190	0.241
PROT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.372

5.4.10 Color de grano y tortilla

El color es un aspecto importante en la estética del producto, pero no en la calidad. Sin embargo, es una característica que define la aceptación del producto ante las industrias harineras y tortilleras. En los materiales evaluados se presentaron maíces blancos, amarillos y morados. En algunos maíces blancos se presentaron mezclas con los amarillos claros a rojos, otro fue más opaco y con apariencia rosada. En los amarillos, se encontraron diferentes tonalidades, desde muy claros hasta rojos intensos. En el cuadro se muestran los maíces que presentaron diferentes coloraciones en sus granos.

En los maíces amarillos la coloración se encontró principalmente en la capa de la aleurona. Solo en el Amarillo de California y de RFM, se presentaron coloraciones en el pericarpio. En el Maíz Negro su coloración fue solo en la capa de la aleurona. Los maíces blancos como Morales, Jarocho de Villahermosa, Jarocho de Tres Picos, Tornamil, Jarocho de RFM, Crema y Olote Rojo presentaron otros colores en el grano. La coloración rojo claro y rosa se presentó en el pericarpio, mientras que la coloración de amarillo claro en la capa de aleurona. En el Cuadro 38 se muestra la ubicación de la pigmentación de color en el grano.

Cuadro 38. Presencia del color en maíces con tonalidades diferente al blanco

Maíces locales	Color principal	Otros colores	Ubicación del pigmento	
			Pericarpio	Capa de la aleurona
MORALES	Blanco	rojo a rosa	X	X
JAROCHOV	Blanco	Amarillo claro y rojo a rosa	X	X
JAROCHOTP	Blanco	Rosa	X	-
CREMA	Blanco, Amarillo		-	X
MAIZ NEGRO	Morado		-	X
TORNAML	Banco	Rosa	X	-
PRECOZC	Blanco	Amarillo claro	-	X
JAROCHORFM	Blanco	Rosa	X	-
AMARILLOV	Amarillo		-	X
AMARILLOJOD	Amarillo		-	X
OLOTE ROJO	Rosa y Blanco		X	-
AMARILLORFM	Amarillo		X	X
AMARILLOC	Amarillo		X	X

En el grano, la luminosidad o brillantes (valor de L) estuvo entre 40.17 a 73.36. El valor más bajo lo presentó el Amarillo de California, mientras que el valor más alto el testigo H-WP8063. Los ML con valores también altos, después del testigo (H-WP8063), son el Jarocho de RFM, Huesito, Morales, Chimbuto, Precoz, Pollito, Crema, San Gregorio y Jarocho el Triunfo, con 70.43 a 72.53. El resto presentaron, la luminosidad más baja. El Maíz Negro fue uno de los maíces que presentó más baja luminosidad, pero relativamente más alto que el Amarillo de California.

Durante la transformación a tortilla la luminosidad incrementó en un 11.7±9.5%. Los maíces de menor incremento fueron, Maíz Negro y Morales. El Amarillo de California, fue el único maíz que incrementó su luminosidad en un 50.2%. Por otra parte, a las 24 horas los maíces tuvieron una reducción de su luminosidad de 0.7% como promedio. La mayor reducción de este parámetro se produjo en el maíz Amarillo de California. Como valoración general se puede considerar que los maíces más oscuros, tanto en grano, como en tortilla, fueron el Maíz Negro y Amarillo de California y Amarillo de RFM (Figura 21).

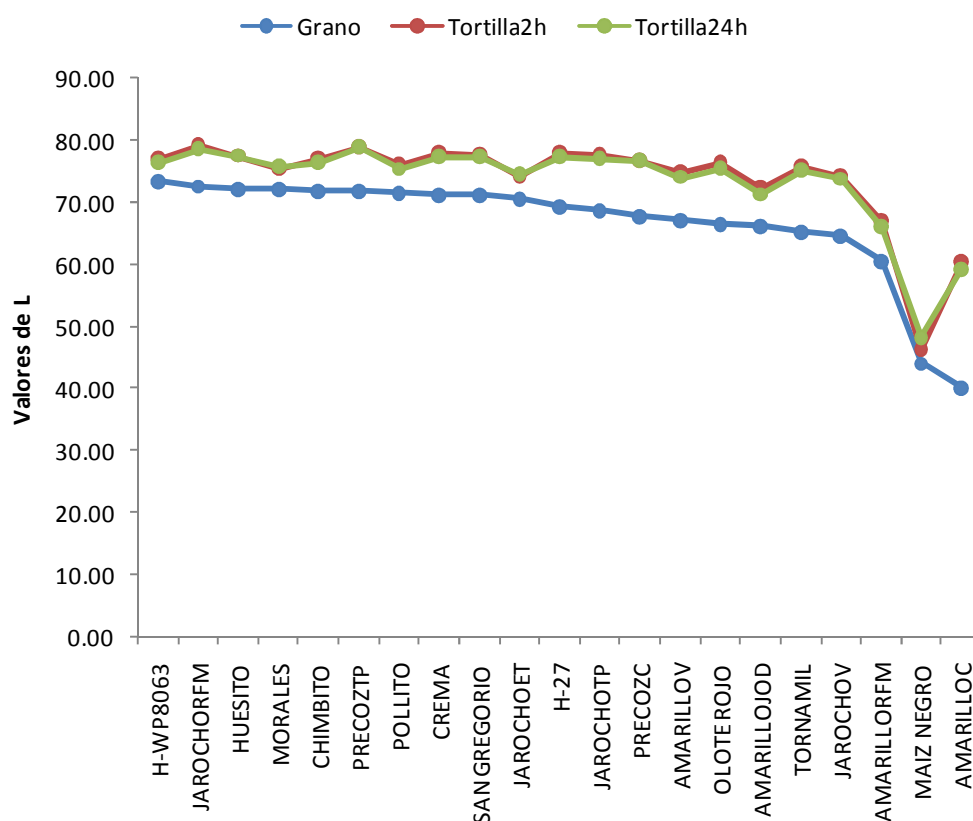


Figura 21. Comportamiento de los ML de la REBISE con respecto a la luminosidad

En valores de **a** y **b**, los maíces amarillos tuvieron las tonalidades más altas (10.29 a 10.67 para valores de **a**; y 35.0 a 37.65 para valores de **b**, a excepción del Amarillo de California que en valor de **b**, tuvo una tonalidad baja (21.71). El Amarillo de Villahermosa fue el maíz menos rojo y más amarillo. El Amarillo de California se caracteriza como el maíz más oscuro por su alto valor en **a**, y bajo valor de **b**. Por otra parte, el Maíz Negro tuvo el valor más bajo en **a** y **b**, 1.84 y 10.42 respectivamente, que lo ubica como un maíz morado, no muy intenso (Figura 22).

En los maíces blancos, los valores de **a** oscilaron entre 2.46 y 7.02, mientras que los valores de **b**, entre 24.84 y 29.03. Por lo general los valores de **b** confieren una tonalidad más amarillenta a los maíces, categorizándolos como maíces cremosos. Sin embargo, el Olote rojo, Tornamil, Jarocho de Tres Picos y Jarocho de Villahermosa presentaron los valores más altos en **a**, esto se debe a la mayor cantidad de granos de otros colores, entre ellos rojos, amarillos y rosados.

Como resultado de la elaboración de la tortilla, en los maíces amarillos se apreció una reducción del valor de a y un ligero aumento en el valor de b. Sin embargo, en maíces blancos y de coloración morada hubo una reducción en el valor de a y el valor de b. A las 24 horas de la elaboración de la tortilla, se produjo una ligera reducción, no significativa, del valor de b en maíces amarillos, y un leve aumento en maíces blanco y morado. Durante el proceso de elaboración de la tortilla se produce también la pérdida del pericarpio en los maíces amarillos, ocasionando el cambio de coloración de rojiza a más amarillos; mientras que en los maíces blancos, principalmente los que tuvieron mezclas de color, el grano se tornó más blanco. Por otra parte, el Maíz Negro adquirió una coloración más intensa.

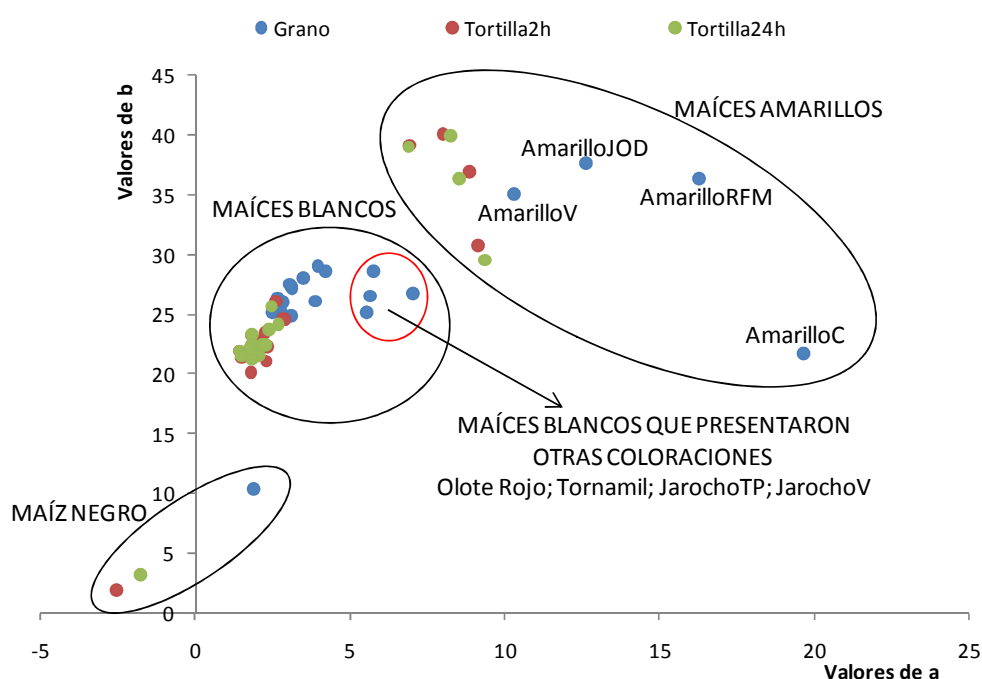


Figura 22. Comportamiento de los ML con respecto al valor de a y b

De acuerdo con Salinas *et al.*, (2012) los valores de HUE se relacionan con el tono del color del grano y es el indicador que más relacionado está con la percepción visual. Por su parte el CROMA está relacionado con el índice de saturación del color, partiendo de que los valores altos se asocian con los colores puros y por el contrario, los valores bajos indican menor pureza de color. En este sentido, el valor de HUE muestra que el Maíz Negro tiene el tono del color más fuerte, sin embargo, su bajo

valor en CROMA evidencia una coloración de baja pureza, generalmente morado suave. Por otra parte, los maíces Amarillos de RFM, JOD y Villahermosa mostraron mejor pureza en su color (Figura 23).

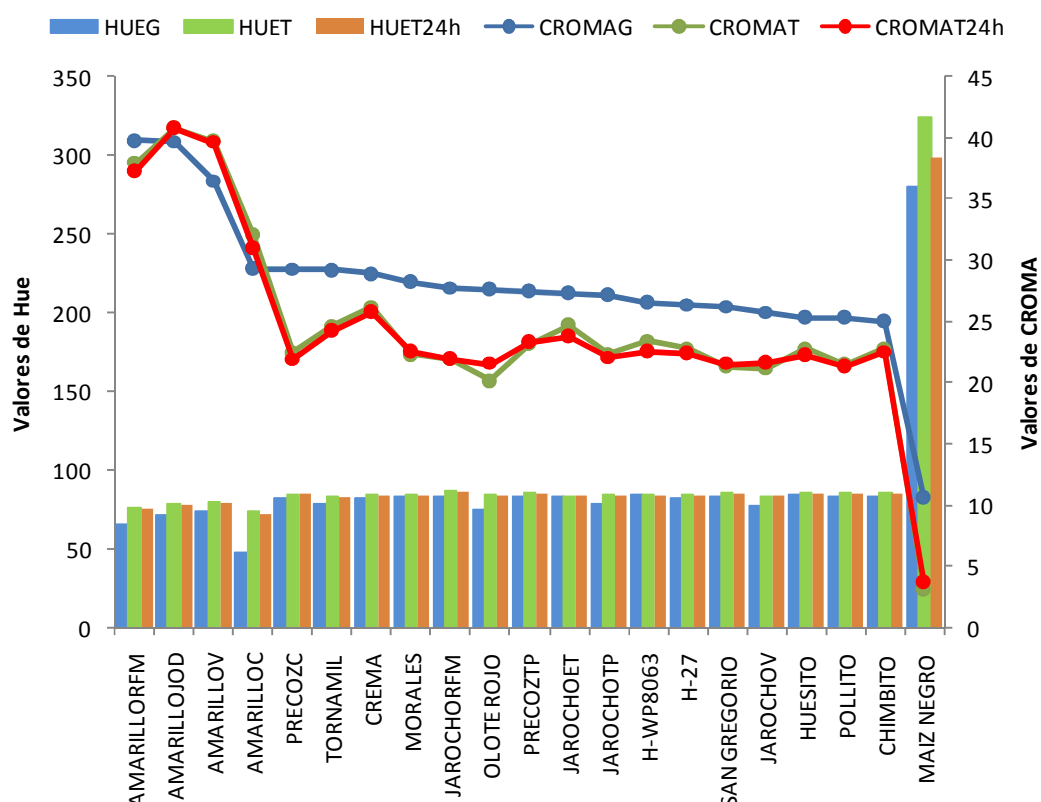


Figura 23. Comportamiento de los ML de la REBISE respecto a los valores de HUE y CROMA

5.4.11 Descripción de uso en función de sus características físicas y químicas de grano y tortilla

Existe una gran variedad de usos de los maíces. Los principales están ligados con la alimentación humana. Al respecto, se han establecido límites de calidad principalmente para las industrias harineras y masa-tortilla. Sin embargo, los maíces de la REBISE presentan un gran potencial de uso, independientemente de los límites industriales. En este sentido, definiremos el uso desde dos perspectivas, el local (uso real) y el comercial (únicamente para las industrias harineras y de la masa y tortilla).

Uso local

El uso principal de los maíces, y el más estudiado, está ligado a la elaboración de las tortillas, totopos, pinoles, pozole, y sus afines. Con respecto a la tortilla, Salinas *et al.* (2010) mencionan, que no existen indicadores de calidad establecidos; pero, se reconoce tanto por los productores como por los consumidores que esta debe tener una dureza asequible para el consumo. Esta característica tiene exigencias diferentes en dependencia del uso, por ejemplo, la tortilla para tacos requiere cierta resistencia que le permita mantener su forma cuando se le agreguen los ingredientes; diferente a las tortillas para enchiladas y chilaquiles.

De acuerdo con el comportamiento de la dureza y elasticidad en tortillas recién hechas, los maíces JarochoET, Pollito, JarochoV, Huesito, AmarilloV, San Gregorio, Morales, Olote Rojo, Crema, JarochoTP, PrecozC, Tornamil, Maíz Negro, AmarilloRFM y AmarilloJOD presentan las características adecuadas para tortilla. Sin embargo, solo los últimos seis son los más adecuados para elaborar tortillas para tacos, debido a su dureza media y la alta elongación. Maíces como el JarochoRFM y AmarilloC, que presentan alta dureza en tortilla y baja elongación, pueden ser adecuados principalmente para la elaboración de productos como el totopo.

Para la elaboración de pinoles, se prefieren los maíces de grano pequeño, por su facilidad para tostarlos. Los agricultores en comunidades rurales prefieren utilizar el grano de la parte superior de la mazorca, por su menor tamaño. Al respecto, todos los maíces con excepción del Huesito y JarochoV (por su mayor tamaño) pueden ser utilizados para productos como pinoles, principalmente el Maíz Negro, por ser el más pequeño. Sin embargo, según, Mauricio *et al.*, (2004) los materiales con altas pérdidas de peso y bajos rendimientos de tortilla son los más indicados para preparar pinoles. Por lo tanto, los que se priorizarían para este uso son Pollito, AmarilloJOD y AmarilloC.

Por otra parte, las características nutritivas de los maíces es un aspecto muy valorado para la alimentación, sobre todo en las comunidades rurales. Especialmente los maíces con alto valor en proteína y triptófano son de gran aceptación. Así como aquellos que incrementaron el valor de proteína y perdieron menos triptófano durante

la elaboración de tortilla. Lo que nos permite priorizar maíces de alto valor nutritivo en la alimentación y considerarlos en estrategias de mejoramiento locales.

Los maíces más adecuados por su alto valor en proteína tanto en grano como en tortilla son el Olote Rojo, JarochoV y JarochoET. Sin embargo, maíces como el Chimbuto, AmarilloRFM, Pollito, Maiz Negro, Huesito, Crema y AmarilloV incrementaron entre el 0.5 al 8.5% del valor de la proteína. En cuanto al contenido de triptófano, el maíz Olote Rojo, AmarilloV, JarochoV y PrecozC presentaron los valores más altos en tortilla, y fueron también los de menor porcentaje de pérdidas de triptófano (28 a 33%), seguidos del maíz Crema. En este sentido, es recomendable priorizar a los maíces Olote Rojo, JarochoV y AmarilloV por ser los de mayor valor nutritivo de la REBISE, sobre todo en proteína y triptófano.

Para la alimentación animal, la industria pecuaria requiere maíces de grano amarillo, con textura de intermedia a suave, de modo que se proporcione una mayor digestibilidad del almidón en animales como aves y cerdos (Salinas *et al.*, 2008). En este sentido, todos los maíces amarillos se caracterizaron por ser de granos duros a muy duros con una dureza entre 5 y 20%. Sin embargo, todos tuvieron un contenido de proteína entre 10.3 y 11.4%. Entre los maíces amarillos el mejor contenido de proteína y triptófano en grano lo tiene AmarilloC, seguido del AmarilloRFM y AmarilloJOD.

Los otros maíces con mejor contenido de proteína y triptófano en grano, que se pueden destinar para el consumo animal son el JarochoV, Chimbuto, JarochoTP y San Gregorio. El Olote Rojo, Jarocho ET y PrecozC se encuentran entre otros materiales con alto contenido de proteína, pero bajo contenido de triptófano en grano. Los maíces con alto contenido de triptófano, pero bajo contenido en proteína son el Morales, Pollito y Jarocho de RFM.

Uso Comercial

Con respecto a la aceptación en la industria de la masa y tortilla (IMT) y harinas nixtamalizadas (IHN), todos los maíces presentan dureza y PH entre los límites de calidad, con excepción del Chimbuto y Jarocho de Villahermosa que tuvieron el PH por debajo del límite. Respecto a la pérdida de sólido, el maíz Olote Rojo es el único que sobrepasa los límites (>5%). En PCG la industria de harinas nixtamalizadas

prefiere maíces mayores de 33g, por lo tanto, el maíz Pollito es el único que no cumple con este límite.

Sin embargo, las IHM y IMT prefieren maíces de color blanco. En este sentido, los maíces amarillo y negro, quedan excluidos. Los materiales blancos que presentaron otros colores entre sus granos, después de la nixtamalización adquieren valores de L, a y b similares a los demás maíces. Por otra parte, la IHN prefiere maíces, con HN entre 36 a 42% y PR menor del 30%; mientras que la IMT, demanda aquellos con HN mayor de 40% y PR mayor de 50%. Con respecto a la HN, el maíz Huesito se encontró con los valores establecidos para IHN; y los maíces, Crema, Tornamil, JarochoTP y PrecozC para la IMT. Con respecto al PR ningún material cumplió con lo establecido para la IHN, pero si para la IMT.

Los maíces AmarilloC y JarochoET, pueden ser adecuados para la industria de botanas, la cual demanda maíces con dureza $\leq 12\%$.

5.5 Caracterización molecular de maíces locales en área de la REBISE

5.5.1 Calidad del ADN genómico

Con la metodología empleada (Asemota, 1995, modificada) se obtuvo ADN genómico de buena calidad y cantidad suficiente para la amplificación de cebadores tipo ISSR. En la figura 24 se aprecia la calidad del ADN genómico obtenido. La numeración del 01 a 40 representa (por duplicado) a cada ML de la REBISE. Para los materiales con poco ADN se repitió la extracción.

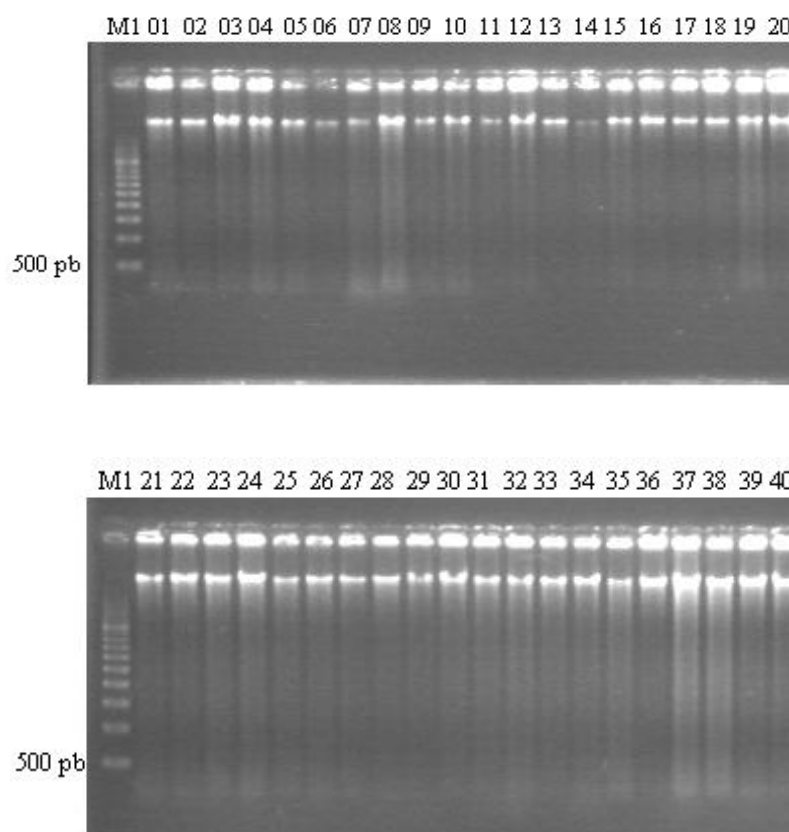


Figura 24. Calidad de ADN de los ML de la REBISE

5.5.2 Amplificación y polimorfismo de cebadores ISSR

El éxito de la amplificación de los cebadores depende, además de las condiciones de PCR, del tipo de secuencia del cebador (Pradeen *et al.*, 2002). En este análisis, 10 cebadores fueron probados y seleccionados por su eficiente amplificación en maíz. Ocho de ellos contenían secuencia di-nucleótidos (AG)₈, (AC)₈ y (GA)₈, uno tri-nucleótido (GAA)₆ y otro tetra-nucleótido (GACA)₄. Además, en el caso de los di-nucleótidos, siete presentaron anclaje (C, YT, YC y YG) en el extremo 3'. Los cebadores conformados por secuencias de di-nucleótidos y tri-nucleótidos amplificaron un mayor número de bandas polimórficas que el tetra-nucleótido. En total se amplificaron 113 fragmentos, cuyos pesos moleculares fluctuaron entre 150 pb a 2200 pb, de los cuales 97 (85.8%) fueron polimórficos (Cuadro 39).

En di-nucleótidos, las secuencias “AG” y “CA” tuvieron mayor número de bandas amplificadas y un alto polimorfismo que el “GA”, al igual que el tri-nucleótido “GAA”.

En estudios previos se ha demostrado que estas secuencias son muy comunes en el genoma de las gramíneas. Algunos como el “AG” y “GA” amplifican mejor en arroz (Joshi *et al.*, 2000), y el “AC” en Trigo (McGregor *et al.*, 2000). En maíz, Valdemar *et al.*, (2002) reportaron que la secuencia “GA” fue la que mejor amplificó; a comparación de Wang *et al.*, (1994) quienes encontraron que la secuencia “AT” es una de las más frecuente. Aunque, no se utilizaron todas las secuencias reportadas con excelente amplificación en maíz, las empleadas en este estudio permitieron alto grado de diferenciación de los materiales analizados.

El potencial de las secuencias para generar información genética a través de fragmentos polimórficos depende de la frecuencia con que se distribuyen en el genoma de la especie (Morgante y Olivieri, 1993). Al unirse a un “ancla” el número de fragmentos amplificados y polimórficos obedecen al tipo y posición del anclaje (Pradeen *et al.*, 2002). En los cebadores utilizados, la secuencia (AC)₈ amplificó 14 bandas (100% de polimórficas); al anclarse a “YG” y “G” el número de fragmentos amplificados fue de 11 y 12, de los cuales el 81.8 y 83.3% polimórficas, respectivamente. En el caso de (AG)₈ anclado a “YT” amplificó el mayor número de bandas (16), con 93.7% de polimorfismo; en “C” únicamente amplificó 10 bandas y 70% de polimorfismo. La secuencia (GAA)₆ también amplificó 16 bandas, todas polimórficas, mientras que (GACA)₄ presentó una banda polimórfica de cuatro amplificadas.

En general, los cebadores conformados por (AG)₈YT, (AC)₈ y (GAA)₆ fueron los que mejor amplificaron. Sin embargo, no significa que sean los principales y más importantes en la diferenciación de los materiales evaluados. En otras especies, algunos de los cebadores que se utilizaron en este estudio se han asociado a genes específicos. En el arroz el (AG)₈YC se ha asociado a la producción de semilla (Akagi *et al.*, 1996). En garbanzo múltiples cebadores ISSR se han asociado al gen de resistencia a *Fusarium*, de los cuales (GAA)₆ se asoció al gen de resistencia de las razas 4 y 5; y la secuencia (AC)₈YG, con gen de resistencia a la raza 4 (Ratnaparkne *et al.*, 1998). Sin embargo, esto no demuestra que en maíz, también tengan relación con estos genes. Pero permite considerar que las amplificaciones de estos cebadores pueden estar ligadas a expresiones de adaptación y uso de los maíces.

En este sentido, es necesario seguir con estudios posteriores para encontrar mayores indicadores y relaciones entre genes.

Por otra parte, Vademar *et al.*, (2002) utilizó nueve cebadores conformados por secuencia (GA)₉, (AT)₉, (GTG)₆, (TGA)₆, (GATA)₄, (GGTA)₄, (ACTC)₄ (GACA)₄ para caracteriza 81 variedades de maíces en Brasil. Como resultado encontró que el agrupamiento se relacionó con el color de grano y el tiempo de floración. El único cebador en común con este estudio, es el “(GACA)₄” que presentó un comportamiento diferente; con cinco bandas amplificadas y 80% de polimorfismo. Si consideramos que la dispersión de los maíces fue desde México a Sudamérica, es posible que la diferencia encontrada en estas dos investigaciones, el comportamiento de este cebador revele la posibilidad de mutaciones por el aislamiento geográfico. Sin embargo, hay que considerar que también puede estar influenciada por la diferencia de amplificación en PCR, lo que significa que se pudo producir bandas no específicas (Bornet y Branchard, 2001).

En arroz, el (GACA)₄ no presentó amplificación (Blair, *et al.*, 1999). Lo cual, permite considerarlo como un marcador diferenciable para gramíneas. En este sentido, es importante realizar más estudios para determinar la importancia de esta secuencia en maíz y otras especies de la misma familia.

Por lo tanto, el alto polimorfismo encontrado en estos ML de la REBISE, muestra que existe una buena variabilidad genética que ha sido aprovechada por los agricultores locales según sus necesidades y preferencias. Las bandas monomórficas nos indican sus similitudes como especie o probablemente características específicas de las plantas. Las similitudes encontradas dentro de las bandas polimórficas pueden deberse a su igualdad como variedades, razas, especie o al efecto de la combinación genética, resultado de su polinización cruzada. Las diferencias pueden estar ligadas a aspectos particulares de las variedades, razas o efecto del medio ambiente (adaptabilidad) donde se desarrollan. Para el análisis de similitud y agrupamiento se utilizaron todas las bandas encontradas, tanto polimórficas como monomórficas.

Cuadro 39. Polimorfismo de los cebadores analizados en los ML de la REBISE

Cebador	Secuencia	Bandas polimórficas	Bandas monomórficas	Total de bandas
UBC811	(GA) ₈ C	8	2	10
UBC827	(AC) ₈ G	10	2	12
UBC834	(AG) ₈ YT	15	1	16
UBC835	(AG) ₈ YC	10	2	12
UBC841	(GA) ₈ YC	7	1	8
UBC857	(AC) ₈ YG	9	2	11
UBC868	(GAA) ₆	16	0	16
UBC873	(GACA) ₄	1	3	4
I4	(AG) ₈ C	7	3	10
I9	(AC) ₈	14	0	14
Total	-	97	16	113

5.5.3 Similitud de los maíces locales

Para determinar la similitud de los maíces se utilizó el coeficiente de asociación DICE (Dice, 1945), y el coeficiente de igualdad simple (SM, por sus siglas en inglés) (Sokal y Michener, 1958). El primero considera que la presencia de un valor da mayor información que su ausencia. La ausencia puede deberse a diferentes factores y no necesariamente refleja las diferencias. El segundo asume que no existe diferencia cuando ambas muestras presentan el mismo valor (Legendre y Legendre, 1983). Ambos coeficientes fueron eficientes en diferenciar los ML de la REBISE de los testigos, principalmente del Teocintle, maíces Elotes Cónicos y Cónico Chalqueño, colectados en la región de Tlaxcala; y el híbrido H-MX3. Sin embargo, aunque el coeficiente DICE propició mayor lejanía entre los materiales, el coeficiente SM proporcionó distancias genéticas que permitieron una mejor agrupación.

En general, los germoplasmas analizados mostraron un coeficiente SM de 0.611 a 0.938. Dentro de los mismos germoplasmas este coeficiente fluctuó de 0.814 a 0.938; y entre germoplasmas locales de 0.681 a 0.912. Los coeficientes más bajos (0.611 a 0.805) lo presentaron los testigos Teocintle, Elotes Cónicos, Cónico

Chalqueño y H-MX3. Comportamiento que parece explicar el origen racial de cada muestra utilizada; lo que ha permitido una diferenciación muy clara entre testigos y variedades locales: 1) el Teocintle es una especie silvestre que se desarrolla en la región de Tlaxcala, probablemente *Zea mays* ssp. Mexicana⁷; 2) las razas Elotes Cónicos y Cónico Chalqueño son clasificados como maíces de Valles Altos (climas fríos), con mazorcas ampliamente diferenciables (cónicos con granos principalmente harinosos y semi-cristalinos) de las variedades locales de la REBISE; 3) el H-MX3 es un maíz con un largo proceso de mejoramiento genético para regiones tropicales.

En comparación con las variedades mejoradas (Vs-), estas presentan similitudes más cercanas a los maíces locales (0.885). Probablemente debido a que: 2) han sido cultivadas durante más de una generación en la región, lo que ha facilitado la intromisión de sus genes en las variedades locales; y/o 2) estén relacionadas con las variedades que han dado origen a algunos maíces locales descritos en este trabajo como generaciones avanzadas, por ejemplo: San Gregorio, AmarilloV y PrecozTP.

Por otra parte, pueden existir dos explicaciones para la presencia de un mismo alelo en un locus dado: 1) puede ser el resultado del parentesco con un mismo ancestro común y/o; 2) haberlo adquirido por causas externas (Morales, 2002). En el caso particular del Teocintle (ssp. Mexicana), un amplio rango de similitud (0.611 a 0.805) no implica una menor o mayor relación con cualquier variedad de maíz evaluada (locales y testigos). Hufford *et al.*, (2013), al analizar el genoma del Teocintle y compararla con la del maíz, con el objetivo de determinar la introgresión genética, encontraron que las similitudes entre estas subespecies se deben a la capacidad para adaptarse a ambientes fríos, y que se refleja con la presencia de coloraciones moradas y vellosidades del tallo.

Pero un índice de similitud bajo no implica que los individuos pertenezcan a diferentes Taxas (Pérez *et al.*, 2010). Es decir, las diferencias entre las variedades locales de la REBISE puede deberse a los diversos procesos de adaptación que han sufrido como variedades y no necesariamente como razas. Por lo tanto, las

⁷ Reportado en el estado de Tlaxcala, en la base de datos de proyecto global de maíces nativos

similitudes altas (≥ 0.814) entre estos materiales llevan a suponer una amplia influencia del flujo de genes.

Así, la diversidad genética puede ser el reflejo del resultado de la interacción de factores de manejo, distancia geográfica y selección constante de los materiales, permitiéndole a las variedades locales conservar genes específicos para adaptarse al ambiente en que se desarrolla y propiciar características de importancia para los agricultores, como resistencias a diferentes factores ambientales y/o usos locales.

5.5.4 Agrupamiento de los maíces locales

Los marcadores ISSR permitieron conocer la lejanía entre los materiales. El dendograma obtenido mostró una correlación cofenética pobre ($r=0.721$). Es decir, las distancias representadas en el dendograma obtenido tienen un grado de confiabilidad bajo. Según Gutiérrez *et al.*, (2009) los valores aceptables para un coeficiente de correlación cofenética, desde el punto de vista de la reproducibilidad, debe ser ≥ 0.8 . Sin embargo, aun así se logró agrupar en forma clara los materiales analizados.

Los resultados muestran que los materiales evaluados se integran en cuatro grupos principales. La primera denominada maíces de Valles altos, integrada por los testigos de la raza cónico Chalqueño y Elotes cónicos (1); la segunda se identifica como ancestro común por el Teocintle (2); la tercera híbrido mejorado por el H-MX3 (3); y el cuarto comprende los maíces locales de la REBISE y las variedades mejoradas (4). Donde este último se divide en cuatro subgrupos; y el tercer subgrupo en otros cuatro sub-subgrupos. Este esquema logra describir y explicar las posibles relaciones morfológicas y de origen descritas para los maíces locales.

En el análisis de los principales grupos se señala que los testigos Teocintle, Elotes cónicos, Cónico Chalqueño y H-MX3 establecieron un límite inter-racial (0.75). Sin embargo, los subgrupos del grupo cuatro explican el resultado de la interacción de las principales razas reportadas para la Frailesca (Tuxpeño, Olotillo, Vandeño y Tepecintle, entre otras). Una característica particular de este grupo es que estas razas también presentan una estrecha relación inter-racial. Posiblemente relacionado con que todos provengan de orígenes similares y algunos que sean resultados de las combinaciones entre ellos. Por ejemplo; en un estudio para ver la diversidad

genética de maíces nativos de México, Gónzales *et al.*, (2013) encontraron que razas como el Olotillo, Tepecintle, Tuxpeño, Vandeño, Dzit-Bacal y Nal Tel se encuentran agrupadas en un subgrupo al que denominó maíces del golfo de México, Pacífico sur y Península de Yucatán. Una característica que los diferencian de las otras es su mayor número de variabilidad alélica, atribuyéndosele a la amplia distribución geográfica.

En este sentido, la principal característica de la subdivisión del grupo cuatro está relacionada con las diferencias que existen entre variedades que se desarrollan en diferentes ambientes. Según Navarro *et al.*, (2012) los cambios que presentan los maíces de un mismo origen (raza) en ambientes diferentes son posiblemente más intensos y dinámicos bajo las presiones de las necesidades y circunstancias de los propios agricultores. Esto puede explicarse porque la variedad Tornamil se agrupó en un único subgrupo (4). Aunque se identificó como una generación avanzada del Tuxpeño como otras variedades locales, es un material de introducción nueva en la REBISE (1 año).

El Sub-grupo 1 integra únicamente al Maíz Pollito. Aunque morfológicamente no se pudo describir. Los agricultores lo describen como un material muy precoz, mazorcas pequeñas y olote delgado. No presenta estrechas similitudes con el resto de los maíces, excepto con el Chimbuto. Estos materiales se cultivan regularmente en parcelas juntas. Por lo tanto, la relación comprueba que han estado estrechamente en intercambio de genes.

En el sub-grupo 2 los materiales no están altamente relacionados entre sí, pero presentan características particulares (probablemente relacionados al uso) que los hace alejarse en un grupo aparte. El Maíz Negro, AmarilloJOD por sus colores intensos de granos se han empleado únicamente para uso de alimentación familiar. Lo que ha llevado a que las superficies de siembra sean muy pequeñas. Por otra parte, se considera que tienen sus orígenes del Olotillo. Otro material (AmarilloRFM) del mismo grupo, su principal destino es la alimentación animal. Separado distancialmente de otros maíces por un potrero hacia un extremo e inclinaciones topográficas hacia el otro, aunado a una faja de árboles de vegetación secundaria. Características que probablemente han dado separación del flujo de genes, sin

considerar las posibilidades de la distancia biológica (floración). Este maíz se considera de origen Tuxpeño.

En el subgrupo 3, se caracteriza por presentar la mayor parte de los maíces de la REBISE. Este subgrupo presenta en su gran mayoría materiales de generaciones avanzadas originados de Variedades mejoradas de la Raza Tuxpeño, y en algunos casos con fuertes introgresiones de esta raza. En el Sub-subgrupo1 se encuentra una de las variedades mejoradas empleadas como testigo (Vs-424). Esta variedad fue introducido en la región como apoyo por parte del municipio (presidencia municipal). Sin embargo, no se adaptó a las condiciones y necesidades de los agricultores, y se dejó de sembrar. El sub-subgrupo 2 se integra por el JarochoRFM y PrecozTP.

En el sub-subgrupo 3 se encuentra el maíz Huesito, AmarilloC, JarochoV, Crema, amarilloV y Morales. Estos materiales se han relacionado anteriormente con otras razas como Olotillo y Tepecintle. El sub-subgrupo 4 integra al maíz Chimbuto, San Gregorio, Olote Rojo, Jarocho TP, PrecozC y Jarocho ET. Maíces que se caracterizan por tener fuerte influencia de la raza Vandefío.

En resumen, la relación que presentan estos materiales como grupo 4, muestra la importancia que tiene la interacción de las diferentes razas en la formación de variedades locales y la selección del agricultor respecto a su uso. Por lo tanto, una descripción lógica de estos materiales debe fundamentarse en el conjunto de respuestas posibles que se obtienen al interactuar más de una raza, y no necesariamente describirlas como la presencia de muchas razas en una población. De la misma forma la relación que presentan como subgrupo 3 puede ser debido a la considerable cantidad de flujo de genes entre poblaciones (maíces resultados de más de una raza), así como la fuerte selección divergente para características de interés atropo-génicos (Canul, 2009).

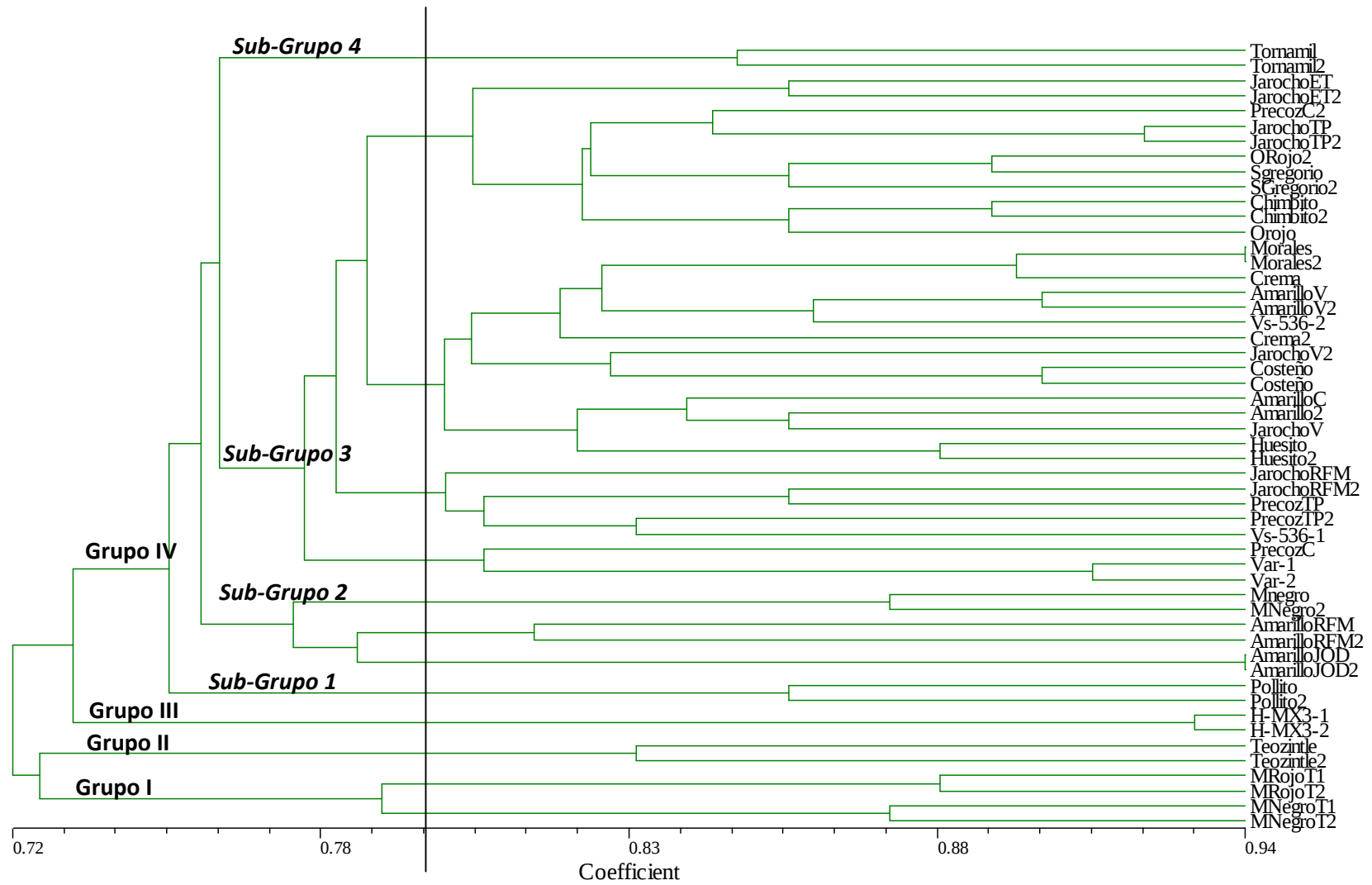


Figura 25. Dendrograma obtenida con la matriz de similitud, muestra la distancia genética entre las muestras analizadas

5.6 Potencial de uso de los maíces locales de la REBISE

Se encontraron dos grandes grupos de maíz en la REBISE, los que tienen sus orígenes como generaciones avanzadas y los que tienen sus orígenes de razas no mejoradas. Las primeras se caracterizan por tener principalmente granos blancos, son de origen tuxpeño con influencia genéticas del Vandeño, Olotillo, y/o Tepecintle; y las segundas se diferencian por una diversidad de colores de grano, son de origen Olotillo o Tepecintle, y presentan influencia del Tuxpeño, Vandeño y posiblemente algunas del Conejo y Dzit bacal. Por otra parte, el uso de los maíces puede diferenciarse en dos aspectos, potencial de uso local y potencial de uso comercial.

Los maíces con generaciones avanzadas son potencialmente más aptos para el uso comercial. Estos maíces presentan principalmente granos blancos, que los hace más atractivos en el mercado. Los que integran este grupo son: 1) JarochoET, PrecozC, JrochoTP, Olote Rojo, San Gregorio y Chimbuto (Tuxpeño + Vandeño). 2) JarochoRFM, PrecozTP y Tornamil (Tuxpeño). 3) y los que se excluyen como potencial a la industria por su color son: maíz Crema y AmarilloV y AmarilloRFM (Tuxpeño + olotillo, y Tepecintle). Los de la Raza Tuxpeño + Vandeño son potencialmente aceptables para la industria de la masa y la tortilla; dentro de ellos puede describirse que el maíz JarochoET y Olote Rojo presentan altos valores nutricionales y destacan el PrecozC y Tornamil para la elaboración de Tortillas para tacos. El JarochoRFM destaca por su dureza para la elaboración de Totopos, y el JarchoET para la industria botanera. El crema y AmarilloV, por sus características texturales y químicas tienen potencial para la industria de la tortilla; y el amarilloRFM para la industria de totopos.

En relación a la alimentación animal, El AmarilloRFM, Chimbuto, JarochoTP, San Gregorio, Olote Rojo, JarochoET y PecozaC son potencialmente nutritivos.

En el uso local, todos los maíces, tanto de generaciones avanzadas y con origen en una razas local son potencialmente aceptables.

En maíces con origen en razas locales, se prioriza el Maíz Negro, AmarilloJOD, AmarilloC de Origen Olotillo + Tepecintle, el Pollito (sin raza). El AmarilloC por su

textura y calidad proteica es potencial para la elaboración de totopos y alimentación animal. El amarilloJOD es potencial para la alimentación animal y la tortilla, principalmente para tacos. El maíz Negro es potencial en la elaboración de tortilla, principalmente para tacos. El JarochoV, Pollito y Huesito son potenciales en la Tortilla. El JarochoV también destaca para la alimentación animal.

Por otra parte, los maíces locales (en general) presentan características que les permiten adaptarse fácilmente al ambiente en que se desarrollan, lo que les permite sean potencialmente importantes para las comunidades de la REBISE, razón por la que no se prefieran los mejorados. Sin embargo, la presencia de un alto porcentaje de maíces de generaciones avanzadas muestran que los agricultores seleccionan únicamente los maíces mejorados que presentan características que se consideran importante (Hellin *et al.*, 2006). En este sentido, la presencia de nuevos materiales ayuda a la variabilidad genética de los maíces locales dándoles amplios potenciales de uso. Pero se corre el riesgo de desplazar razas locales como el Olotillo y Tepecintle. Lo que coincide con Villareal (2013) quien menciona que la mutación, migración y recombinación son factores que aumentan la variabilidad en una especie, mientras que la selección y deriva genética la disminuye.

Gonzales *et al.*, (2013) mencionan que materiales con una estrecha distribución geográfica tienden a perder gran parte de su variabilidad genética, y corren el riesgo perderse por completo. En este sentido, el potencial de uso de los maíces locales como el Pollito, AmarilloJOD y Maíz Negro que se siembran en superficies muy pequeñas y son únicos en la comunidad donde se encontraron, corren el riesgo de perderlo gradualmente. Por lo tanto, mantener la diversidad no solo implica estimular la conservación del material genético, sino que también contribuir al mejoramiento de dichas variedades ampliando así la diversidad genética.

6. CONCLUSIONES

En la REBISE existe una gran diversidad de maíces locales, identificados en alrededor de 26 nombre comunes. Algunas conocidas como Amarillo, Jarocho, Crema, Maíz Negro y Olote Rojo son los más importantes; presentan mayor distribución, son los más cultivados por los agricultores y han permanecido por más tiempo en las comunidades de la reserva. Existen otros no tan distribuidos, pero en ciertas comunidades son fundamentales, como el Precoz en Tres Picos; el Morales en La Sombra de la Selva; el Huesito en Nueva Independencia, el San Gregorio en La Sierrita; y el maíz Pablo Pina en El Triunfo. Algunos maíces como el Tuxpeño, Chimbo, Jolochi Morado, Pollito y Americano, la aceptación puede calificarse como media en las comunidades donde se encontraron.

El uso de los maíces criollos en la REBISE está determinado principalmente por sus características de adaptabilidad al ambiente, sin olvidar las sobresalientes en la producción y elaboración de alimentos como sabores y consistencias agradables. Las principales y más importantes características por la que se prefieren los maíces locales son: 1) resistencia a la pudrición de mazorca; 2) resistencia a la presencia de gorgojos; 3) resistencia al viento 4) mazorcas grandes, completamente llenas y como granos pesados; 5) rinden mejor que los mejorados; 6) presentan buen sabor en elotes y/o en la elaboración de comidas y en bebidas como el pozol; 7) se consideran nutritivos (para el caso de maíces amarillos); 8) algunos son precoces, de altura considerables y hay diversidad de color del grano.

Morfológicamente los maíces locales se clasificaron como un grupo de variedades resultado de la interacción de razas como Tuxpeño, Vandeño, Olotillo y Tepecintle, principalmente. Los maíces de origen tuxpeño como JarochoRFM, JarochoET, PrecozC, PrecozTP, Olote Rojo, San Gregorio, Crema, Chimbuto, Morales, AmarilloRFM, AmarilloV y Tornamil, se identificaron como producto de generaciones avanzadas. Los maíces como Huesito, JarochoV, Maíz Negro, AmarilloJOD se considera que presenta sus orígenes en el Olotillo; y el AmarilloC en el Tepecintle.

Molecularmente se encontró una relación muy estrecha a lo encontrado con la morfología. El cual permite considerar que los marcadores ISSR son eficientes en la identificación y clasificación de maíces locales. En este sentido, se comprueba que

en la REBISE existe un flujo de genes constante entre los maíces locales que permite una estrecha relación filogenética. Sin embargo, la constante selección hecha por los agricultores según sus necesidades y preferencias de uso, hace posible la variabilidad genética entre y dentro de las poblaciones de maíces.

En los aspectos físicos y químicos para determinar la calidad industrial, se encontró que maíces clasificados como generaciones avanzadas tienen características óptimas para industria de la harina, masa y tortilla.

El auto consumo como la venta local permiten una mayor variación genética de los maíces. Por lo tanto, tener preferencia a las ventas comerciales obliga al agricultor a aplicar mayor presión de selección buscando únicamente aquellos maíces aceptados en el mercado.

La presencia de poblaciones de generaciones avanzadas se convierte en un importante banco de genes para otras variedades locales destinadas a usos similares. Sin embargo, tienden a ser una amenaza para otras razas, ya que suelen desplazarlas.

Los materiales locales en general, presentan un amplio potencial de uso, que es necesario aprovecharlos con estrategias de conservación y mejoramiento. En este sentido, es necesario considerar aspectos como: 1) provienen de generaciones avanzadas o no; 2) la importancia del uso es comercial o local; y 3) el maíz es ampliamente distribuido entre las comunidades o no.

7. LITERATURA CONSULTADA

- Acosta, Rosa; Ríos, Humberto; Verde, Gladys y Pomagualli, D. 2003. Evaluación morfoagronómica de la diversidad genética de variedades locales de maíz (*Zea mays* L.) en La Palma, Pinar del Río. *Cultivos Tropicales*. 24(4): 61-67.
- Aguilar J., 2010. Informe final del estudio técnico: Validación de semilla y del proceso de mantenimiento de agroecosistema en los ejidos de california, Nueva Esperanza y Flores Magón localizados en la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera la Sepultura, municipio de Villaflores Chiapas. 73 p.
- Akagi H, Yokozeki Y, Inagaki A, Nakamura A, Fujimura T. Genome. 1996 Dec;39(6):1205-9. A codominant DNA marker closely linked to the rice nuclear restorer gene, RF-1, identified with inter-SSR fingerprinting. Plant Biotechnology Laboratory, Mitsui Toatsu Chemicals Incorporated, Mobara, Japan.
- Alcorn J. B. 2001. Ámbito y objetivos de la etnobotánica en un mundo en desarrollo. Sexta reimpresión. Chapingo, México. 14 p.
- Alvarado Beltran G. 2010. Diversidad de Maíces nativos de tres nichos ecológicos del altiplano poblano-tlaxcalteca. Tesis. Montecillo, Texcoco, estado de México. P. 8
- Alvarado Beltrán, Gregorio. 2010. Diversidad de maíces nativos de tres nichos ecológicos del altiplano poblano-tlaxcalteca. Tesis. Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, Texcoco, México.
- Andrés-Meza, Sierra-Macías, M. Palafox-Caballero, A., Rodríguez-Montalvo F. A. 2010. Avances en la investigación agrícola de maíz para el trópico húmedo en México. <http://www.funprover.org/agroentorno/enero011pdf/avancenlainvestigagricmaiz.pdf>. Fecha última consulta 24/03/2012
- Antuna Grijalva, Oralia; Rodríguez Herrera, Sergio A.; Arámbula Villa, Gerónimo; Palomo Gil, Arturo; Gutiérrez Arías, Edmundo; Espinosa Banda, Armando; Navarro Orona, Edson F. y Andrio Enríquez, Enrique. 2008. Calidad nixtamalera y tortillera en maíces criollos de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 31(3): 23-27.

- Arámbula Villa, Gerónimo; Barrón Ávila, Laura; González Hernández, J.; Moreno Martínez, Ernesto y Luna Bárcenas, Gabriel. 2001. Efecto del tiempo de cocimiento y reposo del grano de maíz (*Zea mays* L.) nixtamalizado, sobre las características fisicoquímicas, reológicas, estructurales y texturales del grano, masa y tortillas de maíz. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 51(2).
- Arámbula, V. G.; Mauricio, S. R. A.; Figueroa, C. J.D.; González-Hernández, J. y Ordorica, F.C. A. 1999. Corn masa and tortillas from extruded instant corn flour containing hydrocolloids and lime. Journal of Food Science. (64(1): 120-124.
- Arámbula-Villa, Gerónimo; Yáñez-Limón, José M.; Vorobiev-Vasilievich, Yuri y González-Hernández, Jesús. 2000. Coeficiente efectivo de difusión de agua en masas de maíz nixtamalizado por extrusión. Agrociencia. 34(6): 717-727.
- Aramendiz Tatis, Hermes; Arias, Yolaida; Castro, Daniel; Marín, Norbey y López, Antonio. 2005. Caracterización morfológica de maíces criollos del Caribe colombiano. Agronomía Colombiana. 23(1): 28-34.
- Arévalo R., Leila; Ruiz S., Marina; Ferreira A., Salomón y Riveros, Guillermo. Valoración de lisina y triptófano en diferentes variedades de maíz normal y opaco-2. Revista Colombiana de ciencias químico-farmacéuticas. 37-63 pp.
- Becerra V. y Paredes, C. 2000. Uso de marcadores bioquímicos y moleculares en estudios de diversidad genética. En: Agricultura Técnica (Chile), Vol. 60, No. 3, July-September, 2000, pp. 270-281
- Becerra V., Viviana y Paredes C., Mario. 2000. Uso de marcadores bioquímicos y moleculares en estudios de diversidad genética. Agricultura Técnica (Chile). 60(3): 270-281.
- Bellon, M.R y Brush, S.B. 1994. Keepers of maize in Chiapas, México. Econ. Bot., 48: 196-209.
- Bellon, Mauricio R. y Brush, Stephen B. 1994. Keepers of maize in Chiapas, Mexico. Economic Botany. 48(2): 196-209.

- Bellon, Mauricio R. y Hellin, Jon. 2011. Planting hybrids, keeping landraces: agricultural modernization and tradition among small-scale maize farmers in Chiapas, Mexico. *World Development*. Article in press. 1-10 pp.
- Bellon, Mauricio R. y Risopoulou, Jean. 2001. Small-scale farmers expand the benefits of improved maize germplasm: a case study from Chiapas, Mexico. *World Development*. 29(5): 799-811.
- Bellon, Mauricio R.; Adato, Michelle; Becerril, Javier y Mindek, Dubravka. 2005. Impact of improved maize germplasm on poverty alleviation: the case of Tuxtepec-derived materials in Mexico. CIMMYT. México. Libro.
- Bello-Pérez, Luis A.; Osorio-Díaz, Perla; Agama-Acevedo, Edith; Núñez-Santiago, Carmen y Paredes-López, Octavio. 2002. Propiedades químicas, fisicoquímicas y reológicas de masas y harinas de maíz nixtamalizado. *Agrociencia*. 36(3): 319-328.
- Benz, Bruce; Perales, Hugo y Brush, Stephen. 2007. Tzeltal and Tzotzil farmer knowledge and maize diversity in Chiapas, Mexico. *Current Anthropology*. 48(2): 289-300.
- Billeb de Sinibaldi, Ana Cristina y Bressani, Ricardo. 2001. Características de cocción por nixtamalización de once variedades de maíz. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 51(1).
- Bonamico, N.; Alassa, J.; Ibañez, M.; Di Renzo, M.; Díaz, D. y Salerno, J. 2004. Caracterización y clasificación de híbridos de maíz con marcadores SSR. RIA. INTA, Argentina. 33(2): 129-144.
- Brunett Pérez, L.; González Esquivel, C. y García Hernández, L. A. 2005. Evaluación de la sustentabilidad de dos agroecosistemas campesinos de producción de maíz y leche, utilizando indicadores. *Livestock Research for Rural Development*. 17(7).
- Brush S. B. y Perales H. R. 2007. A maize landscape: Ethnicity and agro-biodiversity in Chiapas Mexico. In: *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 121 (2007) 211-221

- Burgos H. M. 2009. Flora vascular con características potenciales para el aprovechamiento y conservación de los fragmentos de selva en el municipio de Atzalan, Veracruz. Tesis. Instituto de Ecología. Xalapa, Veracruz, México. p. 29
- Caballero J. 2002. La enseñanza de métodos cuantitativos en etnobotánica. In: Taller Latinoamericano Desarrollo Curricular de Etnobotánica Aplicada. Grupo Etnobotánico Latinoamericano (GELA), Jardín Botánico Nacional Rafael Maria Moscoso, WWF/UK-Iniciativa Pueblos y Plantas, Programa Regional TRAMIL-Centroamérica/Enda-Caribe, Asociación Latinoamericana de Botánica (ALB). Santo Domingo.
- Canales, Haymeé. 2007. Los marcadores moleculares y su impacto en la actividad de investigación y desarrollo agropecuario: un análisis bibliométrico. *Rev. Protección Veg.* 22(1): 57-64.
- Canul Ku, Jaime. 2009. Diversidad genética de poblaciones nativas de maíz y su mantenimiento en el sistema milpa de Yucatán. Tesis. Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, Texcoco, México.
- Catalán Rodríguez, Pilar. 2001. Análisis Filogenéticos. Libro. PONER CAPITULOS VISTOS.
- Chávez-Servia, J.L., Diego-Flores, P. y Carrillo-Rodríguez, J.C. 2011. Complejos raciales de poblaciones de maíz evaluadas en san Martín Huamelupan, Oaxaca. En: *Ra Ximhai* Vol. 7 Numero 1 Enero-abril. pág. 107-115
- Chávez-Servia, José Luis; Diego-Flores, Prisciliano y Carrillo-Rodríguez, José Cruz. 2011. Complejos raciales de poblaciones de maíz evaluadas en San Martín Huamelupan, Oaxaca. *Ra Ximhai*. 7(1): 107-115.
- Ciencia y tecnología en la frontera. 2005. Órgano de divulgación científica del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Chiapas. ESPECIFICAR ARTICULOS LEIDOS.
- CIMMYT. 1989. Informe anual 1988 (centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo): Distribución de la diversidad, México, D.F. CIMMYT.

- Coutiño E., B., E. Betanzos M., A. Ramírez F., N. Espinoza P. 2004. V-229 y V-231A Primeras variedades mejoradas de maíz de la raza comiteco. En: Revista fitotecnia Mexicana 23: 296-298
- Coutiño Estrada, Bulmaro; Vázquez Carrillo, Gricelda; Torres Morales, Braulio y Salinas Moreno, Yolanda. 2008. Calidad de grano, tortillas y botanas de dos variedades de maíz de la raza comiteco. Rev. Fototec. Mex. 31(3): 9-14.
- Culley M.T. y A.D. Wolfe. 2001. Population genetic structure of the cleistogamous plant species *Viola pubescens* Aiton (Violaceae), as indicated by allozyme and ISSR molecular markers. Heredity 86:545-556.
- Dávila, Martha; Castillo, Miguel A. y Laurentin, Hernán. 2007. Uso de marcadores moleculares ISSR para inferir las relaciones genéticas y la variabilidad intraespecífico en Agave. Rev. Fac. Agron. (Maracay). 33(2): 93-111.
- Documento de trabajo para el taller: Agrobiodiversidad en México: el caso del Maíz. 2008. Dirección de Economía Ambiental, INE; Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, CONABIO; Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, SAGARPA.
- Doebley, John F. 1994. Corn & Culture in the Prehistoric New World. Eds. Johannessen, S. y Ch. Hastorf. Westview, Press, Inc. U. S. A. 101-112 pp. Traducido por Jesús Axayacatl Cuevas Sánchez como material didáctico en el curso de Etnobotánica impartido en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México y para la especialidad en Botánica del Instituto de Recursos Naturales del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México, México.
- Durán Hernández, Dagoberto. 2008. Descripción fisiológica y molecular de semillas de maíz azul. Tesis. Maestro en Ciencias en Bioprocesos. Instituto Politécnico Nacional. México, D. F. México.
- Durán-Hernández, Dagoberto; Gutiérrez-Hernández, Germán Fernando; Arellano-Vázquez, José Luis; García-Ramírez, Elpidio y Virgen-Vargas, Juan. 2011.

Caracterización molecular y germinación de semillas de maíces azules con envejecimiento acelerado. *Agronomía Mesoamericana*. 22(1) 11-20.

Elizondo, J. y Carlos Boschini. 2002. Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido. En: *Agronomía Mesoamericana* 13 (1): 13-17

Espinosa, Alejandro; López, Miguel Ángel; Gómez, Noel; Betanzos, Esteban; Sierra, Mauro; Coutiño, Bulmaro; Aveldaño, Rodrigo; Preciado, Ernesto y Terrón, Arturo D. 2003. Indicadores económicos para la producción y uso de semilla mejorada de maíz de calidad proteínica (QPM) en México. *Agronomía Mesoamericana*. 14(1): 105-116.

Espinoza, C. A., Taedo, R. M., Sierra M. M., Gómez, M. N., Coutiño, E. B. y Palafox C. A. 2004. Mejoramiento genético y conservación de biodiversidad del maíz en México. En: Memoria de ponencia sobre biodiversidad (2004) XIII congreso nacional de Divulgación de la Ciencia y la Técnica Divulgación, agua, energía y Biodiversidad.

Esteva, G. 2003. Sin maíz no hay país. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Dirección General de Culturas Populares e Indígenas, México, 63 p.

F. Nuez, Carrillo J. M. y de Ron A. M. 2000. Problemas básicos de la mejora vegetal. En: Nuez y carrillo (eds). Los marcadores genéticos en la mejora vegetal.

Fernández Granda, L.; Crossa, J.; Fundora-Mayor, Z.; Castiñeiras Alfonso, L.; Gálvez Rodríguez, G.; García García, M. y Giraudy Bueno, C. 2010. Identificación y caracterización de razas de maíz en sistemas campesinos tradicionales de dos áreas rurales de Cuba. *Revista Biociencias*. 1(1): 4-18.

Fernández, Hilda; san Vicente, Félix, Marín, Carlos y Torrealba, Darío. 2006. Determinación de la relación genética entre líneas de maíz usando marcadores SSR. *Agronomía Trop*. 56(4): 643-650.

Fernández-Muñoz, J. L.; Rodríguez, M. E.; Pless, R. C.; Martínez-Flores, H. E.; Leal, M.; Martínez, J. L. y Baños, L. 2002. Changes in nixtamalized corn flour dependent on postcooking steeping time. *Cereal Chem*. 79(1): 162-166.

- Fernández-Muñoz, J. L.; Rojas-Molina, Isela; González-Dávalos, M. L.; Leal, Myriam; Valtierra, M. E.; San Martín-Martínez, E. y Rodríguez, M. E. 2004. Study of calcium ion diffusion in components of maize kernels during traditional nixtamalization process. *Cereal Chem.* 81(1): 65-69.
- CIMMYT. 1995. Flujo genético entre maíz criollo, maíz mejorado y teocintle: implicaciones para el maíz transgénico.. Memoria del Foro. Estado de México. INIFAP. CNBA.
- Ford, R.I. (ed.). 1978. The Nature and Status of Ethnobotany. Anthropological papers. Museum of Anthropology, University of Michigan No. 67. Ann. Arbor, Michigan, 428 pp.
- Galarreta JI. R., Guenaga M., Costar, A. y Álvarez, A. 2004. Variación genética en líneas puras de maíz mediante marcadores microsatélites. En: Actas de horticultura. II congreso de mejora genética de plantas-León. N° 41. 95-96
- Galicia-Flores, Luis A.; Islas-Caballero, Catalina; Rosales-Nolasco, Aldo y Palacios-Rojas, Natalia. 2011. Método económico y eficiente para la cuantificación colorimétrica de lisina en grano de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 34(4): 285-289.
- García de Miguel, Jesús. 2000. Etnobotánica maya: origen y evolución de los huertos familiares de la Península de Yucatán, México. Tesis. Doctor en Ciencias. Universidad de Córdoba.
- Gethi, J.G., Labate, J.A., Lamkey, K.R., Smith, M.E., Kresovich, S. 2002. SSR variation in important U.S. maize inbred lines. *Crop Sci.* 42: 951-957.
- Godoy, J. A. 2009. La genética, los marcadores moleculares y la conservación de especies. *Ecosistemas.* 18(1): 23-33.
- Golstein D.B., L.A. Zhivotovsky, K. Nayar, L.A. Ruíz, L.L. Cavalli-Sforza y M.W. Feltman. 1996. Statistical properties of the variation at linked microsatellite loci: implications for the history of human Y-chromosome. *Molecular Biology and Evolution* 13:1213-1218.

- Gómez-Pompa A. 1993. Las Raíces de la Etnobotánica Mexicana. In: Acta Biológica panamensis. vol. 1, 87-100
- Gómez-Pompa, Arturo. Las raíces de al etnobotánica mexicana. Revisiones. Acta Biológica Panamensis. 1: 87-100.
- González D. 1998. Marcadores moleculares para estudios comparativos de la variación en ecología y sistemática. In: Revista Mexicana de Micología. 14. pp. 1-21
- González, Laura; Hernández, Alexander y Alezones, Jesús. 2009. Caracterización molecular de líneas tropicales de maíz (*Zea mays* L.) y su relación con los patrones heteróticos. Bioagro. 21(3): 165-172.
- Guevara H. F. y Rodríguez, L. L. 2011. Innovación y Desarrollo Rural: Reflexiones y experiencias desde el contexto Cubano. 2a edición. Editorial Jorge Dimitrov. Bayamo, Granma. Cuba. 187 p.
- Guevara H. F., A. Hernández L., R. Pinto R. y J. Ovando C. 2008. La investigación para el desarrollo rural: ¿porqué un proceso continuo?. In: CLIA Granma. Boletín del Centro Local de Innovación Agropecuaria. AÑO II (2): 1-2 Bayomo, Granma, Cuba. ISBN: 959-7189-08-9
- Guevara H. F., B Martínez C., A. Hernandez L., R. Pinto R., J. Ovando C. 2009. La investigación para el desarrollo rural: ¿Qué es la investigación-Acción?. In: CLIA Granma. Boletín del Centro Local de Innovación Agropecuaria. AÑO III (2): 2 Bayomo, Granma, Cuba. ISBN: 959-7189-08-9
- Guevara-Hernández, F.; R. Ortiz-Pérez; H. Ríos-Labrada; L. de la C. Angarica-Ferrer; L. Martín-Posada; D. Plana-Ramos; A. Crespo-Morales; L. A. Barranco-Olivera; Z. Salguero-Rubio; I. Cánovas-García; R. Alemán-Pérez y C. Proveyer-Cervantes. 2011. Impactos en Cuba del programa de innovación agropecuaria. Aprendizaje a ciclo completo. Editorial Feijóo, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Cuba
- Gutiérrez, GF; García, E; Arellano, JL; Virgen, J. 2009. Comparación molecular de la identidad genética de genotipos de maíz de diferente edad. Agronomía Mesoamericana 20(1):01-09.

- Gutiérrez-Hernández, Germán Fernando; García-Ramírez, Elpidio; Arellano-Vázquez, José Luis; Virgen-Vargas, Juan y Ramírez-Sotelo, Guadalupe. 2009. Comparación molecular de la identidad genética de genotipos de maíz de diferente edad. *Agronomía Mesoamericana*. 20(1): 1-9.
- Hamilton, A.C.; Pei Shengji; Kessy, J.; Khan, Ashiq A.; Lagos-Witte, S. & Shinwari, Z.K. 2003. The purposes and teaching of Applied Ethnobotany. People and plants working paper 11. WWF, Godalming, UK.
- Hernandez X. 1971. Exploración etnobotánica y su metodología.
- Hernández X., E. 1972. Consumo humano de maíz y el aprovechamiento de tipos con alto valor nutritivo. Simposio sobre desarrollo y utilización de maíces de alto valor nutritivo. Colegio de Postgraduados-Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, Méx. México, D.F. pp: 149-156
- Herrera Cabrera, B. Edgar; Castillo González, Fernando; Sánchez González, J. Jesús; Hernández Casillas, J. Manuel; Ortega Pazkca, Rafael A. y Major Goodman, M. 2004. Diversidad de maíz chalqueño. *Agrociencia*. 38(2): 191-206.
- Herrera Cabrera, B. Edgar; Macías-López, Antonio; Díaz Ruíz, Ramón; Valadez Ramírez, Mario y Delgado Alvarado, Adriana. 2002. Uso de semilla criolla y caracteres de mazorca para la selección de semilla de maíz en México. *Rev. Fitotec. Mex.* 25(1): 17-23.
- IBPGR, 1991. Descriptors for Maize. International Maize and Wheat Improvement Center, Mexico City/International Board for Plant Genetic Resources, Rome
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI. 2010. México en el Mundo. Edición 2010. INEGI. México. pp. 282-283
- Instituto Nacional de Investigación y Extensión, INIEA. 2006. Manual para Caracterización *In situ* de cultivos nativos. Primera edición. INIEA. Lima, Perú. Pág. 11-12

- Jiménez P y Collada, C. 2000. Técnicas para la evaluación de la diversidad genética y uso en los programas de conservación. Invest. Agr.: Sist. Recur. For.: Fuera de Serie n.º 2-2000. Pág. 237-248
- Jiménez Tapia, Silvino. 2010. Caracterización agronómica y denominación de poblaciones locales de maíz (*Zea mays* L.) de la comunidad de Cualac, Guerrero. Tesis. Maestro Tecnológico. Colegio de Postgraduados. Campus Puebla, Puebla, México.
- Jiménez-Juárez, J. A.; Arámbula-Villa, G.; de la Cruz-Lázaro, E. y Aparicio-Trapala, M. A. 2012. Características del grano, masa y tortilla producida con diferentes genotipos de maíz del trópico mexicano. Universidad y Ciencia. Trópico Húmedo. 28(2): 145-152.
- Kato, T.A., C. Mapes, I.M. Mera, J.A. Serratos, R.A. Bye. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 116 pp. México, D.F.
- Kato-Yamakake TA. 2005. Cómo y dónde se originó el maíz. Investigación y Ciencia Agosto 2005: 68- 72.
- Keleman A., Hellin, J., y Bellon M. 2009. Maize diversity, rural development policy, and farmers' practices: Lessons from Chiapas, Mexico. In: The Geographical Journal, Vol. 175 No. 1, March 2009, pp. 52–70.
- Landavazo Gamboa, Dora Alicia; Calvillo Alba, Karla Guadalupe; Espinosa Huerta, Elsa; González Morelos, Laura; Aragón Cuevas, Flavio; Torres Pacheco, Irineo; Guzmán Maldonado, Salvador Horacio; Montero Tavera, Victor y Mora Áviles, María Alejandra. 2006. Caracterización molecular y biológica de genes recombinantes en maíz criollo de Oaxaca. Agricultura Técnica en México. 32(3): 267-279.
- León González, Ángel; Llinás Solano, Humberto y Tilano, Jorge. 2008. Análisis multivariado aplicando componentes principales al caso de los desplazados. Ingeniería y Desarrollo. 23: 119-142.

- Lerner M. T. A. Ceroni, S. y C. González R. 2003. Etnobotánica de la comunidad campesina "Santa Catalina de Chongoyape" en el bosque seco del área de conservación privada Chapirrí-Lambayaque. In: Ecología aplicada 2 (1). pp 14-20
- López caballero, Emilio J. y Pérez Suárez, Gonzalo. 1999. Métodos de análisis en la reconstrucción filogenética. Evolución y Filogenia de Arthropoda. Bol. SEA. 26: 45-56.
- López Romero, Gustavo; Santacruz Varela, Amalio; Muñoz Orozco, Abel, Castillo González, Fernando; Córdova Téllez, Leobigildo y Vaquera Huerta, Humberto. 2005. Caracterización morfológica de poblaciones nativas de maíz del istmo de Tehuantepec, México. Interciencia. 30(5): 284-290.
- Louette, D. 1999. Traditional management of seed and genetic diversity: What is a landrace? In Genes in the field: on farm conservation of crop, ed. S. B. Brush, 109-42. Boca Raton, Fla.: Lewis Publishers.
- Maass, M.; Jardel, E.; Martínez-Yrizar, A.; Calderón, L.; Herrera, J.; Castillo, A.; Euán-Ávila, J. y Equihua, M. 2010. Las áreas naturales protegidas y la investigación ecológica de largo plazo en México. Ecosistemas. 19(2): 69-83.
- INIEA. 2006. Manual para caracterización *in situ* de cultivos nativos. Conceptos y procedimientos. Proyecto: Conservación *in situ* de cultivos nativos y sus parientes silvestres. PER/98/G33. Ministerio de Agricultura. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria-INIEA. Lima, Perú.
- Márquez S. F. 2008. De las variedades criollas de maíz (*zea mays* L.) a los Híbridos transgénicos. I: recolección de germoplasma y variedades mejoradas. Agricultura, sociedad y desarrollo. 5(2) pp. 151-166
- Márquez Sánchez, Fidel. 2011. Reseña de "IV Reunión nacional de conservación, mejoramiento y uso de los maíces criollos". Revista Fitotecnia Mexicana. 34(4).
- Márquez-Sánchez, Fidel. 2008. De las variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) a los híbridos transgénicos. I: recolección de germoplasma y variedades mejoradas. Agricultura, Sociedad y Desarrollo. 5(2): 151-166.

- Martín Giorgio, Ernesto. Curso: introducción a la Bioinformática. Introducción al diseño de primers. 1-12 pp.
- Martínez Menes, Mario R. y Consultores. 2010. Informe de Seguimiento y Evaluación. Fideicomiso de Riesgo Compartido. Secretaría de Agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (SAGARPA). Proyecto Especial de Producción de maíz de Alto rendimiento (PROEMAR 2009). Colegio de Postgraduados. Pagina 1-157.
- Matsuoka, Y., Y. Vigouroux, M. Goodman, G. J. Sánchez, E. Buckler y J. Doebley. 2002. A single Domestication for Maize shown by Multilocus Microsatellite Genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99 (9): 6080-6084.
- Mauricio Sánchez, Reina Araceli; Figueroa Cárdenas, Juan de Dios; Taba, Suketoshi; Reyes Vega, María de la Luz; Rincón Sánchez, Froylán y Mendoza Galván, Arturo. 2004. Caracterización de accesiones de maíz por calidad de grano y tortilla. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 27(3): 213-222.
- Mendoza Elos, M.; Andrio Enríquez, E.; Juarez Goiz, J. M.; Mosqueda Villagómez, C.; Latournerie Moreno, L.; Castañón Nájera, G.; López Benítez, A. y Moreno Martínez, E. 2006. Contenido de lisina y triptófano en genotipos de maíz de alta calidad proteica y normal. *Universidad y Ciencia*. Universidad Juárez Autónoma de tabasco Villahermosa, México. 22(2): 153-161.
- Mendoza López, Alexander; Aguirre Medina, Juan Francisco; Cruz Chávez, Francisco Javier; Iracheta Donjuán, Leobardo; Vázquez Carrillo, María Griselda y Avendaño Arrazate, Carlos Hugo. 2012. Efecto de la suspensión del riego en prefloración y llenado de grando en el contenido de lisina, triptófano y rendimiento en dos maíces de alta calidad proteínica. *Comunicaciones. Interciencia*. 37(5): 363-369.
- Molina Monterroso, Luis Gerardo; Ponciano Samayoa, Karla Melina y Fuentes López, Mario Roberto. 2005. Caracterización molecular de la diversidad existente en la colección nacional de maíz (*Zea mays* L.) utilizando marcadores de secuencia simple repetida. Informe Final. Proyecto FODECYT No. 28-03. CONCYT. SENACYT. FONACYT. ICTA: Guatemala.

- Morales Yokobori, marcelo Lino. 2002. Caracterización genotípica de plantas de maíz (*Zea mays* L.) utilizando secuencias microsatélites distribuidas uniformemente sobre el genoma. Tesina de Belgrado. Licenciatura en Ciencias Biológicas. Universidad de Belgrado.
- Muñoz Flórez, Jaime Eduardo; Morillo Coronado, Ana Cruz y Morillo Coronado, Yacenia. 2008. Microsatélites amplificados al azar (RAM) en estudios de diversidad genética vegetal. *Acta Agron. (Palmira)*. 57(4): 219-226.
- Narváez-González, Ernesto David; Figueroa Cárdenas, Juan de Dios; Taba, Suketoshi; Castaño Tostado, Eduardo y Martínez Peniche, Ramón Álar. 2007. Efecto del tamaño del gránulo de almidón de maíz en sus propiedades térmicas y de pastificado. *Rev. Fitotec. Mex.* 30(3): 269-277.
- NMX-FF-034/1-SCFI-2002. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-cereales-parte I: maíz blanco para proceso alcalino para tortillas de maíz y productos de maíz nixtamalizados-especificaciones y métodos de prueba. 1-18 pp.
- Nora, S.; Albaladejo, R. G.; González Martínez, S. C.; Robledo-Arnuncio, J. J. y Aparicio, A. 2011. Movimiento de genes (polen y semillas) en poblaciones fragmentadas de plantas. *Ecosistemas*. 20(2): 35-45.
- Ortega Paczka R. 2003. La diversidad del maíz en México. En: Esteva, C. y C. Marielle (eds.). *Sin maíz no hay país*. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Dirección General de Culturas Populares e Indígenas, México, pp. 123-154.
- Ortega Pazcka, R. A. 1973. Variación en maíz y cambios socioeconómicos en Chiapas, Méx. 1946-1971. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Padilla García, José Miguel. 2011. Relaciones de incompatibilidad en razas e híbridos comerciales de maíz. Doctor en Ciencias en Biosistemática, ecología y Manejo de Recursos naturales y Agrícolas. Tesis. Universidad de Guadalajara. 1-165 pp.

- Paliwal, Ripusudan L.; Granados, Gozalo; Lafitte, Honor Renée y Violic, Alejandro D. El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción. 2001. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma.
- Paredes López, Octavio; Guevara Lara, Fidel y Bello Pérez, Luis Arturo. 2009. La nixtamalización y el valor nutritivo del maíz. Ciencias 92-93. 60-70 pp.
- Peñaranda, María Isabel y Navas, Alejandro A. 2005. Caracterización molecular y evaluación bioquímica de cultivares colombianos y germoplasma elite de maíz según contenido de aceite. Fitomejoramiento, recursos genéticos y biología molecular. Agronomía Colombiana. 23(1): 7-16.
- Perales H., y Hernández C., 2005. Diversidad de maíz en Chiapas. En: M. González-Espinosa, N. Ramírez-Marcial y L. Ruiz-Montoya, editores. 2005. Diversidad biológica de Chiapas. Plaza y Valdés/ECOSUR/ COCYTECH, México, Distrito Federal, México. Páginas 337-355.
- Perales, Hugo R. y Hernández-Casillas, Juan Manuel. 2005. Diversidad del maíz en Chiapas. Capítulo 11. ECOSUR/COCYTECH; México D. F., México. 337-355pp.
- Perales, Hugo R.; Benz, Bruce F. y Brush, Stephen B. 2005. Maize biodiversity and ethnolinguistic diversity in Chiapas, Mexico. PNAS. 102(3): 949-954.
- Pérez de la Torre, Mariana; Zirilli, Patricia; Ulrich, Noelia; Setten, Lorena y Escadón, Alejandro. 2010. Caracterización molecular en el género *Mecardonia* Ruiz & Pav. (*Plantaginaceae*) utilizando marcadores ISSR. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata. 109(1): 23-30.
- Pimentel, David y Pimentel, Marcia. 2005. El uso de la energía en la agricultura una visión general. LEISA. Revista de Agroecología. 5-7 pp.
- Plasencia, Javier; Jaime, Fabiola; Quirasco, Maricarmen y Gálvez, Amanda. Desarrollo de métodos para la detección molecular de secuencias de ADN en granos de maíz y productos derivados.
- Pozo, L.; Cappa, M.; París, G. y Bruni, N. 2002. Análisis del contenido de ADN en las distintas etapas del proceso de obtención de materias primas a partir de maíz

genéticamente modificado. Cuarta Jornada de Desarrollo e Innovación. Industrialización de Alimentos. Desarrollo de Nuevos Servicios. 1-2 pp.

Programa de Conservación Maíz Criollo, PROMAC. 2011. Lineamientos para otorgar el apoyo. SEMARNAT. http://www.conanp.gob.mx/maiz_criollo/. Fecha última consulta: 24/03/2012

Proyecto: Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres en México. Guía práctica para la descripción preliminar de colectas de maíz. Anexo 7. Guía de colectas. Proyecto Global de Maíces Nativos. 1-6 pp.

Ramón Canul, L. G.; Chel Guerrero, L. A.; Betancur Ancona, D. A. y Castellanos Ruelas, A. F. 2012. Tortilla de maíz fortificada con aminoácidos para la alimentación de niños desnutridos en Yucatán, México. Nutrición clínica y dietética hospitalaria. 32(3): 36-42.

Rentaría-Alcántara, M. 2007. Breve revisión de los marcadores moleculares. En: Eguiarte L. E., Souza V. y Aguirre X. 2007. Ecología molecular. Primera edición. SEMARNAT. México. D.F. pág. 541-566

Reyes C. P. 1990. El maíz y su cultivo. Primera edición. México D.F. pp. 9-10

Rezende, Enrico L. y Garland, Theodore JR. 2003. Comparaciones interespecíficas y métodos estadísticos filogenéticos. 79-99 pp.

Ribera, Ignacio y Melic, Antonio. 1996. Introducción a la metodología y la sistemática cladista. Bol. SEA. 27-45 pp.

Rincón S., Froylan Y González R., Luis G. 1991. Importancia de los sistemas de documentación en el manejo de los recursos fitogenéticos. Agronomía Mesoamericana. (2): 89-92.

Riposudan L, P., G. Granados., H R. Lafitte y A. D. Violic. 2001. El Maíz en los trópicos, mejoramiento y producción. Fao. Roma, Italia. 378 p.

Rodríguez Vega, Mireille E.; Sánchez Pardo, Elena; Jiménez García, Epifanio y Ortiz Moreno, Alicia. Estudio de la Retrogradación del Almidón por efecto del

almacenamiento en Productos de Panificación. VII Congreso Nacional de Ciencia de los Alimentos y III Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Guanajuato. Páginas 207-213.

Rosas-Sotomayor, Juan Carlos; Gallardo-Guzmán, Omar y Jiménez-Torres, José. 2006. Mejoramiento de maíces criollos de Honduras mediante la aplicación de metodologías de fitomejoramiento participativo. *Agronomía Mesoamericana*. 17(3): 383-392.

Ruiz Corra, José Ariel; Ramírez Díaz, José Luis; Hernández Casillas, Juan Manuel; Aragón Cuevas, Flavio; Sánchez González, José de Jesús; Ortega Corona, Alejandro; Medina García, Guillermo y Ramírez Ojeda, Gabriela. 2011. Razas mexicanas de maíz como fuente de germoplasma para la adaptación al cambio climático. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2: 365-379.

Ruiz de galarreta, J. I.; Guenaga, M.; Costar, A. y Álvarez, A. 2004. Variación genética en líneas puras de maíz mediante marcadores microsatélites. *Actas de Horticultura. II Congreso de Mejora Genética de Plantas*. León. 41: 95-96.

Sahagún, B. 1956. *Historia General de las cosas de la Nueva España*. Vol 2, Libros VI, VII, XIII y Vol. 3, Libro XI. México, Editorial Porrúa. Pág. 305-308

Salinas Moreno, Yolanda; Aragón Cuevas, Flavio; Ybarra Moncada, Carmen; Aguilar Villarreal, Jessica; Altunar López, Bernabé y Sosa Montes, Eliseo. 2013. Características física y composición química de razas de maíz de grano azul/morado de las regiones tropicales y subtropicales de Oaxaca. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 36(1): 23-31.

Salinas Moreno, Yolanda; Gómez Montiel, Noel Orlando; Cervantes Martínez, José Ernesto; Sierra Macías, Mauro; Palafox Caballero, Artemio; Betanzos Mendoza, Esteban y Coutiño Estrada, Bulmaro. 2010. Calidad nixtamalera y tortillera en maíces del trópico húmedo y sub-húmedo de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 1(4): 509-523.

Salinas Moreno, Yolanda; Pérez Herrera, patricia; Castillo Merino, Jorge y Álvarez Rivas, Luis A. 2003. Relación amilosa-amilopectina en el almidón de harina

nixtamalizada de maíz y su efecto en la calidad de la tortilla. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 26(2): 115-121.

Salinas Moreno, Yolanda; Saavedra Arellano, Salvador; Soria Ruíz, Jesús y Espinosa Trujillo, Edgar. 2008. Características fisicoquímicas y contenido de carotenoides en maíces (*Zea mays* L.) amarillos cultivados en el Estado de México. *Agricultura Técnica en México*. 34(3): 357-364.

Salinas-Moreno, Yolanda y Aguilar-Modesto, Luis. 2010. Efecto de la dureza del grano de maíz (*Zea mays* L.) sobre el rendimiento y calidad de la tortilla. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*. 2(1): 5-11.

Salinas-Moreno, Yolanda; Castillo-Linares, Erika Belem; Vázquez-Carrillo, María Gricelda y Buendía-González, María Ofelia. 2011. Mezclas de maíz normal con maíz ceroso y su efecto en la calidad de la tortilla. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2(5): 689-702.

Salinas-Moreno, Yolanda; Cruz Chávez, Francisco J.; Díaz Ortiz, Silvia A. y Castillo González, Fernando. 2012. Granos de maíces pigmentados de Chiapas, características físicas, contenido de antocianinas y valor nutracéutico. *Rev. Fitotec. Mex.* 35(1): 33-41.

Salinas-Moreno, Yolanda; López-Reynoso, José de J.; González-Flores, Guadalupe B. y Vázquez-Carrillo, Griselda. 2007. Compuestos fenólicos del grano de maíz y su relación con el oscurecimiento de masa y tortilla. *Agrociencia*. 41(3): 295-305.

Sanabria-Diago, O. L. 2011. La etnobotánica y su contribución a la conservación de los recursos naturales y el conocimiento tradicional. En: Lagos-Witte, S., O. L. Sanabria-Diago,, P. Chacón y R. García (editores). 2011. *Manual de Herramientas Etnobotánica relativas a la Conservación y el Uso Sostenible de los Recursos vegetales*. Primera edición. Red Latinoamericana de Botánica. Santiago chile. pp. 37-60

Sánchez G. J. y Goodman M. M. 1992. Relationships among the Mexican races of maize. In: *Econ. Bot.* 46: 72-85

- 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. Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición. 57(3): 295-301.
- Santa Rosa, René Hortelano. 2010. Diversidad morfológica y variación isoenzimática de maíces nativos del altiplano Centro-Oriente del Estado de Puebla. Tesis. Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, Texcoco, México.
- Schlatter, Ana Rosa; Eyhéabide, Guillermo; Presello, Daniel; Álvarez, María del Pilar; Ornella, Leonardo e Iglesias, Juliana. Marcadores moleculares en maíz. Maíz. IDIA XXI. 111-113 pp.
- Serratos, H., J. 2009. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. Editorial review. Greenpeace México. DF. 33 p.
- SIAP (2012). Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA. <http://www.siap.gob.mx>. Fecha última consulta: 24/03/2012
- Sierra Macías, Mauro; Palafox Caballero, Artemio; Barrón Freyre, Sabel; Cano Reyes, Octavio; Romero Mora, José y Rodríguez Montalvo, Flavio. 2001. Variedades sintéticas de maíz formadas con líneas tolerantes a sequía bajo diferentes intensidades de estrés hídrico. Décima Cuarta reunión científica-tecnológica forestal y agropecuaria. Veracruz. Páginas 1-8.
- Sierra Macías, Mauro; Palafox Caballero, Artemio; Rodríguez Montalvo, Flavio; espinoza Calderón, Alejandro; Gómez Montiel, Noel; Caballero Hernández, Filiberto; Barrón Freyre, Sabel; Zambada Martínez, Andrés y Vázquez Carrillo, Griselda. 2008. H-520 híbrido trilineal de maíz para el trópico húmedo de México. Agricultura Técnica en México. 34(1): 119-122.
- Sierra-Macías, Mauro; Palafox-Caballero, Artemio; Vázquez-Carrillo, Griselda; Rodríguez-Montalvo, Flavio y Espinoza-Calderón, Alejandro. 2010. Agronomía Mesoamericana. 21(1): 21-29.

- Suárez Pazos, Mercedes. 2002. Algunas reflexiones sobre la investigación-acción colaboradora en la educación. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 1(1): 40-56.
- Vásquez C. M., Lorena G. B., José L. A. G., Fidel., M. S. y Castillo M. J. 2003. Calidad de grano y tortilla de maíces criollos y sus retrocruzas. En: *Revista fitotecnia Mexicana*. Vol. 26 (4) 231-238
- Vázquez Carrillo, Ma Gricelda; Mejía Andrade, Hugo; Tut Couoch, Casiano y Gómez Montiel, Noel. 2012. Características de granos y tortillas de maíces de alta calidad proteínica desarrollados para los valles altos centrales de México. *Rev. Fototec. Mex.* 35(1): 23-31.
- Vázquez Carrillo, Ma. Gricelda; Mejía Andrade, Hugo; Salinas Moreno; Yolanda y Santiago Ramos, David. 2013. Efecto de la densidad de población en la calidad del grano, nixtamal y tortilla de híbridos de maíz de alta calidad proteínica. *Rev. Fitotec. Mex.* 36(3): 225-232.
- Vázquez Carrillo, Ma. Griselda; Guzmán Báez, Lorena; Andrés García, José Luis; Márquez Sánchez, Fidel y Castillo Merino, Jorge. 2003. Calidad de grano y tortillas de maíces criollos y sus retrocruzas. *Revista Fititecna Mexicana*. 26(4): 231-238.
- Vázquez Carrillo, María Gricelda; Ramírez Díaz, José Luis; Vidal Martínez, Víctor Antonio; Chuela Bonaparte, Margarito; Velázquez Cardelas, Gustavo Adrián; Betanzos Mendoza, Esteban y Salinas Moreno, Yolanda. 2008. Caracterización de maíces subtropicales del INIFAP para la producción de harina nixtamalizada y tortillas. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro. Campo experimental Centro-Altos de Jalisco. Folleto Técnico Núm. 2.
- Velasco P. A., J. A. Velasco T. y A. Velasco T. 2005. Estructura socioeconómica y política de Chiapas. Segunda edición. Chiapas, México. 188 p.
- Vera-Guzmán, Araceli M.; Chávez-Servia, J. Luis y Carrillo-Rodríguez, José C. 2012. Proteína, lisina y triptófano en poblaciones nativas de maíz mixteco. *Rev. Fitotec. Mex.* 35(5): 7-13.

- Warburton, Marilyn L.; Xianchun, Xia; Crossa, Jose; Franco, Jorge; Melchinger, Albrecht E.; Frisch, Matthias; Bohn, Martin y Hoisington, David. 2002. Genetic characterization of CIMMYT inbred maize lines and open pollinated populations using large scale fingerprinting methods. *Crop. Science*. 42: 1832-1840.
- Wellhausen, E., Roberts, J., Roberts, L.M., Hernandez, X.E., 1952. *Races of Maize in Mexico, their Origin, Characteristics, and Distribution*. The Bussey Institution, Harvard University, Cambridge, MA.
- Wilches, A. 2004. Descripción de las herramientas moleculares y sus aplicaciones en la agricultura. Serie técnica No. 15. Universidad Rafael Landívar, instituto de Agricultura, recursos Naturales y Ambiente. Guatemala. 25p.
- Zietkiewicz, E., Rafalsri, A., Abuda, D. 1994. Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR) anchored polymerase chain reaction amplification. *Genomics* 20: 176-183
- Zizumbo Villarreal, Daniel y García Marín, Patricia Colunga. 2008. El origen de la agricultura, la domesticación de plantas y el establecimiento de corredores biológico-culturales en Mesoamérica. *Revista de Geografía Agrícola*. 41: 85-113.