



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS MONTECILLO
POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
PRODUCCIÓN DE SEMILLAS**

**CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA,
MORFOLÓGICA Y BIOQUÍMICA DE UNA
MUESTRA ETNOGRÁFICA DE MAÍZ (*Zea
mays* L.) RAZA BOLITA**

ARACELI RAMÍREZ JASPEADO

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

DOCTORA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2012.

La presente tesis titulada: **Caracterización socioeconómica, morfológica y bioquímica de una muestra etnográfica de maíz (Zea mays L.) raza Bolita**, realizada por la alumna: **Araceli Ramírez Jaspeado**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
PRODUCCIÓN DE SEMILLAS

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:


DR. GABINO GARCÍA DE LOS SANTOS

ASESOR:


DR. AQUILES CARBALLO CARBALLO

ASESOR:


DRA. MARIA TERESA COLINAS LEÓN

ASESOR:


DR. GILBERTO RENDÓN SANCHEZ

ASESOR:


DRA. NATALIA PALACIOS ROJAS

ASESOR:


DR. JOSÉ ANTONIO SERRATOS HERNÁNDEZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, noviembre de 2012

DEDICATORIA

A todas aquellas personas que han sido un ejemplo positivo en mi vida.

A mi esposo Arturo, por su entusiasmo y estímulo en mi superación.

Con gratitud, a mis padres Arturo y Yolanda, por su muestra de fortaleza, valor, amor y educación.

Con todo mi corazón a mis hermanas Rocío y Belén.

A mi sobrina Valeria por contagiarme su alegría, por su grandiosa inteligencia y que a su edad ha sido un ejemplo de fortaleza y valentía.

A mi abuelita, mi tía y a la familia Mancera Rico.

A las instituciones educativas en las que me he formado.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, el *ser Supremo Jesucristo*, porque sus ojos me han mirado.

Al Colegio de Postgraduados por brindarme la oportunidad de superarme.

Al CONACYT por el apoyo económico otorgado para realizar mis estudios de maestría.

A mis profesores del Programa de Producción de Semillas y a aquellos que participaron en mi educación.

A los integrantes de la *Organización Agropecuarios de Oaxaca*, por su entusiasmo, confianza y colaboración para la obtención del material de evaluación.

Al Ingeniero Isaías López Ramírez, presidente de la citada Organización, y Mary Saveche Martínez quienes otorgaron todas las facilidades para la obtención de las muestras a evaluar. Gracias por la información, guía y hospitalidad en el desarrollo del proyecto.

A la UTA-Zimatlán, por la información facilitada para complementar el capítulo correspondiente a la cadena de valor de la Tlayuda, en especial al Profesor Mijangos.

A todas las personas que amablemente accedieron a proporcionar la información recabada en las encuestas y entrevistas.

Al Laboratorio de Calidad Nutricional (CIMMYT) por las facilidades otorgadas en el desarrollo de los análisis proximales.

Al Laboratorio de Biomembranas de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, D.F., por las facilidades otorgadas en el desarrollo de los análisis en la detección de proteínas de origen transgénico.

A la Línea Prioritaria de Investigación No. 13: Comunidades Rurales, Agrarias, Ejidos y Conocimiento Local, por el apoyo económico y facilidades otorgados para el desarrollo de la presente investigación.

A los profesores de mi consejo particular integrado por: Dr. Gabino García de los Santos, Dr. Aquiles Carballo Carballo, Dra. Teresa Colinas León, Dr. Gilberto Rendón Sánchez, Dra. Natalia Palacios y Dr. José Antonio Serratos Hernández, quienes fueron una parte fundamental en mi formación y desarrollo profesional. Gracias por su valiosa ayuda en la orientación y dirección del presente trabajo, sus apreciables aportaciones, esfuerzo y paciencia. Han sido para mí una gran influencia y gran ejemplo.

Al Ing. Plutarco Sánchez Velázquez por su amable atención y orientación en la fase inicial del tema de cadena de valor.

A los siguientes profesores: Dr. Jorge Cadena Íñiguez, Dra. Brenda Trejo Téllez, Dr. Francisco Morales Flores y Dr. Fernando Castillo González, quienes colaboraron de manera significativa, con gran entusiasmo y dedicación en la elaboración de este

trabajo. Gracias por sus enseñanzas, correcciones, por el tiempo y paciencia que me brindaron. Fui muy afortunada en conocerlos.

Al M. C. Arturo Mancera Rico, M. C. Rocío Ramírez Jaspeado, Lic. Patricio Tun Ku, Lic. Belén Ramírez Jaspeado y al Lic. Edgar Cornejo, por su valioso apoyo incondicional en la aplicación de las encuestas en el Estado de Oaxaca.

A todos mis compañeros que compartieron su experiencia y ayuda de manera desinteresada, su tiempo, auxilio y amistad, especialmente a Noé (quien me auxilió en la fase de laboratorio, en la UAM), Esmeralda, Nora, María Elena, Camelia, Violeta, Manolo, Victoria y Roberto.

Al personal del Programa de Semillas: Sra. Alicia y Sra. Yolanda, por su amable atención durante mi estancia como estudiante en el CP.

Al personal bibliotecario del Colegio de Postgraduados, quienes me han brindado su atención y amistad: Lic. Carlos, Sr. Juan, Sr. José Luis, Sr. Juan Castillo, Sr. Hugo, Sr. Felipe (q.e.p.d), Sr. Raymundo, Anita, Lupita, Marianita y Sr. Mario.

A todas las personas que de alguna manera me han influenciado de manera positiva.

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
RESUMEN	XI
SUMMARY	XIII
CAPÍTULO PRIMERO	1
1. INTRODUCCION GENERAL	1
1.1. ANTECEDENTES.....	2
1.1.1. Origen del maíz.....	2
1.1.2. Domesticación y diversificación.....	3
1.1.3. Diversidad del maíz en México.....	4
1.1.4. Papel de los agricultores en la conservación del maíz	6
1.1.5. Importancia del maíz en México.....	7
1.1.5.1. Uso del maíz en la alimentación	8
1.1.5.2. Maíces nativos con “Usos Especiales”	9
1.1.6. El maíz en Oaxaca.....	10
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	16
1.3. OBJETIVOS.....	20
1.4. LITERATURA CITADA.....	21
CAPÍTULO SEGUNDO	27
2. CARACTERIZACIÓN DE ESLABONES DE LA CADENA DE VALOR DE LA TLAYUDA RELACIONADOS CON EL USO DE MAÍZ CRIOLLO EN OAXACA	27
RESUMEN	28
2.1. INTRODUCCIÓN.....	29
2.1.1. Cadena de Valor	29
2.1.2. Producto Tlayuda	32
2.2. JUSTIFICACIÓN.....	33
2.3. OBJETIVOS.....	34
2.4. MATERIALES Y MÉTODOS	34
2.4.1. Localización del sitio de estudio	34
2.4.2. Obtención de información	35
2.4.3. Tamaño de muestra y análisis estadístico.....	36
2.4.4. Variables.....	38
2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
2.5.1. Caracterización de actores.....	41
2.5.1.1. Eslabón de abastecimiento de maíz: Productores y abastecedores.....	44
2.5.1.2. Eslabón de transformación: Transformadoras.....	49
2.5.1.3. Eslabón de comercialización: Comercializadores	81
2.5.1.4. Eslabón Consumo: Consumidores.....	89

2.6. CONCLUSIONES	89
2.7. RECOMENDACIONES	91
2.8. LITERATURA CITADA.....	93
CAPÍTULO TERCERO	96
3. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE UNA MUESTRA ETNOGRÁFICA DE MAÍZ (ZEA MAYS L.) RAZA BOLITA.....	96
RESUMEN	97
3.1. INTRODUCCIÓN	98
3.2. JUSTIFICACIÓN.....	102
3.3. OBJETIVOS.....	104
3.4. MATERIALES Y MÉTODOS	104
3.4.1. Localización del área de estudio	104
3.4.2. Material biológico	106
3.4.3. Definición del tamaño de muestra	106
3.4.4. Caracterización	107
3.4.5. Toma, clasificación y análisis de datos.....	108
3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	111
3.5.1. Diversidad genética de las poblaciones de maíz	111
3.5.1.1.Análisis de componentes principales	112
3.5.1.2.Análisis de conglomerados	114
3.6. CONCLUSIONES	120
3.7. LITERATURA CITADA.....	121
CAPÍTULO CUARTO	127
4. CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA DE UNA MUESTRA ETNOGRÁFICA DE MAÍZ (ZEA MAYS L.) RAZA BOLITA.....	127
RESUMEN	128
4.1. INTRODUCCIÓN	129
4.1.1. Caracterización bioquímica y calidad	130
4.1.2. Estructura física del grano de maíz	135
4.1.3. Composición química y aspectos nutricionales de maíz.....	135
4.1.4. Organismos genéticamente modificados.....	138
4.2. JUSTIFICACIÓN.....	141
4.3. OBJETIVOS.....	142
4.4. MATERIALES Y MÉTODOS	142
4.4.1. Localización del área de estudio	142
4.4.2. Material biológico	142
4.4.3. Análisis Proximal.....	143
4.4.3.1.Análisis estadístico	159
4.4.4. Análisis Inmunológico.....	160
4.4.4.1.Definición del tamaño de muestra en campo	160
4.4.4.2.Preparación de la muestra de análisis	161
4.4.4.3.Desarrollo de las pruebas	162
4.4.4.4.Interpretación de resultados.....	165

4.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	167
4.5.1. Análisis Proximal.....	167
4.5.1.1. Componentes físicos y químicos en grano entero.....	167
4.5.1.2. Análisis estadístico.....	170
4.5.2. Análisis Inmunológico.....	190
4.6. CONCLUSIONES.....	196
4.7. LITERATURA CITADA.....	198
CAPÍTULO QUINTO.....	210
5. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.....	210
DISCUSIÓN GENERAL.....	211
CONCLUSIONES GENERALES.....	216
RECOMENDACIONES GENERALES.....	217
CAPÍTULO SEXTO.....	219
6. ANEXOS.....	219
ANEXOS.....	220

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro 1.1. Distribución de las razas cultivadas en Oaxaca en base a la región.	12
Cuadro 2.2. Tamaño de muestra y tipo de análisis para cada sector muestreado.	37
Cuadro 2.3. Elementos involucrados para el sub-eslabón Produce maíz.	47
Cuadro 2.4. Miembros de la familia a las que las transformadoras apoyan con la elaboración de tortilla Tlayuda.	57
Cuadro 2.5. Acciones, tipos, procedencias y costo por kilo de maíz colectado en los Valles Centrales de Oaxaca.	65
Cuadro 2.6. Valores propios y su proporción en la variación total explicada por cada componente, así como los vectores propios y coeficientes de correlación de las nuevas variables con las originales.	69
Cuadro 2.7. Valores propios y su proporción de varianza explicada en transformadoras de tortilla Tlayuda en Valles Centrales de Oaxaca.	75
Cuadro 2.8. Valores propios y su proporción con respecto a los costos, ganancias y tiempo de inversión.	78
Cuadro 2.9. Restaurantes entrevistados, localización y precio de la Tlayuda preparada ofertada.	84
Cuadro 3.1. Descripción de los caracteres morfológicos cuantitativos evaluados.	108
Cuadro 3.2. Valores y vectores propios de los componentes principales (CP) que describen la variación morfológica de 108 poblaciones de maíz nativo de los distritos de Ocotlán, Ejutla y Zimatlán de los Valles Centrales de Oaxaca. 2011 P-V.	112
Cuadro 4.1. Preparación de la curva estándar de lisina.	152
Cuadro 4.2. Interpretación de resultados.	165
Cuadro 4.3. Correlaciones de Pearson (r) entre los contenidos (%) de proteína, lisina, triptófano, aceite, almidón y amilosa.	171
Cuadro 4.4. Agrupación de 107 accesiones de maíz (<i>Zea mays</i> L.) obtenida con variables biofísicas y proximales de un análisis de conglomerados.	174
Cuadro 4.5. Resumen de dureza en cada grupo.	176
Cuadro 4.6. Índice de flotación y contenido promedio de proteína, lisina,	177

triptófano, humedad, aceite, almidón, amilosa en grano entero de colectas de maíz de los Valles Centrales de Oaxaca 2011.

Cuadro 4.7.	Comparación de medias de las variables evaluadas en las 107 accesiones, para los agrupamientos obtenidos.	182
Cuadro 4.8.	Valores y vectores propios de los componentes principales (CP) que describen la variación morfológica de 107 poblaciones de maíz nativo de los distritos de Ocotlán, Ejutla y Zimatlán de los Valles Centrales de Oaxaca. 2011 P-V.	183
Cuadro 4.9	Expresión de la proteína Cry1A en distintos tejidos, según los eventos transgénicos.	195
Cuadro 6.1.	Clasificación de los costos que intervienen en el eslabón de transformación para la obtención del producto Tlayuda	220
Cuadro 6.2.	Descripción del cálculo de los valores obtenidos para cada costo (costos de inversión).	220
Cuadro 6.3.	Descripción del cálculo de los valores obtenidos para la Venta del producto.	221
Cuadro 6.4.	Descripción del cálculo de los valores obtenidos para la ganancia.	221
Cuadro 6.5.	Grupo de razas por adaptación agroecológica, características de mazorca, grano y usos.	222
Cuadro 6.6.	Ubicación de las 108 accesiones provenientes de los Valles Centrales de Oaxaca.	227
Cuadro 6.7.	Muestras de maíz colectadas en diferentes lugares de venta en los Valles Centrales de Oaxaca.	232
Cuadro 6.8.	Materiales y reactivos utilizados en la determinación de nitrógeno.	233
Cuadro 6.9.	Materiales y reactivos utilizados en la determinación de triptófano.	235
Cuadro 6.10.	Reactivos utilizados en la determinación de lisina.	236
Cuadro 6.11.	Reactivos utilizados en la determinación de almidón.	238
Cuadro 6.12.	Reactivos utilizados en la determinación de amilosa.	239
Cuadro 6.13.	Lista de contenidos de soluciones y reactivos utilizados en la detección de CP4 EPSPS con ELISA.	240
Cuadro 6.14.	Lista de contenidos de soluciones y reactivos utilizados en la detección de Bt-Cry 1Ab/1Ac con ELISA.	240

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
Figura 1.1.	Localización de los centros de origen/domesticación de las plantas cultivadas, según Vavilov (Serratos, 2009).	3
Figura 1.2.	Localización de los sitios de colecta de las razas de maíz (puntos en amarillo) y teocintles (puntos en rojo) en México (CONABIO, 2009).	5
Figura 1.3.	Distribución de las 35 razas de maíz localizadas en Oaxaca, México (Aragón <i>et al.</i> , 2006).	6
Figura 1.4.	Localización de 30 distritos políticos del estado de Oaxaca.	10
Figura 1.5.	Mapa de localización de las 16 etnias en Oaxaca. Tomado de: http://www.eumed.net/cursecon/libreria/mebb/1.htm	13
Figura 1.6.	Distribución de la raza Bolita, Jala y Tabloncillo en México. (Kato <i>et al.</i> , 2009).	14
Figura 1.7.	Distribución de la raza de maíz Bolita en Oaxaca, México (Aragón <i>et al.</i> , 2006).	14
Figura 2.1.	Actividades primarias, de apoyo y margen de una cadena de valor genérica (Porter, 2000).	31
Figura 2.2.	Región de Valles Centrales de Oaxaca, en naranja, los cinco distritos donde se desarrolló el trabajo de investigación.	35
Figura 2.3.	Esquema de obtención de información en la cadena de valor de tortilla Tlayuda, Oaxaca.	36
Figura 2.4.	Eslabones generales de la cadena de valor de la tortilla Tlayuda.	41
Figura 2.5.	Esquema general de las diversas rutas involucradas en el funcionamiento de la Cadena de Valor de la Tlayuda.	42
Figura 2.6.	Esquema sintetizado del funcionamiento de la Cadena de Valor de la tortilla Tlayuda.	43
Figura 2.7.	Primera ruta básica de la producción del grano de maíz hasta la elaboración de la tortilla para autoconsumo.	44
Figura 2.8.	Diagrama de flujo para la obtención del grano de maíz.	47
Figura 2.9.	Segunda ruta de la producción del grano de maíz hasta la elaboración de la tortilla para autoconsumo y comercio al menudeo.	48

Figura 2.10.	Tercera ruta que involucra la compra de grano de maíz hasta la elaboración de la tortilla para autoconsumo y comercio local, nacional e internacional	49
Figura 2.11.	Esquema de 1ra. y 2da. Transformación.	50
Figura 2.12.	Obtención del grano de maíz nixtamalizado.	51
Figura 2.13.	Procesos que intervienen en la obtención de la masa (incluye utensilios tradicionales).	52
Figura 2.14.	Elementos que intervienen en la obtención de la tortilla Tlayuda.	53
Figura 2.15.	Diferencias en tiempo de cocción de las variantes de tortilla Tlayuda tostada, cocida y blanda	54
Figura 2.16.	Distribución del estado civil y edad promedio de transformadoras de tortilla Tlayuda. Muestra etnográfica en cinco distritos de la región de Valles Centrales de Oaxaca.	56
Figura 2.17.	Maíz utilizado semanalmente según el estado civil de mujeres transformadoras de tortilla Tlayuda. Muestra etnográfica en cinco distritos de la región de Valles Centrales de Oaxaca.	57
Figura 2.18.	Distribución del número de mujeres y las fuentes de maíz que utilizan para la elaboración de tortilla Tlayuda. Muestra etnográfica en cinco distritos de la región de Valles Centrales de Oaxaca.	59
Figura 2.19.	Volumen de maíz utilizado por semana en relación con la edad y estado civil, de mujeres que elaboran tortilla Tlayuda. Muestra etnográfica en cinco distritos de la región de Valles Centrales de Oaxaca.	60
Figura 2.20.	Distribución de las mujeres transformadoras con base en su edad y fuentes de maíz utilizado en la elaboración de la tortilla Tlayuda. Muestra etnográfica en cinco distritos de la región de Valles Centrales de Oaxaca.	61
Figura 2.21.	Volúmenes por semana de los tipos de maíz utilizados por las mujeres transformadoras según edad para la elaboración de tortilla Tlayuda. Muestra etnográfica en cinco distritos de la región de Valles Centrales de Oaxaca.	62
Figura 2.22.	Número de mujeres y fuentes de obtención del maíz para la elaboración de tortilla Tlayuda. Muestra etnográfica en cinco distritos de la región de Valles Centrales de Oaxaca.	63
Figura 2.23.	Volumen de maíz semanal utilizado para la elaboración de tortilla Tlayuda según edad de mujeres. Muestra etnográfica en cinco distritos de la región de Valles Centrales de Oaxaca.	64

Figura 2.24.	Variación de los precios de venta de maíz según origen foráneo, (ProcFora = 1, 2 y 3) contra los tipos locales.	66
Figura 2.25.	Valor promedio del precio de un kilogramo de maíz (criollo y no criollo) utilizado por mujeres que elaboran la tortilla Tlayuda. Muestra etnográfica en cinco distritos de la región de Valles Centrales de Oaxaca.	67
Figura 2.26.	Presencia de otros granos además del criollo: a) tienda de granos y semillas “La Espiga”, Ocotlán, Oaxaca (Cargill); b) transformadora Teresa en San Felipe del Agua, Oaxaca, Oaxaca (granos de Sinaloa); c) mercado Morelos, Ocotlán, Oaxaca (Agrovizion); D) tienda de granos y semillas, Ocotlán, Oaxaca (Grano de Sinaloa).	68
Figura 2.27.	Distribución de dos grupos principales de transformadoras en base a los componentes principales 1 y 3.	70
Figura 2.28.	Distribución de las transformadoras en relación al uso de las fuentes de maíz. C=criollo; N=no criollo; y A=ambos.	72
Figura 2.29.	Distribución de las transformadoras en relación al destino de su producción de tortilla Tlayuda: Autoconsumo (A) y Comercialización (C).	73
Figura 2.30.	Dendrograma de la agrupación de transformadoras de maíz en tortilla Tlayuda.	74
Figura 2.31.	Distribución de tres grupos de transformadoras, en base a las fuentes de maíz: C = criollo, N = no criollo y A = ambos (A). En rojo las mujeres con mayores volúmenes de uso.	76
Figura 2.32.	Distribución de transformadoras en relación a las fuentes de maíz (Produce = 1, Compra = 2, y ambos = 3).	77
Figura 2.33.	Distribución de transformadoras según la inversión de tiempo y dinero así como la ganancia obtenida	79
Figura 2.34.	Distribución de transformadoras en relación a la inversión de tiempo, dinero, ganancia y tipo de maíz utilizado (Criollo = 1, No criollo = 2, y Ambos = 3).	80
Figura 2.35.	Destinos comerciales de la tortilla Tlayuda elaborada en los cinco distritos de la región de Valles Centrales de Oaxaca.	81
Figura 2.36.	Volumen mensual estimado de comercialización de tortilla Tlayuda. Muestra etnográfica en cinco distritos de la región de Valles Centrales de Oaxaca.	82
Figura 2.37.	Etiqueta para exportación de la tortilla Tlayuda “El milagro” en San Pablo Huixtepec, Oaxaca.	88

Figura 3.1.	Localización del área de estudio. El círculo en rojo, señala los distritos de Ejutla, Ocotlán y Zimatlán ubicados en los Valles Centrales de Oaxaca.	105
Figura 3.2.	Distribución de los sitios de muestreo en cada lote.	107
Figura 3.3.	Dispersión de 108 poblaciones de maíz pertenecientes a tres distritos de Valles Centrales de Oaxaca, con variables morfológicas de acuerdo a los componentes principales 1 y 2, P-V 2011. Bolita, B (★); Bolita Tropical (Bt); Bolita pepitilla, Bp (●); Pepitilla bolita, Pb (▲); Tropical bolita (Tb); Tropical (T); Heterogéneo (H); No Bolita (N); Bolita mal dado, Bm (☺)	117
Figura 3.4.	Dispersión de 108 poblaciones de maíz pertenecientes a tres distritos de Valles Centrales de Oaxaca, con variables morfológicas, de acuerdo a los componentes principales 2 y 3, P-V 2011. Bolita (B); Bolita Tropical (Bt); Bolita pepitilla, (Bp); Pepitilla bolita (Pb); Tropical bolita (Tb); Tropical (T); Heterogéneo (H); No Bolita (N); Bolita mal dado (Bm). En “naranja”, los variantes nativos locales y en “rojo” los variantes nativos introducidos.	118
Figura 3.5.	Dendrograma del análisis de conglomerados sobre 108 poblaciones de maíz nativas de tres distritos de Valles Centrales de Oaxaca, P-V 2011.	119
Figura 4.1.	Esquema de una tira reactiva para la detección de la proteína CP4 EPSPS (resistencia a glifosato). Resultado negativo (izq.) y positivo (der.). Tomado de Tozzini, 2004.	140
Figura 4.2.	Distribución de los sitios de muestreo en cada lote.	161
Figura 4.3.	Descripción de resultados en la tira reactiva.	164
Figura 4.4.	Dendrograma del análisis de conglomerados de 107 poblaciones de maíz nativas de tres distritos de Valles Centrales de Oaxaca, P-V 2011.	173
Figura 4.5.	Dispersión de 107 poblaciones de maíz pertenecientes a tres distritos de Valles Centrales de Oaxaca utilizando los componentes principales 1 y 2, con variables fisicoquímicas, P-V 2011.	185
Figura 4.6.	Dispersión de 107 poblaciones de maíz pertenecientes a tres distritos de Valles Centrales de Oaxaca utilizando los componentes principales 1 y 2, con variables fisicoquímicas, P-V 2011. G1-G9 corresponden a la agrupación en el análisis de conglomerados.	186
Figura 4.7.	Dispersión de 107 poblaciones de maíz pertenecientes a tres distritos de Valles Centrales de Oaxaca utilizando los componentes principales 2 y 3, con variables fisicoquímicas, P-V 2011.	189
Figura 4.8.	Resultados negativos y línea de control de la prueba con tiras	191

reactivas de las 137 muestras.

- Figura 4.9. A y B, Repetición 1. A) Resultados para RR. Microplaca con la distribución del blanco, control negativo, control negativo, control positivo (100, 20, 1 y 0.5 %), muestras (M) de A-C2 y 108-51. B) M1, blanco, control negativo, control positivo (100, 15, 10 y 5 %) y muestras (M) de la 50-2. C, Repetición 2. Blanco, control negativo, control positivo (100, 20, 15, 10, 5, 1 y 0.5 %) y muestras compuestas (Mc) (3 por pocillo). 192
- Figura 4.10. A y B, Repetición 1. A) Resultados para Bt-Cry1Ab/1Ac. Microplaca con la distribución del blanco, control negativo, control positivo (100, 100, 15 y 5 %), muestras (M) de 1- 59 y A-C2. B) Control positivo (100 %), control negativo, blanco, control positivo (100, 5 y 1 %) y muestras (M) de la 60-108. C, Repetición 2. Muestras compuestas (Mc) (3 por pocillo), control negativo, control positivo (100, 15, 5, 1 y 0.5 %), 3 muestras compuestas (Mc) (3 por pocillo), blanco, al final control positivo (5 y 1 %). 193

CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA, MORFOLÓGICA Y BIOQUÍMICA DE UNA MUESTRA ETNOGRÁFICA DE MAÍZ (*Zea mays* L.) RAZA BOLITA

Araceli Ramírez Jaspeado, D.C.

Colegio de Postgraduados, 2012

RESUMEN

El maíz es el cultivo más importante de México cuya superficie de siembra es de 8 millones de hectáreas con un rendimiento promedio de 3 ton/ha. Su aprovechamiento involucra los granos, tallos, espigas, raíces, olote y brácteas (“hoja para tamal”) utilizados para diversos propósitos en la alimentación humana, animal, medicinal e industrial. Se ha considerado que la principal forma de consumo del maíz es a través de la tortilla, donde, alrededor de 12.3 millones de toneladas de maíz se consumen en esta forma. En este sentido, los maíces mejorados han sido esenciales para dicho propósito, sin embargo, el uso de los maíces nativos o criollos, también ha sido de gran importancia ya que son un reservorio de la variabilidad genética y han sido la base de la alimentación de los diferentes grupos étnicos. Al respecto, en los denominados “usos especiales” del maíz, referidos a la explotación de específicas razas de maíz como base de ciertos productos culinarios, se encuentra la famosa Tlayuda, que es una tortilla de maíz de más de 30 centímetros de diámetro, elaborada de forma tradicional, con maíz de raza Bolita en los Valles Centrales de Oaxaca. En referencia a lo anterior, la comercialización de la Tlayuda, fuera de los mercados locales ha adquirido gran importancia y hasta ahora, se ha logrado el registro de una marca comercial (“Mi Querencia”); sin embargo, se desea tener un posicionamiento comercial del producto Tlayuda en mercados nacionales e internacionales, pero se desconocen los aspectos involucrados en torno a este tema, desde el diagnóstico de la demanda de semilla de la raza Bolita y cómo se abastece; así como la descripción del estado actual del maíz utilizado (raza Bolita) para la elaboración de Tlayuda en base a su diversidad genética, determinación de aspectos nutricionales e identidad genética (ésta última evaluada a través de la identificación de proteínas de origen transgénico); y el actual funcionamiento de cada uno de los eslabones que integran la cadena de valor de la Tlayuda realizando un análisis del proceso de desarrollo de la Tlayuda desde la producción del maíz, su transformación a tortilla y hasta que llega al consumidor; así como la definición de las limitantes que existen en la utilización del maíz raza Bolita y generar las recomendaciones para la conservación de la raza de maíz Bolita en base al uso. En este sentido, para abordar cada uno de los aspectos anteriores, se

consideraron cinco capítulos. El primero se refirió a la especificación de forma general de la problemática existente, posteriormente; en el Capítulo II, se describe un diagnóstico general del funcionamiento de cada uno de los eslabones de la cadena de valor de la Tlayuda, así como, las limitantes existentes para utilizar la raza Bolita, finalizando en las recomendaciones para su uso y conservación. Dentro de los aspectos sobresalientes derivados del análisis de los resultados en este capítulo, fue que la tortilla Tlayuda, en la muestra etnográfica analizada, no es exclusiva de la raza Bolita, y que además el uso de ésta, se encuentra determinado por su disponibilidad y precio. El Capítulo III, aborda el tema de la diversidad presente en una muestra etnográfica de poblaciones de maíz raza Bolita. Los resultados sugieren que existe una amplia diversidad genética compuesta principalmente por variantes de maíz raza Bolita con Pepitilla y Tuxpeño. Mediante el Capítulo IV, se pudo conocer el valor nutricional de las poblaciones de maíz raza Bolita y detectar aquellas con contenidos altos en aminoácidos esenciales, aceite y proteína principalmente. Así mismo, mediante un análisis inmunológico, los resultados indicaron que las poblaciones fueron negativas para las diferentes proteínas transgénicas evaluadas. Todo lo anterior, dio lugar a conocer el esquema actual del funcionamiento de la cadena de valor de la Tlayuda y poder plantear las conclusiones y recomendaciones (Capítulo V) en el marco de la conservación y explotación de la raza Bolita como recurso fitogenético.

Palabras clave: Caracterización, raza Bolita, Tlayuda, cadena de valor, calidad nutricional, proteínas transgénicas, conservación.

SOCIOECONOMICAL, MORPHOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF ETHNOGRAPHICAL SAMPLE OF MAIZE (*Zea mays* L.) BOLITA RACE

Araceli Ramírez Jaspeado, D.C.

Colegio de Postgraduados, 2012

SUMMARY

Maize is the most important crop in Mexico whose sowing area is 8 million hectares with an average yield of 3 t / ha. Its use involves grains, stalks, ears, roots, cobs and bracts ("tamale sheet") used for various purposes in the food, feed, medical and industrial. It was considered that the main form of maize consumption is through the tortilla, where, about 12.3 million tons of corn is consumed in this way. In this sense, the improved maize varieties have been essential for this purpose, however, the use of native maize or criollo, has also been of great importance, as they are a reservoir of genetic variability and are the basis of food of different ethnic groups. In this regard, in so-called "special use" corn, concerning the utilization of specific races of maize as a basis of certain culinary products, is the famous Tlayuda, which is a corn tortilla over 30 centimeters in diameter, made traditionally, with corn Bolita race in the Central Valleys of Oaxaca. In reference to the above, the marketing Tlayuda outside local markets has become very important and so far, it has managed to register a trademark ("Mi Querencia"). It is desirable to have a commercial positioning Tlayuda product in the national and international market, but the issues involved are unknown on this topic, for example, the diagnosis of seed demand Bolita race and how it supplies, as well as the description of the current status of maize used (Bolita race) for developing Tlayuda based on their genetic diversity there is not information about it; as well as; it's not known about of the identification of nutritional and genetic identity (evaluated through the identification of proteins from transgenic crops), and the current performance of each of the links that form the value chain Tlayuda; with an analysis of the development process from production Tlayuda corn, tortilla and its transformation until it reaches the consumer. And the definition of the limitations that exist in the use of corn Bolita race, and make recommendations for the conservation of maize race Bolita based on usage. Thus, to deal each of the above aspects five chapters were considered. The first referred to the general specification of the existing problems. In the Chapter II, an overall diagnostic performance of each link in the value chain of Tlayuda besides the existing limitations Bolita race use, and the recommendations for use and conservation were given. Among the highlights from the analysis of the results in this

chapter was that the tortilla Tlayuda in ethnographic sample analyzed, it is not exclusive Bolita race, and also the use of it, is determined by their availability and price. Chapter III, yielded information on the diversity present in a sample ethnographic maize populations. The results suggest that a broad genetic diversity mainly composed of maize variants Bolita race with Pepitilla and Tuxpeño. In the Chapter IV, we could know the nutritional value of race Bolita maize populations and to detect those with high content of essential amino acids, mainly oil and protein. Also, by immunoassay, the results demonstrated that populations were negative for different transgenic proteins evaluated. All this led to know the current scheme of working chain Tlayuda value and power to grant the conclusions and recommendations (Chapter V) as part of the maintenance and operation of Bolita race as genetic resources.

Keywords: Characterization, Bolita race, Tlayuda, value chain, nutritional quality, transgenic proteins, conservation.

CAPÍTULO PRIMERO

1. INTRODUCCION GENERAL

1.1. ANTECEDENTES

1.1.1. Origen del maíz

El maíz (*Zea mays* L.) ha sido una especie central en la alimentación, sociedad, cultura y economía de México. Desde la época precolombina los antiguos pobladores de Mesoamérica hacían uso del maíz en diversidad de formas y usos, alcanzando un significado e importancia histórica, cultural y biológica, misma que en la actualidad es vigente desde niveles locales hasta el contexto nacional e internacional (Kato *et al.*, 2009). Es considerado uno de los tres granos básicos que alimentan a la humanidad junto con el arroz (*Oryza sativa* L.) y el trigo (*Triticum aestivum* L.). Actualmente se produce en casi 100 millones de hectáreas en 125 países en desarrollo y se encuentra entre los tres cultivos más sembrados en 75 de esos países (FAOSTAT, 2010).

El origen botánico y evolución del maíz es caracterizado como controversial (Kato *et al.*, 2009). Años de investigación han sido dedicados para tener los elementos necesarios que permitan conocer la secuencia de cada uno de los acontecimientos que intervinieron para dar origen al maíz. A través de los estudios de Nikolai Vavilov (1887-1943), genetista y estudioso de las plantas cultivadas del siglo XX, se conocen y exploran las ocho grandes regiones del mundo en las que se originaron las plantas cultivadas. Según sus observaciones, el origen del maíz junto con aproximadamente 49 especies más, está en el Centro Primario VII (Figura 1.1) que se localiza desde el centro sur de México, hasta la mitad del territorio de Centroamérica (Serratos, 2009).

No obstante, desde finales del siglo XIX, se generaron varias teorías en torno a este tema; actualmente, la mayoría del pensamiento científico considera tres como las más representativas: la teoría más antigua del teocintle de Ascherson; la teoría tripartita y la teoría del ancestro común (Kato *et al.*, 2009; Serratos, 2009).

Sin embargo, a pesar de varios trabajos de investigación, teorías e hipótesis propuestas; todavía no existe un consenso total acerca de cómo y dónde ocurrió el origen del maíz. Hoy en día lo que ha tenido mayor aceptación dentro de la comunidad científica, es que el teocintle y, en especial el teocintle anual mexicano es el

antepasado silvestre del maíz (Matsuoka *et al.*, 2002; Márquez-Sánchez, 2008; Kato *et al.*, 2009, Serratos, 2009).



Figura 1.1 Localización de los centros de origen/domesticación de las plantas cultivadas, según Vavilov (Serratos, 2009).

Se ha establecido que la especie de teocintle más cercana al maíz actual es la *Zea mays spp parviglumis*, la cual pertenece a la raza Balsas y dentro de esta raza las poblaciones que más han participado en el origen del maíz fueron las ubicadas en los estados de Michoacán, México y Guerrero (Matsuoka *et al.*, 2002).

1.1.2. Domesticación y diversificación

Vavilov, consolidó el concepto de centro de origen de las plantas cultivadas como una zona geográfica en donde se encuentra un máximo de diversidad del cultivo y en el que coexisten o coexistieron sus parientes silvestres (Serratos, 2009; Boege, 2009).

Respecto a la forma de domesticación y diversificación Kato y colaboradores (2009) han señalado que existen dos teorías alternativas: 1) la multicéntrica referida a la existencia de varios centros de domesticación a partir de diferentes poblaciones de teocintle hace unos 8,000 años y en la cual según McClintock *et al.*, (1981)

probablemente parece explicar adecuadamente cómo pudo evolucionar la gran variación racial y su distribución geográfica existente y 2) la unicéntrica, donde se propone que las poblaciones del teocintle de la raza Balsas o subespecie (ssp.) *parviglumis* localizadas en el centro de la cuenca del río Balsas en Michoacán, Guerrero y México dieron origen al maíz (Matsuoka *et al.*, 2002). Al respecto, investigaciones arqueológicas, indican que el origen del maíz data de 8,700 años antes de la era moderna en la región de Iguala en el estado de Guerrero (Ranere *et al.*, 2009, Piperno *et al.*, 2009). De cualquier forma, se señala que es en el occidente de México (Oaxaca y Chiapas) y la parte sur de Mesoamérica (Guatemala) donde actualmente se encuentra la mayor variación racial (Kato, 2009). Anderson y Cluter (1942), definieron una Raza como “un grupo de individuos relacionados con suficientes características en común que permiten su reconocimiento como grupo”.

1.1.3. Diversidad del maíz en México

México ha sido considerado como uno de los países con mayor diversidad biológica y cultural a nivel mundial (Bellon *et al.*, 2009; Boege 2009). Con el surgimiento de la agricultura, hace 10 mil años, el hombre toma lugar de forma efectiva en el desarrollo y evolución de las plantas cultivadas, dando paso al proceso conocido como “domesticación”. El resultado de la participación del hombre ha sido el establecimiento de una amplia diversidad, donde a través de la selección, ha modificado las características genotípicas de las plantas generando la formación de nuevas poblaciones adaptadas a diferentes condiciones de suelo y clima (Bellon *et al.*, 2009; Boege 2009); al respecto, Pressoir y Berthaud (2004 a, b) y Perales *et al.* (2005) señalan que aunque la interacción genotipo-ambiente favoreció la distribución de la variabilidad del maíz constituyendo un papel fundamental en su estructura de la diversidad de los maíces, existen también nuevas evidencias del papel que los agricultores han tenido y siguen teniendo al generar y mantener esa diversidad.

Diversos estudios de la variabilidad del maíz, tanto morfológica como genética, muestran que existe una gran diversidad en las poblaciones mexicanas (Bellon *et al.*, 2009). La ubicación de los complejos raciales ha permitido ubicar en el espacio la distribución de las rutas de diversificación del maíz en México (Mera, 2009).

Actualmente se reportan para el continente americano entre 220 y 300 razas de maíz (Vigouroux *et al.*, 2008), de las cuales México posee alrededor de 59 (Sánchez *et al.*, 2000) (figura 1.2); de éstas, 35 se encuentran ubicadas en el estado de Oaxaca (Figura 1.3).

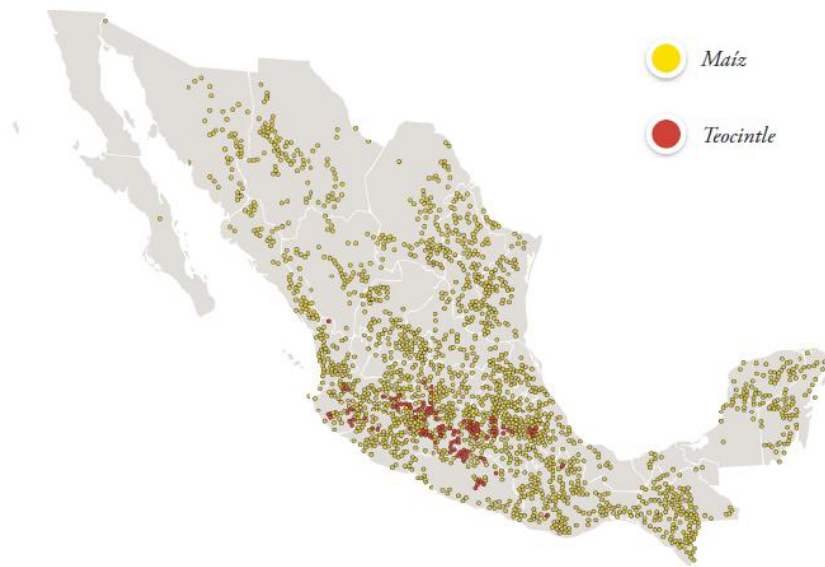


Figura 1.2. Localización de los sitios de colecta de las razas de maíz (puntos en amarillo) y teocintles (puntos en rojo) en México (CONABIO, 2009).

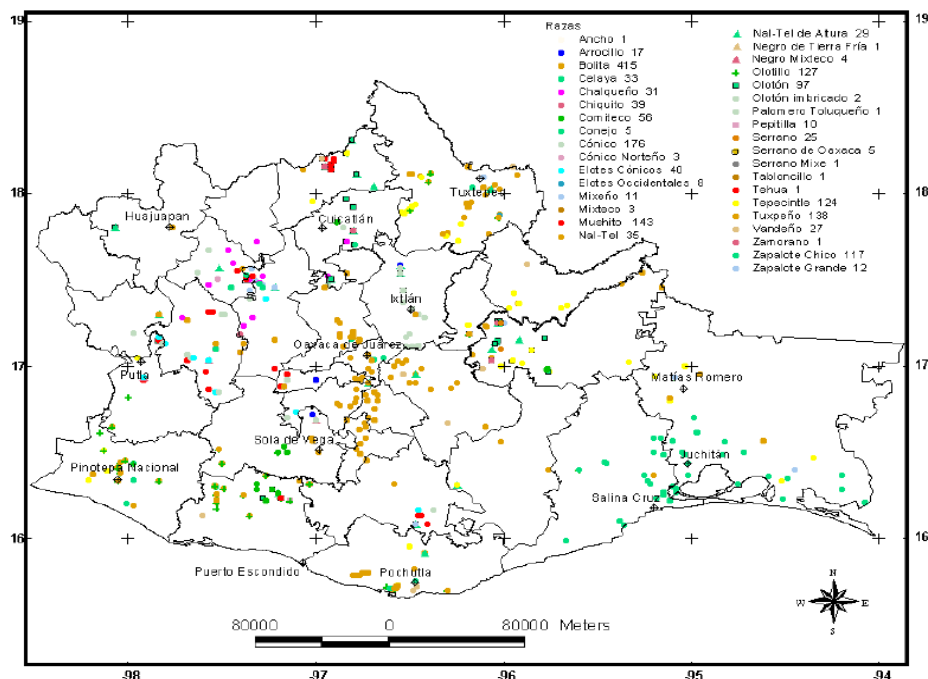


Figura 1.3. Distribución de las 35 razas de maíz localizadas en Oaxaca, México (Aragón *et al.*, 2006).

1.1.4. Papel de los agricultores en la conservación del maíz

Los recursos fitogenéticos (RF) definidos como el conjunto de combinaciones de genes resultante de la evolución de las especies, constituyen la base de la seguridad alimentaria, tienen un potencial de uso agrícola actual y futuro para continuar con el mantenimiento y mejoramiento de la producción agrícola y forestal así como, el mantenimiento sustentable de la humanidad (Esquinas-Alcázar, 1993). El maíz, es considerado un recurso fitogenético y en los esquemas de su conservación, se han desarrollado dos opciones: la conservación *ex situ* e *in situ*. Particularmente la conservación *in situ*, ha contribuido en la utilización racional del maíz a través del uso que le asignan las comunidades indígenas (Justiniano *et al.*, 2006). Al respecto, Vargas, (2007) citado por Mera (2009), ha indicado la necesidad de analizar los procesos culturales que inciden en el origen del maíz, su diversificación e interacciones con los diferentes grupos humanos, como por ejemplo los sistemas agrícolas tradicionales, a través de pequeños productores que lo siembran para diferentes propósitos, que han sido escenarios de conservación de la diversidad del maíz (Bellon

et al. 1997; Mapes y Mera, 2009). En este sentido, es claro que el papel que juegan los actores rurales en la conservación de la biodiversidad ha sido estratégico, como lo señalan Carvalho *et al.* (2004). Así mismo, Aragón *et al.* (2003), señalan que los agricultores han creado y conservado la diversidad genética en las razas criollas de Oaxaca referentes a características culinarias, de madurez y adaptación. La conservación y el uso sostenible de la biodiversidad son fundamentales para la manutención de los denominados servicios ambientales y por lo tanto, para la propia supervivencia humana en la tierra (Justiniano *et al.*, 2006).

1.1.5. Importancia del maíz en México

Como anteriormente se señala, el maíz es el cultivo más importante de México debido al impacto en volumen de producción, superficie sembrada, valor de la producción y número de productores. Se siembra en una superficie aproximada de 8 millones de hectáreas por alrededor de 2.5 a 3 millones de agricultores con un rendimiento promedio de 3 ton/ha, por lo que la producción anual se estima en 24 millones de toneladas de grano (Agroproduce, 2008); (SIAP, 2010). Su producción se realiza en un sistema dual, con un gran número de pequeños agricultores campesinos que los producen para autoconsumo y venta a pequeña escala, por una parte, y por otra, por un número relativamente pequeño de grandes agricultores que lo producen con fines puramente comerciales y pocas veces lo consumen directamente. Los pequeños agricultores utilizan sobre todo una gran diversidad de variedades criollas (locales), mientras que los agricultores comerciales comúnmente utilizan híbridos (Bellon *et al.*, 2009). Al respecto, aunque no se conocen estadísticas nacionales que brinden información acerca de las superficies ni las producciones de los maíces nativos, se estima que si el 79.39 % del maíz es de temporal (SIACON, 2010), se podría suponer que la mayor parte de esa superficie corresponde a los maíces nativos. En México, a partir de colectas de maíces nativos de la CONABIO (2010) y de los resultados derivados del *análisis del contexto social y biocultural* de esas colectas, elaborado por Lazos y Chauvet (2011), se sabe que el destino de la producción de maíz es básicamente para el autoconsumo (57.3 % de los productores entrevistados), y menos del 5 % destina la producción únicamente al mercado. Es decir, según los resultados de

CONABIO (2010), el empleo de la cosecha es fundamentalmente para la alimentación (Lazos y Chauvet, 2011).

En este mismo sentido y señalado por los mismos autores (Lazos y Chauvet, 2011), en el estado de Oaxaca, México; el destino de la cosecha de maíz, en el 75 % de los agricultores encuestados, es únicamente al autoconsumo. Una quinta parte lo designa tanto al autoconsumo como a la venta. Las familias utilizan la cosecha tanto para grano (99 %), con el fin de ser consumido por ellas y por los animales domésticos, como al forraje (88 %). Así mismo, indican, en lo que se refiere al uso, que el grano de maíz se destina principalmente para hacer tortillas (99 % de los casos), y en el 84 % de los encuestados lo utilizan para la elaboración de atoles, pinoles, pozoles, totopos, Tlayudas, tamales etc.

La SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) a través del SIAP (Sistema de Información Agrícola y Pecuaria), indica que el consumo nacional aparente del maíz en México tiene tres componentes principales: para consumo humano, pecuario e industrial, de los cuales el más importante es el que se destina al consumo humano (SIAP, 2009).

1.1.5.1. Uso del maíz en la alimentación

La variedad de usos del maíz lo considera como un cultivo de importancia agrícola, alimentaria, cultural (Vargas, 2007), industrial y económica existente en el territorio mexicano. Su aprovechamiento involucra los granos, tallos, espigas, raíces, olote y brácteas (“hoja para tamal”) utilizados para diversos propósitos en la alimentación humana y animal, medicinal e industrial (Mera, 2009; Bellon *et al.*, 2009). En México y en Latino América, el maíz se consume en forma de tortillas, arepas, pinoles, atoles, tostadas, (Figuerola *et al.*, 2003) totopos, tamales, Tlayudas, elotes y muchas otras formas de alimento (Aragón *et al.*, 2003). Es importante enfatizar que en México, se encuentran en desnutrición diez millones de indígenas de más de 65 grupos étnicos (Espinosa *et al.*, 2006; Sierra *et al.*, 2010). De éstos, el 50 % corresponden a niños menores de cinco años de las áreas rurales (Morris y López, 2000).

Aunado a lo anterior, la tortilla es la principal forma de consumo del maíz (Coutiño *et al.*, 2008), ya que alrededor de 12.3 millones de toneladas de maíz se consumen en esta forma, donde, el 64 % es a través del método tradicional maíz-masa-tortilla y el 36 % es mediante la industria de la harinización (SAGARPA, 2008).

La molienda para la producción de harina y el proceso de nixtamalización para elaborar masa para tortilla y tamales, han sido considerados como uno de los grandes logros de las culturas mesoamericanas al favorecer la biodisposición del calcio, aminoácidos y la niacina (Iltis, 2000; Turrent y Serratos, 2004; Vargas, 2007). Flores y colaboradores (2007) aunque han señalado una evolución de la cadena maíz-tortilla en México, donde a principios del siglo XX las familias producían su maíz o lo compraban, ponían el nixtamal, lo molían en metate y cocinaban las tortillas en comal de barro con leña, a diferencia de los años actuales donde aparecen las tortillerías de los centros comerciales y algunas tortillerías especializadas (tortillas de nopal, linaza etc.); también se ha indicado, que actualmente se cree que en México existen entre 10 mil y 12 mil molinos de nixtamal utilizados para la obtención de la masa y elaboración de la tortilla de manera tradicional (Flores et al 2007).

1.1.5.2. Maíces nativos con “Usos Especiales”

Dentro de los usos del maíz, se tienen aquellos denominados como “usos especiales”. Al respecto, Ortega-Paczka, 2003, ha señalado que la base de ciertos productos culinarios son los maíces nativos y no los mejorados o híbridos, los cuales no son aptos en la mayoría de los casos. El mismo autor, realizó una clasificación de maíces nativos por grupos de razas en relación con su adaptación agroecológica, sus características de mazorca, grano y sus “usos comunes, especiales y/o potenciales” (Ver Anexo, Cuadro 6.5). Por ejemplo se muestra con un uso “común” a maíces como el Palomero Toluqueño, Olotillo, Conejo, Zapalote Grande etc., a diferencia del maíz Zapalote chico, que se distribuye en el Istmo de Tehuantepec y se utiliza para la elaboración de Totopos; mientras que el Cacahuacintle, se especifica para pozoles, elotes, panecillos. Por otro lado, el maíz Pepitilla, el cual se distribuye en alturas intermedias de Guerrero y se encuentra en peligro de extinción, se le asigna un uso para tortillas de alta calidad. Respecto al maíz tipo Bolita, con adaptación a alturas intermedias de temporal y a

costas semiáridas de riego, la mayoría de ocho hileras, distribuido principalmente en los Valles Centrales de Oaxaca, ha sido considerado para usos comunes (Ortega-Paczka, 2003) y se cree que tiene grandes atributos y un uso potencial para la elaboración de masa para tortilla (Aragón *et al*, 2003; Vázquez *et al.*, 2003; Aragón *et al*, 2006; Márquez, 2008; Vázquez *et al.*, 2010). Además, se resalta su utilización para la elaboración de las famosas tortillas blandas y Tlayudas en los Valles Centrales de Oaxaca (Aragón *et al.*, 2003; 2006; CONABIO, 2012).

1.1.6. El maíz en Oaxaca

Ubicación geográfica

El estado de Oaxaca posee una amplia diversidad climática, edáfica y de vegetación. Representa el 4.8 % de la superficie del país y tiene las siguientes coordenadas geográficas; 18° 39´ longitud norte, 15° 39´ longitud sur, 93° 52´ longitud este y 98° 30´ de longitud oeste (SIAP, 2010). Colinda al norte con Puebla y Veracruz, al este con Chiapas, al sur con el Océano Pacífico y al Oeste con Guerrero. Las ocho regiones que conforman al estado, son la Costa, Istmo, Papaloapam, Sierra Sur, Sierra Norte, Mixteca, Cañada y Valles Centrales, cada región, está dividida en distritos políticos, los cuales suman 30 en total, los que a su vez contienen 570 municipios (Figura 1.4).

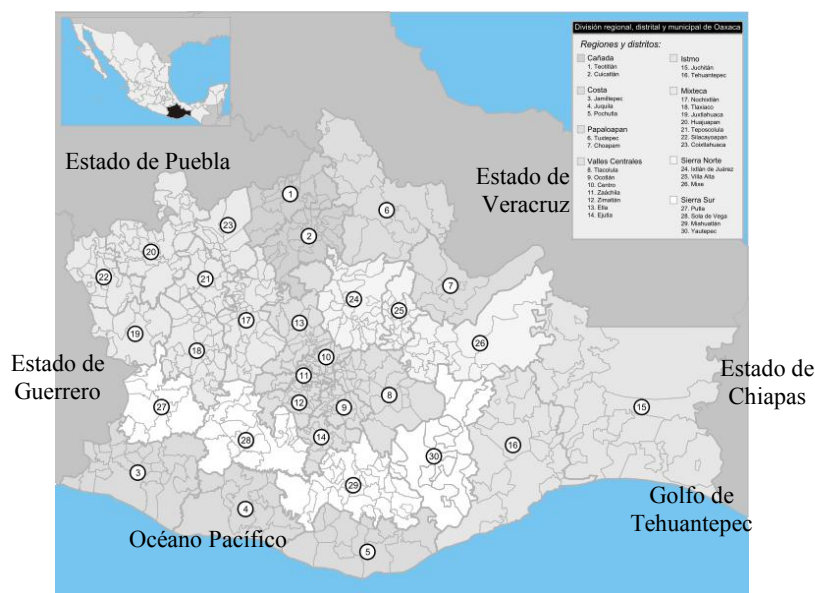


Figura 1.4. Localización de 30 distritos políticos del estado de Oaxaca

Oaxaca ha sido considerado como un centro de origen del maíz, demostrado por los descubrimientos de restos arqueológicos tales como los encontrados en la cueva de Guilá Naquitz, ubicada en las cercanías de Mitla (Flannery, 1986; Aragón *et al.*, 2003; Aragón *et al.*, 2006), además la diversidad de maíz localizada en el estado (35 razas) representa el 70% de la diversidad reportada para México. El maíz, es el cultivo de mayor importancia para el estado, ya que forma parte de la cultura y base esencial de la alimentación de diferentes grupos indígenas (Aragón *et al.*, 2006), especialmente de la población de bajos ingresos (Osorio, 2003).

A nivel estatal, en Oaxaca se siembran anualmente alrededor de 595,210.85 ha, de las cuales el 94 % es de temporal (560,105.75 ha), con una producción de 645, 531.27 ton y un rendimiento de 1.19 ton/ha siendo que el rendimiento promedio nacional es de 2.07 t/ha para áreas agrícolas bajo el régimen de temporal (SIAP, 2010). El consumo per cápita es de 229 kilos por año. Anualmente, se importan cerca de 170,000 toneladas de grano que provienen de los estados de Sinaloa, Chiapas y Jalisco, principalmente (Osorio, 2003).

Influencia de los grupos étnicos en la diversidad

Las poblaciones humanas, a raíz de sus necesidades, intereses, prácticas y conocimientos han ido conformando y manteniendo esta diversidad (Boege 2009; Mera, 2009). Los agricultores mexicanos de hoy no solamente son herederos de esta diversidad, sino que la continúan manteniendo y desarrollando (Bellon *et al.*, 2009). Al respecto, Perales *et al.* (2004), señalan que existe una correlación entre la diversidad biológica y cultural o etnolingüística; sus resultados sugieren que las poblaciones de maíz son distintas según el grupo etnolingüístico.

Al respecto, la amplia diversidad cultural que posee Oaxaca (alberga 16 grupos indígenas) (Figura 1.5), le asigna características especiales en torno a la obtención de una riqueza genética, ya que la presencia del gran número de grupos étnicos ha permitido la formación de diferentes variedades criollas mediante la selección. Actualmente, se sigue basando la producción utilizando variedades locales y se estima

que el 90 % de la superficie sembrada con maíz se realiza con variedades criollas seleccionadas por los propios campesinos (Aragón *et al.*, 2003; Aragón *et al.*, 2006).

La distribución de las razas de maíz y la superficie cultivada de cada una de ellas varían dependiendo de los grupos indígenas ubicados en las regiones que la cultivan, el clima, la topografía y el uso al que se destina, tal como se muestra en el Cuadro 1.1.

Al respecto Mapes y Mera (2009) han señalado que los grupos étnicos de México han sido los guardianes de la enorme riqueza del germoplasma de maíces nativos del país y lo conservan a través de la agricultura tradicional.

Cuadro 1.1. Distribución de las razas cultivadas en Oaxaca en base a la región.

Región	Razas cultivadas	Superficie estimada cultivada con criollos (ha)
Mixteca	Chalqueño, Cónico	104,000
Valles Centrales	Bolita , Tepecintle, Pepitilla, Tabloncillo	120,000
Costa	Tuxpeño, Olotillo, Conejito, Tepecintle	80,000
Istmo de Tehuantepec	Zapalote Chico, Zapalote Grande, Tuxpeño	100,000
Sierra Juárez	Olotón, Cónico, Chalqueño, Bolita , Tuxpeño, Comiteco, Serrano Mixe	17,000
Cañada	Comiteco, Olotón, Tepecintle	31,000
Tuxtepec	Tuxpeño, Tepecintle, Nal-tel, Olotillo	30,000

Fuente: Aragón *et al.*, 2006.

La asociación tan estrecha de los grupos indígenas de Oaxaca con las razas de maíz ha sido evidenciada por Aragón *et al.* (2006), quienes señalan en su estudio acerca de la actualización de la información sobre los maíces criollos de Oaxaca, que el maíz Zapalote chico se cultiva principalmente en el Istmo de Tehuantepec por los Zapotecos del Istmo; las razas Olotón, Serrano y Tepecintle las manejan los mixes; el grupo Mixteco cultiva variedades criollas de la raza Chalqueño, Cónico, Olotón, Mushito, Arrocillo, Comiteco y Cónico; los Mixtecos de la Costa, tienen el maíz Olotillo, Tuxpeño y Conejito; los Zapotecos de la Sierra Sur plantan el maíz Mushito y Comiteco; en tanto los Chatinos tienen el maíz Comiteco, Olotillo y Tuxpeño; los Triques manejan

principalmente los materiales Cónicos y el maíz Bolita lo siembran los Zapotecos de los Valles Centrales de Oaxaca.



Figura 1.5. Mapa de localización de las 16 etnias en Oaxaca. Tomado de: <http://www.eumed.net/cursecon/libreria/mebb/1.htm>

Importancia del maíz Raza Bolita

Respecto al maíz “Bolita” (Figura 1.6), se ha señalado un gran interés ya que alberga una amplia variedad de colores y se cree que tiene grandes atributos para la elaboración de masa para tortilla (Aragón *et al*, 2003; 2006); por lo que se utiliza para elaborar las famosas tortillas “Tlayudas” y la bebida refrescante “Tejate”. Aunque tiene muchas introgresiones con otras razas, su área de adaptación, en Oaxaca, es muy amplia ya que va de los 1010 a los 2350 msnm (Figura 1.7). Se caracteriza por mazorcas cortas, provistas de una buena cobertura donde sus granos tienen una apariencia redonda. Las mazorcas tienen pocas hileras y las plantas son de porte bajo y precoces (60 a 65 días a floración) (Aragón *et al*, 2003; 2006).

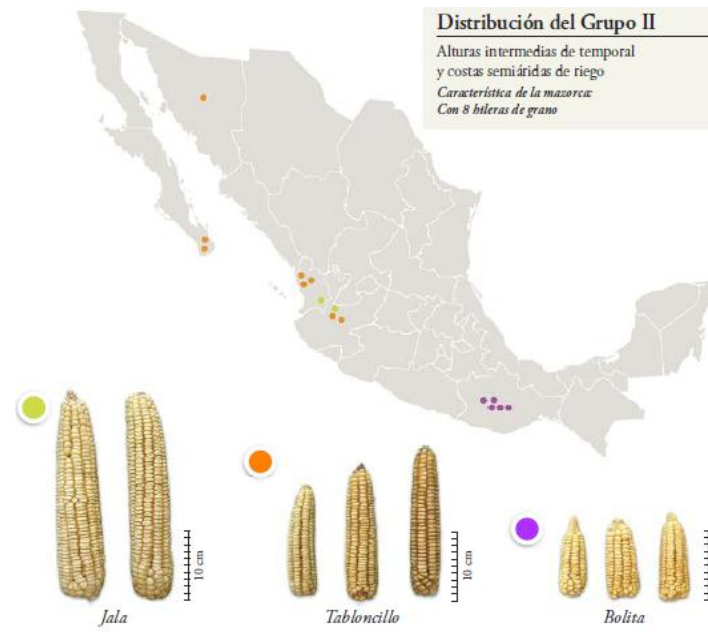


Figura 1.6. Distribución de la raza Bolita, Jala y Tabloncillo en México. (Kato et al., 2009).

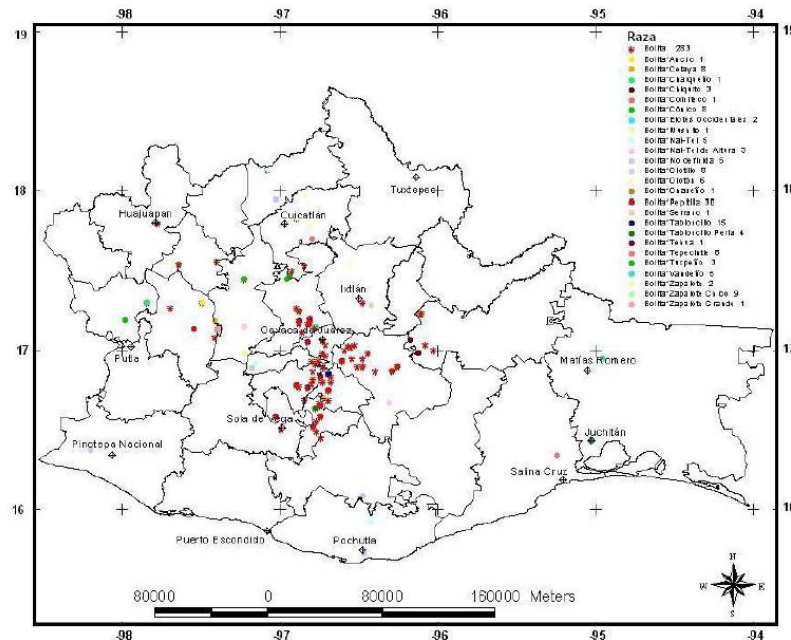


Figura 1.7. Distribución de la raza de maíz Bolita en Oaxaca, México (Aragón et al., 2006).

Caracterización y Calidad

Debido a la importancia del maíz y su diversidad de usos, se han generado a su alrededor una enorme cantidad de estudios o trabajos de investigación abordados desde el punto de vista, industrial, nutricional, alimentación, mejoramiento, selección, identidad cultural etc.

La caracterización de las poblaciones, implica una descripción de las mismas, y nos permite conocer su valor de uso, calidad y diversidad. Franco e Hidalgo (2003), consideran que la caracterización es la estimación de la variabilidad existente en el genoma de la población de individuos que la conforman. Dicha estimación se realiza en base a caracteres morfológicos, bioquímicos, moleculares etc., (González, 2008).

La caracterización morfológica ha sido una herramienta útil en la descripción de la variabilidad entre grupos de plantas (Yee *et al.*, 1999; Cervantes *et al.*, 1978; Sánchez *et al.*, 1993), y consiste en la medición de los caracteres cualitativos y cuantitativos de alta heredabilidad, o que se transmiten a la descendencia del germoplasma en cualquier ambiente y permite determinar el grado de similitud entre las accesiones por medio de su apariencia morfológica o fenotipo y de variabilidad en la colección (Ligarreto, 2003).

En lo que se refiere a la calidad, Robutti (2004) señala que el término “calidad” aplicada al maíz, es una propiedad multifacética la cual es determinada por diversos factores; entre los que se encuentran el clima y el suelo, considerados como inmodificables. Sin embargo es posible la modificación de otros como el cultivar, las prácticas culturales, el manejo postcosecha, para conservar o mantener los niveles de calidad del grano. Actualmente existe la tendencia y necesidad (por ejemplo, en la obtención de una denominación de origen, productos orgánicos, etc.) de producir materiales con características de calidad diferenciada para satisfacer los variados aspectos del mercado.

De forma ancestral, los agricultores, han venido seleccionando su semilla de la cosecha anterior con base en diversos caracteres; asociados a características de calidad (Muñoz y Cuevas 2000 citado por Rangel *et al.*, 2004). De esta forma, los diferentes grupos

étnicos, han generado grupos de variedades específicas para cada nicho ecológico, o microrregión, y para los diferentes usos (Romero y Muñoz, 1996); por lo que los híbridos o variedades mejoradas son considerados como inadecuados, por su alto costo e inadaptación y sobre todo, porque en su proceso de obtención se ignoran los patrones varietales y las características de calidad de los maíces nativos, como el contenido nutrimental del grano (Vidal *et al.*, 2008).

Para conocer la calidad proteica en maíz e identificar materiales sobresalientes se han estudiado diferentes componentes químicos en el grano y/o endospermo (Salinas *et al.*, 2008; Vidal *et al.*, 2008; Martínez *et al.*, 2009; Vázquez *et al.*, 2010).

Respecto a la identidad genética y a la variabilidad existente del maíz, se ha evaluado a través de diversas técnicas moleculares, como PCR, e inmunológicas, como ELISA (Serratos *et al.*, 2007). La investigación, demuestra que los transgenes pueden ir mas allá del organismo destinado y de su entorno (Marvier and Van Acker, 2005).

En lo referente a la rastreabilidad de los productos, puede ser estimada o conocida mediante la metodología de Cadena de Valor. Diversos estudios, han sido encaminados hacia la identificación de los eslabones involucrados en cada proceso desde su producción hasta que el producto se encuentra en la mesa del consumidor. La cadena de valor estudia la creación de valor dentro y fuera de la empresa (Sandrea y Boscan, 2004) y se define como el conjunto interrelacionado de actividades creadoras de valor (diseñar, fabricar, vender y distribuir), la cual va desde la obtención de fuentes de materias primas, hasta que el producto terminado es entregado al consumidor final (Morillo, 2005; Sandrea y Boscan, 2004; Porter, 2000). La información obtenida ha permitido generar hipótesis, hacer inferencias, conocer riesgos, conocer la población involucrada, generar medidas preventivas entre otros.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La riqueza biológica del maíz en México es ampliamente reconocida a nivel mundial. La adecuada conservación y uso de este recurso por parte de los agricultores han sido esenciales para desarrollar nuevas variedades y tecnologías; generando un patrimonio invaluable para la humanidad, y su pérdida supondría una grave amenaza para la

estabilidad de los ecosistemas, el desarrollo agrícola y la seguridad alimentaria (Bellon *et al.*, 1997; Mapes y Mera, 2009).

La importancia del maíz y su conservación se puede percibir a través del uso que se le asigne, el cual es indispensable conocer. Mapes y Mera (2009) mencionan que desde el punto de vista biológico los procesos que generan y mantienen la diversidad genética del maíz, son muy dinámicos y resaltan como principales mecanismos a la mutación, selección y recombinación, ligados éstos a las necesidades de largo plazo de las poblaciones humanas en crecimiento y a sus cada vez mayores expectativas de vida. Sin embargo, debido a lo anterior, algunas razas de maíz han sido desplazadas por cultivares modernos, en tanto que otras se ven amenazadas por las prácticas agropecuarias modernas. Aunque hoy día todavía es posible encontrar razas nativas de maíz en zonas donde predominan los indígenas, en muchos casos, las fuerzas económicas están afectando el bienestar de muchos pequeños agricultores y reduciendo la superficie dedicada a la siembra de la mayoría de las razas nativas. Al respecto Justiniano *et al.* (2006) señalan que el rápido avance de las fronteras agrícolas, aliado al aumento de la población urbana, la pobreza, el analfabetismo y la distribución desigual de tierras y riquezas, lleva a una rápida erosión genética del ambiente y consecuentemente, de la diversidad genética de esta subregión.

Aunado a lo anterior, “el valor de los usos especiales y/o potenciales” de los maíces nativos implica que, a pesar de que aún podrían no ser explorados o bien que no se comercializan en gran escala; éstos pueden contribuir en la conservación de los mismos y en la recuperación de aquellas razas en peligro de extinción, además de generar un impacto en la economía de los actores rurales, quienes gradualmente lo convierten en su fuente de empleo aunque de manera poco estructurada.

Al respecto, se ha propuesto que con la información disponible de las razas de maíz de Oaxaca se pueden crear marcas colectivas con los criollos como “Totopos del Istmo”, elaborados con maíz Zapalote chico, y “Tlayudas del Valle”, tortillas elaboradas con maíz criollo de la raza Bolita (Aragón *et al.*, 2006), con la finalidad de potenciar su uso. En referencia a lo anterior, la comercialización de la Tlayuda, fuera de los mercados locales ha adquirido gran importancia y con el propósito de mejorar este producto de

forma sostenida como una actividad económica importante, en especial para los distritos de Ejutla, Ocotlán y Zimatlán, se han generado agrupaciones como, *Organización Agropecuarios de Oaxaca S. de S.S.*, que esta integrada por cerca de 500 productores pertenecientes a los Distritos mencionados, dedicados a la producción de maíz de raza Bolita para la elaboración de Tlayuda. Esta organización, que opera desde 2005, ha sido fortalecida con apoyos gubernamentales como las estufas ahorradoras de leña y molinos con el fin de homogenizar el proceso de producción. En 2010 la organización logró el registro de una marca comercial (“Mi Querencia”) para facilitar el posicionamiento comercial del producto Tlayuda en mercados nacionales e internacionales, sin embargo para alcanzar dicho lugar, existen deficiencias en las actividades primarias y secundarias de la cadena de valor tales como: 1) el diagnóstico de la demanda de semilla de la raza Bolita y cómo se abastece; 2) descripción del estado actual del maíz utilizado (raza Bolita) para la elaboración de Tlayuda en base su diversidad genética, 3) determinación de aspectos nutricionales del grano de maíz raza Bolita, 4) análisis de las poblaciones de maíz raza Bolita utilizadas en la elaboración de Tlayuda desde el punto de vista de su identidad genética, a través de la identificación de proteínas de origen transgénico; 5) análisis del proceso de desarrollo de la Tlayuda desde la producción del maíz, su transformación a tortilla y hasta que llega al consumidor; 6) definición de las limitantes que existen en la utilización del maíz raza Bolita; y 7) recomendaciones para la conservación de la raza de maíz Bolita en base al uso.

Desde el punto de vista socioeconómico, el análisis mediante la metodología de cadenas de valor dará lugar a la identificación de los eslabones que integran la cadena de valor actual y permitirá sugerir su mejora, además de estructurar con los actores rurales involucrados los eslabones faltantes, tales como de la producción primaria, a la transformación primaria, a producto semielaborado, elaborado, fases de la intermediación comercial, buenas prácticas de manufactura, equipo e infraestructura, diseño y desarrollo de productos, transformación, empaque, embalaje y destino final.

Mediante el conocimiento del estado respecto a su diversidad genética, permitiría sugerir estrategias de conservación de la raza de maíz Bolita como herencia biológica y

cultural de los pueblos que la usufructúan desde tiempos ancestrales y que es esencial para la elaboración de un producto nutrimental como es la Tlayuda (tortilla de hasta 40 cm de diámetro elaborada exclusivamente con maíz de la raza Bolita). En este sentido, la caracterización morfológica ha permitido describir el material genético así como aspectos agromorfológicos con la finalidad de poder identificar o diferenciar entre ellos, y de conocer la diversidad existente en la población de análisis, misma que ha sido utilizada en diversos trabajos (Wellhausen *et al.*, 1951; Hortelano *et al.*, 2008). Así mismo, dentro del monitoreo de las poblaciones, el uso de las técnicas de detección de proteínas transgénicas aportan información referente al estado actual de dicha diversidad en relación a la posible presencia de materiales genéticamente modificados. Vázquez *et al.* (2003) indican que para la industria de la masa y la tortilla, el nivel y la uniformidad de la calidad del grano de maíz empleado como materia prima para el caso de la nixtamalización, es importante en la calidad del producto final.

Desde el punto de vista de la alimentación, colaborará en mantener una fuente de nutrimentos para la población rural permitiendo el derecho al acceso a la alimentación de las personas tal como se establece en el artículo 25 de la *Declaración Universal de los Derechos Humanos* que establece “*toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud y el bienestar, y en especial la alimentación, el vestido, la asistencia médica y los servicios sociales necesarios*”. Y en el *Protocolo Adicional a la Convención Americana sobre Derechos Humanos*, que en su artículo 12, denominado Derecho a la Alimentación, expresa: “*Toda persona tiene derecho a una nutrición adecuada que le asegure la posibilidad de gozar del más alto nivel de desarrollo físico, emocional e intelectual...*”. Y en la Constitución Federal, la *Ley de Desarrollo Social* establece que son derechos para el desarrollo social la educación, la salud, la alimentación, la vivienda. <http://www.rlc.fao.org/iniciativa/pdf/infmex.pdf>.

Para estimar la calidad del grano, se han evaluado caracteres como los referentes a aspectos nutricionales tales como el contenido de lisina y triptófano. Además del contenido de grasas, almidón entre otros, los cuales han sido importantes en la

definición de los diferentes usos. En referencia a lo anterior, se establecen los siguientes objetivos:

1.3. OBJETIVOS

Objetivo general:

Caracterizar socioeconómica, morfológica y bioquímicamente una muestra etnográfica de maíz (*Zea mays* L.) raza Bolita.

Objetivos particulares:

- a) Caracterizar la cadena de valor de la Tlayuda como producto final del maíz raza Bolita.
- b) Describir las recomendaciones para el mejoramiento de la cadena de valor de la Tlayuda.
- c) Colectar y caracterizar morfológicamente diferentes poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) raza Bolita en los distritos de Ejutla, Ocotlán y Zimatlán de Valles Centrales, Oaxaca.
- d) Caracterizar bioquímicamente diferentes poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) raza Bolita.
- e) Caracterizar a través del análisis proximal el valor nutrimental de diferentes poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) raza Bolita.
- f) Identificar la presencia de proteínas de origen transgénico mediante análisis inmunológicos de diferentes poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) raza Bolita.

1.4. LITERATURA CITADA

- Agroproduce.** 2008. Maíz. No. 23. Año 03. Consultado el 29 de Mayo del 2012. Disponible en: http://www.oeidrus-portal.gob.mx/oeidrus_oax/
- Anderson, E., and H. C. Cutler.** 1942. Races of *Zea mays*: I. Their recognition and classification. Ann. Mo. Bot. Gard. 29:69-88.
- Aragón, C. F., S. Taba, J. M. Hernández, J. de D. Figueroa, V. Serrano y F. H. Castro.** 2006. Catálogo de maíces criollos de Oaxaca. INIFAP-SAGARPA. Libro Técnico Num. 6. Oaxaca, Oaxaca. México. 334 p.
- Aragón, C. F., S. Taba, G. H. Castro, J. M. Hernández, J. M. T Cabrera, L. A. Osorio, N. R. Dillanes.** 2003. In situ Conservation and use of local maize races in Oaxaca, México: A participatory and decentralized approach. In: Latin American Maize Germplasm conservation: Regeneration, in situ conservation, core subsests, and prebreeding. Proceedings of a workshop at CIMMYT.
- Bellon, M.R.** 2009. Diversidad y conservación de recursos genéticos en plantas cultivadas, En: Capital natural de México, vol II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp. 355-382.
- Boege, K.** 2009. Centros de origen, pueblos indígenas y diversidad del maíz. Ciencias, Num.92-93. pp. 18-28.
- Carvalho VP, Ruas CF, Ferreira JM, Moreira RMP, Ruas PM.** 2004. Genetic diversity among maize (*Zea mays* L.) landrace assessed by RAPD markers. Genetics Mol Biol 27(2):228-236.
- Cervantes, S. T.; Goodman, M.M.; Casa, E. and Rawlings, J.O.** 1978. Use of genetic effects and genotype by environmental interactions for the classification of Mexican races of maize. Genetics 90: 339-348.
- CONABIO.** 2009. Avances del proyecto “Actualización del conocimiento y distribución del maíz y sus parientes silvestres en México”. Dirección Técnica de Análisis y Prioridades. Comisión Nacional para la Conservación y el Uso de la Biodiversidad. México, D.F. (Resultados preliminares).
- CONABIO.** 2010. Base de datos de maíces nativos del proyecto global “Recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la diversidad genética de maíces y sus parientes silvestres en México”, corte 14 de octubre de 2010. CONABIO –INIFAP – INE.
- CONABIO.** 2012. Proyecto global de maíces nativos. Razas de México, grupo de ocho hileras. En: <http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/proyectoMaices.html>. Consultado el 15 de Octubre del 2012.

- Coutiño B E; G C Vázquez; B M Torres; y Y M Salinas.** 2008. Calidad del grano, tortillas y botanas de dos variedades de maíz de la raza Comiteco. Nota científica. Rev. Fitotec. Mex. Vol 31 No especial 3. 9-14.
- Espinosa, A; Gómez, N; Sierra, M; Betanzos, E; Caballero, F.** 2006. Variedades e híbridos de calidad proteínica. Academia Mexicana de las Ciencias. Revista Ciencia. 57(3):28-34.
- Esquinas-Alcázar, J. T.** 1993. La diversidad genética como material básico para el desarrollo agrícola. En: La Agricultura del Siglo XXI. J. I. Cubero y M. T. Moreno (coord.). Mundi-Prensa. Madrid, pp. 79-102.
- Figuroa, J.D.C., Mauricio, A., Taba, S., Morales, E., Mendoza, A., Gaytán, M., Rincon-Sánchez, F., Reyes, M.L., and Véles, J. J.** 2005. Kernel characteristics and tortilla making quality of maize accesions from Mexico, the Caribbean, and South and Central America. In: Taba, S. (ed). Latin American maize germplasm conservation: regeneration, in situ conservation, core subsets, and prebreeding; proceedings of workshop held at CIMMYT, April 7-10, 2003. Mexico, D. F.: CIMMYT.
- Flores V., Ponce J., Ramírez M.** 2007. Situación del maíz y la tortilla. Serie de reportes de investigación. Reporte de investigación No. 80. CIESTAAM. UACH. 70 pp.
- FAOSTAT** [homepage] [online] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available from: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx>. Date accessed: April 2010.
- Flannery, K.V..** 1986. Guilá Naquitz. Archaic Foraging and Early Agriculture in Oaxaca, México. Academic Press, Inc.
- Franco, T L e Hidalgo, G.** 2003. Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín técnico No. 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. 89p.
- González F A.** 2008. Notas de curso intensivo de Posgrado: Caracterización de germoplasma vegetal. Departamento de fitotecnia, UACH.
- Hortelano, S. R. R.; Gil, M.A.; Santacruz, V.A.; Miranda, C.S. y Córdova T.L.** 2008. Diversidad morfológica de maíces nativos del Valle de Puebla. Agricultura Técnica en México 2 (34): 189-200.
- Illis, H. H.** 2000. Homeotic sexual translocations and the origen of maize (*Zea mays*, Poaceae): A new look at an old problem. Econ. Bot. 54(1):7-42.
- Informe sobre avances en el derecho de la alimentación.** (2009). Disponible en: <http://www.rlc.fao.org/iniciativa/pdf/infmex.pdf> (Citado el 9 de Septiembre del 2011).

- Justiniano da Fonseca M.A., Da Silva W M M. V., y Celso C. A.** 2006. El estado del arte de los recursos genéticos en las américas: conservación, caracterización y utilización. Disponible en: http://www.iica.int/foragro/cd_prior/Docs/RecFitog.pdf Visitado el 5 de Enero del 2012.
- Kato, T. A., C. Mapes, L.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. 116pp. México, D.F.
- Labate J. A., Lamkey K.R. Mitchell S.H., Kresivich S, Sullivan H, Smith JSC.** (2003). Molecular and historical aspects of Corn Belt dent diversity. *Crop Sci* 43:80-91.
- Lazos, E. y Chauvet, M.** (2011). Análisis del contexto social y biocultural de las colectas de maíces nativos en México. Proyecto global de maíces nativos. Primer Informe, En: http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/proyecto/Anexo9_Analisis_Especialistas/Lazos%20y%20Chauvet%202011.pdf
- Ligarreto G.** 2003. Caracterización de Germoplasma *In: Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos.* Franco, T L e Hidalgo, R. (eds.). Boletín técnico No. 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. 89p.
- Mera L.M.O.** 2009. Diversificación y distribución reciente del maíz en México. En: Kato, T. A., C. Mapes, L.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. 116pp. México, D.F.
- Mera O. L. M. y C. S. Mapes.** 2009. El Maíz. Aspectos Biológicos. En: Kato *et al.* Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. 2009. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 116pp. México, D.F. p. 34-35.
- McClintock, B., T.A. Kato Y., and A. Blumenschein.** 1981. Chromosome Constitution of races of Maize. Its Significance in the Interpretation of Relationships between Races and Varieties in the Americas. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Martínez M, Palacios N y Ortiz R.** 2009. Caracterización Nutricional del grano de 50 accesiones de maíz Cubano. *Cultivos Tropicales.* 2(30): 80-88 p.
- Márquez-Sánchez 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.* 2(5): 151-166.

- Marvier M., Van Acker R.C.** 2005. Can crop transgenes be kept on a leash? *Front. Ecol. Environ.* 3, 93–100.
- Matsuoka Y, Vigouroux Y, Goodman MM, Sanchez GJ, Buckler E, Doebley JA** (2002) Single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proc Natl Acad Sci USA* 99: /6): 6080-6084[[Abstract/Free Full Text](#)]
- Morillo M** 2005. Análisis de la cadena de valor industrial y de la cadena de valor agregado para las pequeñas y medianas industrias. *Actualidad Contable Faces*, Enero-Junio 2005. Mérida, Venezuela. 10 (8):53-70.
- Morris, L; López, M A.** 2000. Impactos de mejoramiento de maíz en América Latina 1966-1997. México D.F. CIMMYT 45 p.
- Muñoz O., y J. A. Cuevas.** 2000. Diversidad genética, su evolución y su sostenibilidad: maíz y cultivos contemporáneos. *In: Memorias del IV Simposio Internacional y V Reunión Nacional sobre Agricultura Sostenible.* 24 a 27 de octubre de 1999. Colegio de Postgraduados. Universidad Michoacana de Hidalgo y Fundación Produce Michoacán. pp:341-348.
- Ortega Paczka, R.** 2003. La diversidad del maíz en México. En: Esteva, G. y Marielle, C. (Coords.). *Sin maíz no hay país* (pp. 123-154). México, D.F.: Culturas Populares de México.
- Ortiz, S.G. y Otero A. A.** 2007. México como el centro de origen del maíz y elementos sobre la distribución de parientes silvestres y variedades o razas de maíz en el norte de México. *Revista de Geografía Agrícola.* No. 38 UACH pp141-152.
- Osorio A. L** 2008. Producción de maíz en labranza de conservación en Oaxaca En: *Maíz. Agroproduce* No. 23 Año 03. Consultado el 29 de Mayo del 2012. Disponible en: http://www.oeidrus-portal.gob.mx/oeidrus_oax/
- Porter, Michael** 2000. El camino que conduce a la diferenciación. *Revista Gestión* Ene/Feb 2000. Publicado en la página web: <http://www.ambitos.com.ar/art/00-1317-b.htm>. Fecha de la consulta 12-04-2012. pp1-5.
- Ranere A., Piperno D, Holst I, Dickau I, and Iriarte J.** 2009. The cultural and chronological context of early Hol maize and squash domestication in the Central Balsas River Valley, México. *Proc Natl Acad Sci USA.* 106 (13) 5014-5018.
- Rangel M E; Muñoz O A; Vázquez C G; Cuevas S J; Merino C J; y Miranda C S.** 2004. Nixtamalización, elaboración y calidad de tortilla de maíces de Ecatlán, Puebla, México. *Agrociencia* Vol 38 No. 1. 53-61.
- Robutti J L.** 2004. Calidad y usos del Maíz. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Pergamino Buenos Aires. *Idia XXI.* pp. 100-104 No.6 Año. 4.

- Romero P. J y A. Muñoz O.** 1996. Patron varietal y selección de variedades de maíz para los sistemas agrícolas en la región de Tierra Caliente. *Agrociencia* 30:63-73.
- SAGARPA** (Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera-Secretaría de Agricultura y Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2008. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. (en línea). Consultado el 10 de Mayo del 2011. Disponible en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>
- Salinas M Y, Saavedra A S, Soria R y Espinosa E.** 2008. Características fisicoquímicas y contenido de carotenoides en maíces amarillos cultivados en el estado de México. *Agricultura Técnica en México*. 3 (48): 357-364 p.
- Sánchez, G.J.J.; Goodman, M. M. and Rawlings, J. O.** 1993. Appropriate characters for racial classification in maize. *Econ. Bot.* 47:44-59.
- Sandrea M y M Boscán,** 2004. La cadena de Valor del Sector Confección. *Revista Venezolana de Gerencia*, Año 9, No. 26, Abril-Junio del 2004. Maracaibo, Venezuela, (336-353).
- Sierra M M; A C Palafox; Vázquez C G; Rodríguez F M; Espinosa C A.** 2010. Caracterización Agronómica, calidad industrial y nutricional del maíz para el trópico mexicano. *Agronomía Mesoamericana* 21 (1): 21-29.
- Piperno D., Ranere A, Holst I, Iriarte J, and Dickau R.** 2009. Starch grain and phytolith evidence for early ninth millennium B.P. maize from the Central Balsas River Valley, México. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 106 (13): 5019-5024.
- Perales, H. R., B.F. Benz y S. B. Brush.** 2005. Maize diversity and ethno-linguistic diversity in Chiapas, México. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102:949-954.
- Pressoir, G., y J. Berthaud.** 2004a. Patterns of population structure in maize landraces from the Central Valleys of Oaxaca in Mexico. *Heredity* 92:88-94.
- Pressoir, G., y J. Berthaud.** 2004b. Population structure and strong divergent selection shape phenotypic diversification in maize landraces. *Heredity* 92:95-1001.
- Sánchez G., J., M. M. Goodman, and C. W. Stuber.** 2000. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Econ. Bot.* 54 (1):43-59.
- Serratos, J.A. H.** 2009. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. En: www.greenpeace.org.mx consultado el 10 de diciembre del 2011.
- Serratos-Hernández J. A., J. L. Gómez-Olivares, N. Salinas-Arreortua, E. Buendía-Rodríguez, F. Islas Gutiérrez, and A. de Ita.** 2007. Transgenic proteins in

maize in the soil conservation area of Federal District, México. *Front Ecol. Environ.* 5(5): 247–252.

SIACON, 2010. Sistema de Información Agroalimentaria y de Consulta 2010. SAGARPA.

SIAP, 2009. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2008 y 2009. Situación actual y perspectivas del maíz en México.1996-2012. www.siap.gob.mx

SIAP, 2010. Cierre de la producción agrícola por cultivo. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/index.php/agricultura/produccion-anual/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado.html>

Turrent, A. and J. A. Serratos. 2004. Context and background on Maize and its Wild Relatives in Mexico. In: *Maize and Biodiversity: The Effects of transgenic Maize in Mexico*. CCA, Montreal Canadá. 55 pp.

Vargas, L.A. 2007. La historia incompleta del maíz y su nixtamalización. *Cuadernos Nutrición* 30 (3): 97-102.

Vázquez-Carrillo. M.G.; Guzmán-Báez, L.; García, J.L.A.; Márquez-Sánchez, F. y Castillo-Merino, J. 2003. Calidad de grano y tortillas de maíces criollos y sus retrocruzas. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 26 (004):231-238.

Vázquez-Carrillo. M.G., Pérez-Caramillo, J.P., Hernández-Casillas, J.M., Marrufo-Díaz, M. L., Martínez-Ruiz, E. 2010. Calidad de grano y de tortillas de maíces criollos del altiplano y valle del mezquital, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 4(31): 49-56.

Vidal V A M; G C Vazquez; B E Coutiño; A C Ortega; J L D Ramírez; R B Valdivia; M J H Guerrero, F J V Caro, O A Cota. 2008. Calidad proteica en colectas de maíces criollos de la sierra de Nayarit Mexico. Nota científica. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol 31 No especial 3. 15-21.

Vigouroux Y., J.C. Glaubitz, Y. Matsuoka, M.M. Goodman, J. Sánchez G., and J. Doebley. 2008. Population structure and genetic diversity of new world maize races assessed by DNA microsatellites. *Amer. J. Bot.* 95(10):1240-1253.

Wellhausen, E. J.; Roberts, L. M.; Hernández,E. X.y Mangelsdorf, P.C. 1951. Razas de Maíz en México. Su origen, Características y Distribución. Folleto técnico No. 5. Oficina de Estudios Especiales, Secretaría de Agricultura y Ganadería. México, D. F. 237p.

Yee, R.; Kidwell, K. K.; Sills, G. R. and Lumpkin, T. A. 1999. Diversity among selected *Vigna angularis* (Azuki) accessions on the basis of RAPD and AFLP markers. *Crop Science* 39:268-275.

CAPÍTULO SEGUNDO

2. CARACTERIZACIÓN DE LOS ESLABONES DE LA CADENA DE VALOR DE LA TLAYUDA RELACIONADOS CON EL USO DE MAÍZ CRIOLLO EN OAXACA

RESUMEN

La cadena de valor es una metodología que puede generar la información para detectar una ventaja competitiva, al desempeñar las actividades involucradas de forma estratégica. En la evolución comercial de cualquier producto sea industrial o generado de forma tradicional, se deriva todo un circuito de actividades que obliga a pasar por actividades propias de una cadena de valor formal. A este respecto existen productos como frutas, hortalizas, artesanías y alimentos de elaboración primaria o doméstica que se ubican en esta situación. Un ejemplo de lo anterior son los diferentes tipos de tortilla elaboradas localmente en el área de Oaxaca y que obedecen a una cultura y a un recurso fitogenético para su obtención tales como los “totopos” y las tortillas “Tlayudas” cuya elaboración requiere de una raza especial de maíz (*Zea mays* L.), un proceso tecnológico definido y una calidad identificable por el cliente. A pesar de que actualmente el mercado de la tortilla Tlayuda ha adquirido mayor impacto, se desconoce el estado actual de uso, producción y conservación del maíz raza Bolita, y la manera en que operan los eslabones de la cadena actual de la tortilla Tlayuda. Por tanto, la presente investigación, tuvo como objetivos identificar los eslabones de la cadena de valor de la tortilla Tlayuda relacionados con el uso, producción y conservación del maíz raza Bolita, mediante la estrategia de análisis de cadena de valor, en una muestra etnográfica de los Valles Centrales de Oaxaca, México. Al respecto, los resultados de las encuestas indicaron que en la obtención de la tortilla Tlayuda están involucrados cuatro eslabones generales: abastecimiento de maíz, transformación, comercio y consumo, en los que participan diversos agentes con un alto grado de especialización (abastecedores o productores, transformadoras, comercializadores y consumidores). El abastecimiento de maíz, es mediante la producción interna regional y a través de la compra de maíz proveniente de otros estados. Las principales limitantes en cuanto al uso del maíz raza Bolita, son los bajos rendimientos obtenidos y el costo de venta en el mercado el cual es mayor al que proviene de la compra externa. Debido a lo anterior, las transformadoras ocupan no únicamente el maíz raza Bolita como fuente para la elaboración de la tortilla Tlayuda. Es decir, las mujeres elaboradoras de tortilla Tlayuda ocupan tres fuentes de maíz: la

primera de procedencia externa a las localidades muestreadas utilizado por el 27.4 % de las mujeres; la segunda fuente integrada por al menos dos tipos de maíces criollos locales (40.5 % de transformadoras emplean esta fuente); y la tercera fuente complementa el uso de criollos locales con maíz externo (32.1 % de las transformadoras). Sin embargo, sobre el volumen de maíz utilizado, las transformadoras que producen maíz criollo utilizan 50 kg semanales para autoconsumo, mientras que las transformadoras que comercializan consumen 100 kg por semana de maíz sin importar su procedencia. Aunado a lo anterior, el 64 % de las transformadoras compra el maíz; 28 % de las transformadoras producen maíz y el 7 % produce y compra maíz. Los resultados provenientes de una muestra etnográfica, evidencian un riesgo de permanencia de la raza de maíz Bolita como fuente en la elaboración de la tortilla Tlayuda. En lo que se refiere a la colocación del producto Tlayuda de forma internacional, son las empresas de envíos de paqueterías un importante canal de comercialización ya que agilizan el envío de perecederos de un país a otro. Respecto a los consumidores, prefieren comer la tortilla Tlayuda en su forma tradicional y no encontrarla en supermercados. Dentro de las principales recomendaciones para la conservación de la raza de maíz Bolita y el mantenimiento del mercado de la Tlayuda, se propone desarrollar sistemas de conservación de productos tradicionales para potenciar su venta en mercados de exportación además de definir y caracterizar los parámetros que identifican a una tortilla Tlayuda en vista a la obtención de una denominación de origen.

2.1. INTRODUCCIÓN

2.1.1. Cadena de Valor

La cadena de valor estudia la creación de valor dentro y fuera de la empresa (Sandrea y Boscán, 2004) y se define como el conjunto interrelacionado de actividades creadoras de valor (diseñar, fabricar, vender y distribuir), que varían desde la obtención de materias primas hasta que el producto terminado es entregado al consumidor final (Morillo, 2005; Sandrea y Boscan, 2004; Porter, 2000). En esencia, es un marco de referencia o estructura para mejorar la comunicación y coordinación en las transacciones de negocios (Iglesias, 2002). Shank y Govindarajan (1998) consideran

que cualquier empresa presenta una cadena de valor industrial, aunque ninguna es autosuficiente, ya que todas las organizaciones pertenecen a un eslabón de la larga cadena. Según Porter (2000), la cadena de valor descompone a la empresa en sus actividades estratégicas relevantes para comprender el comportamiento de los costos y las fuentes de diferenciación existentes y potenciales, con la finalidad de obtener una ventaja competitiva desempeñando estas actividades estratégicamente importantes, de mejor manera o a mejor precio que sus competidores.

La cadena de valor puede representarse *de forma cualitativa*, identificando las etapas de elaboración que agregan valor al producto, dentro y fuera de la empresa hasta llegar al consumidor final; o *en forma cuantitativa* cuando se especifican adicionalmente los costos, ingresos y activos asociados a cada actividad de valor (Sandrea y Boscan, 2004), que conforman las acciones medulares que realiza una empresa para crear un producto o servicio para sus compradores y se clasifican en actividades primarias, actividades de apoyo y actividades de margen (Porter, 1998).

Las actividades primarias son las actividades implicadas directamente en la creación física de un producto (consecución de materias primas, producción, comercialización, mercadeo, así como los servicios de post venta), incluyen logística entrante, operaciones, logística saliente, comercialización/ventas y servicios. Las actividades de apoyo se refiere a tareas funcionales que permiten ejecutar las actividades primarias, pudiendo contarse entre otras al abastecimiento de materias primas, al desarrollo de tecnologías, a la gestión de recursos humanos e infraestructura de la empresa (finanzas, contabilidad, gerencia y asesoría legal) (Porter, 2000; Ayala y Arias, 2003; Chirinos *et al.*, 2008). Finalmente el margen se refiere a la diferencia entre el valor total y los costos totales en que incurre la empresa para desempeñar las actividades creadoras de valor (Ayala y Arias, 2003) (Figura 2.1).



Figura 2.1. Actividades primarias, de apoyo y margen de una cadena de valor genérica (Porter, 2000).

La importancia del estudio de productos generados para la comercialización a partir del enfoque de cadenas de valor, radica en que la cadena vincula todos los eslabones, desde la producción primaria hasta el consumo final, integrando todas las etapas logísticas de un proceso productivo y la provisión de servicios a los diferentes eslabones de la misma cadena (Porter, 2000; Hobbs *et al.*, 2000). A partir de la identificación de la cadena de valor, una empresa puede localizar ventajas competitivas y sostenibles mediante dos formas: al controlar las causales de mejor costo de los competidores y reconfigurando la cadena (Sandrea y Boscan, 2004).

Muchos productos elaborados localmente, se han convertido en productos no tradicionales para mercados regionales, nacionales y externos y su evolución comercial los obliga a pasar por actividades propias de una cadena de valor formal, sin que los actores participantes conozcan o identifiquen los eslabones (actividades) que deben caracterizarla para la búsqueda de competitividad o simplemente, la sincronía en los procesos. A este respecto existen productos como frutas, hortalizas, artesanías y alimentos de elaboración primaria o doméstica que han caído en esta situación. Un ejemplo de lo anterior son diferentes tipos de tortilla elaboradas localmente *en el área de Oaxaca* y que obedecen a una cultura y a un recurso fitogenético para su obtención tales como los “totopos” y las tortillas “Tlayudas” cuya elaboración requiere de una raza especial de maíz (*Zea mays* L.), un proceso tecnológico definido y una calidad identificable por el cliente.

2.1.2. Producto Tlayuda

La Tlayuda es un platillo elaborado en forma manual y artesanal a partir de maíz que consiste de una tortilla grande (más de 30 centímetros de diámetro) y delgada (alrededor de 3 mm) cocida en comales alimentados por leña o parcialmente frita, consumidas de manera tradicional en la zona de la capital del estado de Oaxaca al Sur de México, preparada de distintas maneras para el consumo alimenticio de los habitantes.

La raza Bolita de maíz (*Zea mays* L.), endémica de los Valles Centrales del Estado de Oaxaca, tiene características sobresalientes para la elaboración de tortillas y en especial para la "Tlayuda", típica en el estado y conocida internacionalmente (Aragón *et al.*, 2006; Vásquez *et al.*, 2004 y 2010). La Tlayuda, se cuece generalmente en una estufa de leña y en comal de barro. Su nivel de cocción permite obtener tortillas con diferentes texturas, como blandas, cocidas y tostadas.

La Tlayuda se puede consumir sola para acompañar los alimentos, o preparadas utilizando varios ingredientes en forma de platillo principal: hay algunas preparaciones basadas en frijoles negros molidos y fritos, col o lechuga picada; con carne (tasajo, cecina de puerco, chorizo de puerco, seca); con queso y salsa picante de chiles verdes o salsa de chile pasilla. Otras variantes de tortilla Tlayuda, es que se unta con "asiento" (manteca de cerdo no refinada) con trozos de chicharrón de puerco.

La tortilla puede doblarse, haciendo una especie de emparedado o sándwich ("empanada" o "quesadilla"), y se cuece a las brasas o en parrilla especial, lo que le confiere a las tortillas una textura tostada y cierto sabor ahumado. También suele acompañarse con aguacate (guacamole) y tomate como dip o salsa. La página <http://www.exploringoaxaca.com/es-mx/gastronomia,estado-de-oaxaca,Tlayudas-platillo-tradicional-de-oaxaca/> muestra al turismo nacional e internacional algunas actividades turísticas relacionadas con el estado de Oaxaca.

En los Valles Centrales del estado de Oaxaca, existe un mercado urbano regional de tortillas hechas a mano, que posibilita que muchas mujeres de comunidades rurales y suburbanas cercanas a la capital oaxaqueña, encuentren en la elaboración y venta de

este producto, una fuente de autoempleo que les proporcione ingresos constantes para solventar la carencia de empleo formal, así como atenuar el impacto de la pequeña dotación parcelaria y bajos niveles de producción agrícola (Zarate, 2004).

2.2. JUSTIFICACIÓN

La conservación y uso de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (RFAA) han estado ligados con la cultura local, regional o nacional como lo señala Vargas (2007), quien resalta la necesidad de analizar los procesos culturales que inciden en la diversificación e interacciones con los diferentes grupos humanos, como por ejemplo los sistemas agrícolas tradicionales, a través de pequeños productores para definir el hecho de sembrar para diferentes propósitos, que han sido escenarios de conservación de la diversidad del maíz (Bellon *et al.*, 2009; Mera y Mapes, 2009).

Desde un enfoque de cadena de valor, los recursos fitogenéticos para alimentación y agricultura (RFAA) pueden conformar el primer eslabón dentro de una cadena de valor ya que proporcionan el abastecimiento de la materia prima para la elaboración o generación de diversos productos comerciales. Tal es el caso de la tortilla Tlayuda que es elaborada con el maíz raza Bolita de los Valles Centrales de Oaxaca (Aragón *et al.*, 2006); sin embargo, se desconoce el estado actual de uso, producción y conservación del maíz raza Bolita, y la manera en que operan los eslabones de la cadena actual de la tortilla Tlayuda. Por tanto, la presente investigación, tiene como alcances identificar los eslabones de la cadena de valor de la tortilla Tlayuda relacionados con el uso, producción y conservación del maíz raza Bolita, mediante la estrategia de análisis de cadena de valor, en una muestra etnográfica de los Valles Centrales de Oaxaca, México.

2.3. OBJETIVOS

Objetivo general:

Caracterizar los eslabones de la cadena de valor de la tortilla Tlayuda relacionada con el uso, producción y conservación del maíz raza Bolita en una muestra etnográfica de los Valles Centrales de Oaxaca, México.

Objetivos particulares:

- a) Caracterizar a los productores de maíz raza Bolita como conservadores de un reservorio genético.
- b) Obtener información que permita caracterizar a los actores que transforman el maíz en tortillas Tlayudas.
- c) Describir la riqueza de la cocina derivada de la tortilla Tlayuda, como ingrediente central en los diferentes mercados etnográficos locales del estado de Oaxaca a través de restaurantes y puestos de Tlayudas.
- d) Obtener información acerca de la comercialización a mercados externos a Oaxaca, con establecimientos dedicados a la exportación de alimentos oaxaqueños entre los que figure la tortilla Tlayuda.
- e) Reconocer los puntos de mejora en cada uno de los eslabones identificados en la cadena de valor de la tortilla Tlayuda.
- f) Describir las recomendaciones para el mejoramiento de la cadena de valor de la tortilla Tlayuda y la raza de maíz Bolita, con énfasis en su conservación genética.

2.4. MATERIALES Y MÉTODOS

2.4.1. Localización del sitio de estudio

El estudio se realizó considerando 20 localidades pertenecientes a cinco distritos (Centro, Tlacolula, Ocotlán, Ejutla y Zimatlán) de la región de Valles Centrales de Oaxaca (Figura 2.2).

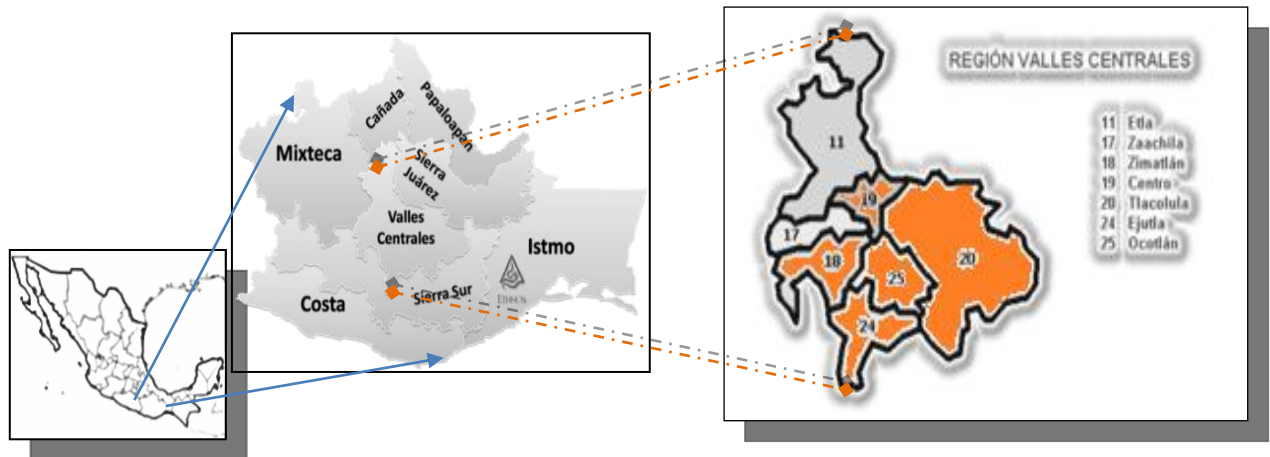


Figura 2.2. Región de Valles Centrales de Oaxaca; en naranja, los cinco distritos donde se desarrolló el trabajo de investigación.

2.4.2. Obtención de información

Se identificó en el estado de Oaxaca, la región de los Valles Centrales con la ubicación de los municipios que la componen. Una vez identificados los lugares a investigar, se aplicaron tres tipos de encuestas dirigidas a: productores de maíz, transformadores de maíz en tortilla Tlayuda y consumidores; también se realizaron entrevistas a comercializadores (restaurantes locales, puestos ambulantes y establecimientos formales dedicados a la exportación de productos oaxaqueños). Se utilizó la metodología de entrevista y aplicación de encuestas señalada por Trejo y Morales, (2009) (Figura 2.3).

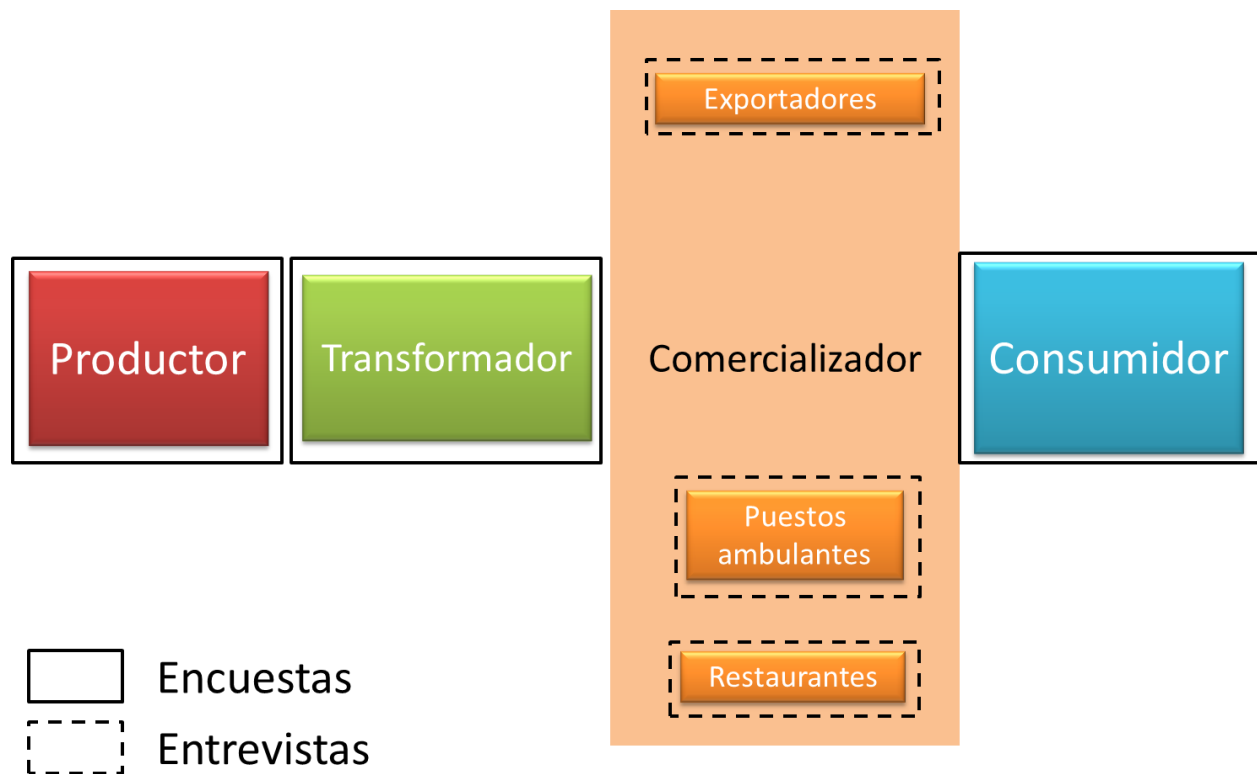


Figura 2.3. Esquema de obtención de información en la cadena de valor de tortilla Tlayuda, Oaxaca.

2.4.3. Tamaño de muestra y análisis estadístico

Respecto al tamaño de muestra para *productores* (), se obtuvo con base al total de actores (productores de maíz) que integran la *Organización Agropecuarios de Oaxaca S. de S.S*, (Sociedad de Solidaridad Social) de los Valles Centrales de Oaxaca: 450.

Cuadro 2.2. Tamaño de muestra y tipo de análisis para cada sector muestreado

Sector muestreado	Población	Tamaño de muestra	Análisis estadístico
Productores	450	50	Estadística descriptiva
Transformadoras	8872.284	84	Estadística descriptiva y Análisis multivariado
Consumidores	-	30	Estadística descriptiva
Comercializadores	-	15	Estadística descriptiva
Total		179	

El tamaño de muestra para el eslabón de *transformadoras*, se determinó considerando los municipios donde, de acuerdo al INEGI (2010), se ubican mujeres con edad de entre 15 y 80 años y cuya actividad principal es la elaboración de tortilla Tlayuda para comercialización y autoconsumo en la región de Valles Centrales de Oaxaca, además de considerar estudios previos de García y Méndez (1991), Vásquez-Bocanegra *et al.* (2004) y Zarate (2004), así como información de la *Organización Agropecuarios de Oaxaca S. de S.S.*, (Sociedad de Solidaridad Social) de los Valles Centrales de Oaxaca, aplicando la fórmula sugerida por Trejo y Morales (2009):

$$n = N / (N \cdot d^2 + 1)$$

Donde:

N = Tamaño de la población o universo (número total de posibles encuestados);

n = Tamaño de la muestra;

d = Precisión deseada.

Una vez obtenido el tamaño de muestra (Cuadro 2.2), se procedió a realizar una selección aleatoria con remplazo considerando 18 municipios para obtener el número de mujeres transformadoras a encuestar en cada uno.

Con relación al tamaño de muestra para el eslabón de *consumidores* y *comercializadores*, se consideraron los lugares donde se vende la tortilla Tlayuda sola o

en preparación, incluyendo los mercados en la región de los Valles Centrales, así como, establecimientos de alimentos y restaurantes que se dedican a la venta de la tortilla preparada, ubicados principalmente en el centro del estado de Oaxaca.

2.4.4. Variables

El instrumento de encuesta utilizado consideró como variables principales del estudio a los componentes de la cadena de valor genérica definiendo áreas y actividades principales para los productores, las transformadoras de tortilla Tlayuda y los consumidores; además de variables como edad, sexo, estado civil, escolaridad, carga familiar, empleo etc. Las variables de funcionamiento de cada uno de los actores se detallan a continuación:

Productores

Para las encuestas al productor de maíz se consideraron como variables el tipo de maíz sembrado, superficie sembrada, rendimientos obtenidos, insumos utilizados, prácticas de manejo, costos de producción y destino de la producción de maíz. Los resultados se muestran en forma de estadística descriptiva.

Transformadoras

Para identificar las características de los actores transformadores de tortilla Tlayuda, se consideró el volumen de maíz utilizado, el tipo de maíz, la procedencia del maíz, el destino de producción de tortilla Tlayuda, los costos de operación y el tiempo de elaboración y de venta. Los resultados se muestran en forma de estadística descriptiva y análisis multivariado haciendo una tipificación de las transformadoras utilizando como base de clasificación: a) la diversidad de maíces registrados en la investigación incluyendo el Bolita; b) la garantía de abasto al mercado en forma de volúmenes y ganancias; así como c) la pertinencia social de las mujeres y su importancia en el contexto familiar.

Para el cálculo de los costos de producción en el eslabón de transformación, se formuló una matriz del cálculo de los costos totales, definida por costos fijos (costos de infraestructura y funcionamiento) y costos variables (volumen de producción de tortillas Tlayuda) que intervienen en el eslabón de transformación de maíz a tortilla (Ver Anexo, Cuadros 6.1 - 6.4).

Para el análisis multivariado se consideraron las siguientes variables:

TIPMAIZ (Tipo de maíz): es una variable que toma tres posibles valores: cuando la transformadora señaló que utilizaba maíces criollos (TIPMAIZ = 1); cuando utilizaba maíces no criollos (TIPMAIZ = 2); o cuando combinaba el uso de maíces criollos con maíces no criollos (TIPMAIZ = 3).

PCAMBS (Fuente de obtención de maíz): es la variable que define el origen de la materia prima para la elaboración de las tortillas Tlayudas. Toma el valor (PCAMBS = 1) cuando la transformadora de maíz en tortilla Tlayuda afirma que produce el maíz que utiliza; el valor (PCAMBS = 2) cuando la transformadora compra el maíz en algún establecimiento para realizar la elaboración de tortilla Tlayuda; el valor (PCAMBS = 3) cuando la transformadora complementa la producción de maíz con la compra de grano.

APOYO (Apoyo del gobierno para la actividad): es la variable con dos alternativas: APOYO = 1, cuando la transformadora de tortilla Tlayuda afirma haber recibido un apoyo (en efectivo o en especie) para la elaboración de tortilla Tlayuda; un valor de APOYO = 2 significa que la transformadora hasta el momento de responder la encuesta no había recibido ningún apoyo para fortalecer su actividad.

AUTYCOME (Autoconsumo y comercialización): variable dicotómica que señala el destino de la producción de tortilla Tlayuda: AUTYCOME = 1 implica que parte de la producción de tortilla Tlayuda se destina para el autoconsumo de la familia de la transformadora; y el valor AUTYCOME = 2 se refiere a la producción de tortilla que esta destinada para el comercio.

KIUSASEM (Kilogramos usados de semilla): se refiere al volumen de maíz utilizado para la elaboración de tortilla Tlayuda expresada en kilogramos por semana.

TIVNTSEM (Tlayudas elaboradas para la venta por semana): se refiere a la cantidad de tortillas Tlayudas elaboradas para la venta semanalmente.

DIASDOIT (Días invertidos en elaborar la tortilla): se refiere a los días que invierte la transformadora en la elaboración de la tortilla Tlayuda cada semana.

INVHVTSE (Inversión de horas en vender la Tlayuda): es la cantidad de tiempo (horas) que ocupa la transformadora para realizar la venta por semana.

COSTOTSE (Costos totales por semana): se refiere a las suma los costos que le demandan a la transformadora para la producción de la tortilla Tlayuda por semana.

COSTLAYU (Valor de venta de la Tlayuda): referido al precio de venta que se le otorga a la tortilla ante el consumidor.

TLVNTSEM (Tlayudas vendidas por semana): cantidad de tortilla Tlayuda que se vendió en una semana.

GANTOTSE (Ganancia total semanal): se refiere a la cantidad con la finalmente cuenta la transformadora, después de recuperar a través de las ventas, los costos de inversión para la producción de la tortilla Tlayuda.

Consumidores

Lo referente a consumidores se consideró sus preferencias sobre características de la tortilla Tlayuda así como características de consumo a través de la encuesta realizada.

Comercializadores

Se entrevistó a los comercializadores sobre el destino de la tortilla acopiada y los volúmenes de acopio. Adicionalmente se colectaron muestras de semilla (accesiones) de cada sitio muestreado para conocer los costos de venta, además, de incorporar las muestras de semilla para un análisis inmunológico para la identificación de proteínas transgénicas (los resultados se muestran en el Capítulo IV). Las accesiones fueron incorporadas a la colección del banco de germoplasma del Colegio de Postgraduados.

2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.5.1. Caracterización de actores

Los resultados de las encuestas indican que para la obtención de la tortilla Tlayuda están involucrados cuatro eslabones generales: abastecimiento de maíz, transformación, comercio y consumo, en los que participan diversos agentes con un alto grado de especialización (abastecedores o productores, transformadoras, comercializadores y consumidores) (Figura 2.4).

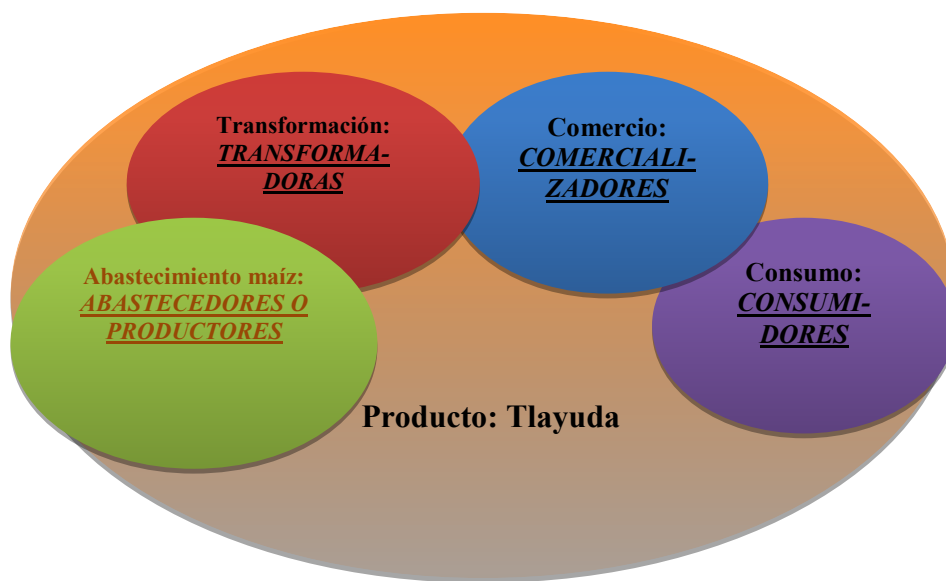


Figura 2.4. Eslabones generales de la cadena de valor de la tortilla Tlayuda.

En la Figura 2.5 y 2.6 se señalan los elementos involucrados en la cadena de producción de la tortilla Tlayuda, además de indicar las diferentes formas o rutas existentes en la muestra etnográfica analizada, sea para autoconsumo o para comercialización, por lo que a continuación se detallan los resultados correspondientes a dichos aspectos así como la intervención de los diversos eslabones que la componen.

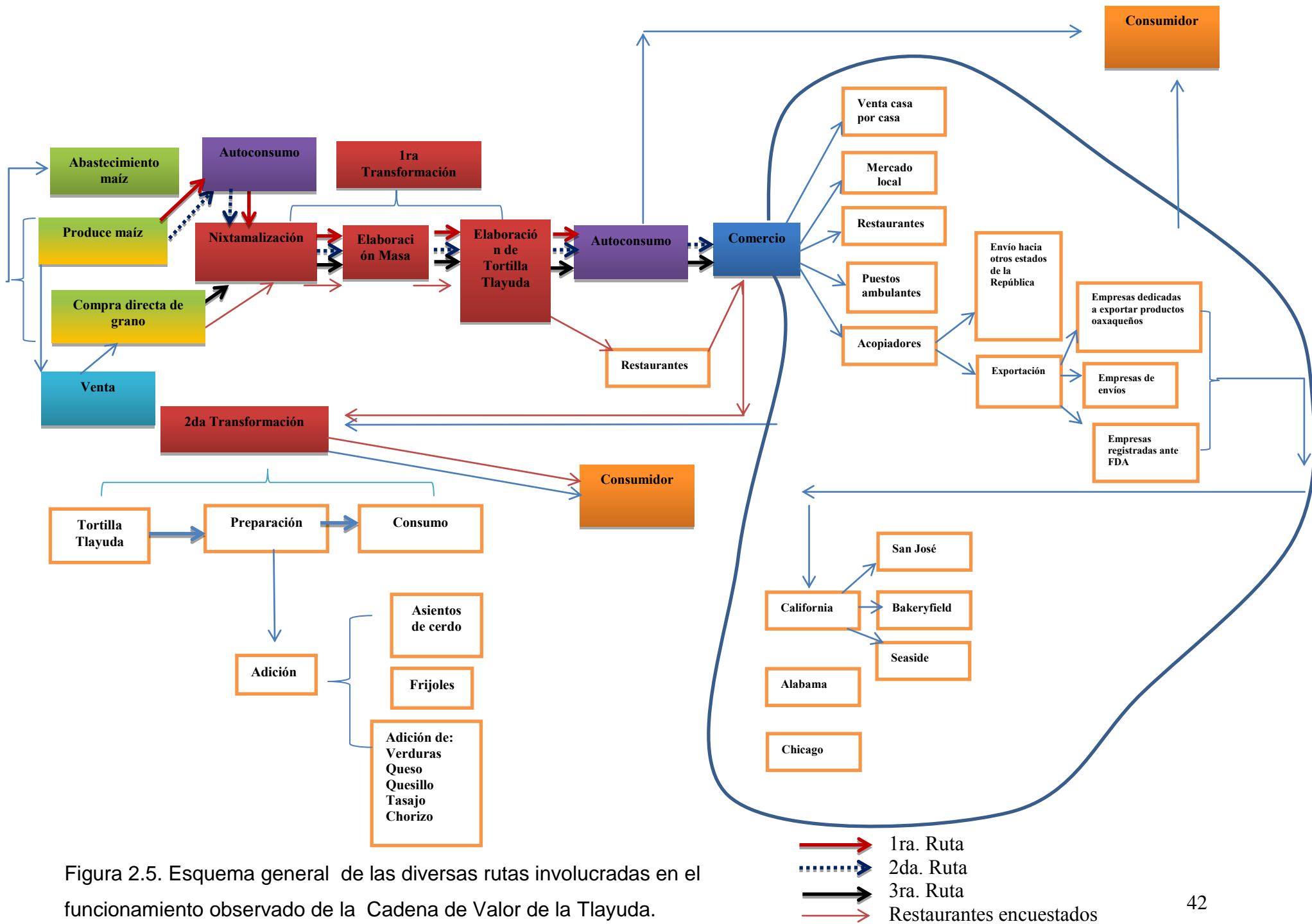


Figura 2.5. Esquema general de las diversas rutas involucradas en el funcionamiento observado de la Cadena de Valor de la Tlayuda.

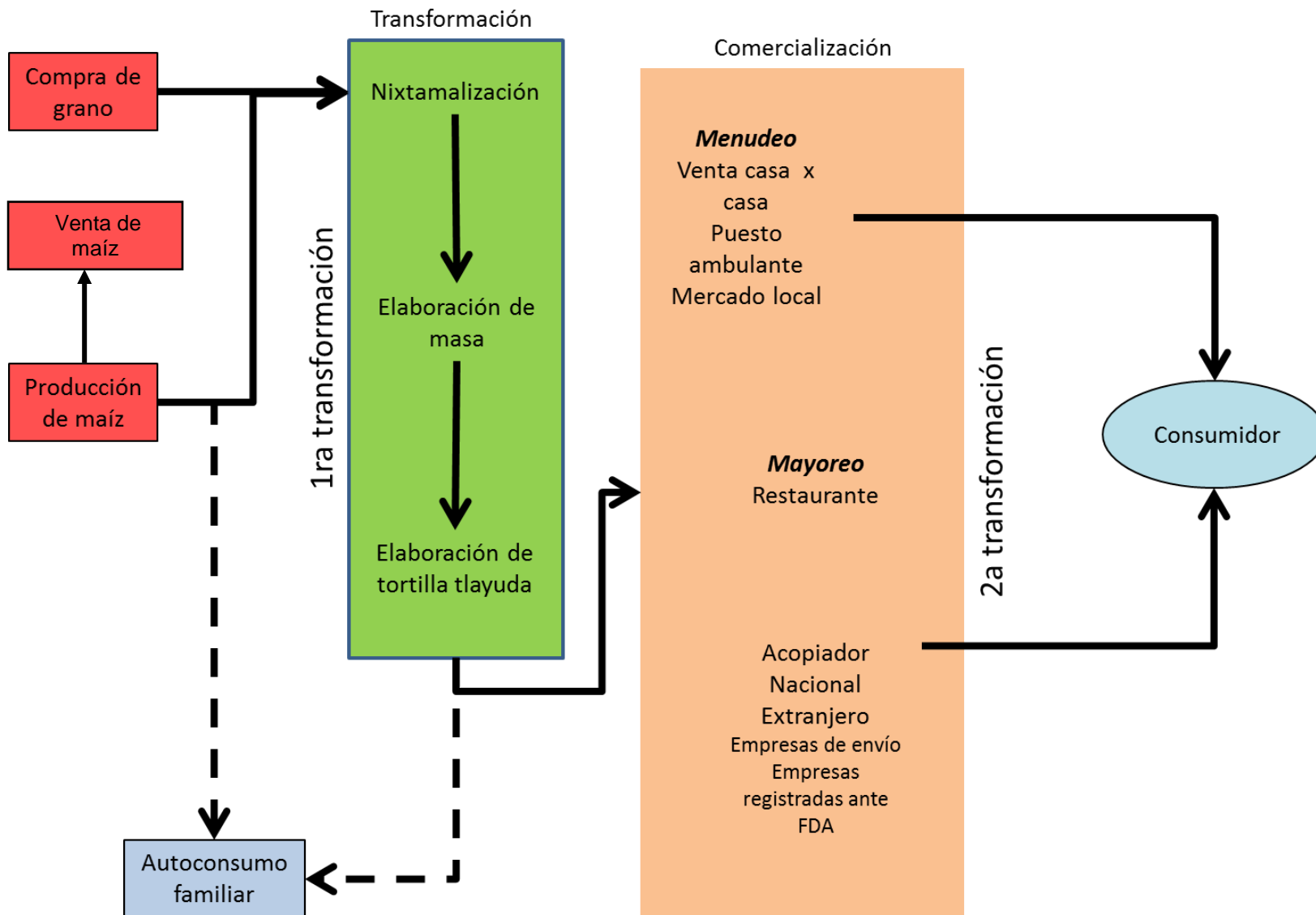


Figura 2.6. Esquema sintetizado del funcionamiento observado de la cadena de valor de la tortilla Tlayuda.

2.5.1.1. Eslabón de abastecimiento de maíz: Productores y abastecedores

El primer eslabón dentro de la cadena de valor de la tortilla Tlayuda fue el *abastecimiento de maíz* en dos mecanismos mediante productores de maíz de autoconsumo que emplean el maíz nativo para transformarlo en tortilla Tlayuda y/o la compra directa de grano de maíz a abastecedores locales que quizá obtienen maíz de otras regiones. Al respecto, se identificaron rutas de desplazamiento que van desde autoconsumo de la tortilla Tlayuda hasta el comercio formal e informal.

Primera ruta: Producción de maíz

Eslabones que intervienen: ***Abastecimiento de maíz, transformación y autoconsumo de tortilla***

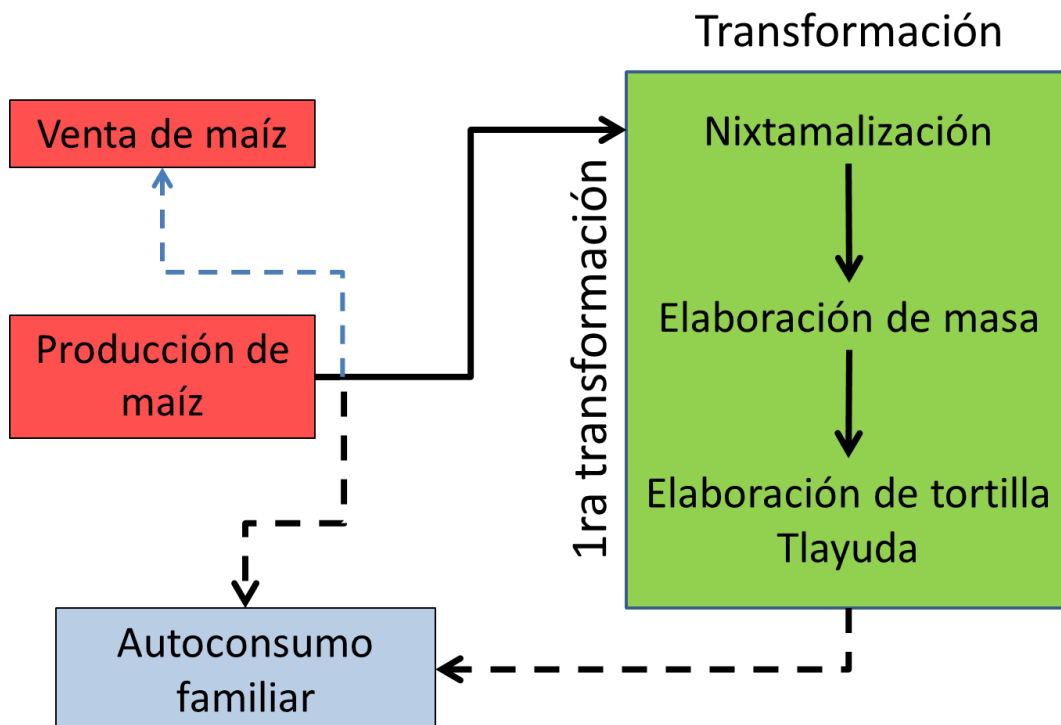


Figura 2.7. Primera ruta básica de la producción del grano de maíz hasta la elaboración de la tortilla para autoconsumo.

Los resultados de las encuestas y la información personalizada indicaron que un sector de la población destina parte de su producción de maíz para autoconsumo, dentro del cual, se realiza la elaboración de la tortilla Tlayuda como alimento familiar (Figura 2.7). Se identificó además, que existe un uso variable en cuanto a la semilla de siembra ya que los productores de maíz usan diferentes tipos de maíces, como las razas Bolita, Tabloncillo e incluso Pepitilla. Es decir, que el grano de maíz para la elaboración de la tortilla Tlayuda proviene de fuentes distintas, lo que sugiere que la tortilla Tlayuda no se elabora exclusivamente con maíz de raza Bolita. Lo anterior fue corroborado mediante encuestas a transformadoras en relación al tipo de maíz utilizado, y al menos dentro del renglón de autoconsumo, se elaboran tortillas Tlayudas con diferentes tipos de maíz. Un dato relevante señala que varios productores encuestados no reconocían a simple vista el maíz Bolita, indicando que siembran otro tipo de maíz, que se diferencia en forma y tamaño a la raza de referencia.

En menor medida, algunos productores dedican una porción de la producción de maíz para la venta en el mercado local o dentro de su misma comunidad, ofreciéndolo a tortilleras, ganaderos y para sembrar nuevamente. Lo anterior corresponde a lo señalado por Lazos y Chauvet, (2011) en el *análisis del contexto social y biocultural* derivado de colectas de maíces nativos de la CONABIO (2010), que indica, que en el estado de Oaxaca, México, el destino de la cosecha de maíz, en el 75 % de los agricultores encuestados, es únicamente al autoconsumo. Una quinta parte lo designa tanto al autoconsumo como a la venta. Las familias utilizan la cosecha tanto para grano con el fin de ser consumido por ellas y por los animales domésticos (99 %), como al forraje (88 %). Así mismo, indican, en lo que se refiere al uso, que el grano de maíz se destina principalmente para hacer tortillas (99 % de los casos), 84 % para hacer nixtamal el cual también se puede utilizar para hacer tortillas pero también otros productos como totopos, Tlayudas, tamales y 84 % se destina igualmente a otros usos (atoles, pinoles, pozoles, etc.).

Análisis descriptivo de producción maíz

En promedio, los productores de maíz encuestados señalan como características: una superficie sembrada de una hectárea que usan principalmente fertilizantes con rendimientos de 800 kg ha^{-1} , finalmente el destino de la producción es principalmente para autoconsumo. Lo que coincide con el análisis hecho por Lazos y Chauvet (2012) que mencionan que el destino de la producción de maíz es fundamentalmente para el autoconsumo en la zona de Oaxaca (57.3% de los productores entrevistados). Una tercera parte de productores combina el autoconsumo con la venta de maíz en el mercado y menos del 5% de los productores destinan la producción exclusivamente al mercado.

Lo registrado en este trabajo coincide con lo reportado por el SIAP (2010), que indica que en Oaxaca, el maíz es el cultivo de mayor importancia, especialmente de la población de bajos ingresos (Osorio, 2008), por la superficie de siembra. Anualmente se siembran alrededor de 595,210.85 ha, de las cuales el 94 % es de temporal. Además, en la región de Valles Centrales en Oaxaca, las estadísticas señalan, una superficie sembrada estimada de 183, 561.00 ha de las cuales más del 90 % es cultivada en condiciones de temporal (171,900. 00 ha), donde la producción es de 161, 845. 82 ton ha^{-1} con un rendimiento de 0.98 ton ha^{-1} (SIAP, 2010). La dotación parcelaria es de 2 ha en promedio, donde el 70 % de la producción se destina al autoconsumo (la alimentación de la familia y los animales, o como semilla) (INEGI 2000-2004; Manuel *et al.*, 2007). En Oaxaca, la mayor parte de la producción de maíz se destina para la preparación de diferentes productos para el consumo, tales como tortillas, tamales, téjate, totopos, tostadas y otros usos regionales, además de los usos forrajeros (Agroproduce, 2008).

El Cuadro 2.3 muestra los elementos involucrados para el sub-eslabón Produce maíz y la Figura 2.8, el desglose de los elementos del sub-eslabón "Produce maíz" identificados en esta investigación. En lo que se refiere a las formas de adquisición descritas en el Cuadro 2.3, se identificó que de los 50 productores encuestados, el 70 % (35), tienen características del grupo 1; mientras que el resto de los productores (15) se ubicaron en la forma 2.

Cuadro 2.3. Elementos involucrados para el sub-eslabón Produce maíz.

Elementos	Formas de adquisición	
	1	2
Tenencia de tierra	Terreno Propio	Terreno Rentado
Semilla	Del ciclo anterior	Comprada
Abono	Del ganado	
Fertilizantes	Mercado local	
Maquinaria	Maquinaria Propia	Maquinaria Rentada
Transporte	Transporte Propio	Transporte Rentado

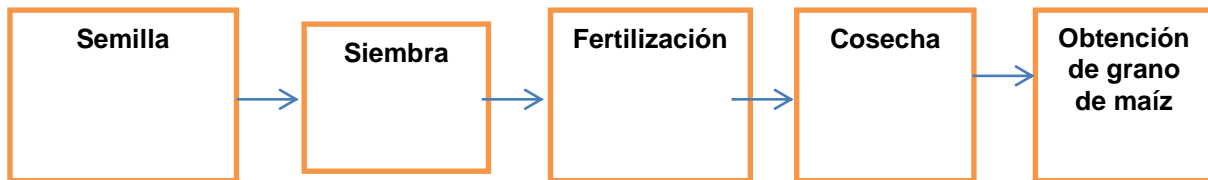


Figura 2.8. Diagrama de flujo para la obtención del grano de maíz

Segunda ruta: Produce maíz-comercio

Una segunda ruta de desplazamiento (Figura 2.9), está conformada por un sector de la población que dedica parte de su producción de maíz para elaborar tortilla Tlayuda para el autoconsumo y para mercar dentro de su misma localidad. Esta venta se realiza desde la casa de la transformadora de maíz en tortilla Tlayuda, y /o mediante el ofrecimiento del producto casa por casa. Estas formas de venta son consideradas como ventas al menudeo y no se realizan en el mercado local.

En esta segunda ruta de manejo del maíz se advierten eslabones como: **Abastecimiento de maíz, transformación, autoconsumo de tortilla y comercio**

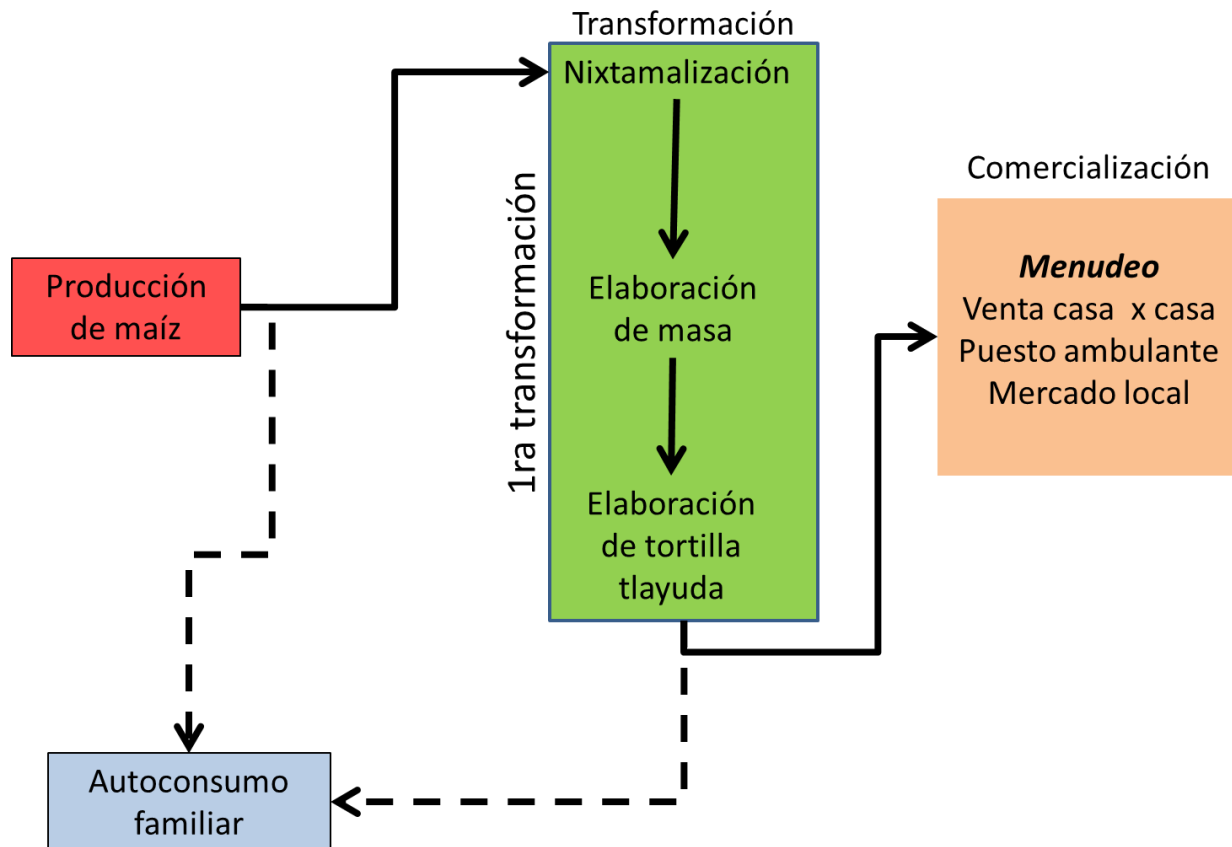


Figura 2.9. Segunda ruta de la producción del grano de maíz hasta la elaboración de la tortilla para autoconsumo y comercio al menudeo.

Tercera ruta: Compra maíz-comercio local, nacional y de exportación

Esta tercera ruta (Figura 2.10) es la más amplia al involucrar el comercio de forma local, nacional e internacional; además, los dos tipos de transformación que sufre la tortilla Tlayuda (el grano de maíz en tortilla Tlayuda y la preparación de la tortilla Tlayuda en platillo) y la entrada de acopiadores jugando un papel muy importante las empresas de envíos internacionales.

Eslabones que intervienen: **Abastecimiento de maíz, transformación, autoconsumo de tortilla, comercio, consumidores.**

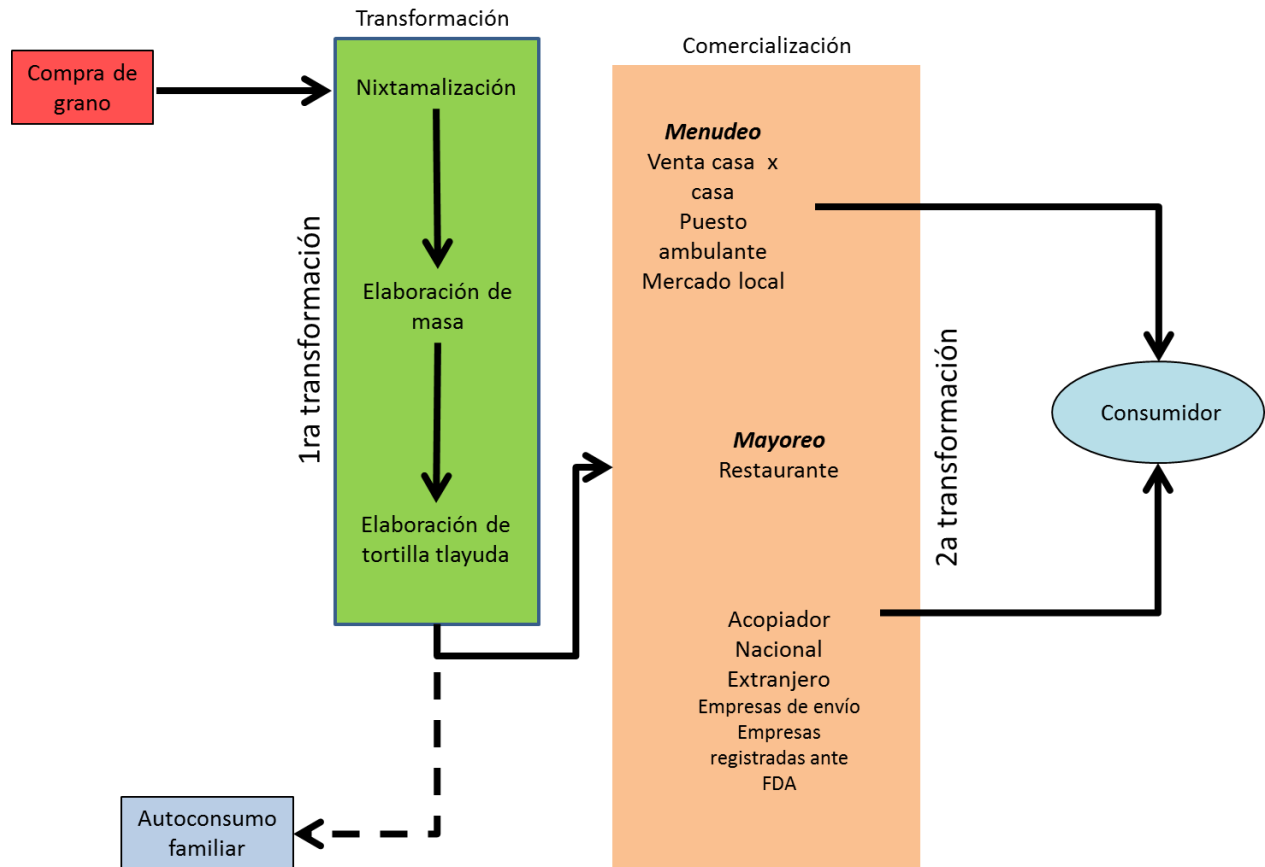


Figura 2.10. Tercera ruta que involucra la compra de grano de maíz hasta la elaboración de la tortilla para autoconsumo y comercio local, nacional e internacional.

La diferencia de esta ruta es que el grano de maíz utilizado es adquirido y no producido. El maíz se obtiene de los mercados, las tiendas de granos y de abarrotes, además de que los encuestados señalaron que el maíz proviene de otros estados distantes como Sinaloa o Guanajuato y de empresas como Cargill (Figura 2.26).

2.5.1.2. Eslabón de transformación: Transformadoras

Elementos de la transformación

El eslabón transformación se origina con la transformación de grano de maíz en tortilla Tlayuda en un primer momento; y cuando la tortilla Tlayuda, junto con otros

ingredientes, forma parte de un platillo típico de la región de los valles centrales de Oaxaca (Segunda transformación) (Figura 2.11).



Figura 2.11. Esquema de 1ra. y 2da. Transformación.

De esta forma, **la 1ra. transformación** (del grano de maíz en tortilla Tlayuda) involucra tres sub-eslabones: nixtamalización del maíz, elaboración de la masa y elaboración de la tortilla.

Sub eslabón nixtamalización: El proceso de nixtamalización del grano de maíz consiste en el cocimiento del grano en abundante agua en proporción de un kilogramo de grano de maíz por dos a tres litros de agua, adicionada con un álcali, preferentemente Hidróxido de Calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), y sometido a temperaturas ligeramente menores a las del punto de ebullición (100°C a nivel del mar) durante 30 a 45 minutos dependiendo de la dureza del maíz. Después del cocimiento, el grano cocido se deja reposar entre 12 y 14 horas en la solución alcalina, denominada “nejayote”, que finalmente se deshecha y el grano de maíz cocido se lava ligeramente (Arámbula *et al.*, 2004). Este producto se denomina genéricamente como nixtamal aunque en realidad es grano de maíz nixtamalizado (Figura 2.12).

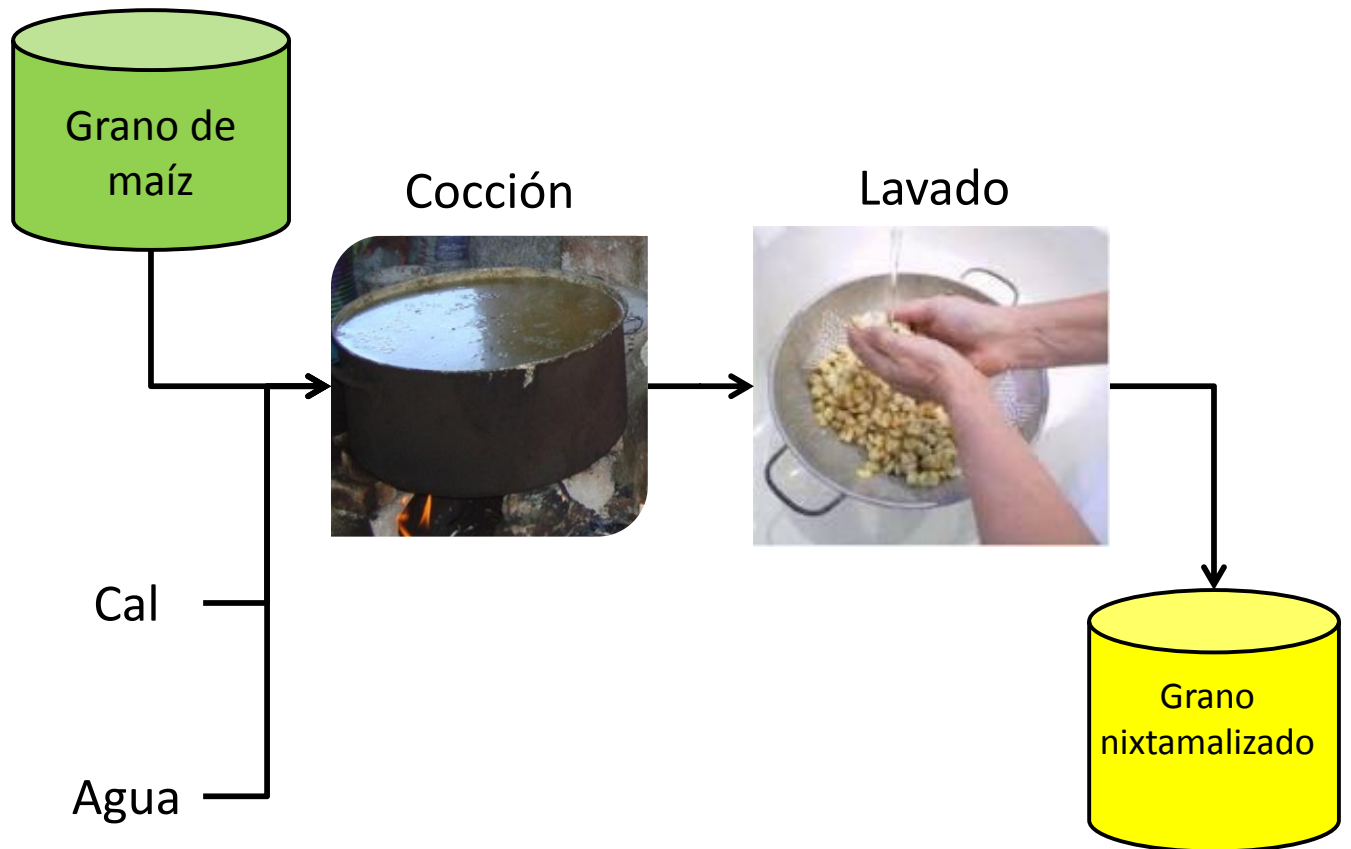


Figura 2.12. Obtención del grano de maíz nixtamalizado.

Sub eslabón elaboración de masa: El grano de maíz nixtamalizado se muele en molinos de piedras y se obtienen la masa de maíz, una red de moléculas de almidón solubilizadas y gránulos de almidón dispersos parcialmente gelatinizados, en una fase continua de agua libre, que sostiene los gránulos de almidón no gelatinizados, las piezas del endospermo y los lípidos (Mc.Donough *et al.*, 2001). Los elementos involucrados son el nixtamal, molino, metate, contenedor, agua (Figura 2.13).



Figura 2.13. Procesos que intervienen para la obtención de la masa (incluye utensilios tradicionales).

Sub eslabón elaboración de tortilla: La masa de maíz se moldea en forma de discos aplanados usando las manos, se prensa con una maquina tortilladora hasta que el disco obtenga un diámetro de 30 cm y un espesor de 2-3 mm; y se cuece colocándola sobre un comal caliente durante 1 a 5 minutos dependiendo el tipo de cocción (Arámbula *et al.*, 2001): Una tortilla Tlayuda suave ó blanda requiere de 1.5 a 2 minutos de cocción; mientras que la Tlayuda cocida requiere de 2 a 3 y la tortilla Tlayuda tostada hasta 5 min. Para las dos últimos tipos de tortilla Tlayuda se requiere de una malla de alambre. La función de la malla de alambre es proveer un espacio entre el comal y la tortilla para que el fuego realice un cocido indirecto al tener un espacio de aire caliente entre la tortilla y el comal, en lugar del calor directo que es mas intenso. La Figura 2.14 muestra los elementos involucrados para este sub-eslabón, además se muestra la malla de alambre utilizada para la elaboración de la tortilla Tlayuda cocida y tostada, además, se observa como la tortilla Tlayuda tostada requiere de un mayor tiempo de cocción respecto a las variantes cocida y blanda.

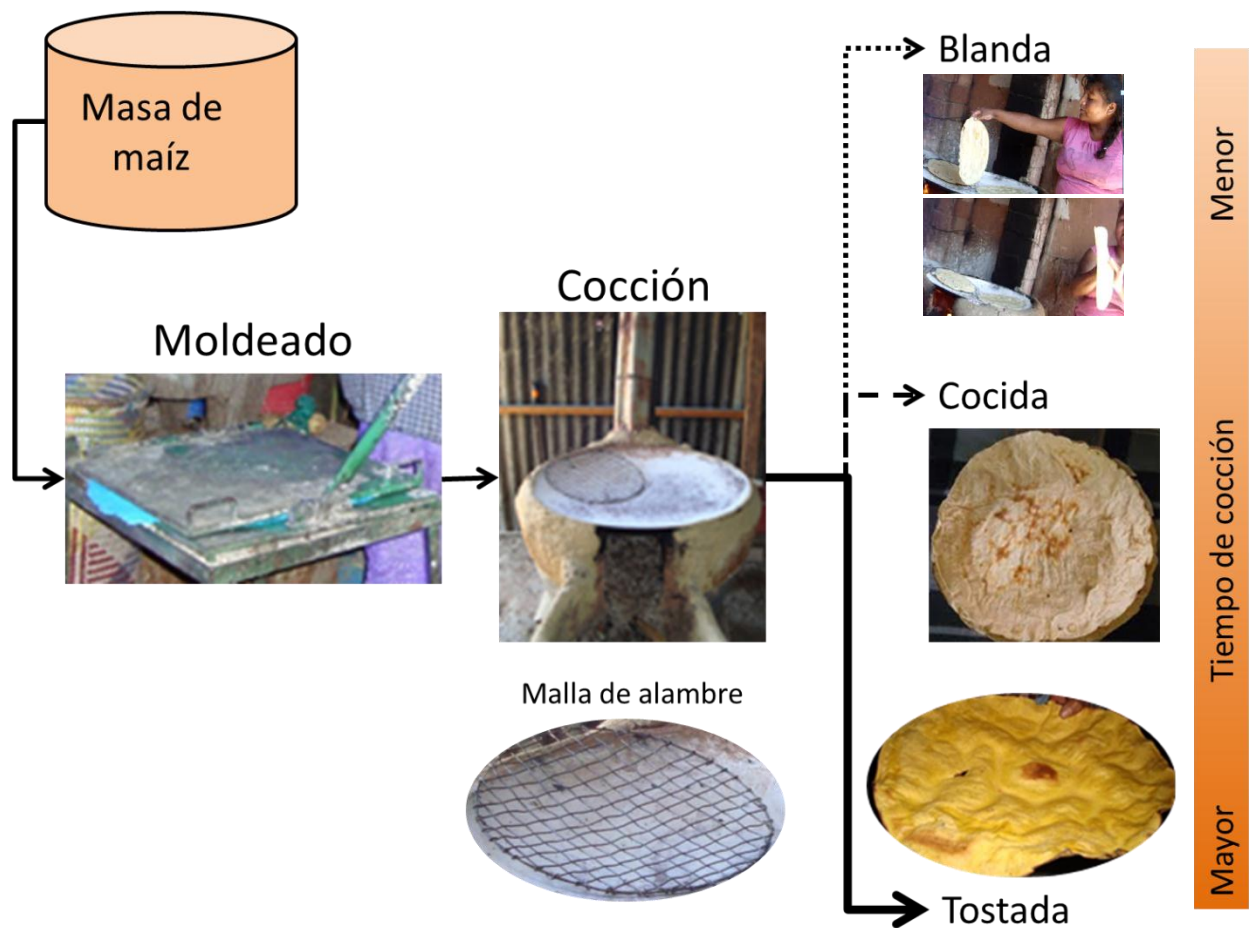


Figura 2.14. Elementos que intervienen para la obtención de la tortilla Tlayuda.

De acuerdo a la información obtenida con las transformadoras encuestadas y la observación personal realizada se señala que la tortilla Tlayuda no es una única, sino que existen variantes de la misma. De hecho se observó con claridad al menos tres tipos: blanda, cocida y tostada. Al parecer el termino Tlayuda lo refieren al punto de cocción de la tortilla que indica que la misma no es blanda pero tampoco tostada sino “Tlayuda”. Sin embargo, lo único que diferencia a estos tipos de tortilla es el grado de cocción. Entre más este expuesta al fuego la tortilla, esta tiende a tostarse generando así la Tlayuda tostada. Al grado de cocción intermedio, pertenece la Tlayuda cocida, mientras que unos cuantos minutos en el fuego, permanece la blanda. Además, para la formación la tortilla Tlayuda cocida y tostada se utiliza un utensilio de alambre, tal como se muestra en la Figura 2.15.

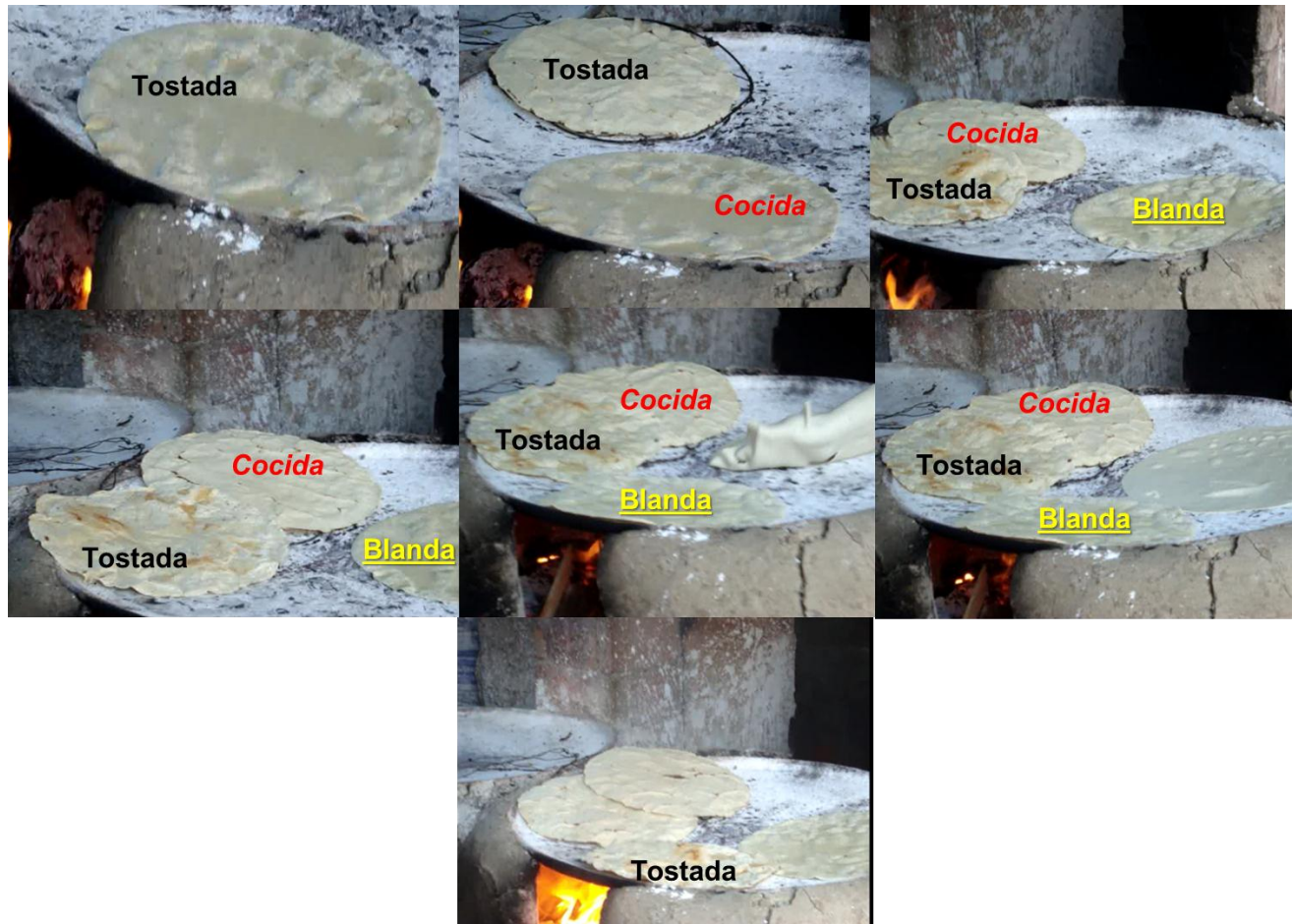


Figura 2.15. Diferencias en tiempo de cocción de las variantes de tortilla Tlayuda tostada, cocida y blanda.

La segunda transformación de la tortilla Tlayuda (Figura 2.6) se lleva a cabo en restaurantes de manera formal, y puestos ambulantes sobre la calle, de manera informal. Se considera segunda transformación (después de la elaboración misma de la tortilla Tlayuda) cuando las tortillas Tlayudas, se consumen preparadas en diversas maneras: desde una capa a base de frijoles negros molidos y fritos sobre la tortilla plana sin enrollar, una porción de carne que puede ser tasajo (carne seca de res), cecina de puerco, chorizo de puerco, carne seca o incluso quesillo y aderezado con col o lechuga picada como guarnición y salsa picante a base de chiles verdes o de chile pasilla. También se unta con “asiento” (manteca de cerdo no refinada) con trozos de

chicharrón de puerco. Una segunda presentación se basa en la tortilla Tlayuda doblada haciendo una especie de emparedado ("empanada" o "quesadilla"), que se asa a las brasas, en una parrilla especial, lo que le confiere a las tortillas una textura tostada y cierto sabor ahumado o a la plancha. Estas variantes pueden también acompañarse con aguacate (guacamole) y tomate (para mayor información puede visitarse la pagina en Internet (www.exploringoaxaca.com/es-mx/gastronomia,estado-de-oaxaca,Tlayudas-platillo-tradicional-de-oaxaca)).

Análisis descriptivo en base al uso del maíz

Basado en los resultados de las encuestas aplicadas al sector de transformación se puede señalar que está constituido exclusivamente por mujeres, con edades entre los 14 y 85 años, concentrándose principalmente entre los 35 y 60 años en diferentes estados civiles: mujeres casadas (56 %), mujeres viudas (14 %), mujeres solteras (11 %), madres solteras (8 %), mujeres en unión libre (8 %) y mujeres divorciadas (3 %). La distribución de edad de la muestra poblacional se aprecia en la Figura 2.16.

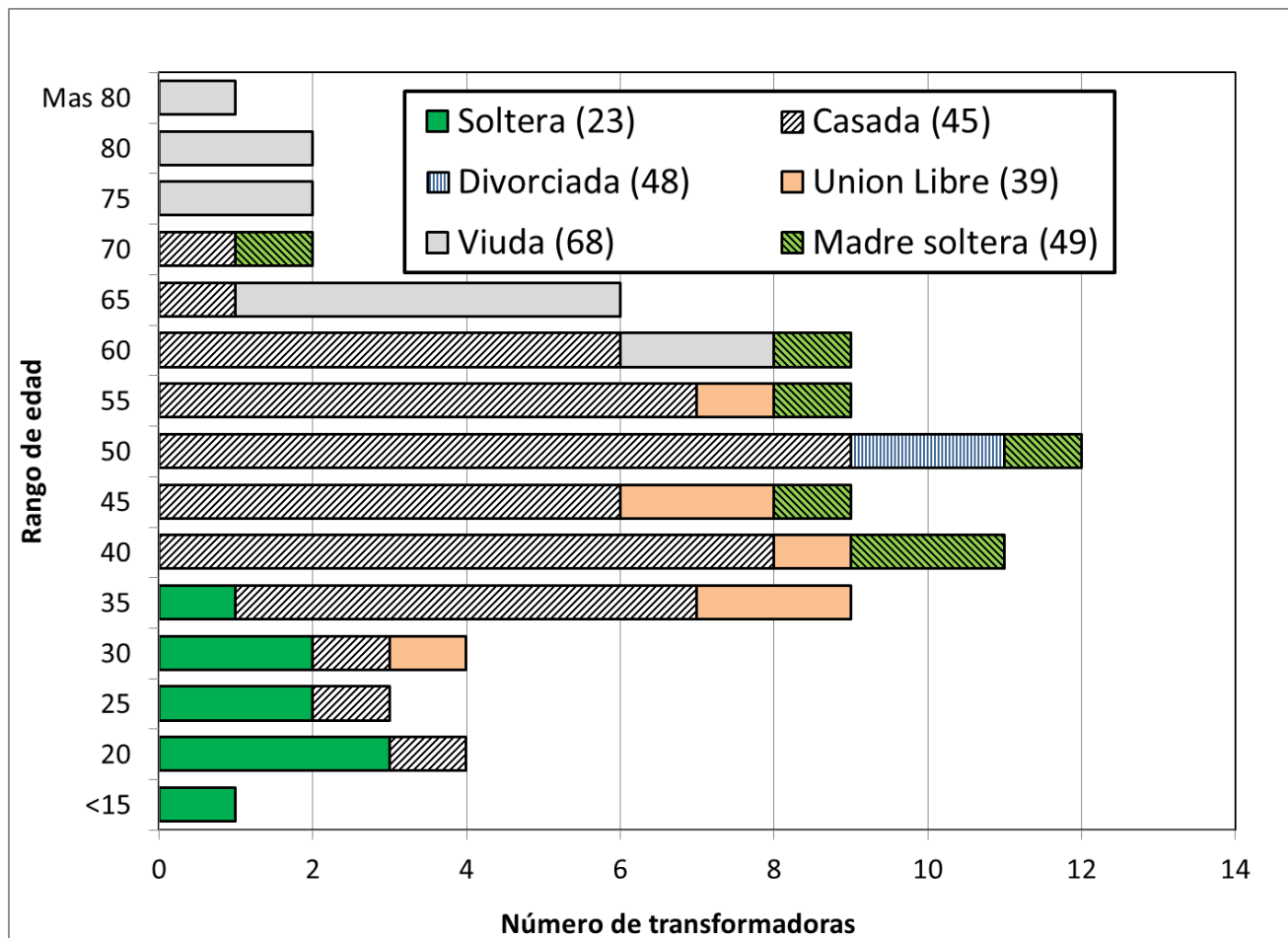


Figura 2.16. Distribución del estado civil y edad promedio de transformadoras de tortilla Tlayuda. Muestra etnográfica en cinco distritos de la región de Valles Centrales de Oaxaca.

Finalmente, el Cuadro 2.4 muestra la carga de miembros de la familia a las que las transformadoras apoyan en la elaboración de tortilla Tlayuda, según su estado civil y su rango de edad. Se aprecia que de los 349 miembros de la familia, 258 son apoyados por mujeres adultas y que 207 son apoyados por mujeres casadas, lo que revela que la elaboración de tortilla Tlayuda es una forma de mantener a la familia oaxaqueña ya sea en estado adulto o como relación base de la familia.

Cuadro 2.4. Miembros de la familia a las que las transformadoras apoyan con la elaboración de tortilla Tlayuda.

Estado/Edad	Niñas (< 14 años)	Mujeres jóvenes (15 a 29 años)	Mujeres adultas (30 a 59 años)	Adultas mayores (>60 años)	Total
1.Soltera	6	3	8	-	45
2.Casada	-	14	181	12	207
3.Divorciada	-	-	4	-	4
4.Unión Libre	-	8	38	-	46
5.Viuda	-	-	3	17	20
6. Madre soltera	-	-	24	3	27
Total	6	53	258	32	349

El uso del maíz para la elaboración de tortilla Tlayuda mostró volúmenes alrededor de los 100 kg semana⁻¹, siendo ligeramente menor uso del maíz en las viudas (grupo 5) (Figura 2.17); sin embargo existen valores extraordinarios (más de 200 kg que alteran el promedio de volumen de uso de maíz).

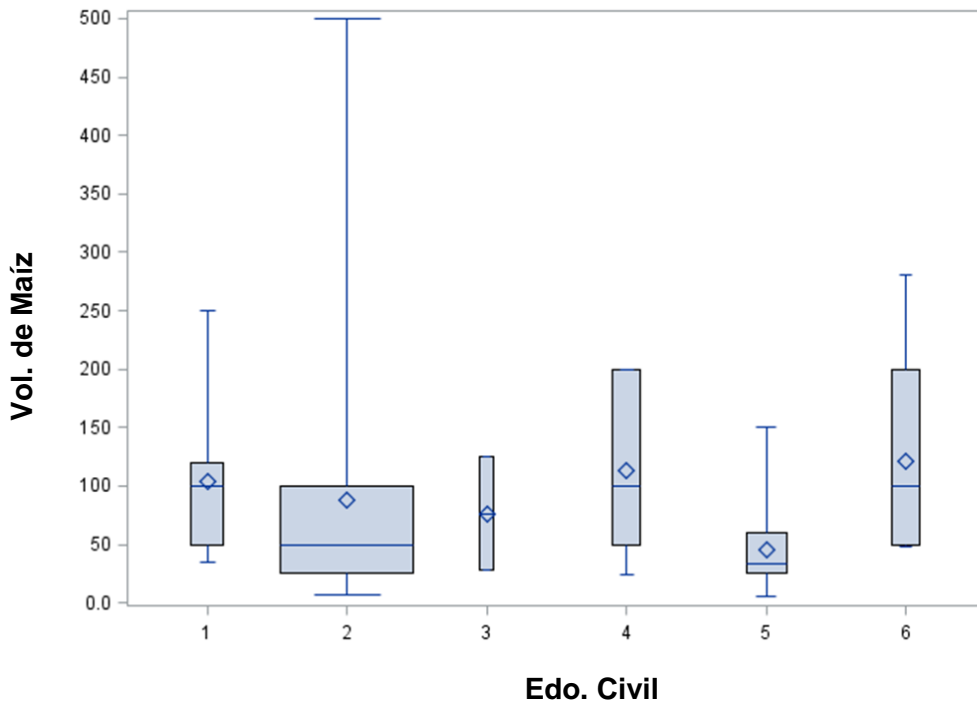


Figura 2.17. Maíz utilizado semanalmente según el estado civil de mujeres transformadoras de tortilla Tlayuda. Muestra etnográfica en cinco distritos de la región de Valles Centrales de Oaxaca.

De acuerdo al estado civil, quienes hacen un mayor uso del maíz son las madres solteras con un valor promedio de 120 kg semana⁻¹, seguidas de las de unión libre y solteras con 113 y 103 kg semana⁻¹; posteriormente las casadas, divorciadas y viudas con 88, 77 y 46 kg semana⁻¹ (Figura 2.17). El volumen superior de maíz empleado es atribuible a que las madres solteras tienen la elaboración de tortilla Tlayuda como actividad económica de sustento familiar.

Empleo de maíz

Con relación al tipo de maíz que se usa, la Figura 2.18 resalta que las mujeres elaboradoras de tortilla Tlayuda ocupan tres fuentes de maíz: la primera de procedencia externa a las localidades muestreadas utilizado por el 27.4 % de las mujeres; la segunda fuente integrada por al menos dos tipos de maíces criollos locales (40.5 % de transformadoras emplean esta fuente); y la tercera fuente complementa el uso de criollos locales con maíz externo (32.1 % de las transformadoras). Lo anterior coincide con el trabajo de Zarate (2004) que encontró en su estudio referente al mercado de los maíces criollos de valles centrales con un enfoque en la tortilla, que tan solo, el 19.3 % de las mujeres encuestadas consume maíces criollos.

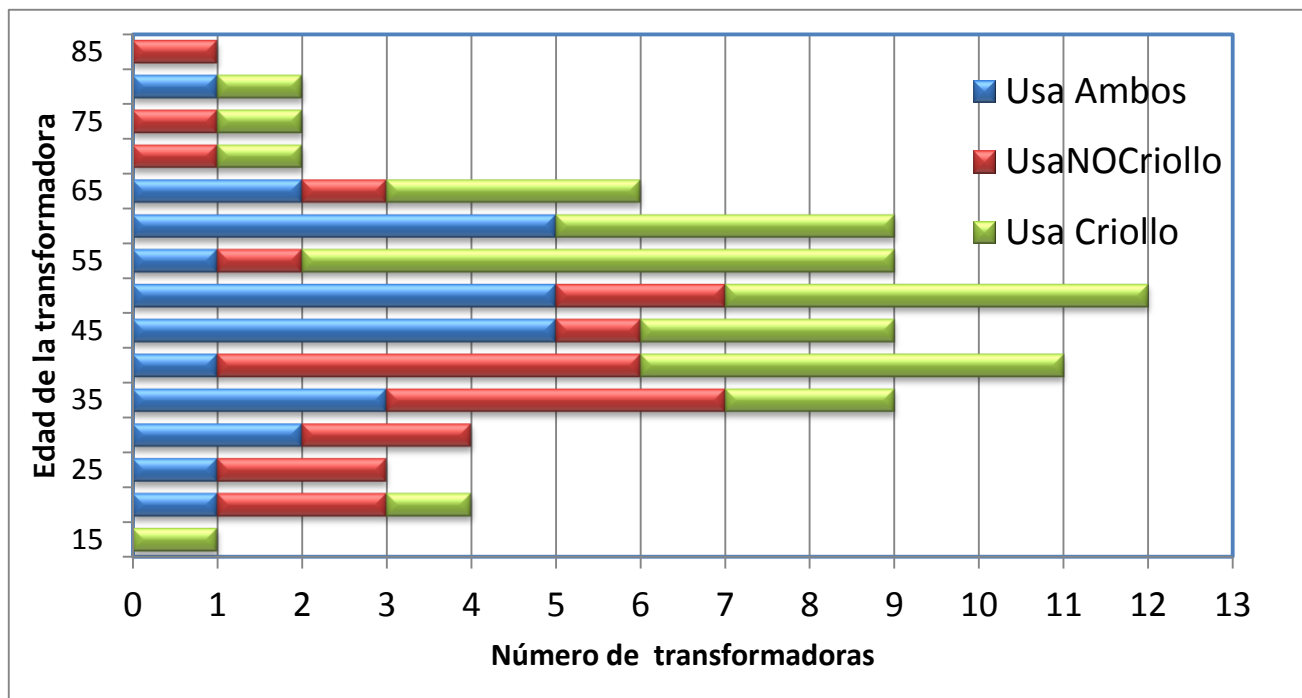


Figura 2.18. Distribución del número de mujeres y las fuentes de maíz que utilizan para la elaboración de tortilla Tlayuda. Muestra etnográfica en cinco distritos de la región de Valles Centrales de Oaxaca.

No obstante a lo anterior, la Figura 2.19 describe la cantidad de maíz y procedencia (criollo, no criollo o ambos) por semana para la elaboración de la Tlayuda. Destacando que aunque exista un mayor porcentaje de la población utilizando como fuente de maíz al criollo, el mayor volumen utilizado es el que corresponde al maíz no criollo.

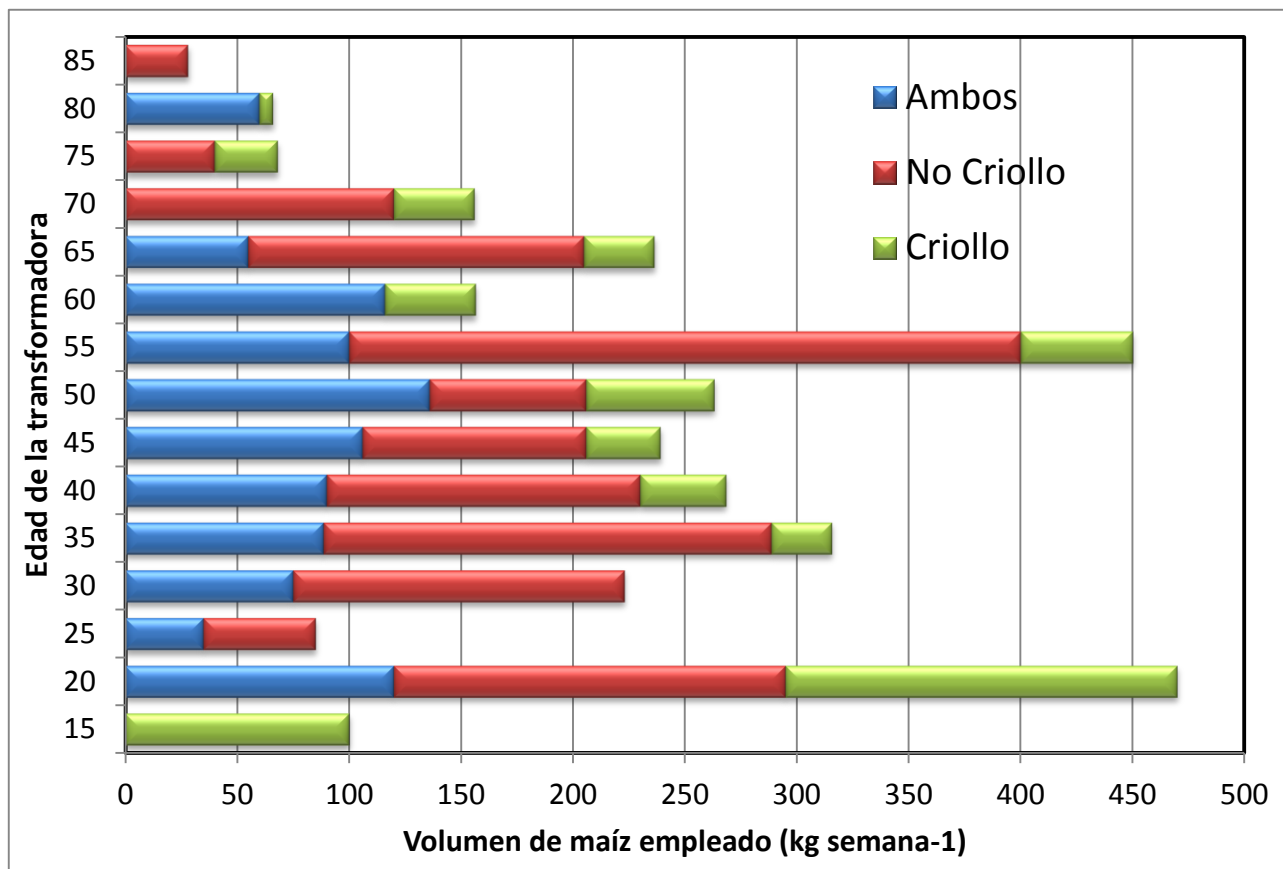


Figura 2.19. Volumen de maíz utilizado por semana en relación con la edad y estado civil, de Mujeres que elaboran tortilla Tlayuda. Muestra etnográfica en cinco distritos de la región de Valles Centrales de Oaxaca.

En base a lo anterior, la proporción de uso de maíz externo por maíz criollo revela relaciones que varían usos altos de 7, promedio de 3 y de 0.5 en el caso de uso bajo. Es decir que por cada kg de maíz criollo usado en la elaboración de tortilla Tlayuda, se tienen que incluir de medio a siete kilogramos de maíz de procedencia externa a la región y que no es criollo. Lo anterior puede atribuirse a que la producción local de criollo es insuficiente, puesto que se estima una producción con 141,089 ha (en promedio de los últimos cinco años) más de 90% de la superficie se cultiva en condiciones de temporal (SIAP-SAGARPA, 2010). La dotación parcelaria en Oaxaca es de 2 ha en promedio fraccionadas en varias parcelas (INEGI, 2005). El rendimiento

promedio es de 0.86 t ha⁻¹, y el 70% de la producción se destina al autoconsumo, para la alimentación de la familia y los animales o como semilla para los siguientes ciclos de cultivo (INEGI, 2000- 2004); así como a la creciente demanda de la tortilla Tlayuda por los mercados locales, regionales y el sector exportador (Figura 2.36) .

La Figura 2.20 muestra la distribución del número de mujeres y combinación de fuentes de maíces según edad que usan para la elaboración de tortilla Tlayuda resaltando que dichas mezclas no obedecen a un aspecto cualitativo de la tortilla, sino a la disponibilidad de maíz. Los resultados indican que el maíz No criollo se usa en al menos cinco de las diferentes fuentes, seguido del criollo Bolita y Tabloncillo aparentemente como únicas fuentes o combinados entre sí, y que la población de mujeres los distingue cuando los usa.

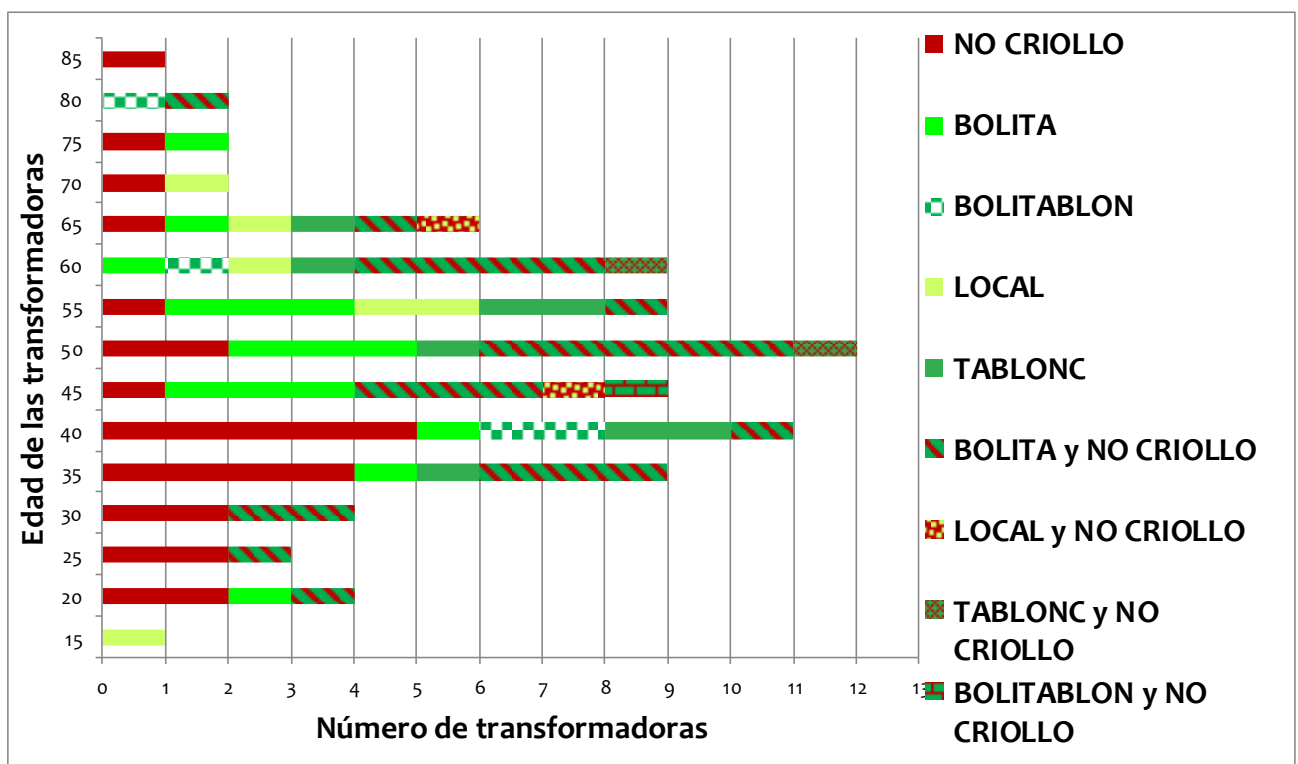


Figura 2.20. Distribución de las mujeres transformadoras con base en su edad y fuentes de maíz utilizado en la elaboración de la tortilla Tlayuda. Muestra etnográfica en cinco distritos de la región de Valles Centrales de Oaxaca.

La Figura 2.21 evidencia que los maíces criollos no (son la fuente única de demanda) abastecen la demanda para la elaboración de la tortilla Tlayuda. El uso del Maíz No criollo promedia hasta 135 kg semana⁻¹, mientras que maíces criollos (Bolita, Tabloncillo, Local y combinaciones entre ellos) promedian 41, 23, 60, 53 kg semana⁻¹ respectivamente. Resalta además, que cuando los maíces criollos se combinan con No criollos, los volúmenes promedios de maíz utilizado alcanzan 112, 92, 55 y 50 kg semana⁻¹.

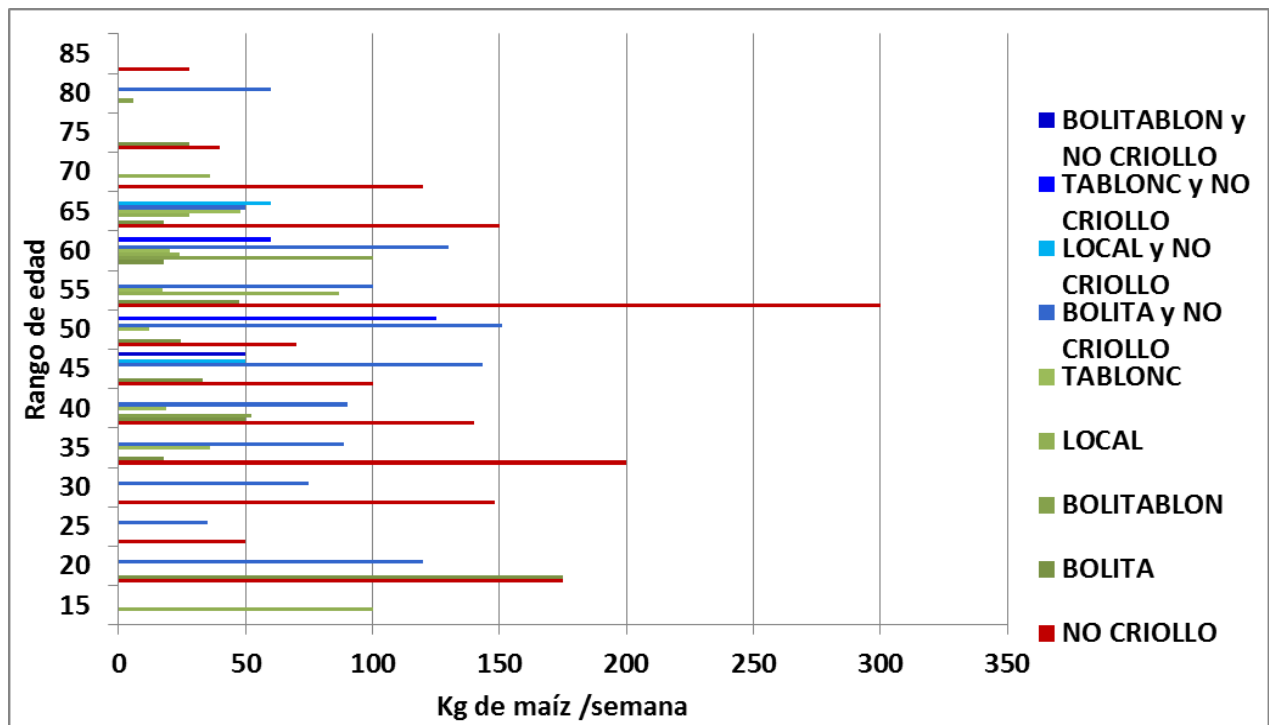


Figura 2.21. Volúmenes por semana de los tipos de maíz utilizados por las mujeres transformadoras según edad para la elaboración de tortilla Tlayuda. Muestra etnográfica en cinco distritos de la región de Valles Centrales de Oaxaca.

Lo anterior pudiera deberse también al reducido número de personas que producen maíz criollo relacionadas con la transformación de maíz en tortilla Tlayuda. Los resultados a este respecto indican que el 28.6 % de la población encuestada solo produce maíz, el 64.3 % lo compra, y el 7.1 % produce y compra maíz (Figura 2.22).

Por otra parte, la Figura 2.23, indica que las mujeres en cuyas familias se produce maíz criollo (50 kg por semana) lo destinan para elaborar tortilla Tlayuda para autoconsumo, mientras que quienes se dedican mayormente a la comercialización de Tlayuda (100 kg por semana) compran el maíz sin importar su procedencia.

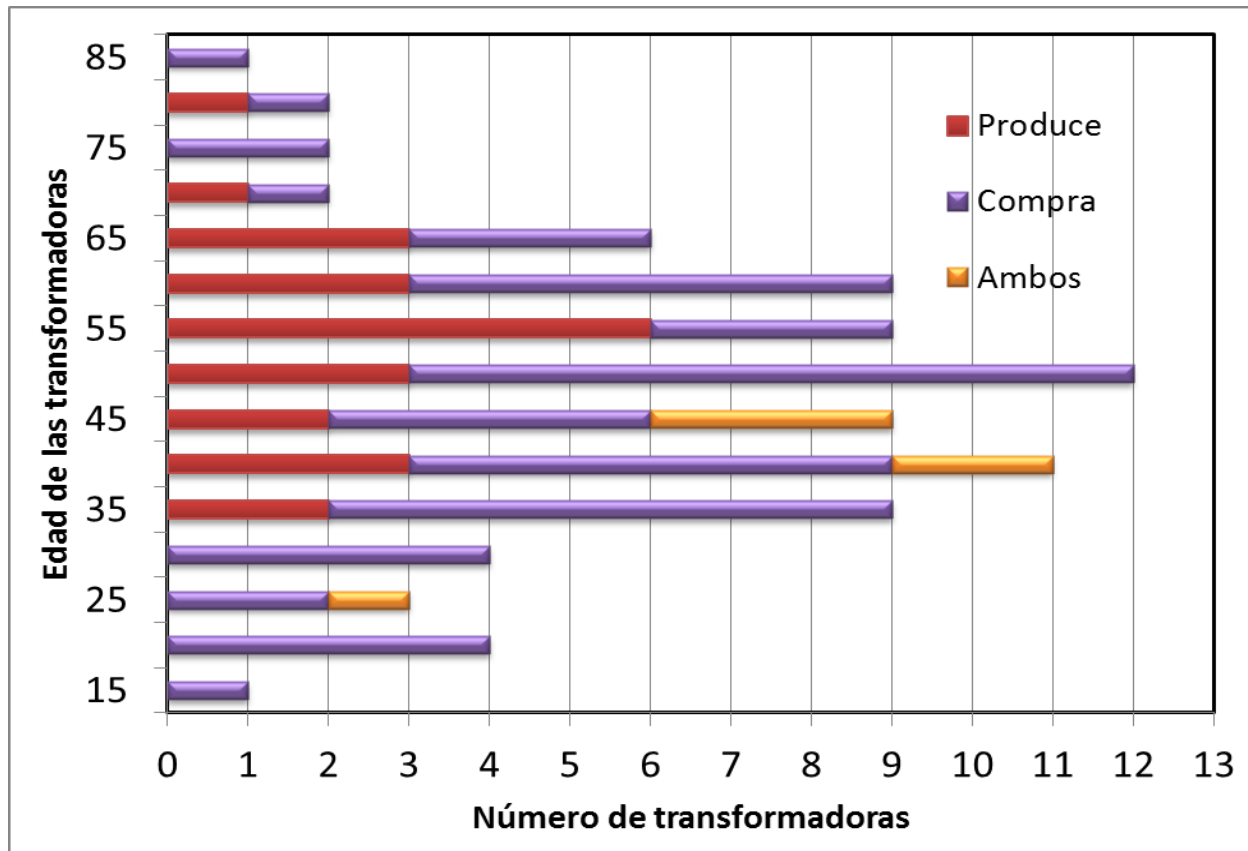


Figura 2.22. Número de mujeres y fuentes de obtención del maíz para la elaboración de tortilla Tlayuda. Muestra etnográfica en cinco distritos de la región de Valles Centrales de Oaxaca.

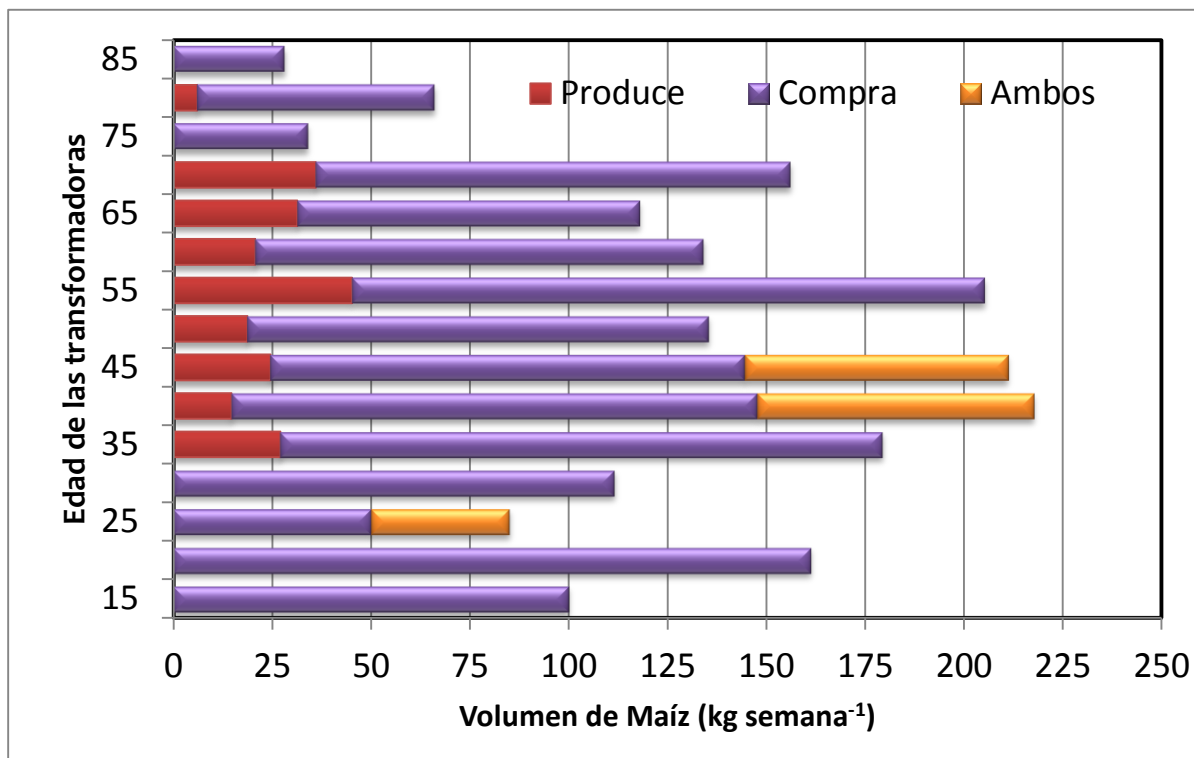


Figura 2.23. Volumen de maíz semanal utilizado para la elaboración de tortilla Tlayuda según edad de mujeres. Muestra etnográfica en cinco distritos de la región de Valles Centrales de Oaxaca.

Es prudente resaltar que dentro del complejo de maíz criollo se encuentra principalmente las razas Bolita y Tabloncillo. La primera es la reconocida para la elaboración original de Tlayuda (Aragón *et al.*, 2006), sin embargo, los datos mostrados, sugieren que la presión que ejercen los actores consumidores (Figura 2.35 y 2.36) es mayor que la oferta de grano de dicha raza, considerando que la mayor cantidad de grano producido es para autoconsumo (Lazos y Chauvet, 20011). Además, el precio del maíz criollo es más caro que el maíz proveniente de Puebla, Guanajuato y Sinaloa. El Cuadro 2.5 muestra la información de 31 accesiones de maíz, provenientes de distintos establecimientos de venta de grano en los municipios de Ocotlán, Santiago Apóstol, San Pablo Huixtepec, Tlaxiactac de Cabrera, San Agustín Yatareni, San Agustín de las Juntas, y Mascuitzochilt; correspondientes a cuatro Distritos (Ocotlán, Zimatlán, Centro y Tlacolula) de los Valles Centrales de Oaxaca México., con la finalidad de corroborar el

precio y tipo de maíz a la venta para la elaboración de la tortilla Tlayuda. Al respecto se destaca que el precio del maíz criollo, de acuerdo a los lugares visitados, se encuentra entre 7 y 8.75 pesos el kilogramo; mientras que en el no criollo su precio oscila entre 6 y 7.50 pesos.

Cuadro 2.5. Accesiones, tipos, procedencias y costo por kilo de maíz colectado en los Valles Centrales de Oaxaca.

Número de accesiones	Punto de venta	Tipo	Procedencia	Precio por kg (\$)
3	Molino Santo Domingo Ocotlán, Oaxaca	Negro criollo	Ejutla, Oaxaca	8.00
		Blanco de Sinaloa	Sinaloa	6.50
2	Miscelánea Ocotlán, Oaxaca	Blanco criollo	Ejutla, Oaxaca	8.00
		Maíz blanco	Bajío, Guanajuato	6.50
		Blanco de Sinaloa	Cargill Sinaloa	6.00
4	Granos y semillas Santo Domingo, Ocotlán Oaxaca	Negro criollo	Ejutla, Oaxaca	7.00
		Blanco criollo	Ejutla, Oaxaca	7.50
		Blanco de Sinaloa	Sinaloa	6.00
1	Alimentos balanceados Ocotlán Oaxaca	Blanco criollo	Ejutla, Oaxaca	7.50
		Blanco de Sinaloa	Sinaloa	6.50
		Maíz blanco	Puebla	7.00
2	Granos y Semillas Santiago Apóstol, Oaxaca	Blanco de Sinaloa	Sinaloa	6.50
		Criollo negrito	Ocotlán	7.50
3	Miscelánea Santiago Apóstol, Oaxaca	Blanco de Sinaloa	Sinaloa	6.50
		Blanco	Puebla	7.00
		Ancho blanco criollo	Santiago Yatareni	8.00
4	Granos y Semillas Santiago Yatareni, Distrito Centro, Oaxaca	Amarillo criollo	Santiago Yatareni	8.00
		Larguito	Sinaloa	6.50
		Anchito	Sinaloa	6.50
		Criollo Bolita	Ejutla	8.75
3	Granos y Semillas San Agustín de las Juntas, Oaxaca	Larguito	Puebla	7.50
		Anchito	Sinaloa	7.00
		Criollo Bolita	Macuitxochitl	8.50
1	Granos y Semillas Macuitxochitl, Oaxaca	Larguito	Sinaloa, Agrovision	7.50
		Larguito	Puebla	7.00
		Criollo Bolita	Tlalixtac	8.00
1	Miscelánea San Pablo Huixtepec, Oaxaca		San Pablo Huixtepec	7.00
		Criollo Blanco	San Pablo Huixtepec	7.50
2	Miscelánea San Pablo Huixtepec.	Criollo amarillo	San Pablo Huixtepec	7.50
		Blanco	Puebla	7.50
4	Granos y Semillas Ocotlán, Oaxaca	Negro	Sinaloa	7.00
		Criollo amarillo	Ocotlán	8.00
		Criollo blanco	Ejutla	8.50
Total 31				

La Figura 2.24 muestra la variación en el precio de venta de según el tipo de maíz vendido en los diferentes establecimientos comerciales; se muestran que el precio de

los tipos de maíces foráneos (ProcFora= 1 Sinaloa, 2 Puebla y 3 Guanajuato) tienen un precio de venta menor que los tipos locales.

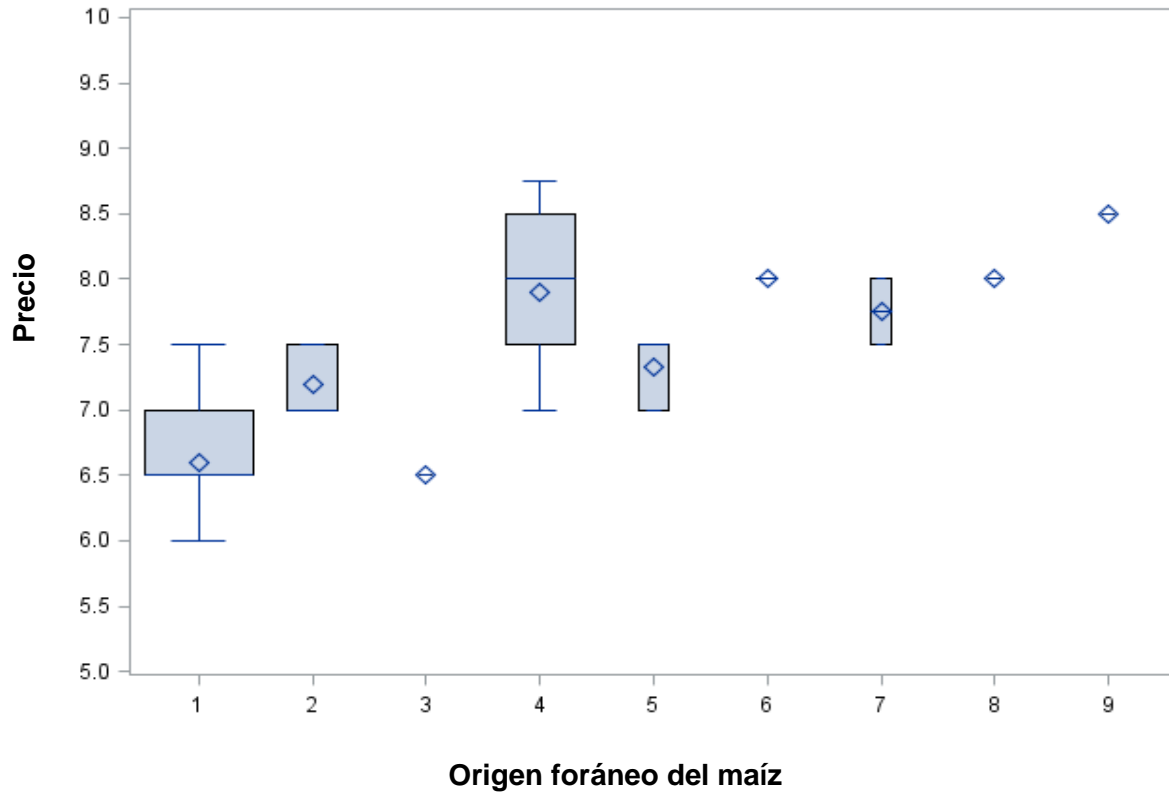


Figura 2.24. Variación de los precios de venta de maíz según origen foráneo (ProcFora = 1, 2 y 3) contra los tipos locales.

Lo cual coincide con lo señalado por aquellas transformadoras pertenecientes a la muestra etnográfica analizada que compran maíz, el cual obtuvo un valor promedio de ocho pesos el kilogramo para el caso del maíz criollo; mientras que para el no criollo, su precio promedio fue de siete pesos (Figura 2.25).

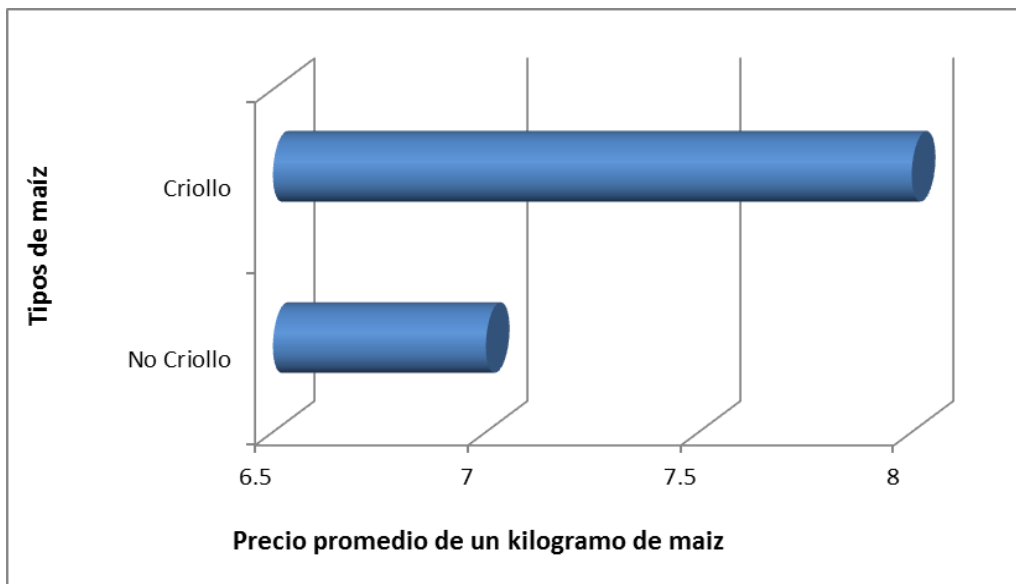


Figura 2.25. Valor promedio del precio de un kilogramo de maíz (criollo y no criollo) utilizado por Mujeres que elaboran la tortilla Tlayuda. Muestra etnográfica en cinco distritos de la región de Valles Centrales de Oaxaca.

Por tanto, para completar la demanda, las transformadoras de tortilla Tlayuda ocupan otros tipos de maíz. La Figura 2.26 muestra evidencias de la presencia de otros maíces además del criollo provenientes de diferentes estados del país y que se ocupan, según información de los vendedores, para elaboración de tortilla Tlayuda.



Figura 2.26. Presencia de otros granos además del criollo: a) tienda de granos y semillas “La Espiga”, Ocotlán, Oaxaca (Cargill); b) transformadora Teresa en San Felipe del Agua, Oaxaca, Oaxaca (granos de Sinaloa); c) mercado Morelos, Ocotlán, Oaxaca (Agrovizion); D) tienda de granos y semillas, Ocotlán, Oaxaca (Grano de Sinaloa).

Análisis multivariado en base al uso del maíz

Con la finalidad de analizar el uso del maíz criollo para la elaboración de la tortilla Tlayuda, en la muestra de 84 mujeres transformadoras de maíz en tortilla Tlayuda, se midieron cinco variables (TIPMAIZ, PCAMBS, APOYO, AUTYCOME, KIUSASEM).

Las variables evaluadas se combinaron mediante análisis multivariado para clasificar y obtener grupos semejantes de transformadoras que elaboran la tortilla Tlayuda. Los tres

primeros valores propios (Cuadro 2.6) explican el 89 % de la variabilidad total en las respuestas de las transformadoras de tortilla Tlayuda (64 % +15 % + 10 %). El primer valor propio explica más de la mitad de los resultados (64 %).

Cuadro 2.6. Valores propios y su proporción en la variación total explicada por cada componente, así como los vectores propios y coeficientes de correlación de las nuevas variables con las originales.

<i>Características</i>	<i>CP1</i>	<i>CP2</i>	<i>CP3</i>
Valor propio	3.216	0.763	0.520
Varianza explicada (%)	0.643	0.153	0.104
Varianza acumulada (%)	0.643	0.796	0.900
<i>Valores propios de las variables</i>			
Apoyo (APOYO)	0.509	-0.116	-0.273
Tipo de maíz (TIPMAIZ)	0.420	-0.341	0.773
Fuente de obtención de maíz (PCAMBS)	0.479	-0.272	-0.054
Autoconsumo y comercialización (AUTYCOME)	0.478	-0.032	-0.509
Kilogramos usados de semilla (KIUSASEM)	0.327	0.899	0.255

El primer componente principal (CP1) mostró alta correlación positiva (mayor a 0.4) con las variables APOYO (0.50), PCAMBS (0.47) y AUTYCOME (0.47) respectivamente, a esta combinación de variables la identificamos como “**Gobierno - Origen y destino**”. El segundo componente principal CP2 tiene una correlación superior al 0.89 con la variable KIUSASEM, (volumen de maíz utilizado) que se asocian a transformadoras trabajadoras y se puede considera como “**Uso**”; finalmente el tercer componente principal (CP3) tiene una correlación positiva alta con la variable TIPMAIZ, sus valores positivos corresponden a transformadoras que conservan el recurso fitogenético y consideramos a esta combinación de variables como “**Fuente de maíz**”, quedando expresados de la siguiente manera, las cuales son la combinación lineal de los vectores propios.

Gobierno – Origen y destino (CP1) = 0.509APOYO+ 0.419PCAMBOS+ 0.478AUTYCOME

Uso (CP2) = 0.899KIUSASEM

Fuente de maíz (CP3) = 0.773423 TIPMAIZ

A continuación se describen cada uno de los grupos formados en base a las componentes principales 1 y 3 (Figura 2.27). El grupo 1 agrupa a 21 mujeres que cuentan con apoyo.

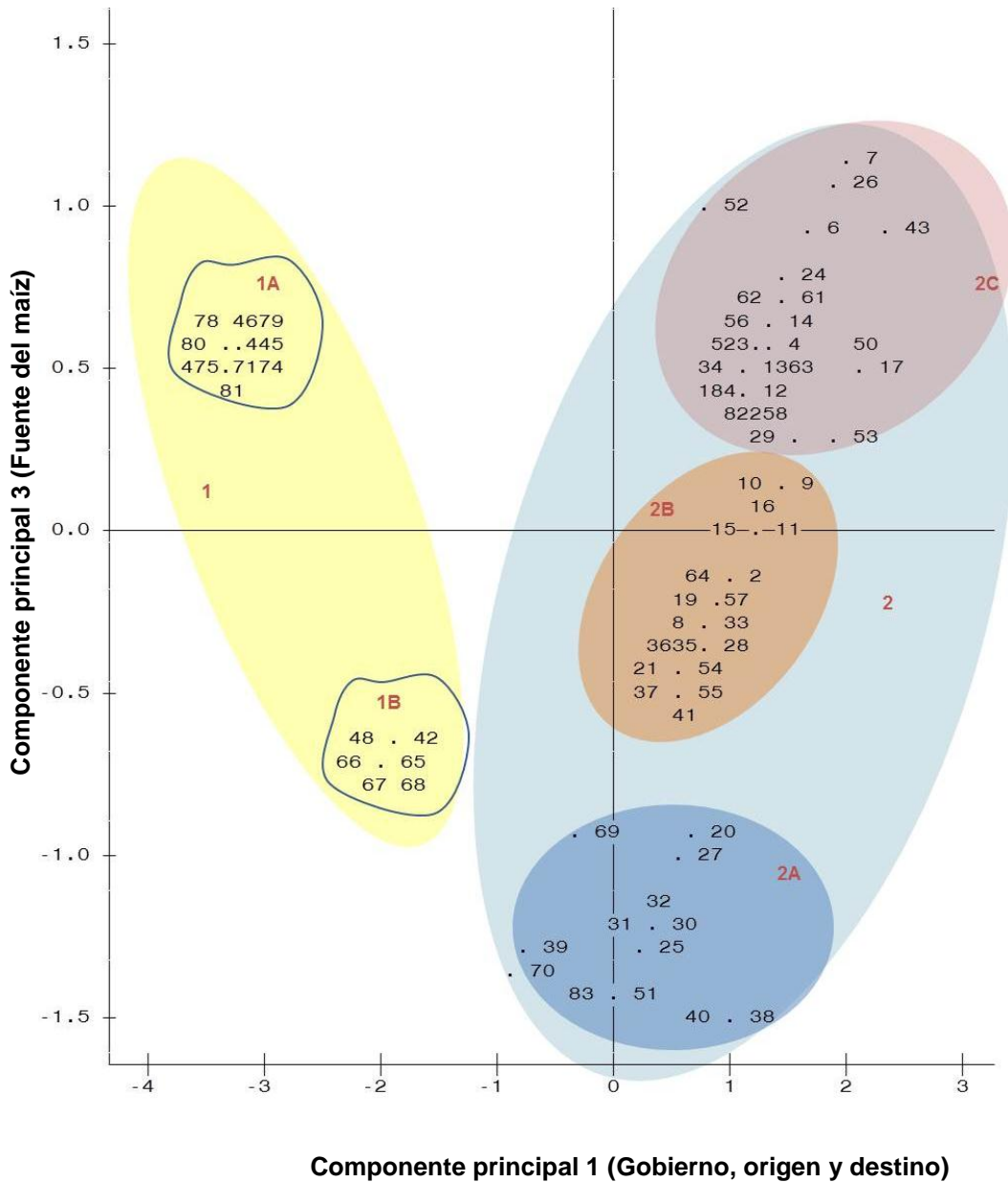


Figura 2.27. Distribución de dos grupos principales de transformadoras en base a los componentes principales 1 y 3.

El grupo 1A contiene a 15 transformadoras que producen maíz criollo para la elaboración de la tortilla Tlayuda para autoconsumo exclusivamente; mientras que el grupo 1B contiene a 6 transformadoras que, además de contar con apoyo y producir el maíz criollo para la elaboración de la tortilla Tlayuda, comercializan la tortilla además, de satisfacer sus necesidades de autoconsumo.

El grupo 2, está compuesto por 63 mujeres que no tienen apoyo (con excepción de la transformadora 52) y que dedican su producción a la comercialización. Al respecto, el grupo 2A se conformó con 13 mujeres que utilizan maíz criollo que lo tienen que comprar; el grupo 2B está integrado por 21 mujeres donde la fuente de maíz es el maíz no criollo comprado; y finalmente el grupo 2C, compuesto por 29 mujeres que en su mayoría no cuentan con apoyo, que comercializan su producción de tortilla Tlayuda, compran el maíz no criollo y usan de 200 a 500 kg semana⁻¹ de maíz.

La Figura 2.28 expresa el complejo de maíz criollo representado por la letra "C", y abarca el grupo 1 y 2A (Figura 2.27) anteriormente descritos.

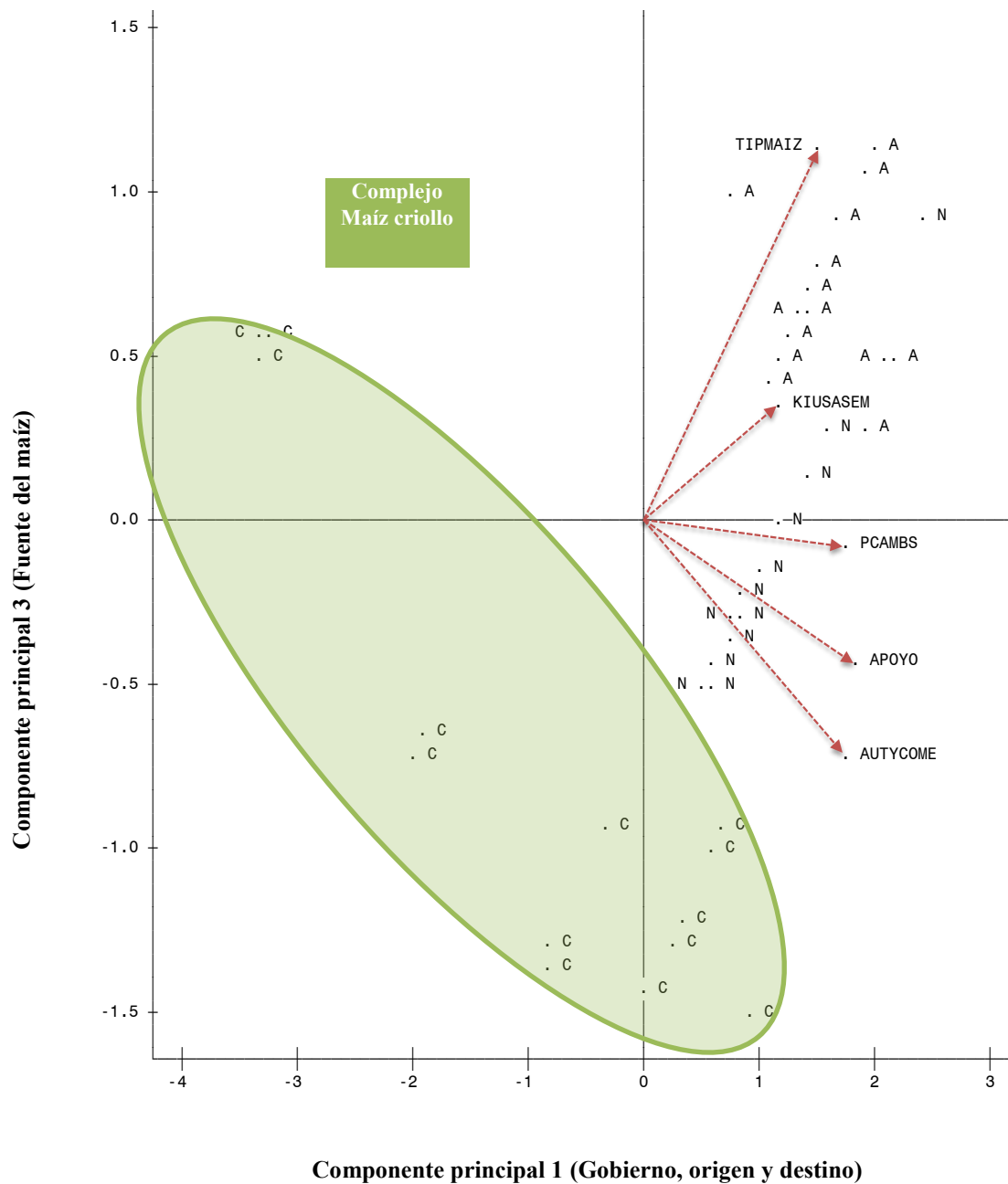


Figura 2.28. Distribución de las transformadoras en relación al uso de las fuentes de maíz. C=criollo; N=no criollo; y A=ambos.

También se aprecia que las transformadoras dedicadas a producir únicamente para autoconsumo identificadas por la letra “A” (Figura 2.29), forman parte del complejo de maíz criollo (Figura 2.28) y que además gozan del apoyo otorgado por el gobierno;

mientras que el resto destina su producción de tortilla Tlayuda a la comercialización identificado por la letra “C” en la Figura 2.29 donde la fuente de maíz es criollo, no criollo y ambos y la gran mayoría no tiene apoyo.

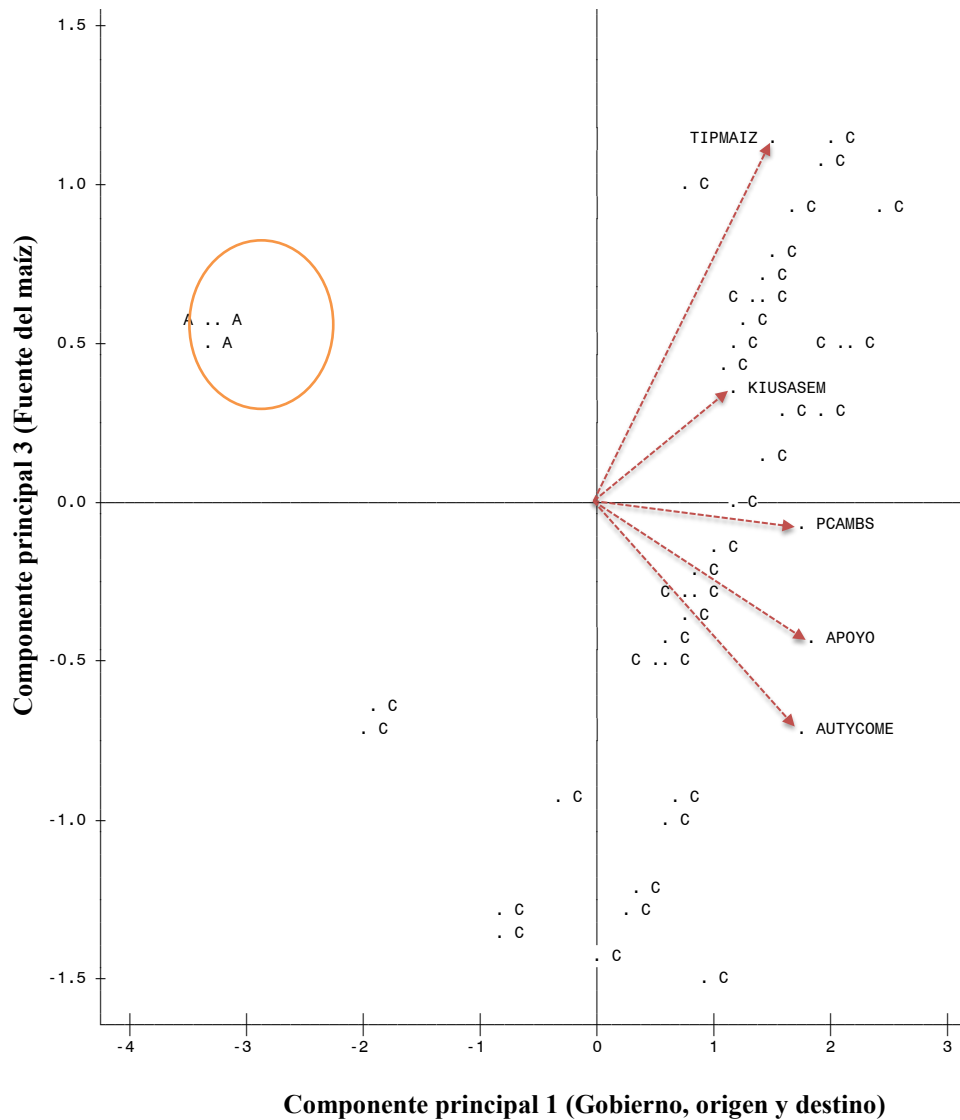


Figura 2.29. Distribución de las transformadoras en relación al destino de su producción de tortilla Tlayuda: Autoconsumo (A) y Comercialización (C).

La distribución se corroboró en el análisis de conglomerados (Figura 2.30), donde con 80 % de explicación de la variación de los datos se observó la definición de cinco grupos (G1-G5), los cuales se subdividen en dos grandes (I y II), que son referidos a la

variable con apoyo y sin apoyo. Como conclusión de esta figura, se deduce que para explicar el 80 % de la variabilidad de las transformadoras según el uso del maíz para la elaboración de la tortilla Tlayuda, deben formarse cinco grupos.

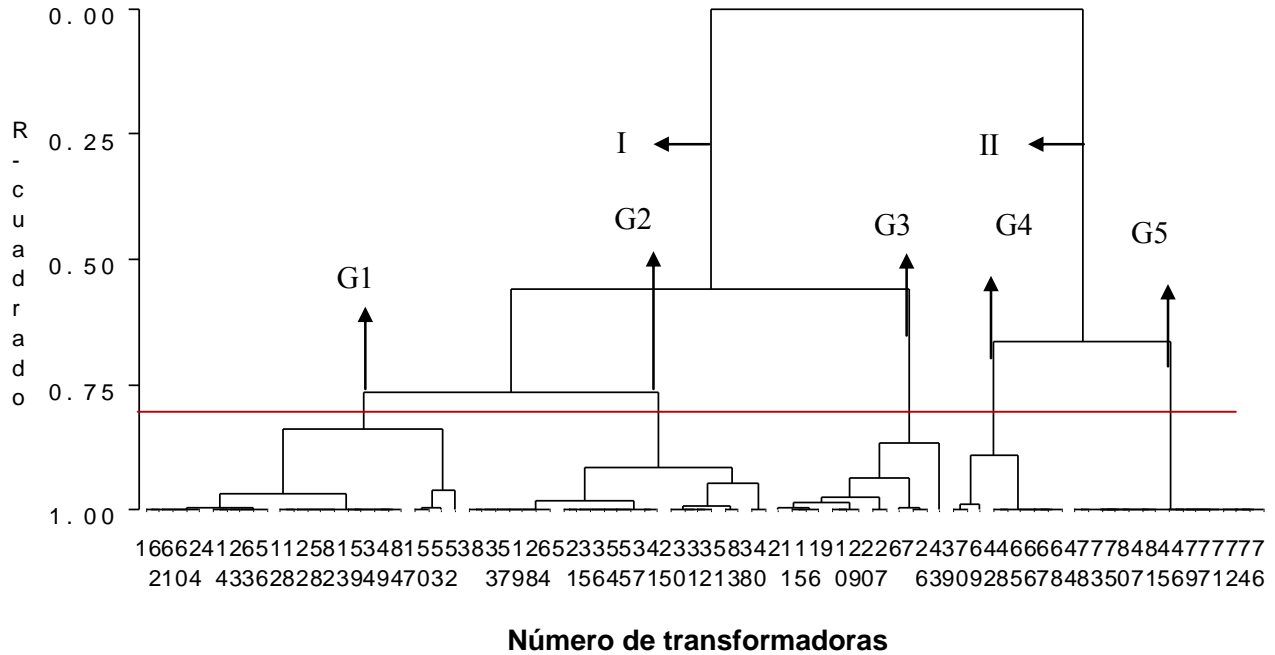


Figura 2.30. Dendrograma de la agrupación de transformadoras de maíz en tortilla Tlayuda.

Para observar con mayor claridad el comportamiento de las transformadoras en relación al uso y la fuente de maíz (tipo de maíz), se analizaron solamente las variables APOYO, TIPMAIZ, KIUSASEM, (definidas anteriormente) adicionando TIVNTSEM, (cantidad de tortillas Tlayudas elaboradas para la venta). El Cuadro 2.7 indica que con las dos primeras componentes se explica más del 89 % de la variación total del conjunto de datos.

Cuadro 2.7. Valores propios y su proporción de varianza explicada en transformadoras de tortilla Tlayuda en Valles Centrales de Oaxaca.

<i>Características</i>	<i>CP1</i>	<i>CP2</i>	<i>CP3</i>
Valor propio	2.650	0.950	0.392
Varianza explicada (%)	0.662	0.238	0.098
Varianza acumulada (%)	0.662	0.900	0.998
<i>Valores propios de las variables</i>			
Apoyo del gobierno (APOYO)	0.476	0.417	-0.774
Tipo de maíz (TIPMAIZ)	0.391	0.687	0.612
Tlayudas para la venta por semana (TLVNTSEM)	0.566	-0.387	0.110
Kilogramos usados de semilla (KIUSASEM)	0.548	-0.453	0.122

La Figura 2.31 muestra que en base a los componentes principales 1 y 2, los mayores valores de “uso” (volumen de maíz utilizado semanalmente) se encuentran en una mayor proporción en mujeres que utilizan maíz no criollo o utilizan ambos tipos de maíz en la elaboración de tortilla Tlayuda, que no cuentan con apoyo gubernamental, que su producción es para comercializar y que la manera de tener acceso al maíz es mediante su compra a agentes ajenos a la región (Figura 2.32).

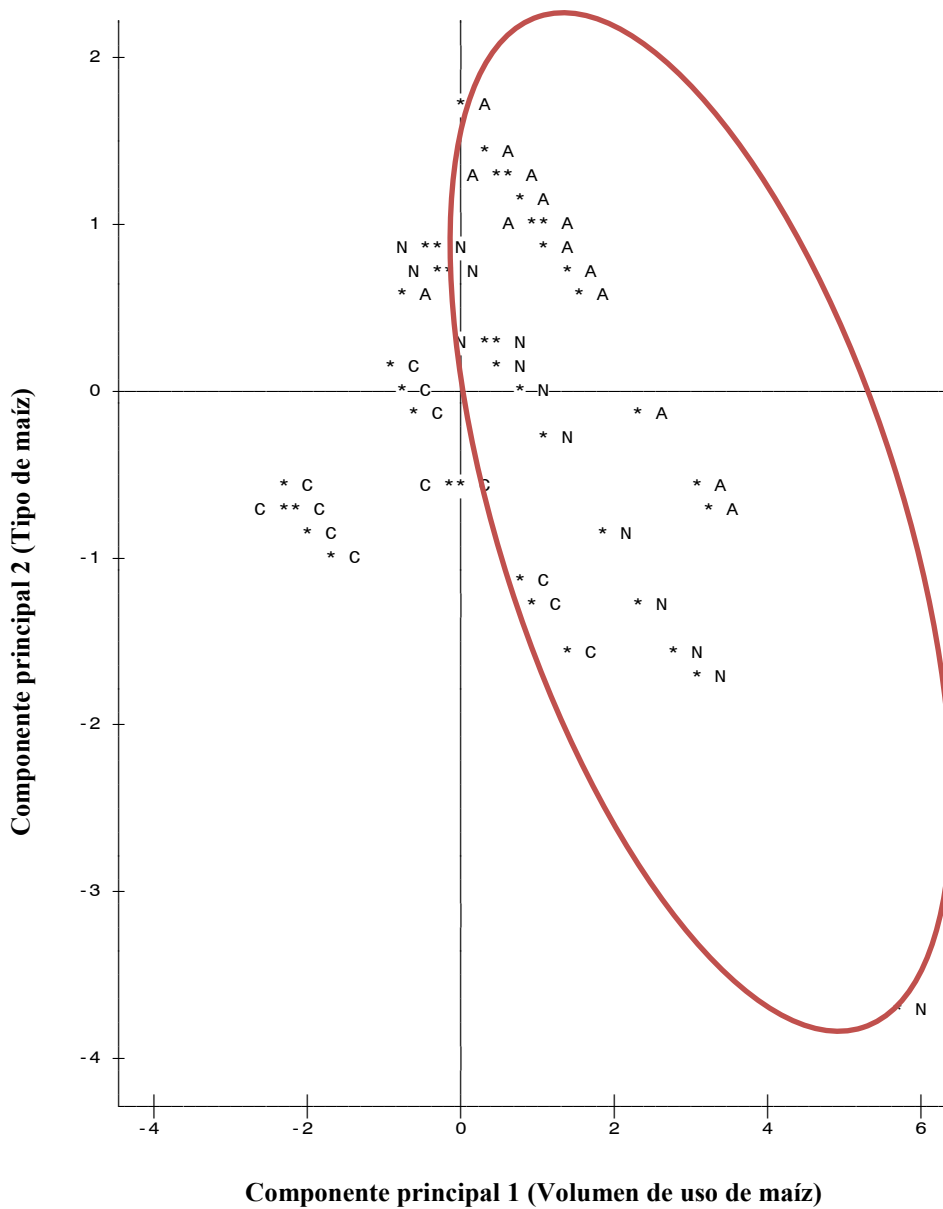


Figura 2.31. Distribución de tres grupos de transformadoras, en base a las fuentes de maíz: C = criollo, N = no criollo y A = ambos (A). En rojo las mujeres con mayores volúmenes de uso.

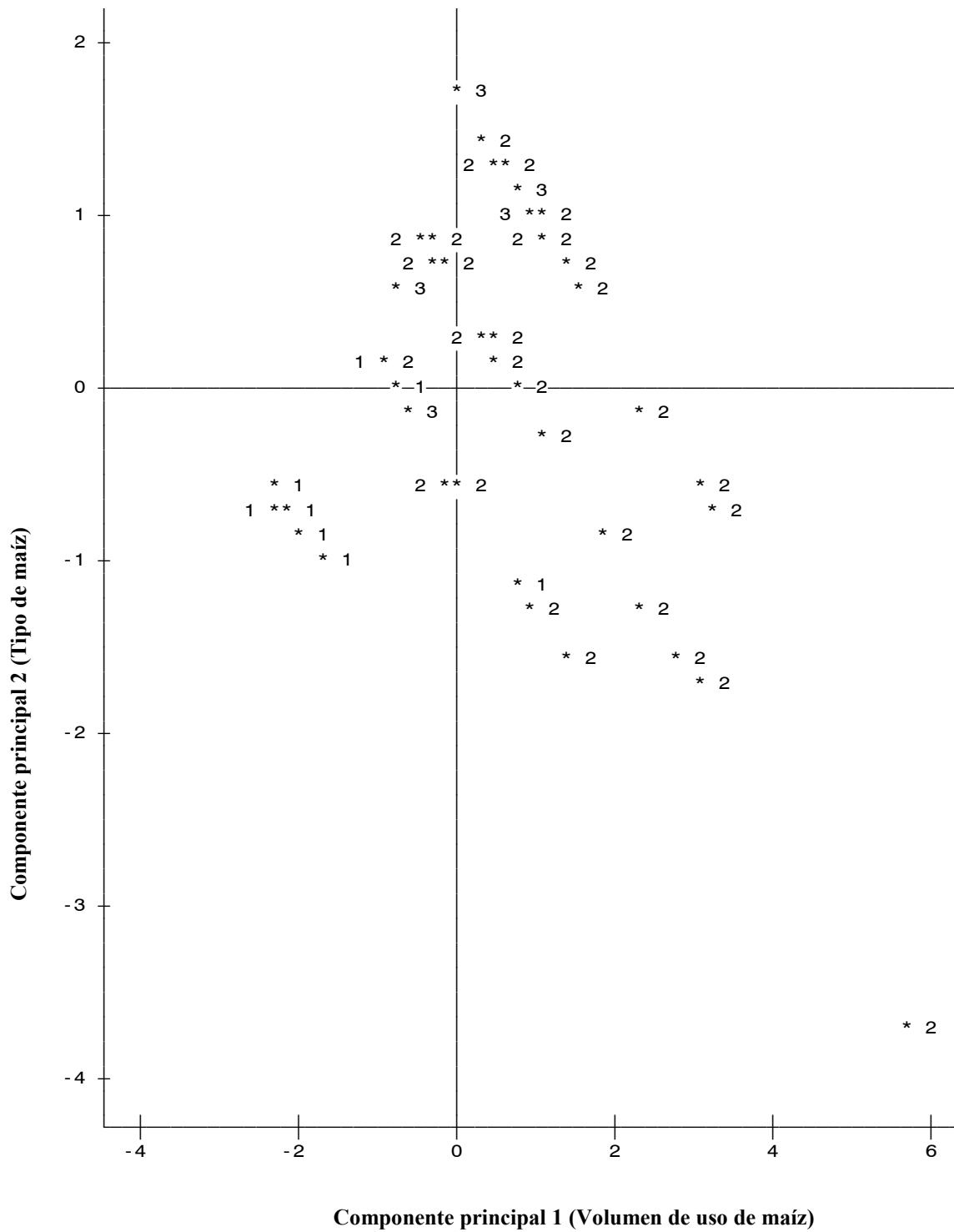


Figura 2.32. Distribución de transformadoras en relación a las fuentes de maíz (Produce = 1, Compra = 2, y ambos = 3).

Para conocer el comportamiento de las transformadoras en relación a los costos totales de producción, ganancias y el tiempo de inversión en dicha actividad, se analizaron las variables: *DIASDOIT*, *INVHVTSE*, *COSTOTSE*, *COSTLAYU*, *TLVNTSEM* *GANTOTSE*. El Cuadro 2.8 indica que con los tres primeros componentes se explica más del 90 % de la variación total del conjunto de datos.

Cuadro 2.8. Valores propios y su proporción con respecto a los costos, ganancias y tiempo de inversión.

Características	CP1	CP2	CP3
Valor propio	3.358	1.362	0.704
Varianza explicada (%)	0.560	0.227	0.117
Varianza acumulada (%)	0.560	0.787	0.904
Valores propios de las variables			
Días invertidos en elaborar la tortilla por semana (<i>DIASDOIT</i>)	0.036	0.750	0.534
Inversión de tiempo en venta por semana (<i>INVHVTSE</i>)	0.389	-0.253	0.656
Costos totales de producción por semana (<i>COSTOTSE</i>)	0.476	0.249	-0.391
Valor venta de la Tlayuda (<i>COSTLAYU</i>)	0.398	-0.502	0.132
Tlayudas vendidas por semana (<i>TLVNTSEM</i>)	0.497	0.227	-0.333
Ganancia total por semana (<i>GANTOTSE</i>)	0.465	0.086	0.054

La Figura 2.33 muestra que empleando los componentes principales 1 y 2, se forman dos grupos específicos (1 y 2). El grupo 1 se refiere a mujeres que producen el maíz, que utilizan maíz criollo, resaltando que son las que menos volumen de producción de tortilla tienen y por tanto son quienes invierten un menor tiempo en la elaboración de la tortilla; mujeres que mayormente dedican su producción al autoconsumo (Figura 2.29).

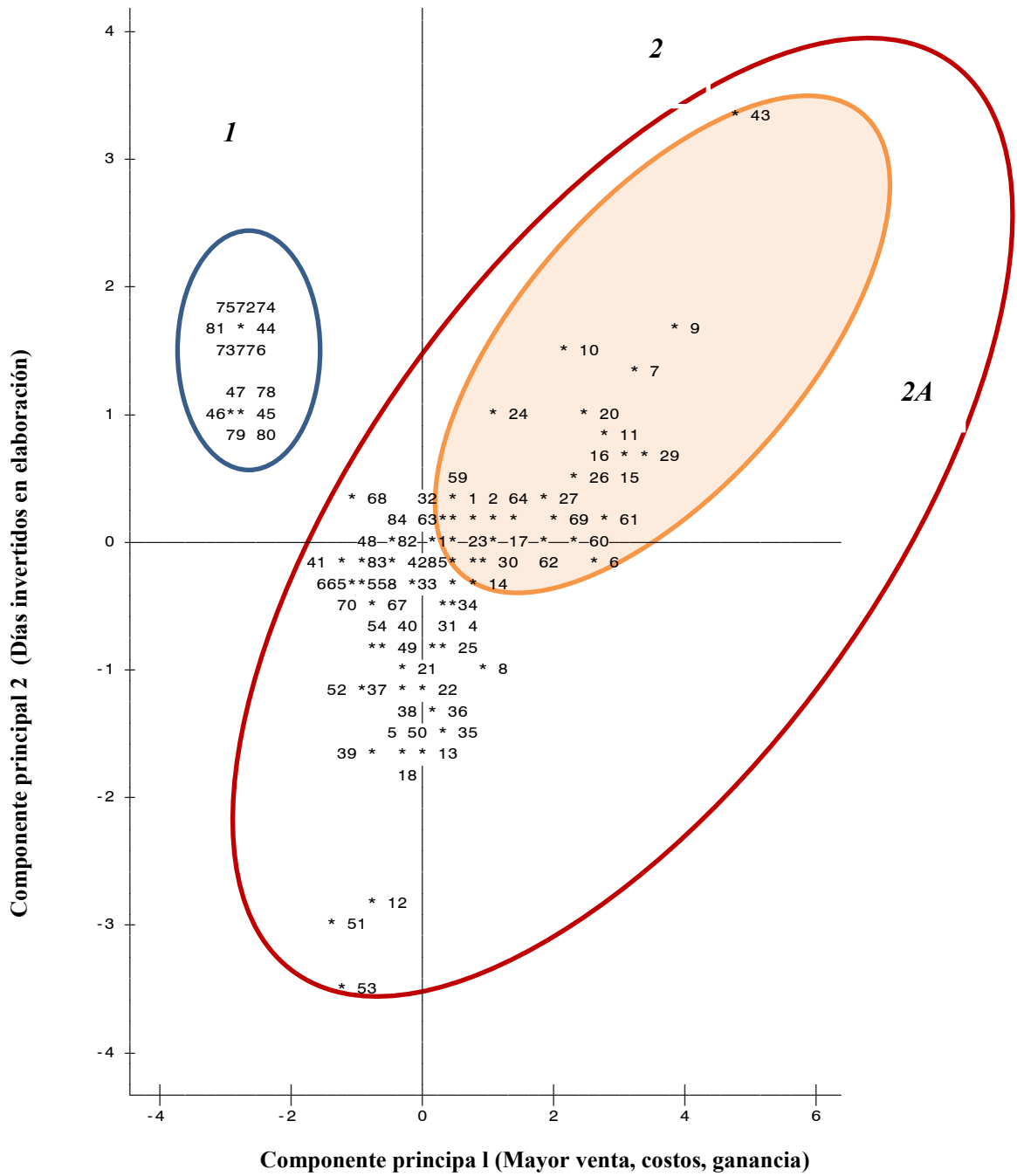


Figura 2.33. Distribución de transformadoras según la inversión de tiempo y dinero así como la ganancia obtenida.

El segundo grupo está conformado por mujeres que compran el maíz y tienen los mayores volúmenes de producción de la tortilla Tlayuda, costos y ganancias (Figura 2.33 2A). Aquí se localiza el grupo de mujeres dedicadas a la elaboración de la tortilla Tlayuda de forma comercial (Figura 2.29). Además, el tipo de maíz utilizado es el No criollo (2) y ambos (3) tal como se muestra en la (Figura 2.34).

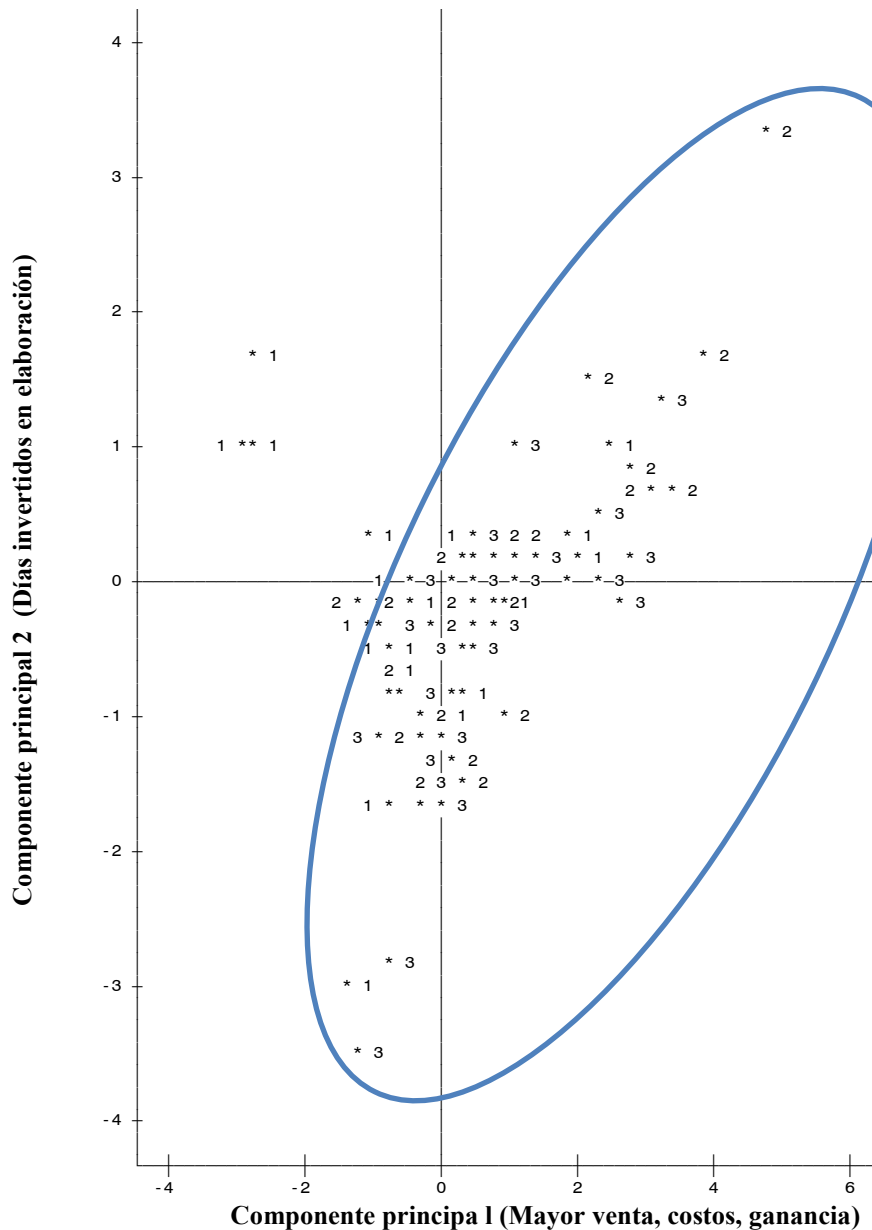


Figura 2.34. Distribución de transformadoras en relación a la inversión de tiempo, dinero, ganancia y tipo de maíz utilizado (Criollo = 1, No criollo = 2, y Ambos = 3).

2.5.1.3. Eslabón de comercialización: Comercializadores

Elementos de la comercialización

El resultado de las encuestas, mostró que la tortilla Tlayuda es comercializada en las cinco formas identificables para cualquier producto tradicional: venta a libre demanda desde la casa (venta domestica), venta calendarizada a domicilio (domiciliada), venta a libre demanda en mercados; venta a otros estados; y venta en el extranjero, tal como se muestra en la Figura 2.35, donde se señalan los diferentes actores de la cadena que intervienen en el comercio de la Tlayuda así como los destinos de ésta.

Elaboración de
tortilla tlayuda

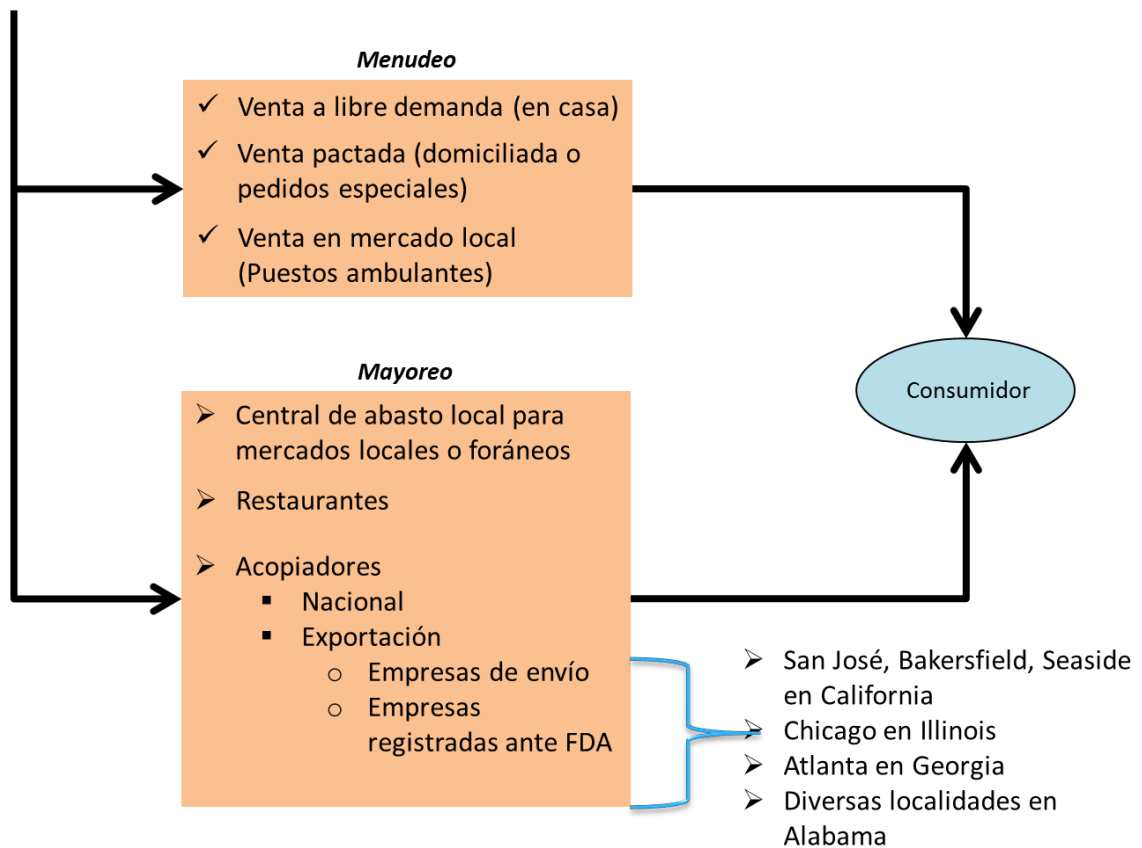


Figura 2.35. Destinos comerciales de la tortilla Tlayuda elaborada en los cinco distritos de la región de Valles Centrales de Oaxaca.

Análisis descriptivo de la comercialización

En referencia al destino de venta general de la tortilla Tlayuda (Figura 2.35) se identificó que el mayor volumen comercializado es interno (mercados locales, restaurantes, y municipios del estado de Oaxaca), seguido del consumo nacional (Estado de México, Puebla, Distrito Federal, Tapachula, Chiapas) y finalmente el consumo al extranjero (EUA) (Figura 2.36).

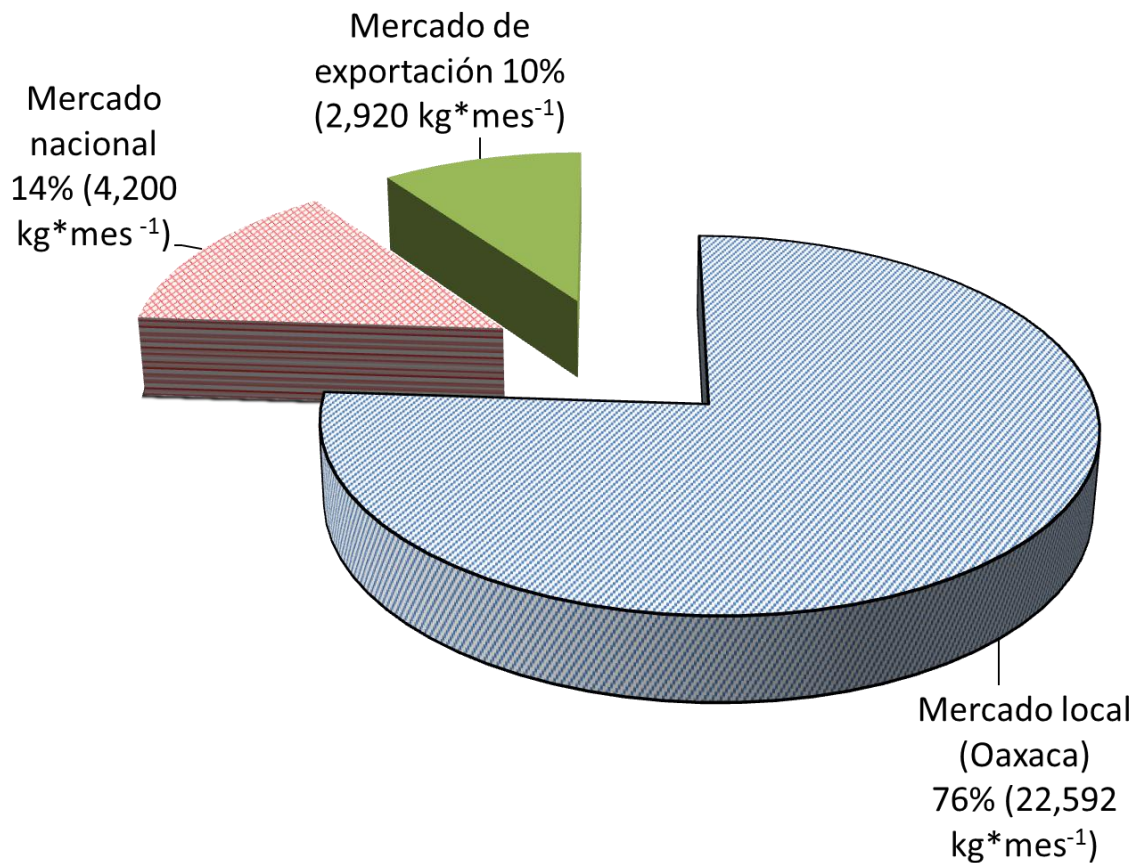


Figura 2.36. Volumen mensual estimado de comercialización de tortilla Tlayuda. Muestra etnográfica en cinco distritos de la región de Valles Centrales de Oaxaca.

Mercados nacionales






De acuerdo a la muestra etnográfica analizada, los mercados locales donde se comercializa la tortilla Tlayuda con sus diferentes variantes de elaboración (blanda, cocida, tostada) o sus variantes culinarias (sola o preparada) son: el mercado 20 de Noviembre, el mercado Benito Juárez, la Central de abastos (ubicados en el Distrito Centro de Valles Centrales de Oaxaca) los mercados locales, los restaurantes y los puestos ambulantes sobre la vía pública. En base al resultado de las encuestas, el precio promedio de la tortilla Tlayuda sola sin preparar fue de 1.90, 2.00 y 2.30 pesos la pieza respectivamente (suave, cocida y tostada).

Restaurantes y puestos ambulantes






El Cuadro 2.9 muestra los restaurantes y puestos ambulantes entrevistados. El costo en que ofertan la tortilla Tlayuda preparada varía en restaurantes desde \$20 hasta \$130 pesos; mientras que puestos ambulantes ofertan la tortilla Tlayuda preparada desde \$15 hasta \$40. Es importante señalar que el 33 % de los restaurantes y de los puestos ambulantes encuestados prefieren comprar el maíz, y producir la tortilla dentro del local, con una persona que solo se dedica a hacer las tortillas; el resto de los encuestados señaló que la tortilla la adquieren con transformadoras de San Antonio de la Cal, Santiago Apóstol, del Mercado Benito Juárez, Tlaxiactac de Cabrera, Macuitzochilt y Ejutla.

El 60 % de los restauranteros señaló que el maíz utilizado es el criollo, mientras que un 26 % indicó que utiliza ambos tipos de maíces (el criollo y el no criollo) y el resto no supo identificar el tipo de maíz utilizado (14 % de restaurantes). Además, mencionaron que el costo de la tortilla Tlayuda elaborada que se les vende varía entre \$2 y \$4 la pieza. Aproximadamente la venta diaria de Tlayudas es de 10 a 50 Tlayudas preparadas en época de mayores ventas: durante las fiestas de muertos en noviembre, las fiestas decembrinas y la época de vacaciones en julio. Finalmente, comentaron que sus clientes son nacionales y extranjeros.

Cuadro 2.9. Restaurantes entrevistados, localización y precio de la Tlayuda preparada ofertada.

Restaurante	Localización	Precio Tlayuda preparada
La Abuela 	Centro de Oaxaca	Con tasajo \$ 130
Casa Mayordomo 	Centro de Oaxaca	Sencilla \$ 65 Con tasajo \$90 Con cecina \$ 90 Con chorizo \$ 90 Combinada \$ 115
Catedral 	Centro de Oaxaca	Con tasajo de hebras \$ 130
Hostería de Alcalá 	Centro de Oaxaca	Especial de la hostería \$ 90
La Tlayuda 	Centro de Oaxaca	Clásica \$ 42-60 Light \$ 42 -60 Nopales \$ 42 -60 Saltarina \$ 38 -56 Huitlacoche \$ 52 - 70 Champiñones \$ 48 - 68 Enmolada \$ 52 Oaxaqueña \$ 48

Cuadro 2.9. Continúa...

Librería Grañén	Centro de Oaxaca	Donají \$ 45-63 Sorrapa \$ 32 – 50 Tlayuda \$50 Especial \$ 70
		
La catrina de Alcalá	Centro de Oaxaca	Con tasajo \$110
		
Los Adobes Oaxaqueños	Centro de Oaxaca	Tlayudas \$25-45
		
El Mesón Oaxaqueño	Centro de Oaxaca	Tlayuda mixta (3 ingredientes) \$ 70 De quesillo \$ 45 Tasajo o cecina \$ 55 Chorizo \$ 55
		
La terraza de tita	Centro de Oaxaca	Con asiento y queso \$ 33 Con asiento, ques o y tasajo \$56
		

Cuadro 2.9. Continúa...

La Huamuchera	Santo Tomas Jalieza, Ocotlán Oaxaca	Quesillo \$ 20 Tasajo \$ 25 Chorizo \$ 25 Cecina \$ 25
		
El Azucena Zapoteca	San Martin tilcajete, Oaxaca	Zapoteca \$ 50 Tradicional \$ 40 Con tasajo, cecina o chorizo \$ 50
		
Puestos ambulantes o sobre la calle		
	Localización	Precio Tlayuda preparada
Puesto ambulante	Centro de Oaxaca	\$ 15-35
		
Puesto ambulante	Centro de Oaxaca	\$ 20-40
		



Mercados internacionales

Se identificó que las empresas de envío de paquetería tienen gran influencia en el mercado de la tortilla Tlayuda, ya que promueven el envío de productos de origen oaxaqueño hacia otras partes del mundo.

El grupo corporativo Yatapack (<http://yatapack.com.mx/>) ubicado en San Agustín Yatareni, Oaxaca y en Tlalixtac de Cabrera, Oaxaca y con ubicación internacional en Poughkeepsie en Nueva York, EUA. Al visitar dicha empresa para conocer volúmenes de exportación y lugares de origen y destino de los envíos así como las exigencias de inocuidad aplicables a la exportación de productos alimenticios, no permitió el acceso a dicha información.

Otra empresa es “El Milagro” en San Pablo Huixtepec, Distrito de Zimatlán donde la **Sra. Rosalba Montaña Roseta**, señaló un mecanismo de transporte semanal con acopio los martes y miércoles y envíos el día jueves con destino a EUA. Los productos transportados son chocolate, Tlayudas, pan, queso, quesillo entre otros. La actividad se define como acopio ya que reúne las Tlayudas de las personas de **Magdalena Etla**, quienes le venden la tortilla Tlayuda entre \$2.00 y \$2.50. Aproximadamente cada ocho días acopian y envían a EUA de 3,500 a 4,000 Tlayudas (35 a 40 paquetes de 100 tortillas Tlayudas). El destino de los productos es **Seaside, Condado de Monterrey, California en EUA**. Señala que cuenta con un permiso de exportación para enviar diversos productos, conformando una oficina de envíos. De esta manera se llevan

paquetes de 100 tortillas Tlayudas empacadas en bolsas dentro de cajas de cartón identificadas. Se registró que familiares de las acopiadoras atienden una tienda y un restaurante de productos típicos de Oaxaca llamada “El milagro” en Seaside (1774 Fremont Blvd, Seaside, CA 93955), incorporando una marca comercial llamada “El milagro”. Los tipos de tortilla Tlayuda exportados son Tlayuda cocida (4,000 a 3,500 piezas) y blanda (400 piezas), la tortilla Tlayuda tostada no se exporta porque se rompe con facilidad, a pesar de una vida de anaquel mayor. Desde 2002, “El milagro” realiza éstas exportaciones (alrededor de 10 años). Por último el tamaño de la tortilla Tlayuda es de alrededor de 40 cm (16 pulgadas) y deben ser de color blanco. La Figura 2.37 muestra la etiqueta que acompaña a la tortilla Tlayuda “El milagro”.



Figura 2.37. Etiqueta para exportación de la tortilla Tlayuda “El milagro” en San Pablo Huixtepec, Oaxaca.

2.5.1.4. Eslabón Consumo: Consumidores

Análisis descriptivo de los consumidores

La población encuestada de consumidores incluye a personas entre los 17 y 59 años de edad, compuesta por amas de casa (43v%), comerciantes (27 %), profesionales (13 %), estudiantes (10 %) y jubilados (7 %).

El 66 % de la población que dio respuesta a la encuesta fueron por mujeres, que consumen tortilla Tlayuda blanda diariamente (43.3 %) o tres veces por semana (33.3 %); mientras que la tlayuada cocida sola o preparada se consume cada semana (63.3 %), finalmente la Tlayuda tostada se consume en época de fiestas (70 %). El 73 % de los consumidores encuestados, prefieren comer tortilla Tlayuda que la tortilla regular proveniente de tortillerías mecanizadas. Para el 47 % de los consumidores resultó muy importante usar maíz criollo en la elaboración de tortilla Tlayuda, para el 30 % resultó de importancia intermedia y para un 23 % fue indiferente el tipo de maíz con que se elabora la tortilla Tlayuda. La población encuestada señaló que no les gustaría ver a la tortilla Tlayuda como producto industrializado; sin embargo, el 56 % indicó que les gustaría adquirir el producto en su forma tradicional, pero con una etiqueta o acreditación que asegure una calidad adecuada. Los respondientes coincidieron que les gustarían programas de capacitación en medidas de higiene, inocuidad de alimentos, procedimientos, usos del maíz dirigidos a las transformadoras de maíz en tortilla Tlayuda para garantizar calidad. Asimismo, señalaron que el mercado de la Tlayuda debe ser una actividad vigente ya que forma parte de la tradición culinaria en Oaxaca y es además, una fuente de ingresos para las mujeres oaxaqueñas y sus familias.

2.6. CONCLUSIONES

Con la información recopilada y el análisis de la información se puede concluir que:

- La producción de maíz para tortilla Tlayuda es insuficiente y únicamente esta destinada en su mayor proporción para el autoconsumo de los habitantes de Oaxaca.

- Las mujeres elaboradoras de tortilla Tlayuda ocupan tres fuentes de maíz: maíz de procedencia externa (maíz no criollo de Puebla, y Sinaloa) a las localidades muestreadas (40.5 %), combinación de dos tipos de maíces criollos locales (27.4 %), y el uso de ambas fuentes de maíz: externas y locales (32.1 %).
- La relación del uso de maíces externos/locales en la elaboración de tortilla Tlayuda mostró una relación máxima de 7 kilos de maíz foráneo por kg de maíz criollo local; media de 3, y mínima de 0.5.
- La tortilla Tlayuda no es elaborada exclusivamente del maíz raza Bolita. Dentro del complejo de maíz criollo utilizado, se encuentra mayoritariamente las razas Bolita y Tabloncillo.
- Las transformadoras de maíz en tortilla Tlayuda que utilizan el maíz de tipo criollo generalmente obtienen un apoyo de parte del gobierno, pero generalmente son aquellas transformadoras que dedican su producción al autoconsumo y o aquellas dedicadas a la comercialización, aunque en una menor proporción.
- Las transformadoras de maíz en tortilla Tlayuda que dedican su producción a la comercialización, no reciben apoyo gubernamental y utilizan un maíz que no es el criollo, procedente de los estados de Puebla y Sinaloa.
- Sobre la fuente de maíz para la elaboración de tortilla Tlayuda: el 64 % de las transformadoras lo compra; 28 % de las transformadoras producen maíz y el 7 % produce y compra maíz. Sobre el volumen de maíz utilizado, las transformadoras que producen maíz criollo utilizan 50 kg semanales para autoconsumo, mientras que las transformadoras que comercializan consumen 100 kg por semana de maíz sin importar su procedencia.
- La comercialización de la tortilla Tlayuda abarca mercados locales, nacionales e internacionales. En el destino de venta de la Tlayuda, se identificó que el mayor

volumen comercializado es interno (76 % distribuido en mercados locales, restaurantes y municipios de Oaxaca), seguido por el consumo nacional (14 % hacia los estados de México, Puebla, Distrito Federal, y Chiapas), y finalmente consumo internacional (10 % hacia EUA).

- Las empresas de envíos de paqueterías, son un importante canal de comercialización internacional para la tortilla Tlayuda de los Valles Centrales de Oaxaca, ya que agilizan el envío de perecederos de un país a otro.
- Los consumidores locales prefieren comer la tortilla Tlayuda en su forma tradicional y no encontrarla en supermercados, pero les gustaría tener alguna etiqueta que les garantice que son de maíz criollo.

2.7. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados de este capítulo se hacen las siguientes recomendaciones:

- ✓ Desarrollar sistemas de conservación de productos tradicionales para potenciar su venta en mercados de exportación.
- ✓ Homogenizar y uniformizar el procedimiento de la elaboración de la tortilla Tlayuda desde las mezclas, hasta implementar las buenas prácticas de manufactura, rumbo a formar una denominación de origen.
- ✓ Definir los parámetros que definen una tortilla Tlayuda, en vistas a implementar la denominación de origen para la Tlayuda y los requisitos para su exportación.
- ✓ Determinación de marcas colectivas con los maíces criollos y la determinación de los sitios más adecuados para la conservación *in situ* de la diversidad de maíz.
- ✓ Caracterizar los maíces en la búsqueda de valor agregado, a fin de fortalecer la percepción sobre el nivel de uso de los recursos fitogenéticos.
- ✓ **Recomendación en política de investigación:** Considerar el estudio de las relaciones de producción, manejo y conservación del maíz raza Bolita con los

eslabones de la cadena de valor, que genere un modelo de atención para otros materiales biológicos endémicos.

- ✓ **Sugerencia en Conservación de materiales:** Establecer redes de innovación que promuevan la conservación genética de materiales que aumenten la producción, revaloricen la importancia de las razas así como los materiales que fomenten el establecimiento de barreras a la invasión genética, como las denominaciones de origen de productos no tradicionales derivados de las razas de maíz (productos artesanales y materiales para procesos industriales).
- ✓ **Recomendación en política de investigación:** Apoyar la valorización, diversificación, diferenciación y desarrollo de nuevos productos derivados según transformación física, química y mecánica de productos de razas locales de maíz.
- ✓ **Recomendación de política pública:** Apoyar la política de reconstrucción del sistema de extensionismo rural en sus formas pública y privada, con enfoque en la conservación de recursos nativos.
- ✓ **Recomendación de política pública:** Apoyar el desarrollo de agroindustrias enfocada al procesamiento de pigmentos vegetales (maíces de colores oscuros), metabolitos y aminoácidos para la industria alimentaria y farmacéutica.
- ✓ **Fomento de Educación:** Formar redes de pequeños productores relacionados con las razas de maíz endémicas (custodios profesionales con renovación constante de prácticas de conservación de material genético, incluidas Mejores Prácticas (BMP's) que integren prácticas de bioseguridad, inocuidad y calidad en el producto).
- ✓ **Fomento de Educación:** Educación y desarrollo de talentos humanos locales para incidir en los temas intermedios y superiores de conservación de recursos genéticos.
- ✓ **Sugerencia a política pública:** Rezonificación y orientación de áreas tradicionales de producción maicera minifundistas hacia agroproductos con

mayor importancia al mercado en términos de utilidades económicas, por ejemplo, profesionalización de los actores, asociación y organización.

2.8. LITERATURA CITADA

Agroproduce 2008. Maíz. No. 23. Año 03. Consultado el 29 de Mayo del 2012. Disponible en: http://www.oeidrus-portal.gob.mx/oeidrus_oax/

Aragón, C.F; Taba, S; Hernández, J.M; Figueroa, J. de D; Serrano, V; Castro, F.H. 2006. Catálogo de maíces criollos de Oaxaca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Libro Técnico Número 6. Oaxaca, Oaxaca. México. 334 p.

Arambula Villa, Gerónimo; Barrón Ávila, Laura; González Hernández, J. 2004. 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. 54(2):187-194. ISSN 0004-0622.

Ayala, Luis y Arias, Ramiro. 2003. El análisis de la cadena de valor. Apuntes de clase. WebSite: <http://www.3w3search.com/Edu/Merc/Es/GMerc081.htm> . Consulta: 12-04-2012 pp1-8.

Bellon M R, Barrientos P A F, Colunga G P, Perales H, Reyes A J A, Rosales S R y Zizumbo V D. 2009. Diversidad y conservación de recursos genéticos en las plantas cultivadas. En: Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, 355-382p.

CONABIO 2010. Base de datos de maíces nativos del proyecto global “Recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la diversidad genética de maíces y sus parientes silvestres en México”, corte 14 de octubre de 2010. CONABIO –INIFAP – INE.

Chirinos G, Alira; Rodríguez M, Guillermo; Bonomie, María Elena. 2008. Integración vertical de la cadena de valor del sector avícola en el estado de Zulia. Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura. No. 1, Enero – Junio del 2008, pp. 175-193.

García M. A y R. Méndez (1991). El Consumo de leña en la agroindustria tortillera. El caso Tlalixtac, Oaxaca. En: Dirección de productos forestales. 1991. Cinco estudios de caso sobre el uso de dendroenergía en industrias rurales de México. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. FAO, Santiago, Chile. WebSite:: <http://www.fao.org/DOCREP/006/AD096S/AD096S00.htm#TOC>.

- Hobbs J.E., Cooney A., y Fulton M.** 2000. Value Chains in the Agri-food Sector. Department of Agricultural Economics. University of Saskatchewan. Canada. Disponible en: usaskstudies.coop/pdf-files/valuechains.pdf.
- Iglesias, Daniel Humberto.** 2002. Cadenas de valor como estrategia: las cadenas de valor en el sector agroalimentario. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Buenos Aires, Argentina. Website: www.cadenasdevalor.gov.ar/Fuentes/descarga.php?f=254&r=6&ta=1. Consulta: 22-Abril-2012. 1-26 p.
- INEGI** (2000-2004) Anuarios Estadísticos del Estado de Oaxaca. Tomo II. INEGI. Aguascalientes, Ags. México (388, 429, 439, 521 y 606 p, respectivamente).
- Manuel R.I Gil. M. A., Ramírez V. B., Hernández S. H., Bellon M.** 2007. Calidad física y fisiológica de semilla de maíz criollo almacenada en silo metálico y con métodos tradicionales en Oaxaca, México. Revista Fitotecnia Mexicana año/vol. 30, número 001. Pp. 69-78.
- Lazos, E; Chauvet, M.** 2011. Análisis del contexto social y biocultural de las colectas de maíces nativos en México. En: CONABIO. 2010. Proyecto global de maíces nativos. Primer Informe. CONABIO. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. <http://www.conabio.gob.mx/>. Website: <http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/proyectoMaices.html>. Consultada el 1 de Mayo del 2012.
- McDonough, Cassandra M.; Gomez, Marta H.; Rooney, Lloyd W.; Serna-Saldivar, S.O.** 2001. Alkaline-cooked corn products (chapter 4). In: Lusas, Ed; Rooney, Lloyd W. 2001. Snack Foods Processing. Technomic Publishing Company, Lancaster, PA., pp. 73-113.
- Mera L.M y Mapes C.** 2009. Manejo de la diversidad. En: Kato, T.A, Mapes, C; Mera, L.M; Serratos, J.A; Bye. R.A. 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
- Morillo Moreno, Marysela C.** 2005. Análisis de la cadena de valor industrial y de la cadena de valor agregado para las pequeñas y medianas industrias. Actualidad Contable Faces, Año 8, Número 010, Enero-Junio 2005. Mérida, Venezuela, pp. 53-70. Website: <http://www.saber.ula.ve/actualidadcontable/>
- Osorio A. L** 2008. Producción de maíz en labranza de conservación en Oaxaca En: Maíz. Agroproduce No. 23 Año 03. Consultado el 29 de Mayo del 2012. Disponible en: http://www.oeidrus-portal.gob.mx/oeidrus_oax/

Porter, Michael. 1998. Ventaja Competitiva. Creación y sostenimiento de un desempeño superior. México. Compañía Editorial Continental. Distrito Federal, México. pp 7-243.

Porter, Michael. 2000. El camino que conduce a la diferenciación. Revista Gestión Ene/Feb 2000. Publicado en la página web: <http://www.ambitos.com.ar/art/00-1317-b.htm>. Fecha de la consulta 12-04-2012. Pp1-5.

Sandrea, Maryana; Boscán, Mariby. 2004. La cadena de valor del sector Confección. Revista Venezolana de Gerencia. Año 9, No. 26, Abril-Junio del 2004. Maracaibo, Venezuela. Pp. 336-353. Website: <http://revistas.luz.edu.ve/index.php/rvg>.

SIAP, 2010. Cierre de la producción agrícola por estado. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/index.php/agricultura/produccion-anual/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado.html>

Shank J. K y Govindarajan V. 1998. Gerencia de Estrategia de Costos. La nueva herramienta para desarrollar ventajas competitivas. Editorial Norma. Bogotá, Colombia. XXX p.

Trejo- Téllez. B y F. J. Morales-Flores. 2009. Manual para la elaboración de una encuesta rural. Colegio de Postgraduados. 95p.

Vargas, L.A. 2007. La historia incompleta del maíz y su nixtamalización. Cuadernos Nutrición 30 (3): 97-102.

Vásquez Bocanegra, V.C; Cortes-Noh, M; Monroy-Rivera, J.A. 2004. Las tortillas Tlayudas del estado de Oaxaca, México. En: http://afm.cirad.fr/documents/5_Agro_industries/Syal/ES/MONROY_BOCANEGR A.pdf.

Zárate Baños, Ricardo. 2004. Las tortillas. Mercado de los maíces Criollo en los Valles Centrales de Oaxaca. Website: <http://www.crupy-uach.org.mx/encuentro/ponencias-presentadas/50>. En: Cervera Backhauss, Elsa y Ramírez Miranda, César Adrián. 2007. Encuentro de Investigación y Vinculación del Sistema de Centros Regionales. Construyendo el Sistema Nacional. Memoria del Encuentro de Investigación y Vinculación. Universidad Autónoma Chapingo. WebSite:

<http://www.crupy-uach.org.mx/encuentro/presentacion/>

<http://www.exploringoaxaca.com/es-mx/gastronomia,estado-de-oaxaca,Tlayudas-platillo-tradicional-de-oaxaca/>

<http://yatapack.com.mx/>

CAPÍTULO TERCERO

3. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE UNA MUESTRA ETNOGRÁFICA DE MAÍZ (*Zea mays* L.) RAZA BOLITA

RESUMEN

El maíz (*Zea mays* L.) ha sido una especie central en la alimentación, sociedad, cultura y economía de México. El número total de colectas catalogadas en el Proyecto Global de Maíces Nativos asciende a 22,931 de las cuales Oaxaca posee 12.6 % (2363) de ese total. De acuerdo a estudios específicos en el estado, informan que la diversidad del maíz es de 70 % y es el cultivo de mayor importancia para el estado, ya que forma parte de la cultura y base esencial de la alimentación de diferentes grupos indígenas. Se ha reconocido que existe una amplia base genética de las poblaciones de maíz en el país no solo entre razas sino dentro de éstas generando complejos raciales, que representan una fuente genética valiosa para estudios de mejoramiento. Las poblaciones humanas, a raíz de sus necesidades, intereses, prácticas y conocimientos han ido conformando y manteniendo esa diversidad, a través de los diferentes usos, dentro de los cuales han adquirido relevancia aquellos denominados “usos especiales” dentro del campo de la conservación de los recursos fitogenéticos así como la generación de ingresos económicos familiares. Los objetivos de este trabajo fueron identificar y caracterizar 108 poblaciones de maíz en pequeños predios rurales de 17 localidades, en los distritos de Zimatlán, Ocotlán y Ejutla de los Valles Centrales de Oaxaca durante el año 2011; utilizadas para la elaboración del producto Tlayuda, tortilla de maíz de más de 30 centímetros de diámetro, famosa en los Valles Centrales de Oaxaca, elaborada con maíz de la raza Bolita. Para tales objetivos se consideraron nueve caracteres de la mazorca y grano y cinco relaciones de estos caracteres, y se aplicaron análisis de componentes principales y de conglomerados. El método de agrupamiento utilizado fue el de UPGMA y como medida de similaridad se empleó la distancia Euclidiana. De estos análisis se formaron tres grupos identificando en su mayoría la raza de maíz Bolita con presencia también de maíz raza Pepitilla y Tuxpeño. La variabilidad encontrada, sugiere la presencia de complejos raciales. Se propone seguir utilizando el maíz raza Bolita y continuar su evaluación con respecto a otras razas para tener poblaciones que satisfagan el mercado de la Tlayuda y la conservación racional de los recursos fitogenéticos.

Palabras clave: diversidad genética, razas de maíz, raza Bolita, raza Pepitilla, raza Tuxpeño, Tlayudas, conservación.

3.1. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es una planta que ha evolucionado en conjunto con el desarrollo de las civilizaciones en México (Ortiz y Otero 2007), llegando a ocupar un lugar de gran importancia dentro de las poblaciones indígenas y de los agricultores de pequeña escala (Louette 1996; Bellon *et al.*, 2009). Este cultivo es considerado un recurso fitogenético de importancia mundial (Bellon *et al.*, 2009) y como una especie central en la alimentación, sociedad, cultura y economía de México (Vázquez *et al.*, 2003).

En México se agrupa gran parte de la diversidad genética del maíz (Narváez *et al.*, 2007). Actualmente se reportan para el continente americano entre 220 y 300 razas de maíz (Vigouroux *et al.*, 2008); distinguiendo una raza, como un conjunto de poblaciones con cierto grado de semejanza, adaptadas a una región ecológica (Muñoz 2003).

México posee alrededor de 59 razas (Sánchez *et al.*, 2000); de éstas, 35 se encuentran ubicadas en el estado de Oaxaca, y representan 70 % de la diversidad reportada para México, y siendo el cultivo de mayor importancia para el estado, ya que forma parte de la cultura y base esencial de la alimentación de diferentes grupos indígenas (Aragón *et al.*, 2006).

En lo que se refiere al cuidado y conservación del maíz, se sabe que el papel que juegan los actores rurales en la conservación de la biodiversidad es estratégico (Carvalho *et al.* (2004) ya que contribuyen a su mantenimiento al sembrarlo para diferentes propósitos. Los mismos autores a través de un estudio molecular a 79 razas de maíz nativas de Brasil, concluyeron que el manejo que realizan los campesinos ha contribuido al mantenimiento y conservación de la variabilidad e identidad genética de las razas. Hellin *et al.* (2010), señalan que la importancia del fomento de los usos de

maíces nativos en su conservación, implica, que los usos demandan la siembra y esta determina en gran medida la conservación *in situ* de los maíces.

Así mismo, se ha indicado (Pressoir y Berthaud, 2004; Justiniano *et al.*, 2006) que particularmente en el esquema de la conservación *in situ* de especies silvestres, razas nativas y variedades tradicionales además de la utilización racional, se mantiene en sus hábitats naturales donde los procesos evolutivos continúan sucediendo y es donde las comunidades indígenas contribuyen fundamentalmente. Además, las prácticas de cultivo, que incluyen en muchas ocasiones el manejo de numerosas poblaciones diferentes de maíz en un área pequeña, ha propiciado toda la variabilidad que existe *in situ*, en los sistemas tradicionales (Fernández-Granda *et al.*, 2010).

La variedad de usos ha estado definida por las características sobresalientes de los materiales utilizados por el agricultor que a través de su experiencia selecciona para un propósito específico. En relación a lo anterior, Pressoir y Berthaud (2004) expresaron que las características de las variedades tradicionales son creadas o mantenidas por un proceso activo, resultado del origen cultural de los agricultores y los criterios de selección. Sevilla (2006) destacó que las razas generalmente son mantenidas por los agricultores cuando tienen algún valor y no necesariamente económico. Ortega-Paczka (2003) hizo una interesante clasificación de maíces nativos por grupos de razas en relación con su adaptación agroecológica, sus características de mazorca, grano y sus “usos especiales” (Ver Anexo, Cuadro 6.5). De este modo, la diversidad de usos del maíz y su conservación ha estado ligada con la cultura local, regional o nacional. Al respecto, Matus (2009) señala que los alimentos representan formas culturales materializadas donde, a través de su producción, elaboración y consumo, los sujetos sociales logran reconocerse e identificarse, generando la existencia de una gran variedad de productos alimenticios derivados del maíz (Figuroa *et al.*, 2005).

Es importante mencionar, que para la elaboración de cada producto derivado del maíz, se requiere de granos con características específicas (Narváez *et al.*, 2007). Salinas–Moreno *et al.* (2010), señalan que en términos científicos, los usos especiales quedan

determinados por las características físicas y fisicoquímicas del grano. Vázquez *et al.* (2003) indican que el nivel y la uniformidad de la calidad del grano de maíz empleado como materia prima para el caso de la nixtamalización, es importante en la calidad del producto final.

En relación a lo anterior, se ha propuesto el desarrollo de productos novedosos a base de maíces nativos, considerando aquellas características físicas y fisicoquímicas que los hacen aptos para un uso en particular como el señalado por Aragón *et al.* (2006), quienes proponen que con la información disponible de las razas de maíz de Oaxaca se pueden crear marcas colectivas con los criollos y determinar los sitios más adecuados para la conservación *in situ* de la diversidad. Señalan además, que una marca colectiva pudiera ser “Tlayudas del Valle”, que son tortillas elaboradas con maíz criollo de la raza Bolita, y otra sería, “Totopos del Istmo”, elaborados con el maíz Zapalote Chico, ambas razas endémicas de Oaxaca.

Por tanto, conocer el estado de variabilidad que guardan las poblaciones de maíz que tienen un uso potencial para la elaboración de algún producto, además de considerarlas como un elemento tradicional e indispensable para elaborarlo, permitirá establecer el inicio de la calidad del mismo. De tal forma que para asegurar las características sobresalientes de cierta raza de maíz para un propósito específico, es necesario caracterizarlo. La clasificación racial de maíz fue planteada por Anderson y Cluter (1942), señalando que la clasificación debe realizarse en base a múltiples caracteres, principalmente de tipo reproductivo. En relación a ello, Mijangos (2005), señala que los métodos para cuantificar la diversidad genética se pueden clasificar en función de los caracteres que utilizan: morfológicos, citogenéticos, bioquímicos y de ADN.

Los caracteres morfológicos han sido tradicionalmente utilizados para estimar la diversidad entre grupos de plantas, aun cuando se reconoce que son una medida indirecta de la diversidad genética, ya que su expresión es influenciada por factores ambientales y la etapa de desarrollo de la planta (Yee *et al.*, 1999; Cervantes *et al.*, 1978; Sánchez *et al.*, 1993), sin embargo, pese a sus limitaciones se han utilizado

ampliamente debido a que no requieren equipo sofisticado ni procedimientos elaborados (Bretting y Widrlechner, 1995). Algunos trabajos relevantes que han utilizado los caracteres morfológicos para el estudio de la diversidad en las razas de maíz, tanto a nivel inter como intra-racial, son los de Wellhausen *et al.* (1951), Herrera-Cabrera *et al.* (2004); López-Romero *et al.* (2005), Hortelano *et al.* (2008), Muñozcano (2011).

La caracterización morfológica de las poblaciones, ha sido distinguida como una herramienta útil en la descripción de la variabilidad de las razas o de una raza en especial. Wellhausen *et al.* (1951), indicaron que los caracteres de la mazorca han sido de gran utilidad referente a la descripción y clasificación de las razas de maíz.

La utilidad de dichos caracteres morfológicos, se ha visto evidenciada por diversos estudios como el desarrollado por Bird y Goodman en 1977, estudiando ocho caracteres de la mazorca entre 219 componentes de diferentes complejos raciales, encontrando relaciones congruentes con clasificaciones realizadas utilizando una mayor información morfológica. Así mismo, Sánchez *et al.* (1993), determinaron que los caracteres de la mazorca en general, no tiene una interacción alta con el ambiente sino que ésta va de baja a moderada, lo que favorece para utilizarse en la descripción de las poblaciones de maíz.

Los caracteres que describen las propiedades físicas de la mazorca se clasifican en atributos cuantitativos, mientras que los de tipo categóricos o cualitativos, son definidos por la presencia y/o ausencia de ciertas características distintivas. El análisis de ambos tipos de caracteres es complejo por el tipo de expresión, por lo que comúnmente se analizan por separado con métodos definidos para ambos (Sneath y Sokal, 1973).

En maíz, la caracterización se lleva a cabo después de la colecta con la finalidad de que la información obtenida se utilice para describir y distinguir el material genético (Rincón *et al.*, 2010), tomando como referencia la lista de descriptores útiles y apropiados (IBPGR, 1991).

3.2. JUSTIFICACIÓN

En Oaxaca, el maíz es el cultivo de mayor importancia por la superficie de siembra, y anualmente se siembran alrededor de 595,210.85 ha, de las cuales el 94 % es de temporal, SIAP, 2010, por su valor económico y cultural (alberga 16 grupos indígenas, Aragón *et al.*, 2006), especialmente de la población de bajos ingresos (Osorio, 2008).

La región de Valles Centrales, que limita al norte con las regiones de la Cañada y Sierra Norte, al oeste, con la Mixteca; y al este y al sur, con la Sierra Sur, se compone de siete distritos político-administrativos: Centro, Ejutla, ETLA, Ocotlán, Tlacolula, Zaachila y Zimatlán; integrada por 121 municipios, tiene una extensión de 8762.36 kilómetros cuadrados (876 236 ha) y representa 9.2 % de la superficie estatal (Coronel, 2006), de las cuales aproximadamente 60 % se destinan a la actividad agrícola (Álvarez, 2003); además es considerado el centro poblacional más importante del estado, con 848,512 habitantes (INEGI, 2000).

Las estadísticas señalan que en la región de Valles centrales de Oaxaca, se estima una superficie sembrada de 183, 561.00 ha de las cuales más del 90 % es cultivado en condiciones de temporal (171,900. 00 ha), donde la producción es de 161, 845. 82 ton ha⁻¹ con un rendimiento de 0.98 ton ha⁻¹ (SIAP, 2010). La dotación parcelaria es de 2 ha en promedio, donde el 70 % de la producción se destina al autoconsumo (la alimentación de la familia y los animales, o como semilla) (INEGI 2000-2004; Manuel *et al.*, 2007). En Oaxaca, la mayor parte de la producción de maíz se destina para la preparación de diferentes productos para el consumo, tales como tortillas, tamales, téjate, totopos, tostadas y otros usos regionales, además de los usos forrajeros (Agroproduce, 2008).

La producción se basa en el uso de variedades locales y con variedades criollas seleccionadas por los propios campesinos (Smale *et al.*, 1998; Aragón *et al.*, 2004; Aragón *et al.*, 2006).

La presencia del gran número de grupos étnicos ha permitido la formación de diferentes variedades criollas mediante la selección (Aragón *et al.*, 2006). Al respecto, los mismos autores señalan que solo los Zapotecos del Valle siembran la raza de maíz Bolita, exclusiva, para elaborar las famosas tortillas “Tlayudas” (tortilla de hasta 40 cm de diámetro), debido a que posee grandes atributos para la elaboración de masa para tortilla. Al respecto, Vázquez *et al.* (2003) señalaron en los resultados de un estudio de calidad de grano y tortillas de maíces criollos y sus retrocuzas, que las mejores tortillas se obtuvieron en la retrocruza con el maíz Bolita, indicando un buen rendimiento de tortilla.

La comercialización de la tortilla Tlayuda fuera de los mercados locales en los Valles Centrales de Oaxaca, ha adquirido relevancia a tal grado que se han formado agrupaciones con el propósito de acrecentar su producción de forma sostenida como una actividad económica importante, en especial para los distritos de Ejutla, Ocotlán y Zimatlán. Tal es el caso, de la *Organización Agropecuarios de Oaxaca S. de S.S.* integrada por cerca de 500 productores, habitantes de los distritos mencionados, dedicados a la producción de maíz de raza Bolita para la elaboración de Tlayuda. Sin embargo, se requiere la información del estado actual del maíz utilizado (raza Bolita) para la elaboración de Tlayuda, en relación a la diversidad genética existente en sus lotes de producción así como lo relacionado a aspectos morfológicos en el grano, ya que este material sufre la transformación de grano a masa y luego a tortilla.

El conocimiento del estado actual de su diversidad genética, permitiría sugerir estrategias de conservación de la raza de maíz Bolita como herencia biológica y cultural de los pueblos que la usufructúan desde tiempos ancestrales y que es esencial para la elaboración de un alimento como es la Tlayuda.

El presente estudio está enfocado a conocer la variabilidad morfológica de diferentes poblaciones de maíz raza Bolita, debido a su uso potencial para la elaboración de tortilla Tlayuda de tres distritos: Ejutla, Ocotlán y Zimatlán, pertenecientes a la Organización Agropecuarios de Oaxaca ubicados en Valles Centrales de Oaxaca.

3.3. OBJETIVOS

Objetivo general:

Conocer la variabilidad morfológica de las diferentes poblaciones de maíz raza Bolita (*Zea mays* L.) provenientes de los distritos de Zimatlán, Ocotlán y Ejutla en los Valles Centrales de Oaxaca, que se usan en la elaboración de tortilla Tlayuda.

Objetivos particulares:

- a) Colectar y caracterizar morfológicamente, diferentes poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) raza Bolita que se usan en la elaboración de Tlayuda en los distritos de Ejutla, Ocotlán y Zimatlán de Valles Centrales, Oaxaca, para determinar su variabilidad poblacional y estado identidad genética.
- b) Describir gráficamente la posible variación de la raza Bolita de maíz (*Zea mays* L.) de los distritos de Ejutla, Ocotlán y Zimatlán de Valles Centrales, Oaxaca.

3.4. MATERIALES Y MÉTODOS

3.4.1. Localización del área de estudio

El estudio se realizó en los Valles Centrales de Oaxaca, en los distritos de Ocotlán, Ejutla y Zimatlán (Figura 3.1).

El distrito de Ocotlán, se localiza en la parte central del estado de Oaxaca, en la región de los valles centrales, en las coordenadas 96° 40' de longitud oeste y 16° 48' de latitud norte, a 1500 msnm. Limita al norte con el distrito Centro, al este con Tlacolula, al sur con el distrito de Ejutla y Miahuatlán; y al oeste con Zimatlán. Tiene un clima templado subhúmedo y se integra de 20 municipios y 125 localidades. Tiene una superficie de 857.92 km². El uso del suelo destina 27,525 ha hacia la agricultura. (OEIDRUS-SAGARPA, 2007).

El distrito de Ejutla se localiza en la parte central de los valles centrales en las coordenadas latitud norte 16 ° C 34 y longitud oeste de 96 ° C 44', limita al norte con los distritos de Zimatlán y Ocotlán, al suroeste con Miahuatlán y al oeste con Sola de Vega. La superficie del distrito es de aprox. 963.29 km², destinándose el 3.4 % a la agricultura. El municipio que presenta mayor altura sobre el nivel del mar es Yogana con 1740 m. y Taniche el menor con 1400 m. El clima es seco semicalido con una temperatura media anual de 20 a 22 °C. Consta de 13 municipios con 110 localidades. Su economía se basa principalmente en el comercio, la pequeña industria, en el cultivo de frijol y maíz (OEIDRUS-SAGARPA, 2007).

Zimatlán, también se localiza en la parte central de valles centrales en las coordenadas latitud norte 16 ° 52' y longitud oeste de 96° 47' a una altitud de 1500m; limita al norte con el distrito de Etlá, al sureste con Ocotlán y Ejutla y al suroeste con Sola de vega. Su clima es templado subhúmedo. Consta de 13 municipios con 176 localidades y tiene una superficie de 988.48 km², destinándose 20.557 ha para la agricultura (OEIDRUS-SAGARPA, 2007).

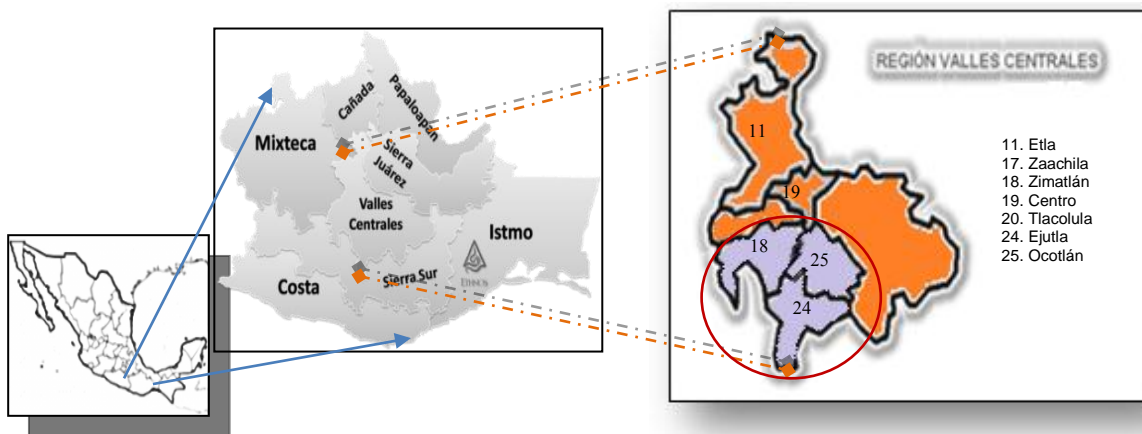


Figura 3.1. Localización del área de estudio. El cirulo en rojo, señala los distritos de Ejutla, Ocotlán y Zimatlán ubicados en los Valles Centrales de Oaxaca.

3.4.2. Material biológico

El germoplasma evaluado corresponde a 108 accesiones colectadas en lotes de los agricultores pertenecientes a la *Organización Agropecuarios de Oaxaca*. Las muestras de grano, producidas en el ciclo otoño-invierno del 2011, provienen de 17 localidades correspondientes a 10 municipios (La compañía, Taniche, Ejutla de Crespo, La PE, Ocotlán de Morelos, Asunción, Yaxe, San Baltazar Chichicapam, Santa Cruz Mixtepec, Cienega de Zimatlán) y tres distritos (Ejutla, Ocotlán y Zimatlán) en Valles Centrales de Oaxaca en diferentes altitudes que van de 1356 - 1631 msnm proporcionadas por 108 agricultores (Ver Anexo, Cuadro 6.6).

3.4.3. Definición del tamaño de muestra

La estrategia de muestreo fue establecida en base a la disponibilidad de los integrantes de la "*Organización Agropecuarios de Oaxaca*" a fin de obtener las muestras en campo de sus lotes de siembra. De este modo, se evaluaron 108 lotes de un total de 450, que integraban la asociación en el año 2010 y distribuidos en los distritos de Ocotlán, Ejutla y Zimatlán.

El tamaño de muestra se determinó aplicando la fórmula sugerida por Trejo y Morales (2009):

$$n = N / (N d^2 + 1)$$

Donde:

N = es el tamaño de la población o universo (número total de posibles encuestados);

n = Tamaño de la muestra;

d = Precisión.

La colecta de las muestras se realizó de acuerdo a Serratos *et al.* (2007), quienes recomiendan muestrear en cada lote, cinco sitios (A, B, C, D, E) formando un círculo con diámetro de 100 m lo que corresponde al norte, sur, este, oeste y centro sobre el lote, para establecer una muestra homogénea. Así de cada sitio se seleccionaron 10

plantas de las cuales se tomaron 1 mazorca por planta para tener un total de 50 mazorcas por lote (Figura 3.2).

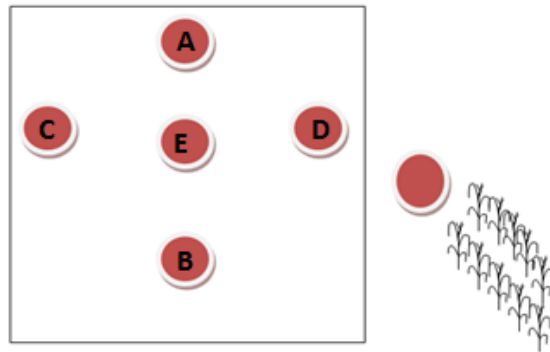


Figura 3.2. Distribución de los sitios de muestreo en cada lote.

De cada sitio, fueron seleccionadas cuatro mazorcas para hacer un compuesto de 20 mazorcas representativas del lote. Cada compuesto, se guardó en bolsas de papel y fueron identificadas con los siguientes datos: nombre del productor, distrito, municipio, localidad, nombre del predio o ejido, ciclo y fecha de siembra.

3.4.4. Caracterización

Tomando como referencia que es el grano el que se transforma a masa y luego a tortilla y con el fin de determinar la variabilidad cuantitativa existente en los materiales de la *Organización Agropecuarios de Oaxaca*, se caracterizaron morfológicamente 108 accesiones con base en los descriptores para maíz (IBPGR, 1991). También se usó la Guía Técnica y Manual Gráfico para la descripción varietal (SNICS-CP, 2009; SNICS-SAGARPA, 2009). Se cuantificó el número de hileras y el número de granos por hilera en la mazorca. Se determinó el diámetro de la mazorca y olote (cm), la longitud de la mazorca (cm), el largo, ancho y espesor (cm) del grano, así como el volumen promedio de grano, en centímetros cúbicos (Hortelano *et al.*, 2008). Se calcularon relaciones entre caracteres como diámetro/longitud de mazorca, diámetro de olote/diámetro de mazorca, ancho de grano/longitud de grano, espesor de grano/longitud de grano, y espesor de grano /ancho de grano (Goodman y Paterniani, 1969; Sánchez *et al.*, 1993;


Rincón *et al.*, 2010). La descripción de la forma en la fueron tomados dichos caracteres se describen en el Cuadro 3.1.

3.4.5. Toma, clasificación y análisis de datos

La información se registró en formatos preestablecidos con un listado de los 9 caracteres morfológicos y 5 relaciones, colocados en las hileras y columnas individuales para registrar el dato de cada una de las 20 mazorcas a evaluar. Con esta información, se conformó una base de datos en hoja electrónica (Excel 2007), posteriormente dicha base se utilizó para efectos de los análisis estadísticos.

Los promedios de cada una de las variables morfológicas fueron estandarizados; con esta información, se procedió a practicar un análisis de componentes principales recurriendo al procedimiento PROC PRINCOMP de SAS (SAS Institute, 2005), a partir de la matriz de correlaciones. Para observar las tendencias de la morfología de las poblaciones, se graficó la dispersión de éstas en el plano determinado por los primeros dos componentes principales. Además se efectuó un análisis de conglomerados utilizando las medias estandarizadas de los parámetros evaluados. Para éste análisis se usó el sistema multivariado de taxonomía numérica que permitió estimar la matriz de distancias euclidianas; el dendrograma se obtuvo por el método de agrupamiento UPGMA. La altura de corte para definir los grupos se determinó con base al índice Pseudo F obtenido mediante el programa SAS (SAS Institute, 2005).

Cuadro 3.1. Descripción de los caracteres morfológicos cuantitativos evaluados.

Característica	Medición del carácter	Descripción gráfica
<i>En mazorca</i>		
Diámetro (DIAMAZOR)	Se mide en centímetros en la parte media de la mazorca superior.	

Cuadro 3.1. Continúa ...

Longitud (LONGMAZO)	Distancia en centímetros comprendida desde la base al ápice de la mazorca.	
Número de hileras (HILERAS)	Número de hileras de granos contados en la parte media de la mazorca .	
Número de granos por hilera (GRANHILE)	Número de granos por hilera de la mazorca desde la base al ápice.	
En grano		
Ancho de grano (ANCHGRA)	En 10 granos de la parte central de una hilera en la mazorca. Y es el promedio de los diez granos colocados lado a lado y de manera consecutiva, expresado en centímetros.	
Longitud de grano (LONGRAN)	Medida tomada del promedio de diez granos elegidos de la parte central de una hilera de la mazorca, colocados en línea, base con punta de forma consecutiva. Se expresó en cm.	
Espesor de grano (ESPEGRAN)	Tomado como promedio de los diez granos anteriores colocados de costado y de manera consecutiva; se expresó en cm.	

Cuadro 3.1. Continúa ...

Volumen del grano((VOLUMEN)	Se obtuvo a partir del producto de multiplicar las variables longitud, ancho y grosor del grano.	Sin imagen
En olote		
Diámetro del olote (DIAMOLOT)	Se desgrano la parte media de la mazorca y se tomó el diámetro del olote. Se expresó el valor en centímetros. 1: grueso, 2: mediano, 3: delgado.	Sin imagen
Relaciones		
Diámetro de la mazorca /longitud de mazorca (DMALONGM)	El diámetro de la mazorca dividido entre la longitud de la misma.	Sin imagen
Diámetro del olote / diámetro de la mazorca (DMAZDOLO)	El diámetro del olote dividido entre el diámetro de la mazorca.	Sin imagen
Ancho de grano/longitud de grano (ANGLOGR)	El ancho del grano dividido entre la longitud del grano.	Sin imagen
Espesor de grano/largo de grano (ESGRLOGR)	El espesor del grano dividido entre el largo del grano.	Sin imagen
Espesor de grano/ancho de grano (ESGRANGR)	El espesor del grano dividido entre el ancho del grano.	Sin imagen

*Fotografías tomadas de SNICS-CP 2009. Manual Gráfico para la Descripción Varietal de Maíz (*Zea mays* L.).

3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.5.1. Diversidad genética de las poblaciones de maíz

De las 108 poblaciones de maíz nativo colectadas en tres distritos de los Valles Centrales de Oaxaca, 90 % fueron de grano blanco, 5 % grano amarillo, y 5 % de grano azul. Los productores que proporcionaron las muestras, prefieren utilizar maíz de color blanco. Ellos han identificado mayormente el maíz favorecido por su sabor, más rendidor en masa, utilizado para elaborar las tortillas tipo Tlayuda, con mazorcas de tamaño medio, con granos gruesos de forma redondeada coincidente con la raza Bolita (Wellhausen *et al.*, 1951).

Las muestras de las poblaciones de maíz colectadas fueron preclasificadas a nivel de razas agronómicas, a través de una inspección visual realizada por el Dr. Fernando Castillo profesor-investigador del Colegio de Postgraduados, dentro de las razas Bolita, Pepitilla, y maíces Tropicales principalmente Tuxpeño; esto, en base a caracteres agronómicos establecidos en estudios previos relacionados con la morfología de mazorca y grano.

La presencia de dichas razas coincidieron con lo reportado por Aragón *et al.* (2006) señalando que para los Valles Centrales las razas cultivadas son el Bolita, Pepitilla, Tepecintle y Tabloncillo, mientras que la raza de maíz Tuxpeño, se encuentra en la región Costa, Istmo de Tehuantepec, Sierra Juárez y Tuxtepec. Así mismo, se ha indicado que en Oaxaca, existe una asociación estrecha entre razas de maíz y grupos indígenas, al respecto; el maíz Bolita se ha asociado a los Zapotecos del Valle. Además, se ha considerado que la variedad criolla más común es el “criollo Bolita”, con 115 días a madurez (Ruiz y Silva, 1999). La convivencia del maíz Bolita y la raza Pepitilla, éste último identificado por tener semillas tipo puntiagudas que se diferencian bien de otros tipos de maíz además de poseer una buena calidad para la elaboración de tortilla (Ortega-Paczka, 2003; Vázquez *et al.*, 2010), ha llevado a formar poblaciones de tipos inter-razas, es decir complejos Bolita-Pepitilla (Muñozcano *et al.*, 2011).

3.5.1.1. Análisis de componentes principales

Lo anterior se corrobora en este estudio, ya que en base a la preclasificación anteriormente elaborada, el análisis de componentes principales aplicado de manera global sobre promedios, sugirió que la diversidad de maíz en las localidades muestreadas pertenecientes a los distritos de Ejutla, Ocotlán y Zimatlán, está integrada mayormente por variantes de las razas Bolita, y con menor frecuencia, formas intermedias de Bolita, Pepitilla y Tuxpeño.

Los tres primeros componentes principales explicaron el 83 % de la variación global y las poblaciones con 37.2, 27.7 y 19.3 % para el primero, segundo y tercer componente, respectivamente (Cuadro 3.2). Las variables que determinaron en mayor grado el componente principal uno fueron la relación espesor del grano-ancho de grano, el espesor de grano, y la relación ancho de grano-longitud de grano. El segundo componente fue determinado por el volumen del grano, la longitud de la mazorca, el diámetro de la mazorca y el diámetro del olote. El tercer componente estuvo determinado por la relación diámetro de mazorca-diámetro del olote y el número de hileras.

Cuadro 3.2. Valores y vectores propios de los componentes principales (CP) que describen la variación morfológica de 108 poblaciones de maíz nativo de los distritos de Ocotlán, Ejutla y Zimatlán de los Valles Centrales de Oaxaca. 2011 P-V.

Características	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
Valor propio	5.218	3.880	2.710	1.017	0.534
Varianza explicada (%)	0.373	0.277	0.194	0.073	0.038
Varianza acumulada (%)	0.373	0.650	0.843	0.916	0.954
<i>Vectores propios de variables morfológicas</i>					
Diámetro de mazorca (DIAMAZOR)	-0.1752	0.386	0.003	0.393	0.380
Longitud de mazorca (LONGMAZO)	-0.1642	0.387	0.270	-0.237	0.158

Cuadro 3.2. Continúa...

Número de hileras (HILERAS)	-0.256	-0.103	0.401	0.294	0.176
Granos por hilera (GRANHILE)	-0.355	0.144	0.200	-.205	0.182
Ancho de grano (ANCHGRA)	0.169	0.408	-0.263	-.035	-.1162
Longitud de grano (LONGRAN)	-0.315	0.196	-0.274	0.021	-0.063
Espesor de grano (ESPEGRAN)	0.389	0.185	0.036	-0.028	0.273
Diámetro del olote (DIAMOLOT)	-.0032	0.371	0.308	0.427	-0.170
Diámetro-longitud de mazorca (DMALONGM)	0.085	-0.209	-0.345	0.664	0.093
Diámetro del olote - diámetro de mazorca (DOLODMAZ)	0.193	0.091	0.430	0.173	-0.648
Ancho de grano-longitud de grano (ANGLOGR)	0.388	0.179	-0.018	-0.062	-0.017
Espesor de grano-longitud de grano (ESGRLOGR)	0.414	-0.002	0.154	-0.033	0.245
Espesor de grano-ancho de grano (ESGRANGR)	0.280	-0.203	0.323	0.024	0.394
Volumen de semilla (VOLUMEN)	0.162	0.410	-0.232	-0.012	0.046

En la dispersión obtenida por las componentes 1 y 2 (Figura 3.3) se observa en la posición extremo derecho y superior derecho, las formas pertenecientes a granos gruesos (rojo) y voluminosos, lo cual coincide, de acuerdo a Wellhausen *et al.* (1951) y Aragón *et al.* (2006), con los materiales cercanos a la raza de maíz Bolita; mientras que en el extremo izquierdo se agrupan a granos más delgados lo que se podría asociar a la presencia de maíz tipo Pepitilla y las combinaciones de este con Bolita.

Con relación a las componentes 2 y 3, se observaron dos grupos, uno integrado por poblaciones Bolita y la combinación de ésta con otras razas asignándolo como “variantes nativos locales” y el segundo denominado como “variantes nativas introducidas” que es donde se encuentran en mayor cantidad de poblaciones más representativas por la raza Pepitilla y Tuxpeño y combinaciones de estas con Bolita (Figura 4). Esto concuerda con lo encontrado por Aragón *et al.* (2003), en un estudio de conservación *in situ* y usos locales de las razas de maíz en Oaxaca, donde, analizaron

la diversidad intra-racial existente en 38 accesiones de maíz colectadas en 15 comunidades de Valles Centrales, mostrando una extensa variación fenotípica dentro de la raza de maíz Bolita. Dicha variación muestra, además de la presencia de la raza Bolita, las formas intermedias de ésta con las razas Pepitilla y Tuxpeño. Consideraron además, que dichas accesiones evaluadas son una representación de la diversidad genética intra-racial existente del complejo de la raza Bolita. Al respecto, Muñozcano (2011), señala que la diversidad de maíz en Santa María Tataltepec ubicada en la región mixteca del estado de Oaxaca, está integrada por variantes de las razas Bolita y Pepitilla y formas intermedias de estas; indicando que podría haber divergencia genética de la raza Bolita y cierto grado de similitud con Pepitilla, lo que concuerda con Hortelano *et al.* (2008) quienes han descrito fenómenos parecidos en el Valle de Puebla. Aragón *et al.* (2006), mencionan que la raza Bolita presenta introgresiones con otras razas, debido a que su área de adaptación es muy alta. Al respecto y de acuerdo a la distribución de las razas de maíz en Oaxaca referidas a los cinco estratos altitudinales, se indica que la presencia de la raza Bolita es en el estrato Bajío o subtropical, zona de transición y Valles Altos con 1001-1800, 1801-2000 y 2001-2500 msnm respectivamente. Mientras que la raza Pepitilla se señala en el estrato de Bajío o subtropical y finalmente el maíz Tuxpeño es ubicado en altitudes de 0-1000 y 1001-1800m correspondientes al estrato Trópico y Subtrópico respectivamente. De tal forma que el área común para los tres tipos, es el estrato del bajío o subtropical (Aragón *et al.*, 2006). Los Valles Centrales tienen altitudes de entre 1500 y 1800 msnm y un clima subcálido húmedo y semiárido (Orte-Paczka, 2003). A nivel local o regional, la variación dentro de razas es evidente cuando se evalúan caracteres cuantitativos, agronómicos o se emplean marcadores moleculares para estimar la diversidad interpoblacional (Herrera *et al.*, 2000; Pressoir y Berthaud, 2004).

3.5.1.2. Análisis de conglomerados

La agrupación de las poblaciones en el análisis de conglomerados (Figura 3.5) y considerando la dispersión de éstas en el plano determinado por los componentes 1 y 2 (Figura 3.3) y 2 y 3 (Figura 3.4), señalan que las poblaciones representan un complejo racial. Se identificaron nueve grupos de poblaciones de maíz nativos. Los grupos I, V, II,

IV y III, son los más representativos en número, ya que cuentan con 67, 13, 11, 7 y 6 poblaciones respectivamente, mientras que los grupos VI, VII y VIII y IX están representados sólo por una población. El grupo I representa el 62 % del total de las poblaciones y está integrado por el 94 % de poblaciones correspondientes a Bolita típico (37) y variantes del tipo Bolita-Pepitilla (16) y Bolita-Tuxpeño (10) y el 6 % restante, correspondiente a maíces tropicales (4). En este grupo se ubicó el 74 % de las 50 poblaciones preclasificadas por inspección visual como “solo” Bolita ó Bolita típico. Mientras que el grupo II, esta integrado por variantes de Bolita con influencia tropical Bolita-tuxpeño (1), Bolita con desarrollo inadecuado (Bm) (por condiciones agroecológicas no adecuadas, posiblemente por deficiente humedad) (2) , Bolita (2), maíz Tropical (3), Tropical con bolita (2) y un maíz heterogéneo (1). El grupo III y el IV representan el 12 % del total de las accesiones. El grupo III está formado por maíz Bolita (1), Bolita-pepitilla (1), y Bolita con desarrollo inadecuado (2), mientras que el IV por poblaciones de Bolita típico (7).

La variabilidad encontrada, también sugiere que las poblaciones cultivadas no son homogéneas en términos de presentar atributos específicos a lo descrito como raza primaria (Wellhausen *et al.*, 1951) por el contrario, muestran combinaciones de características morfológicas de dos o más razas. Esto denota la formación de complejos raciales, que indica una amplia diversidad incluso dentro de razas.

Lo más cercano a las variantes de maíz Pepitilla, se encontró en las poblaciones 26, 30 y 50, las cuales fueron agrupadas en los grupos V y VI. El grupo V, estuvo representado por 13 poblaciones correspondientes a Pepitilla- bolita (2), Bolita-pepitilla (9), Bolita (1) y Bolita con desarrollo inadecuado (1); mientras que el grupo VI, se integró por la población 26. Finalmente los grupos VII, VIII y IX, se formaron con poblaciones correspondientes a maíz Bolita-pepitilla, y Bolita con desarrollo inadecuado.

Al respecto, Anderson (1946), señala que el maíz en México es extremadamente variable, y esta variabilidad no se presenta igual en poblaciones de Estados Unidos, y señala que la diversidad de una sola localidad en México, pudiera ser equivalente a toda la existente en Estados Unidos. En este sentido, se ha señalado que existe una amplia base genética de las poblaciones de las razas de maíz mexicanas, como se

indica en un estudio con microsatélites con 24 poblaciones de maíz estudiadas (Reif *et al.*, 2006), en el cual se observó un mayor número de alelos por locus (7.84) que los encontrados en el estudio realizado por Labate *et al.* (2003) en EUA y Reif *et al.* (2005) en Europa, de 6.5 y 5.9 alelos/locus, respectivamente, lo que muestra la amplia diversidad de las poblaciones de maíz en el país.

La diversidad existente, probablemente también es producto de la recombinación genética que se lleva a cabo mediante el flujo de polen entre poblaciones vecinas y al movimiento de semillas que propician los agricultores mediante el intercambio de semillas ya sea entre vecinos o con agricultores de regiones muy apartadas y a la selección de semilla (Loutte, 1996; Soleri y Cleveland, 2001; Badstue *et al.*, 2007; Muñozcano, 2011). Al respecto, Carvalho, *et al.* (2004); Pressoir y Berthaud (2004); Justiniano *et al.* (2006); han señalado que la participación de los agricultores ha sido evidente e importante en el mantenimiento de la variabilidad genética de las poblaciones. Marshall (1977) indicó que la mayor parte de variabilidad genética se representa dentro y entre las razas criollas mantenidas por los sistemas agrícolas tradicionales familiares. Aunado a esto, Muñozcano (2011), señala que las diferencias entre poblaciones de maíz, pueden ser tan lejanas como al distinguir una raza, o tan cercanas que llegan a constituir una variante dentro de raza o formas intermedias entre razas.

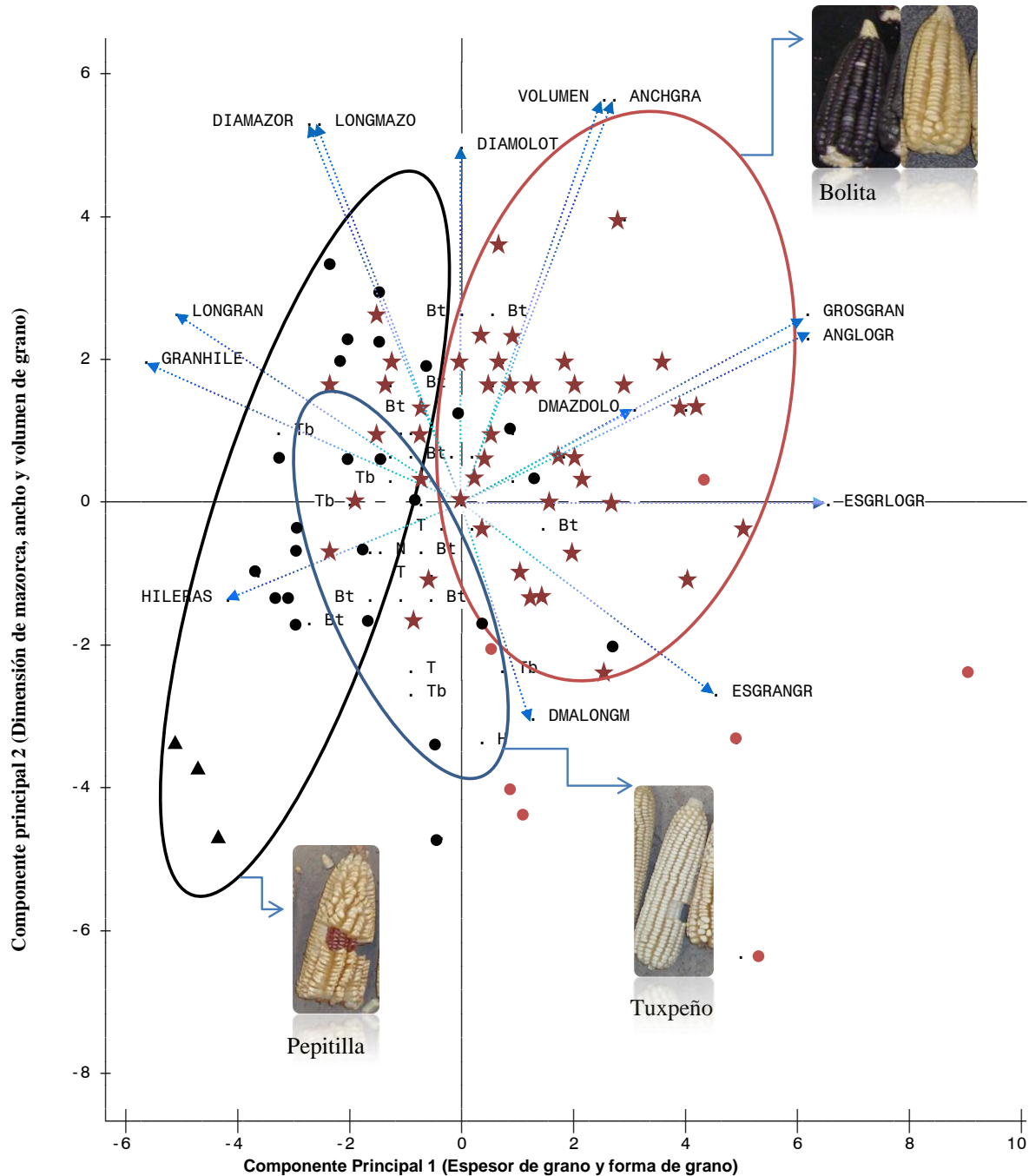


Figura 3.3. Dispersión de 108 poblaciones de maíz pertenecientes a tres distritos de Valles Centrales de Oaxaca, con variables morfológicas de acuerdo a los componentes principales 1 y 2, P-V 2011. Bolita, B (★); Bolita Tropical (Bt); Bolita pepitilla, Bp (●); Pepitilla bolita, Pb (▲); Tropical bolita (Tb); Tropical (T); Heterogeneo (H); No Bolita (N); Bolita mal dado, Bm (●).

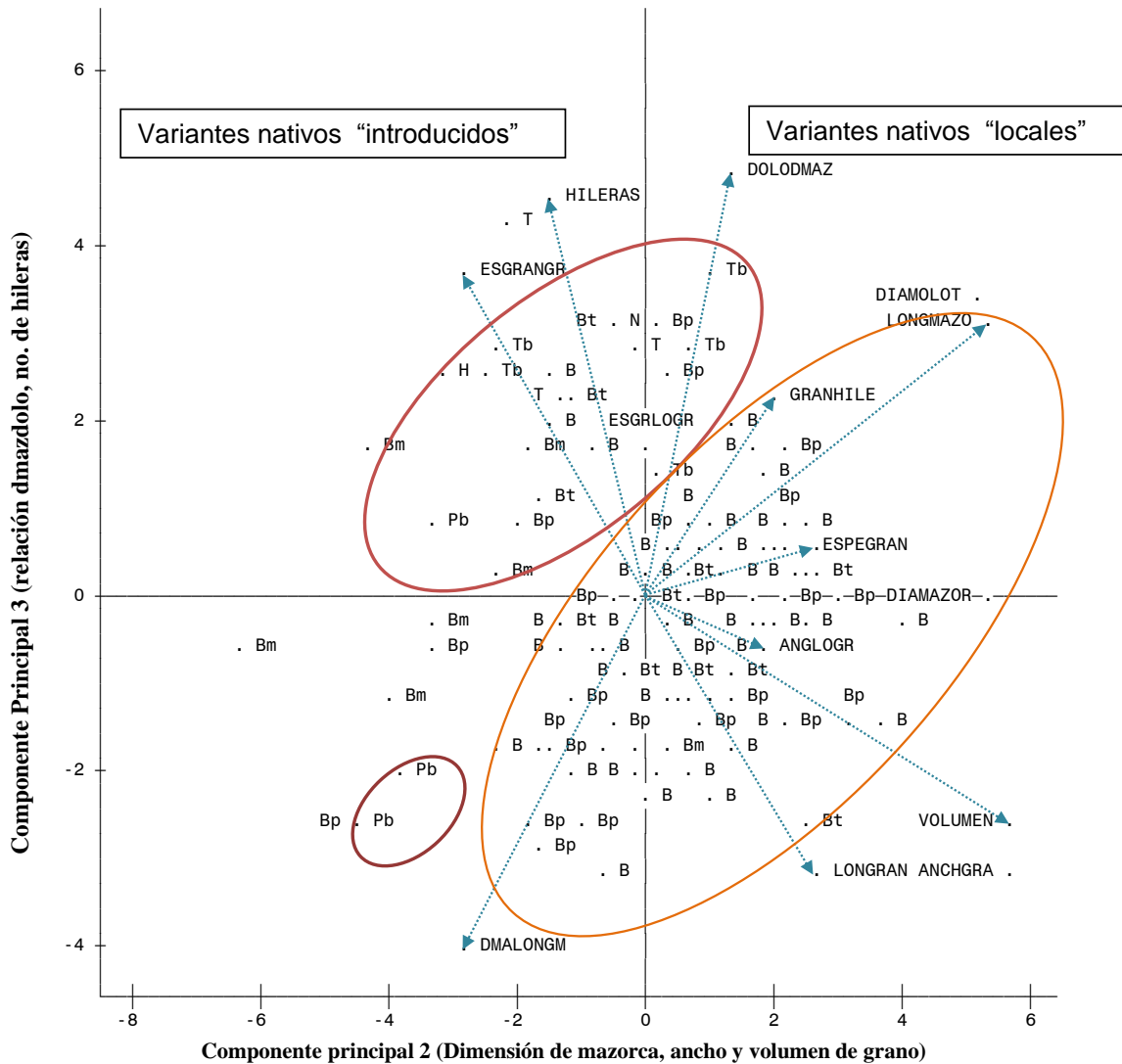


Figura 3.4. Dispersión de 108 poblaciones de maíz pertenecientes a tres distritos de Valles Centrales de Oaxaca, con variables morfológicas, de acuerdo a los componentes principales 2 y 3, P-V 2011. Bolita (B); Bolita Tropical (Bt); Bolita pepitilla, (Bp); Pepitilla bolita (Pb); Tropical bolita (Tb); Tropical (T); Heterogéneo (H); No Bolita (N); Bolita mal dado (Bm). En "naranja", los variantes nativos locales y en "rojo" los variantes nativos introducidos.

Lo anterior también explica la convivencia de maíz tropical (tuxpeño), Pepitilla y Bolita en este estudio y coincide con lo reportado por Chavez-Servia *et al.* (2011) quienes señalan haber encontrado la presencia de maíz Bolita cuando evaluaron la variación

fenotípica del maíz mixteco, en 100 muestras poblacionales de maíz de 14 municipios del distrito de Tlaxiaco, Oaxaca.

En este mismo sentido, se genera la posibilidad de sugerir el uso de maíz Bolita así como las variantes de éste y/o la presencia de otras razas dentro de éste complejo para conservar y separar no sólo la serie de variantes que obedecen a las preferencias en la comercialización de un producto, sino para detectar aquellas que satisfacen a una mayor productividad o con mejores caracteres agronómicos; con la finalidad de atender primordialmente la obtención de una denominación de origen que le dará ventaja en el mercado. Todo bajo el esquema de la conservación y uso adecuado de los recursos genéticos para orientar el establecimiento de estrategias que aseguren el mantenimiento de la variabilidad genética, que es esencial en el fitomejoramiento y la generación de productos derivados del maíz como es el caso de la Tlayuda.

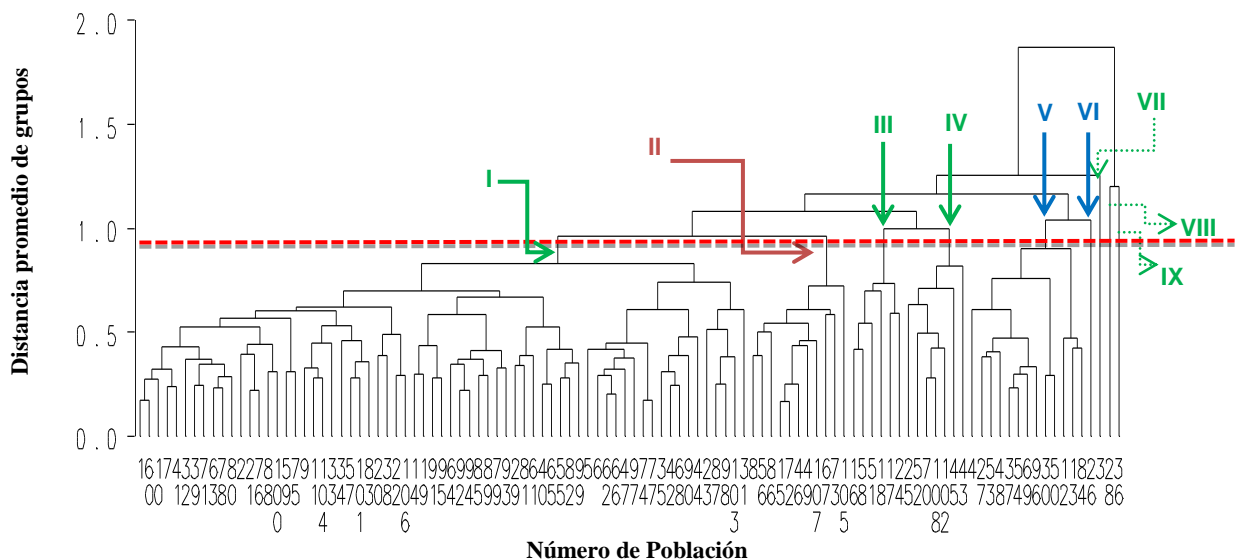


Figura 3.5. Dendrograma del análisis de conglomerados sobre 108 poblaciones de maíz nativas de tres distritos de Valles Centrales de Oaxaca, P-V 2011.

3.6. CONCLUSIONES

Con la información recopilada y el análisis de la información se puede concluir que:

- De las 108 poblaciones de maíz nativo colectadas en tres distritos de los Valles Centrales de Oaxaca, 90 % fueron de grano blanco, 5 % grano amarillo, y 5 % de grano azul.
- La diversidad de maíz encontrada mediante la identificación visual preliminar en las 108 poblaciones muestreadas, está integrada por Raza Bolita y por variantes de Bolita con Pepitilla y Tuxpeño principalmente.
- La variación se relacionó con la dispersión de las 108 poblaciones derivadas de los tres primeros componentes principales, mostrando la formación de tres grupos, en donde el grupo mayor es el conformado por materiales Raza Bolita y el resto por combinaciones de Bolita con Pepetilla y Tuxpeño.
- El análisis de conglomerados permitió la formación de tres grupos principales, no obstante; la agrupación obtenida refleja combinaciones de características morfológicas de dos o más razas. No habiendo una claridad específica de alineación en una sola raza, sino más bien, identificando un complejo racial.
- La diversidad encontrada en las 108 poblaciones de maíz provenientes de los distritos de Ejutla, Zimatlán y Ocotlán, no son exclusivamente Raza Bolita; y los resultados sugieren que las poblaciones forman parte de un complejo racial y no de pertenecer a una raza primaria.
- Con base en la diversidad genética identificada, se podría proponer a la Agrupación utilizar poblaciones Raza Bolita y/o detectar aquellas que obedecen a una mayor productividad o con mejores caracteres agronómicos e incluso con características sobresalientes, como fue el caso de maíz Pepitilla; para cubrir las necesidades de la conservación y mantenimiento de

la Raza, así como las preferencias en la comercialización de la tortilla Tlayuda.

- Los resultados del presente trabajo, podrían ser la base para considerar las exigencias requeridas para la obtención de una denominación de origen, donde se establece dentro de los requisitos, la caracterización del material utilizado en la elaboración de la Tlayuda.

3.7. LITERATURA CITADA

Agroproduce 2008. Maíz. No. 23. Año 03. Consultado el 29 de Mayo del 2012. Disponible en: http://www.oeidrus-portal.gob.mx/oeidrus_oax/

Álvarez L. R. 2003. Geografía General del Estado de Oaxaca. Cuarta Ed. Carteles Editores. Oaxaca, México. 485p.

Anderson E. 1946. Maize in México a preliminar survey. Annals of the Missouri Botanical Garden. Vol. 33. No. 2. Pp. 147-247.

Anderson E, Cluter H.C. 1942. Races of *Zea mays*: I. Their recognition and classification. Ann. Mo. Bot. Gard. 29 (2):69-89.

Aragón, C.F., S. Taba, J. M. Hernández, J. de D. Figueroa, V. Serrano y F. H. Castro. 2006. Catálogo de maíces criollos de Oaxaca. INIFAP-SAGARPA. Libro Técnico Num. 6. Oaxaca, Oaxaca. México. 334p.

Aragón C. F., S. Taba, G. H. Castro, J. M. Hernández, J.M. T Cabrera, L. A. Osorio, N. R. Dillanes. 2003. *In situ* Conservation and use of local maize races in Oaxaca, México: A participatory and decentralized approach. *In: Latin American Maize Germplasm conservation: Regeneration, in situ conservation, core subsests, and prebreeding. Proceedings of a workshop at CIMMYT.*

Badstue L. B., M.R. Bellon, J. Berthaud. A. Ramírez, D. Flores. Amd X. Juárez. 2007. The dynamics of farmers ´maize seed supply practices in the Central Valleys of Oaxaca, México. World Development 35: 1579-1593.

Bellon, M.R. 2009. Diversidad y conservación de recursos genéticos en plantas cultivadas, en Capital Natural de México, vol II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp. 355-382.

- Bird, R. M. and M. M. Goodman** 1977. The races of maize V: Grouping maize races on the basis of ear morphology. *Econ. Bot.* 31:471-481.
- Boege K.** 2009. Centros de origen, pueblos indígenas y diversidad del maíz. *Ciencias*, Num.92-93. Pp.18-28.
- Bretting P K, M P Widrlechner.** 1995. Genetic markers and plant genetic resources management. *In: Plant Breeding Reviews*. Jamick (ed) Vol. 13. Jhon Wiley & Sons. New York. USA. Pp:11-86.
- Carvalho VP, Ruas CF, Ferreira JM, Moreira RMP, Ruas PM.** 2004. Genetic diversity among maize (*Zea mays* L.) landrace assessed by RAPD markers. *Genetics Mol Biol* 27(2): 228-236.
- Cervantes S. T., M.M. Goodman, E. Casa D., and J.O.Rawlings** 1978. Use of genetic effects and genotype by environmental interactions for the classification of Mexican races of maize. *Genetics* 90:339-348.
- Chávez-Servia J.L., P Diego-Flores y J.C. Carrillo-Rodriguez.** 2011. Complejos raciales de poblaciones de maíz en San Martín Huamelulpan, Oaxaca. *Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable*. No. 1 Vol 7 pp. 107-115.
- Coronel O. D.** 2006. Zapotecos de los valles centrales de Oaxaca (Pueblos indígenas del México contemporáneo) 55p México. Consultado el 29 de Mayo del 2012. Disponible en: <http://www.cdi.gob.mx>
- Figuroa, J.D.C., Mauricio, A., Taba, S., Morales, E., Mendoza, A., Gaytán, M., Rincon-Sánchez, F., Reyes, M.L., and Véles, J. J.** 2005. Kernel characteristics and tortilla making quality of maize accessions from Mexico, the Caribbean, and South and Central America. *In: Taba, S. (ed). Latin American maize germplasm conservation: regeneration, in situ conservation, core subsets, and prebreeding; proceedings of workshop held at CIMMYT, April 7-10, 2003.* Mexico, D. F.: CIMMYT.
- Fernández-Granda L., J. Crossa, Z. Fundora-Mayor, L. Castiñeiras-Alfonso, G. Galvez-Rodriguez, M. García-García y C. Giraudy-Bueno.** 2010. Identificación y caracterización de razas de maíz en sistemas campesinos tradicionales de dos áreas rurales de Cuba. *Revista Biociencias* Vol 1. Num. 1 Año 1. Pp4-18.
- Goodman, M. M. and E. Paterniani** 1969. The Races of Maize: III. Choices of appropriate characters for racial classification. *Econ. Bot.* 23:265-273.
- Hellin, J., Keleman, A. y Atlin, G.** (2010). Smallholder Farmers and Maize in Mexico: A Value-Chain Approach to Improved Targeting of Crop-Breeding Programs. *Journal of New Seeds*, 11(3): 262-280.

Herrera-Cabrera B E. F. Castillo-González, J. J. Sánchez- González, J. N. Hernández-Casillas, R. A. Ortega-Paczka, M. Major-Goodman. 2004. Diversidad del maíz Chalqueño. *Agrociencia* 38:191-206.

Hortelano S R. R., A.M. Gil., A.V Santacruz, S.C. Miranda y L.T. Córdova 2008. Diversidad morfológica de maíces nativos del Valle de Puebla. *Agricultura Técnica en México* Vol. 34 Núm. 2 p. 189-200.

IBPGR. 1991. Descriptores para maíz. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)- International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR). Roma, Italia 88 p.

Justiniano da Fonseca M.A., Da Silva W M M. V., y Celso C. A. 2006. El estado del arte de los recursos genéticos en las Américas: conservación, caracterización y utilización. Disponible en: http://www.iica.int/foragro/cd_prior/Docs/RecFitog.pdf Visitado el 5 de Enero del 2012.

INEGI. 2000. XII Censo General de población y Vivienda.

INEGI (2000-20004) Anuarios Estadísticos del Estado de Oaxaca. Tomo II. INEGI. Aguascalientes, Ags. México (388, 429, 439, 521 y 606 p, respectivamente).

Kato, T. A., C. Mapes, L.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. 116pp. México, D.F.

Labate J. A., Lamkey K.R. Mitchell S.H., Kresivich S, Sullivan H, Smith JSC. 2003. Molecular and historical aspects of Corn Belt dent diversity. *Crop Sci* 43:80-91.

López- Romero G. A Santacruz-Varela, A. Muñoz – Orozco, F Castillo-González, L Córdova-Téllez, H Vaquera-Huerta .2005. Caracterización morfológica de poblaciones nativas de maíz del Istmo de Tehuantepec, México. *Interciencia* 30:284-290.

Louette, D 1996. Intercambio de semillas entre agricultores y flujo genético entre variedades de maíz en sistemas agrícolas tradicionales. En: "Flujo genético entre maíz criollo, maíz mejorado y teocintle: implicaciones para el maíz transgénico" (Ed. J.A. Serratos, M.C. Willcox y F. Castillo). México, D.F. CIMMYT. Págs. 60 - 71.

Manuel R.I Gil. M. A., Ramírez V. B., Hernández S. H., Bellon M. 2007. Calidad física y fisiológica de semilla de maíz criollo almacenada en silo metálico y con métodos tradicionales en Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* año/vol. 30, número 001. Pp. 69-78.

- Marshall D R.** 1977. The advantages and hazards of genetic homogeneity. *Annals of the New York Academy of Sciences* 287:1-20.
- Matus R. M.** 2009. El ingrediente étnico Alimentos y restaurantes oaxaqueños en los Ángeles, CA. *RURIS* Vol 3 No. 1. Disponible en: http://www.ifch.unicamp.br/ceres/ruris-3-1-el_ingredient_e_tnico.pdf.
- Mijangos C., J. O.** 2005. Estudio de la diversidad genética y relaciones filogenéticas de maíz de la Sierra Tarasca de Michoacán. Tesis de D. C., Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. De México. 168p.
- Muñozcano R. M** 2011. Diversidad genética del maíz, perspectivas para su conservación y desarrollo en una comunidad mixteca de Oaxaca: Santa María Tataltepec. Tesis de M.C., Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 64p.
- Muñoz O. A.** 2003. Centli-maíz. Prehistoria e Historia, Diversidad, Potencial, Origen Genético y Geográfico. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 210 pp.
- Narváez G. E. D., Figueroa C. J. D., Taba S.** 2007. Aspectos microestructurales y posibles usos del maíz de acuerdo con su origen geográfico. *Revista fitotecnia mexicana*. Año/vol. 30. Número 003. Sociedad Mexicana de Fitogenetica A. C. Chapingo, México. Pp.321-325.
- Ortega-Paczka, R.** 2003. La diversidad del maíz en México. En: Esteva, G. y Marielle, C. (Coords.). *Sin maíz no hay país* (pp. 123-154). México, D.F.: Culturas Populares de México.
- Ortiz, S.G. y Otero A. A.** 2007. México como el centro de origen del maíz y elementos sobre la distribución de parientes silvestres y variedades o razas de maíz en el norte de México. *Revista de Geografía Agrícola*. No. 38 UACH pp141-152.
- OIEDRUS-SAGARPA** 2007. Tarjetas Municipales de Información Estadística Básica del Estado de Oaxaca, Tomo II. Consultado el 31 de Mayo del 2012. Disponible en: <http://www.oiedrus-oaxaca.gob.mx/fichas/tomoll/distrito.pdf>
- Osorio A. L** 2008. Producción de maíz en labranza de conservación en Oaxaca En: *Maíz. Agroproduce* No. 23 Año 03. Consultado el 29 de Mayo del 2012. Disponible en: http://www.oiedrus-portal.gob.mx/oiedrus_oax/
- Pressoirs G, Berthaud J.** 2004. Population structure and strong divergent selection shape phenotypic diversification in maize landraces. *Heredity*; 92: 95-101.
- Rincón S. F., F. Castillo G. y N. A. Ruiz T.** 2010. Diversidad y Distribución de los Maíces Nativos en Coahuila, México. SOMEFI. Chapingo, Méx.

- Reif J.C., Hamrit S, Heckenberger M, Schipprack W, Bohn M, Melchinger A. E.** 2005. Genetic structure and diversity of European flint maize populations determined with SSR analyzes of individuals and bulks. *Theoretical and Applied Genetics* 111:906-913.
- Reif J.C., M.L. Warburton, X. C. Xia. D.A. Hoisington, J. Crossa, S. Taba, J. Muminović, M. Bohn, M. Frisch and A. E. Melchinger.** 2006. Grouping of accessions of Mexican races of maize revisited with SSR markers. *Theoretical and Applied Genetics* 113:177-185.
- Ruiz V J y Silva R M. E.** 1999. Zonificación Agroecológica del maíz de temporal en los Valles Centrales de Oaxaca II. Determinación de las prácticas de producción adecuadas. *Terra Latinoamericana*, año/vol. 17, número 004 Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Salinas-Moreno, Y., Gómez-Montiel, N.O., Cervantes-Martínez, J. E., Sierra-Macías, M., Palafox-Caballero, A., Betanzos-Mendoza, E. y Coutiño-Estrada, B.** 2010. Calidad nixtamalera y tortillera en maíces del trópico húmedo y sub-húmedo de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(4):509-523.
- Sánchez G., J.J., M. M. Goodman, and J. O. Rawlings** 1993. Appropriate characters for racial classification in maize. *Econ. Bot.* 47:44-59.
- Sánchez G., J., M. M. Goodman, and C. W. Stuber.** 2000. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Econ. Bot.* 54 (1):43-59.
- Serratos-Hernández J. A., J. L. Gómez-Olivares, N. Salinas-Arreortua, E. Buendía-Rodríguez, F. Islas Gutiérrez, and A. de Ita.** 2007. Transgenic proteins in maize in the soil conservation area of Federal District, México. *Front Ecol. Environ.* 5(5): 247-252.
- Sevilla, R.** 2006. Colecta y clasificación para programar la conservación in situ de la diversidad de maíz en la Amazonía peruana. En: Chávez-Servia, J. L., Sevilla-Panizo, R. (eds.). *Fundamentos genéticos y socioeconómicos para analizar la agrodiversidad en la región de Ucayali*. 16 de enero de 2003 Pucallpa, Perú. Biodiversity International, Cali, Colombia. Disponible en: <http://www.ibcperu.org/doc/isis/14399.pdf>
- SIAP,** 2010. Cierre de la producción agrícola por estado. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/index.php/agricultura/produccion-anual/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado.html>
- Smale M, A Aguirre, M Bellon, J Mendoza, I Manuel R.** 1998. Farmer Management of Maize Diversity in the Central Valleys of Oaxaca, México. CIMMYT Economics Working Paper 99-09. CIMMYT. México D. F. 27 p.

- Sneath P., H. A. and R. R. Sokal.** 1973. Numerical Taxonomy. The principles and practice of numerical classification. W. H. Freeman, San Francisco. 573 p.
- SNICS-CP** 2009. Manual Gráfico para la Descripción Varietal de Maíz (*Zea mays* L.). Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) / Colegio de Postgraduados (CP). SAGARPA. 118 p.
- SNICS-SAGARPA** 2009. Guía Técnica para la Descripción Varietal. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). SAGARPA. 32 p.
- Soleri D and A. Cleveland.** 2001. Farmers' genetic preceptions regarding their crop populations: an example with maize in the central Valleys of Oaxaca, México. *Economic Botany* 55 (1) pp. 106-128.
- Statistical Analysis System Institute.** 2005. The SAS® System for Windows® (Ver. 9.0). SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Trejo- Téllez. B y F. J. Morales-Flores.** 2009. Manual para la elaboración de una encuesta rural. Colegio de Postgraduados. 95p.
- Vázquez-Carrillo. M.G., Guzmán-Báez, L., García, J.L.A., Márquez-Sánchez, F., y Castillo-Merino, J.** 2003. Calidad de grano y tortillas de maíces criollos y sus retrocruzas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 26 (004):231-238.
- Vázquez-Carrillo. M.G., Pérez-Caramillo, J.P., Hernández-Casillas, J.M., Marrufo-Díaz, M. L., Martínez-Ruiz, E.** 2010. Calidad de grano y de tortillas de maíces criollos del altiplano y valle del mezquital, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31 (Núm. Especial 4): 49-56.
- Vigouroux Y., J.C. Glaubitz, Y. Matsuoka, M.M. Goodman, J. Sánchez G., and J. Doebley.** 2008. Population structure and genetic diversity of new world maize races assessed by DNA microsatellites. *Amer. J. Bot.* 95(10):1240-1253.
- Wellhausen, E. J., L. M. Roberts, E. Hernández X. and P.C. Mangelsdorf.** 1951. Razas de Maíz en México. Su origen, Características y Distribución. Folleto técnico No. 5. Oficina de Estudios Especiales, Secretaría de Agricultura y Ganadería. México, D. F. 237p.
- Yee R, K K Kidwell, G. R. Sills, T. A. Lumpkin.** 1999. Diversity among selected *Vigna angularis* (Azuki) accessions on the basis of RAPD and AFLP markers. *Crop Science* 39:268-275.

CAPÍTULO CUARTO

4. CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA DE UNA MUESTRA ETNOGRÁFICA DE MAÍZ (*Zea mays* L.) RAZA BOLITA

RESUMEN

El maíz es un cereal nativo de América, cuyo centro original de domesticación fue Mesoamérica y de origen fue México. Desde el punto de vista alimentario, económico y social, el maíz es el cultivo más importante y ha sido considerado como el principal sustento en Centro América y en México. La ingesta de maíz a través de productos nixtamalizados representa el 38.8 % de las proteínas, 45.2 % de las calorías y 49.1 % del calcio de su ingesta diaria de la población de México). Gran cantidad de variedades de maíz nativas, son utilizadas como fuente de materia prima en la preparación de diferentes productos alimenticios, muchos de ellos considerados alimentos tradicionales como el pozole, antojitos, Tlayudas, etc. El maíz raza Bolita, procedente de los Valles Centrales de Oaxaca, México; se utiliza como materia prima para la elaboración de las famosas y tradicionales tortillas “Tlayuda”. La actividad de venta de dicha tortilla, ha generado una fuente de empleo y por tanto de ingresos en las familias oaxaqueñas, además de contribuir a su alimentación y a la conservación de la diversidad. De esta forma, surgió la necesidad de caracterizar el maíz, utilizado en dicha actividad, desde el punto de vista bioquímico, para conocer algunas de sus cualidades nutrimentales mediante un análisis proximal y para contribuir a la conservación del mismo generando información pertinente con relación a la bioseguridad a través de la inspección e identificación de proteínas transgénicas en el grano de maíz. Los resultados obtenidos de las 107 colectas evaluadas, señalan una gran diversidad en los contenidos de aceite, con valores de 2.78 a 5.32 %. En proteína se obtuvo un rango de 7.59 a 11.38 %, y los contenidos de lisina y triptófano, que definen la calidad proteica del grano, oscilaron entre 0.173 y 0.320 % para lisina y de 0.0394 a 0.0788% para triptófano, ambos en grano completo. Mientras que la dureza expresó valores de entre 3 y 98 %.

Tanto el análisis de conglomerados como el de componentes principales permitió la dispersión de las poblaciones en base a los aminoácidos esenciales, contenido de aceite y proteína. Al respecto, se identificaron colectas con valores altos en lisina y triptófano como la 103, 88, 3, y 6. Además de identificar aquellas con alta calidad proteínica y alto contenido de aceite como la 12, 6, 9 y 51. La colecta 12 también

sobresalió con un alto contenido de almidón y de aminoácidos esenciales. Se identificaron accesiones sobresalientes en aceite y proteína tales como la 21B, 38, 39, 6, 9, 92, 85, 64, 61, 5, 29 y 14. Respecto a la identificación de proteínas de origen transgénico, todas las colectas analizadas fueron negativas para las proteínas CP4/EPSPS (maíz RoundUp Ready) y Cry 1Ab/1AC (maíz Bt), utilizando ELISA, y para las proteínas Bt-Cry 1F, Bt-Cry 2A, Bt-Cry 34 Ab1, Bt-Cry 3Bb1 utilizando las tiras reactivas. Lo anterior significa que ninguna de las colectas expresó las proteínas evaluadas.

4.1. INTRODUCCIÓN

El maíz es un cereal importante para la alimentación y la nutrición animal y humana en todo el mundo (Prassana *et al.*, 2001; Billeb y Bressani, 2001). Debido a su productividad y adaptabilidad, el cultivo del maíz se ha extendido rápidamente a lo largo de todo el planeta y se ha cultivado en la mayoría de los países del mundo siendo la tercera cosecha en importancia después del trigo y el arroz (Asturias, 2004); además es uno de los principales insumos de la agroindustria mundial para la producción de diversos productos como almidón, edulcorantes, aceite, alcohol etc., (Robutti, 2004). Ha sido considerado el cultivo agrícola más importante de México, bajo el enfoque alimentario, industrial, político y social (Vargas 2007; SIAP, 2009).

La principal forma de uso del maíz es a través de la tortilla (Coutiño *et al.*, 2008), la cual se consume todos los días (Zepeda *et al.*, 2009) y de acuerdo con la Cámara Nacional del Maíz Industrializado, el consumo *per cápita* anual de tortilla de la población nacional es de 105 kg de maíz (Silva, 2011) o bien de 127.4 kg año⁻¹(FAO, 2009), siendo mayor en los estratos inferiores de ingresos económicos o en áreas rurales con un consumo de 120 kg por año, lo que equivale a 328 g d⁻¹ (Amaya-Guerra *et al.*, 2004) menor para los estratos superiores de ingreso económico (INEGI de 1996-2008). La ingesta de maíz a través de productos nixtamalizados representa el 38.8 % de las proteínas, 45.2 % de las calorías y 49.1 % del calcio de su ingesta diaria de la población de México y en zonas rurales aporta casi el 70 % del total de calorías y el 50 % de las proteínas y el 49 % del calcio consumido por la población (Figueroa *et al* , 1994) ó bien contribuye

entre 800 y 1200 mg de calcio por día; al respecto se ha indicado que la ingesta de calcio a través de la tortilla es prácticamente biodisponible en su totalidad (Bressani, 2008). De aquí la importancia en la alimentación, sobre todo al considerar que en México, existe una población de 31 millones de personas con problemas de desnutrición, de los cuales 18 millones padece desnutrición severa; y dentro de éstos, el 55 % lo conforman diez millones de indígenas de más de 65 grupos étnicos y el resto es población urbana de escasos ingresos (Espinosa *et al.*, 2006; Sierra *et al.*, 2010).

Si bien los maíces mejorados han contribuido de manera sustancial en la alimentación de los mexicanos, también la intervención de los maíces nativos en la alimentación de las comunidades rurales ha sido de gran importancia. Los maíces nativos son utilizados como fuente de materia prima en la preparación de numerosos productos alimenticios tales como tortillas, pinoles, atoles, tostadas, botanas, tamales, elotes entre otros (Figuroa *et al.*, 2005).

La cocina tradicional mexicana, que tiene como base al maíz, ha sido considerada como patrimonio cultural inmaterial de la humanidad por la UNESCO (Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) (Vargas y Montaña, 2010). Resaltando que la base para la mayoría de los platillos de la cocina mexicana tradicional han sido los maíces nativos (Ortega-Paczka, 2003).

4.1.1. Caracterización bioquímica y calidad

La lisina y el triptófano son dos aminoácidos esenciales que están presentes en muy bajas concentraciones en el maíz. Sin embargo existen maíces con mayor contenido de dichos aminoácidos como lo son, los de alta calidad proteica (ACP) (Atlin *et al.*, 2011). Para conocer la calidad proteica en maíz e identificar materiales sobresalientes se han estudiado diferentes componentes químicos en el grano y/o endospermo como las proteínas y los aminoácidos como lisina, triptófano etc., (Vidal *et al.*, 2008; Martínez *et al.*, 2009). Además se ha monitoreado la calidad del grano de maíz en base a sus características biofísicas como humedad del grano; dureza en peso hectolitro, índice

de flotación, o características reológicas (Serratos *et al.*, 1987; Classen *et al.*, 1990; Arnason *et al.*, 1993; Serratos, 1993; Serratos *et al.*, 1997; Arnason *et al.*, 1997); color; contenido de proteínas y aceites (Classen *et al.*, 1990; Arnason *et al.*, 1993; Serratos, 1993; Arnason *et al.*, 1994; Arnason *et al.*, 1997; Salinas *et al.*, 2008; Vázquez *et al.*, 2010). Así mismo, se han evaluado aspectos microestructurales como grado de compactación de los cuerpos celulares del endospermo, tamaño y morfología del gránulo de almidón en 71 razas de maíz (Narváez *et al.*, 2007)). También se han estudiado diversos criterios de calidad para encontrar variedades con aceptación para la preparación de tortilla, por ejemplo, Rangel-Meza *et al.* (2003) consideraron dentro del análisis físico del grano la medición de la dureza a través del índice de flotación y peso hectolítrico así como el tamaño del grano, además, midieron la textura y dureza en masa y la tortilla, entre otras características. Coutiño *et al.* (2008), además de realizar mediciones en el nixtamal (porcentaje de humedad, pérdida de sólidos y pericarpio remanente), determinaron las propiedades físicas (peso de 100 granos, índice de flotación, peso hectolítrico y color) y químicas (aceite, proteína, lisina y triptófano) con la finalidad de identificar la calidad de grano, tortilla y botana en maíz de la raza Comiteco.

La composición física del grano, factores genéticos y ambientales (Gil, 2010), y las prácticas agronómicas, tienen influencia sobre la composición química y el valor nutritivo de los granos de maíz (Reynolds *et al.*, 2005). En relación a la calidad de la tortilla, ésta es influida por las características del grano y condiciones de elaboración (Bourne, 1982); por el manejo del grano (Bedolla y Rooney, 1982), los cuales inciden en las características nutricionales (Bressani, 1990).

Vidal y colaboradores (2008) consideran que pocos de los atributos importantes para los campesinos y población indígena han sido estudiados, y falta profundizar en los relativos a la calidad del grano y en el principal alimento, tortilla. Así, señalaron que las etnias mexicanas tienen una gran riqueza fitogenética representada por una amplia diversidad de maíces; sin embargo, la calidad nutritiva de éstos no ha sido completamente identificada, evaluada y caracterizada para su aprovechamiento en

mejorar la dieta y fortalecer la salud de la población indígena, considerando que en este sector poblacional es alimento básico y esencial.

Con base en lo anterior, se ha descrito que dentro de los usos especiales o potenciales del maíz se encuentra el maíz Bolita, utilizado para la elaboración de la tortilla Tlayuda en los Valles Centrales de Oaxaca (Aragón *et al.*, 2006). La Tlayuda es una tortilla de más de 30 cm de diámetro, famosa en Oaxaca y México (Aragón *et al.*, 2006; Vásquez *et al.*, 2004) que además se exporta a algunos lugares de EUA junto con otros productos oaxaqueños como el chocolate, mole, chapulines, queso etc., para ser consumido por migrantes mexicanos. En los Valles Centrales del estado de Oaxaca, existe un mercado urbano regional de tortillas, hechas a mano, que posibilita a muchas mujeres de comunidades rurales y suburbanas, cercanas a la capital oaxaqueña, encuentren en la elaboración y venta de este producto una fuente de autoempleo que les proporciona ingresos constantes para solventar la carencia de empleo formal. De esa forma, atenúan el impacto de la pequeña dotación parcelaria y bajos niveles de producción agrícola (Zarate, 2004), además de contribuir a la conservación de la diversidad. Hellin y colaboradores (2010) señalan que la importancia de los usos radica en que éstos demandan la siembra y ésta determina en buena medida la conservación *in situ* de los maíces nativos.

No obstante lo anterior, las exigencias del mercado también imponen tener datos actualizados sobre la materia prima y el producto terminado en cuanto a las características propias que los definen. Aspectos como el etiquetado de productos, denominación de origen y productos orgánicos, exigen una calidad específica que conlleva conocer elementos nutricionales en la materia prima (grano) y en su producto final así como la identidad varietal del grano utilizado. El otorgamiento de los certificados de denominación de origen a ciertos productos tradicionales en México través del IMPI (Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial), se realizan considerando aspectos de calidad y con la finalidad de su protección y uso especial. Esta acción ha contribuido no solo al resguardo de un mercado tradicional sino también a la conservación *in situ* de la materia prima con la que se elabora dicho producto

(Valenzuela *et al.*, 2004). Susceptible de denominación de origen o al menos de una marca colectiva comercial, podrían ser algunos productos como las Tlayudas o bien los Totopos del Istmo elaborados con maíz Raza Bolita y Raza Tepecintle respectivamente (Aragón *et al.*, 2003).

En lo que respecta a la identidad varietal del grano utilizado, es indispensable garantizarla, considerando el esquema de utilidad de los maíces con usos especiales como es el caso de maíz Bolita en el que hay un mercado latente y con marcadas exigencias como se explicó anteriormente. La identidad varietal y el mantenimiento de la pureza genética han sido esenciales en el caso de la certificación de semillas ya que, mediante su cuidado, garantiza a los agricultores semillas de alta calidad (González *et al.*, 1985), sin embargo, es susceptible de perderla debido a que durante el proceso de multiplicación la semilla puede ser contaminada con polen de otra variedad (considerando también semillas de organismos genéticamente modificados) o por mezcla física, debido al manejo inadecuado de las diversas labores de campo, cosecha o procesamiento (Wang, 1988 citado por Rodríguez *et al.*, 2005). De esta forma, se ha hecho indispensable la caracterización de las poblaciones y hoy en día el énfasis se ha dirigido a las poblaciones nativas, no sólo los análisis de rutina a nivel morfológico o bioquímico sino también a nivel de ADN mediante marcadores moleculares y la asignación de huellas genéticas, así como la identificación de organismos genéticamente modificados a través de la expresión de sus genes (identificación de proteínas) o a nivel de ADN (Dyer *et al.*, 2009; Piñeyro *et al.*, 2009).

La presencia de OGM's en territorio mexicano, ha originado una gran polémica ya que su existencia presume riesgos como la pérdida de la diversidad genética entre las poblaciones nativas de maíz (Dyer *et al.*, 2009; Loureiro, 2009; Soleri *et al.*, 2005; Cleveland and Soleri *et al.*, 2005), considerando que México es centro de origen y de diversidad del Maíz (Kata *et al.*, 2009), daños al ambiente y/o insectos no objetivo (Hilbeck *et al.*, 2012 a b) y en la salud, enfatizando riesgo de alergia y toxicidad en el ser humano (Seralini *et al.*, 2012; Valdes-Mosivais *et al.*, 2009; Velimirov *et al.*, 2008; Seralini *et al.*, 2007). La contaminación de alimentos con residuos de productos transgénicos ha persuadido a los gobiernos de diferentes países a restringir la

importación de alimentos hechos con plantas transgénicas o a imponer el etiquetado de alimentos o ingredientes hechos con cultivos transgénicos (Sasson, 2001). Actualmente, en el estado de California, EUA, se desarrolló un movimiento que difundía la opción al consumidor para elegir (comprar) o no alimentos elaborados a base de transgénicos, esta propuesta promovía legislar en torno al etiquetado de productos elaborados a partir de OGM's.

Así mismo, se han desarrollado diversos estudios alrededor del tema y en el marco de la alimentación, Valdez (2003) citado por Valdes-Monsivais *et al.* (2009), encontró en su estudio, en el que elaboró comida mexicana tradicional como pinoles, tamales, tortillas, fritos con maíz transgénico, que las condiciones de procesamiento tradicional no afectaron la persistencia de segmentos transgénicos, debido a que por PCR, una banda de 184 pares de bases de Cry A1 fue amplificada. Sin embargo, Rodríguez (2005) citado por Valdes-Monsivais *et al.*, (2009) al analizar las muestras anteriores utilizando la prueba de ELISA-DAS para las proteínas Cry 1 Ab/1Ac y CP4 EPSPS, estas, no fueron detectadas.

No obstante, hubo detecciones positivas tanto a nivel de genes como de proteínas en diferentes productos comerciales indicando que los procesos de elaboración, no afectaron la degradación de las proteínas transgénicas (Rodríguez 2005, citado por Valdes-Monsivais *et al.*, 2009). Cruz-Flores *et al.* (2008), reportan que de 83 muestras analizadas de alimentos comerciales elaborados a base de soya en tiendas de México, 7 fueron positivas para el gen *epsps* y 10 para el gen *cry 1AB*; mientras que 19 fueron positivas para la presencia de la proteína Cp4 EPSPS.

Es importante considerar el impacto de los OGM's con relación a productos orgánicos, productos tradicionales etc., y considerar con cautela la coexistencia con las poblaciones nativas. La investigación, demuestra que los transgenes pueden ir mas allá del organismo destinado y de su entorno (Marvier and Van Acker, 2005).

4.1.2. Estructura física del grano de maíz

El grano de maíz consta de la cascarilla o pericarpio o cubierta seminal (6 %), el endospermo (82 %) y el germen ó embrión (12 %) (Álvarez, 2006; Watson, 1987).

El pericarpio, constituye el 5 al 6 % del peso seco del grano e incluye todos los tejidos de cobertura exterior (Álvarez, 2006). Se caracteriza por un elevado contenido de fibra cruda (aprox. 87 %), la que a su vez está formada fundamentalmente por hemicelulosa (67 %), celulosa (23 %) y lignina (0.1 %) (Burga y Duensing, 1989; citado por FAO, 1993).

El endospermo, es la reserva energética del grano y ocupa hasta el 80 % del peso seco del grano. Contiene aproximadamente el 90 % de almidón y el 8-9 % de proteína, y pequeñas cantidades de un contenido de grasas crudas (FAO, 1993; OCDE, 2002; Álvarez, 2006).

El germen, esta compuesto por el embrión y el escutelo. Constituye del 10-12 % del peso seco del grano. Aporta el 26 % de la proteína del grano y minerales (FAO, 1993; OCDE, 2002; Álvarez, 2006).

4.1.3. Composición química y aspectos nutricionales de maíz

El grano de maíz, aporta del 15 a 56 % del total de las calorías diarias en la dieta de la población en 25 países en vías de desarrollo principalmente en África y América Latina (Atlin *et al.*, 2011). Su composición química es un aspecto importante en el valor nutritivo del mismo, además de su estructura física, factores genéticos y ambientales, en el procesamiento y elaboración así como otros eslabones de la cadena alimenticia (FAO, 1993; OCDE, 2002; Reynolds *et al.*, 2005; Gil, 2010).

De manera general, el grano de maíz esta compuesto por un 70 a 75 % de almidón, 8 a 10 % de proteína y 4 a 5 % de aceite (OCDE, 2002; Álvarez, 2006; Xu *et al.*, 2009).

Almidón

Es el componente químico principal del grano de maíz y constituye en promedio el 71 % del grano y es una fuente concentrada de energía (Prassana *et al.*, 2001), se encuentra organizado en partículas discretas conocidas como gránulos. Químicamente el almidón es un polímero de glucosa, que a su vez, está compuesta de dos macromoléculas de diferentes estructuras: la amilosa que es el componente esencialmente lineal de unidades de glucosa y la amilopectina que es el componente ramificado (Gaytán *et al.*, 2006), con enlaces α (1, 4) para la amilosa y con enlaces α (1, 6) para la ramificación de la amilopectina (Álvarez 2006).

Dentro de los gránulos, el almidón se encuentra en un arreglo semicristalino, donde el carácter cristalino se debe al ordenamiento de la amilopectina, así como también a su longitud (Zobel 1988, citado por Singh *et al.*, 2003; Agama *et al.*, 2004). En maíces normales la proporción de amilosa y amilopectina en el almidón es de 25% y 75 % respectivamente (Hong-Zhuo Tan *et al.*, 2009). En productos a base de maíz como tortillas, botanas, cereales para el desayuno, postres etc., Agama y colaboradores (2004); han señalado que el almidón tiene un papel muy importante en las propiedades fisicoquímicas, funcionales y nutricionales.

Proteínas

Después del almidón, las proteínas constituyen el siguiente componente químico y puede oscilar entre el 7 y 12 % del peso del grano (Salinas *et al.*, 1992). Del total de la proteína del grano entero, alrededor del 52 % son prolaminas (zeinas), y se localizan principalmente en el endospermo del grano, el resto lo constituyen las albuminas y globulinas (22 %), las cuales se concentran en el germen y las glutelinas que se concentran tanto en el germen como en el endospermo (Wilson, 1987).

Las prolaminas (zeinas) constituyen el 60 % de la proteína total del endospermo en variedades de maíz normal y albuminas (3 %), globulinas (3 %) y glutelinas (34 %) (Prasanna, 2001). Las prolaminas (zeinas) como principales proteínas de

almacenamiento, carecen de dos de los aminoácidos esenciales, lisina y triptófano (Prassana, 2001; Xu *et al.*, 2009).

El contenido de aminoácidos de las proteínas del germen difieren radicalmente del de las proteínas del endospermo, y considerando que el endospermo representa del 70 al 86 % del peso del grano, y el germen constituye el 10 al 12 % (Álvarez, 2006), o hasta el 22 % (FAO, 1993) del peso seco y contiene el 26 % de la proteína del grano (Álvarez, 2006); se infiere que el contenido de hidratos de carbono y proteínas de los granos de maíz depende en medida considerable del endospermo; el de grasas crudas y en menor medida, proteínas y minerales, del germen (FAO, 1993). Lo que a su vez sugiere que el contenido de aminoácidos esenciales refleja el contenido de aminoácidos de las proteínas del endospermo. No obstante, las proteínas del germen proporcionan una cantidad relativamente alta de determinados aminoácidos, aunque no suficiente para elevar la calidad de las proteínas de todo el grano. El germen aporta pequeñas cantidades de lisina y triptófano, los dos aminoácidos esenciales.

Aceites y ácidos grasos

El grano de maíz tiene de 3 a 5 % de aceite, el cual esta fundamentalmente en el germen con valores que van de 25-30 % (Duffus y Slaughter, 1985; Álvarez, 2006). El germen es el mejor depósito de lípidos, el cual contiene un 83 % de lípidos del grano (Álvarez, 2006). La composición de los ácidos grasos, determinan en gran medida la calidad del aceite del maíz (Robutti, 2004). De los ácidos grasos en el grano de maíz, el oleico (24 %) mono-insaturado y el linoleico (polinsaturado) de la familia Omega 3 (62 %) son los mayoritarios (Duffus y Slaughter, 1985). Estos ácidos grasos ayudan a mantener bajos niveles de grasa en las arterias y son importantes en el crecimiento infantil y en el desarrollo neurológico (Ronayne de Ferrer, 2000, citado por Torres *et al.*, 2010).

El aceite del grano de maíz está fundamentalmente en el germen con valores aproximados del 33 %, mientras que en el endospermo se tiene un 0.8 % y finalmente en el pericarpio tiene un 1.0 %.

4.1.4. Organismos genéticamente modificados

La transformación genética en maíz ha sido ampliamente utilizada en el mejoramiento de cultivos, especialmente en el desarrollo de nuevos cultivares comerciales con resistencia a plagas y herbicidas, principalmente y, aún más recientemente, se incluyen rasgos más complejos como la calidad del grano y la tolerancia a sequía (Xu *et al.*, 2009).

El maíz resistente a insectos se ha desarrollado mediante la aplicación del sistema de transformación biolística con genes que codifican para las proteínas Cry de *Bacillus thuringiensis* (Bt). El modo de acción de estas proteínas insecticidas Bt, se basa en la facultad que tiene la bacteria *Bacillus thuringiensis* para esporular y producir cristales que tienen propiedades tóxicas después de ser ingeridos por los insectos susceptibles (Rodríguez y González, 2007).

La tolerancia a herbicidas, se basa principalmente en el producto del gen *cp4 epsps* y en el del gen *pat*. El gen *cp4 epsps*, se aisló de la bacteria *Agrobacterium* cepa CP4, una bacteria comúnmente hallada en el suelo. Codifica una forma tolerante a glifosato de la enzima 5-enolpiruvil-shikimato-3-fosfato sintasa (EPSPS). El glifosato se une específicamente a la enzima EPSPS y la inactiva; la enzima EPSPS participa en la biosíntesis de los aminoácidos aromáticos tirosina, fenilalanina y triptófano (CERA, 2011). El gen *pat*, codifica para la proteína fosfotransferasa acetiltransferasa (PAT), que confiere tolerancia a una forma de fosfotricina sintetizada como la del glufosinato de amonio. Mediante el proceso de acetilación, fosfotricina se convierte en una forma inactiva que no es tóxica a las plantas de maíz (CERA, 2011). Un ejemplo de herbicidas comerciales son Roundup® (glifosato) y el Liberty® (glufosinato).

Técnicas para la identificación de OGM's

Las pruebas más ampliamente utilizadas para determinar la presencia de transgenes es la reacción en cadena de la polimerasa, PCR (Polymerase Chain Reaction). Para determinar la expresión de un transgene se monitorea la proteína que debe formarse al

expresarse dicho gen y esto se hace a través de inmunoanálisis ELISA, por sus siglas en inglés Enzyme-Linked Immunosorbent Assay a través de un sistema llamado LFA (Lateral Flow Strip) ó por medio de tiras de flujo lateral cuya diferencia fundamental es el formato ya que la base es la misma: detección de proteínas usando anticuerpos específicos de la proteína de interés (Rodríguez y González, 2007; Cruz *et al.*, 2008); es decir, detecta proteínas que confieren la característica transgénica.

El LFA es un método de captura que utiliza una combinación de anticuerpos inmovilizados en un soporte sólido. Para el ensayo, debe molerse una cantidad determinada de granos y una alícuota de esta harina y mezclarse con un *buffer* o agua, para generar una solución que incluya la proteína de interés. La tira posee en la parte inferior un fieltro que sirve para absorber la solución con las proteínas y filtrar las partículas que se hallan en suspensión (Figura 4.1). Al mismo tiempo, en el otro extremo se encuentra un material absorbente que recibe el flujo que asciende por capilaridad. El líquido en su ascenso, pasa primero por una zona en donde se halla un primer anticuerpo monoclonal (Atb) contra la proteína a detectar, conjugado con una molécula coloreada (con oro o látex). Si la proteína está presente en la muestra, en esta zona se producirá el reconocimiento por el Atb y ambos seguirán migrando juntos. La segunda zona es la de «pegado» o línea de resultado. En ésta se halla inmovilizado un segundo anticuerpo monoclonal contra la proteína en cuestión, de forma que cuando ésta llega a esa zona, queda retenida y concentrada en una línea delgada, y al traer consigo al conjugado coloreado, la región comienza a ser visible. Finalmente, hay una tercera zona llamada de control, en la cual un segundo anticuerpo contra el anticuerpo conjugado, está inmovilizado y retiene al conjugado que no haya quedado retenido en la línea de resultado, generando también una línea visible en esa zona. Esto indica que se produjo el flujo ascendente de líquido y que el anticuerpo conjugado se halla en buenas condiciones. La aparición de esta línea avala los resultados negativos, al indicar que la falta de color en la línea de resultado no se debe a una falla del kit. Cuando el resultado es positivo (visualización de color en la zona de resultado) no es necesario que aparezca la banda de control (Tozzini, 2004).

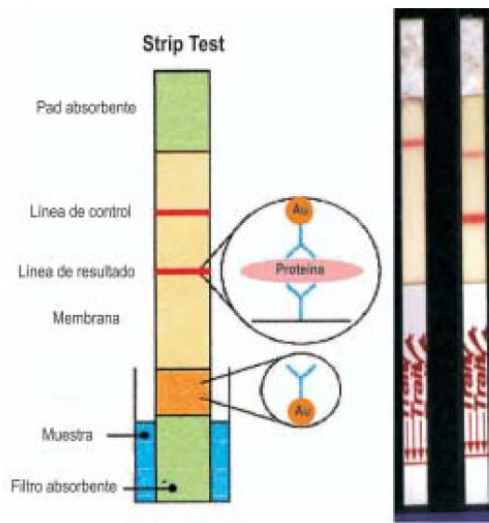


Figura 4.1. Esquema de una tira reactiva para la detección de la proteína CP4 EPSPS (resistencia a glifosato). Resultado negativo (izq.) y positivo (der.). Tomado de Tozzini, 2004.

La prueba de ELISA, detecta o mide la cantidad de proteína de interés en una muestra que puede contener numerosas proteínas distintas. Por tanto, se utiliza un anticuerpo fijado al pocillo que se une específicamente a la proteína transgénica, un segundo anticuerpo conjugado a una enzima cuyo producto genera un color que es visible al añadir un sustrato determinado y fácilmente cuantificable basado en la comparación de una curva patrón de proteínas de interés (AINIA, 2009).

La sensibilidad tanto de LFA y ELISA está limitada por la cantidad de proteína en la muestra, la calidad de la proteína extraída y la especificidad de los anticuerpos requeridos para realizar la prueba. Los resultados obtenidos son semi-cuantitativos; mientras que a través del método PCR con base en el ADN, se puede detectar la presencia de genes específicos que confiere la característica transgénica (gen que confiere la resistencia a insectos) y provee de resultados cuantitativos y cualitativos (Remund *et al.*, 2001). El análisis mediante PCR es altamente sensible y más estable que las técnicas inmunológicas (Cruz *et al.*, 2008). Tanto PCR, ELISA y LFA son muy útiles cuando la muestra a evaluar es en grano o tejido vegetal la cual puede incluso

estar en campo; sin embargo, en el caso de los alimentos procesados, la detección, ha sido empleando la técnica de PCR en punto final y tiempo real así como a través de la detección de proteínas mediante ELISA (Valdez, 2003 y Rodríguez, 2005 citados por Valdes-Monsivais et al., 2009; Cruz-Flores *et al.*, 2008).

4.2. JUSTIFICACIÓN

En el estado de Oaxaca, la base fundamental de la alimentación es el maíz. Dentro de los usos especiales o potenciales, se encuentra el maíz Bolita utilizado para la elaboración de la tortilla Tlayuda en los Valles Centrales de Oaxaca (Aragón *et al.*, 2006). Actualmente, existe un mercado que ha permitido la generación de ingresos para las familias oaxaqueñas a través de la venta de la tortilla Tlayuda. En este sentido, la contribución en la conservación del recurso genético maíz, es mediante la participación de los actores rurales a través de su uso.

Debido a la gran importancia del uso del maíz como parte de una fuente de ingresos económicos, de aporte nutricional y de la conservación de la diversidad, es indispensable caracterizarlo, considerando que aún se desconocen muchas de las cualidades que muy probablemente tienen, tanto desde un punto de vista nutricional como tecnológico, lo que representa un campo de estudio que puede contribuir notablemente al “uso y potenciación” de los maíces nativos. Además siendo el grano la materia prima de los productos generados y tomando en cuenta su identidad genética así como las exigencias de los mercados, en el presente estudio, se procedió a determinar las características de tipo nutricional así como la posible presencia de proteínas transgénicas en poblaciones de maíz.

4.3. OBJETIVOS

Objetivo general

Caracterizar bioquímicamente una muestra etnográfica de maíz (*Zea mays* L.) raza Bolita, proveniente de tres distritos geográficos de Oaxaca.

Objetivos particulares

- a) Caracterizar biofísica y bioquímicamente diferentes poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) raza Bolita.
- b) Identificar la presencia de proteínas de origen transgénico mediante análisis inmunológicos de diferentes poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) raza Bolita.

4.4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.4.1. Localización del área de estudio

Con base a los objetivos planteados, el lugar de estudio fue en los Valles Centrales de Oaxaca, en los distritos de Ejutla, Zimatlán y Ocotlán (Figura 3). La descripción en cuanto a localización de cada uno de los distritos involucrados se detalla en el Capítulo III.

La caracterización bioquímica fue dividida en dos etapas: 1) Descripción en base a la calidad nutricional del grano y 2) Identificación de proteínas de origen transgénico. La primera etapa se llevó a cabo mediante un análisis proximal, mientras que la segunda etapa fue a través de un análisis inmunológico.

4.4.2. Material biológico

El germoplasma a evaluar consistió de 108 accesiones colectadas en lotes de los agricultores agrupados en la *Organización Agropecuarios de Oaxaca*. Las muestras de grano, producidas en el ciclo otoño-invierno del 2011, provienen de 17 localidades correspondientes a 10 municipios (La compañía, Taniche, Ejutla de Crespo, La Pe, Ocotlán de Morelos, Asunción, Yaxe, San Baltazar Chichicapam, Santa Cruz Mixtepec,

Ciénega de Zimatlán) y tres distritos (Ejutla, Ocotlán y Zimatlán) en Valles Centrales de Oaxaca en diferentes altitudes que van de 1356 - 1631 msnm proporcionadas por 108 agricultores tal como se muestra en los anexos en el Cuadro 6.6. Sin embargo, en lo que se refiere a la **Descripción en base a la calidad nutricional del grano (Análisis proximal)**, las accesiones 10 y 84 se encontraban en malas condiciones debido a la presencia de hongos en la semilla, por lo que tuvieron que ser eliminadas. No obstante, se adicionó una variante en color de la colecta 21 teniendo un total de 107 accesiones. Es importante señalar que se conservó el orden de las accesiones de acuerdo al número que previamente se les había asignado, de esa forma, el número 10 y 84 de las colectas no aparece en la lista, mientras que el número 21 se repite dos veces y se nominó como 21 A y 21 B para su mejor manejo (Cuadro 4.6).

En el caso de la **Identificación de proteínas de origen transgénico (Análisis inmunológico)**, fueron evaluadas las 108 accesiones y se adicionaron 31 muestras más, provenientes de distintos establecimientos de venta de grano en los municipios de Ocotlán, Santiago Apóstol, San Pablo Huixtepec, Tlaxiactac de Cabrera, San Agustín Yatareni, San Agustín de las Juntas, y Mascuitzochilt; correspondientes a cuatro Distritos (Ocotlán, Zimatlán, Centro y Tlacolula) (Anexos, Cuadro 6.7).

A continuación se describe la metodología utilizada para cada una de las etapas propuestas en la caracterización bioquímica:

4.4.3. Análisis Proximal

Las pruebas de laboratorio para esta primera etapa, se realizaron en 2011 en el Laboratorio de Calidad Nutricional de Maíz en el Centro de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) Texcoco, México. Los caracteres evaluados fueron humedad, aceite (ACEIT), proteína (PROT), almidón (ALMDN), amilosa (AMILS), se cuantificaron los aminoácidos esenciales, lisina (LIS) y triptófano (TRIP) y se obtuvo el índice de flotación (IF).

Colecta

La colecta de cada accesión se realizó de acuerdo a Serratos *et al* (2007), quienes señalan muestrear en cada lote cinco sitios (A, B, C, D, E) formando un círculo con diámetro de 100 m lo que corresponde al norte, sur, este, oeste y centro sobre la parcela, para establecer una muestra homogénea. En cada sitio se seleccionaron 10 plantas de las cuales se tomó una mazorca por planta para tener un total de 10 mazorcas por sitio y se tomaron al azar 5 semillas de cada una para formar el primer compuesto. Finalmente de cada compuesto inicial de 50 semillas, se seleccionaron 10 semillas y se obtuvo un segundo compuesto de 50 semillas representativas de cada parcela. En las 50 semillas del segundo compuesto, se realizó la medición de los caracteres, humedad, aceite, proteína, almidón, amilosa, lisina y triptófano, en dos repeticiones, y dentro de cada una de ellas la medición fue hecha por duplicados y triplicados. En el IF se tomaron dos repeticiones cada una de 100 semillas. Las muestras se analizaron utilizando los protocolos propuestos por Galicia *et al.* (2009).

Preparación de la muestra

A excepción de la prueba de IF y de la determinación de humedad, donde se utilizaron semillas completas, las muestras de 30 semillas, provenientes de cada una de las 107 accesiones, se molieron en un molino Cyclotec 1093 (manufacturado por Foss Tecator , Hoganas Sweden) usando un tamiz de acero inoxidable de 0.5 mm; las muestras grandes son primeramente trituradas en el molino Wiley con puntos de contacto de acero inoxidable para obtener partículas que pasen por una malla de acero inoxidable de un diámetro de 2 mm.

Después, las muestras pulverizadas fueron colocadas en sobres de papel y se usaron en la determinación por NIRS, y en las determinaciones bioquímicas del extracto etéreo y proteína. Para las determinaciones bioquímicas de lisina, triptófano, almidón y amilosa, las muestras fueron envueltas en un papel de filtro comercial (10 x 11 cm) y fueron desengrasadas con 300 mL de hexano en un extractor continuo *Soxhlet-type* por seis horas. Posteriormente se secaron al aire para eliminar el exceso de hexano.

Determinaciones

Equipo NIRS (Espectroscopio de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano).

Las mediciones de proteína, lisina y triptófano en las 107 muestras, fueron realizadas con el equipo NIRS ver. 1.50 (Rosales, *et al.*, 2011).

Para llevar a cabo la prueba, el maíz se trituró y pasó por una malla de 0.5 mm, la muestra ya molida se colocó en celdas propias del equipo y se distribuyó homogéneamente; después la muestra fue transferida al porta- celdas para realizar la lectura. Los valores de proteína, lisina y triptófano, se registraron en una biblioteca.

Las 16 muestras en las que no se obtuvo lectura en ninguna de las tres mediciones con NIRS, se analizaron por métodos bioquímicos.

Equipo INFRATEC

La determinación de la humedad para las 107 muestras fue obtenida con el equipo INFRATEC. La prueba en este equipo es indestructible.

Métodos bioquímicos

Las determinaciones se hicieron de acuerdo a las metodologías propuestas en el compendio de protocolos de laboratorio elaborados por Galicia *et al.* (2009).

A) Grasas (extracto etéreo): El método químico de referencia fue el AOAC (AOAC, 1975) y se utilizó el equipo *Foss Soxtec 2050*®.

Procedimiento

Extracción

Se determinó el peso seco/constante de los vasos utilizados en el equipo *Foss Soxtec 2050*®. Posteriormente, se pesaron 2 g de la harina deshidratada de cada una de las 107 accesiones y se colocaron dentro del cartucho (dedal) de celulosa de extracción y este fue considerado el peso seco de la muestra. Luego, se colocaron los dedales en sus correspondientes tubos condensadores y se puso en

funcionamiento el equipo. Después, se agregaron entre 25 y 35 mL de éter de petróleo (solvente) en cada vaso y se mantuvo en reflujo durante 6 horas. Una vez que la extracción fue completada, se seco el extracto colocando el vaso inclinado en el portavaso. Después de que la mayoría del solvente se evaporó se mantuvo el vaso en el horno de secado durante una hora a 130 °C.

Cálculo:

$$\% \text{ de grasa cruda} = \frac{\text{Peso del extracto etereo}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

B) Proteína: Se utilizó el método Technicon Autoanalyzer II. Método Industrial #334-74, 1977.

Procedimiento

Digestión de la muestra

Se pesaron 40 mg de la muestra molida de cada accesión, incluyendo dos repeticiones. Posteriormente se transfirió cada muestra en el fondo de un tubo de digestión de 75 mL, incluyéndose por digestión dos tubos como blancos (es decir, sin muestra). Se adicionaron 2 g de la mezcla catalítica (Anexo, Cuadro 6.8) en cada tubo y 2.5 mL de H₂SO₄ concentrado, haciendo un lavado de las paredes de los tubos. Y se dejó reposar hasta que finalizó la reacción. Luego se digirieron a 380 °C durante 90 minutos en un digestor precalentado, dentro de la campana de extracción.

Análisis de la muestra.

Se removió la gradilla de tubos del digestor, se dejó enfriar a temperatura ambiente y ajustó el volumen a 75 mL con agua destilada para evitar la formación de cristales. Después se aseguró que la solución de la digestión fuera totalmente clara. Luego, los

tubos se cerraron herméticamente con una tapa de caucho y se mezclaron invirtiéndolos varias veces. Posteriormente se transfirieron 2 mL de la solución a viales Technicon y se colocaron las muestras en el Technicon Autoanalyzer ®. Se estableció la línea base bombeando cada uno de los cuatro reactivos: mezcla de reactivos 1, mezcla de reactivos 3, mezcla de reactivos 4, e hipoclorito de sodio (Anexo Cuadro 6.8). Y se estableció el 0 % en la gráfica usando el blanco de digestión. Se corrieron cuatro viales con la solución blanco de la digestión y se verificó que la línea base indicara el 0 %. Después se corrieron cuatro viales con la muestra estándar de 20 µg/mL y se ajustó el pico en 70 % en la gráfica. Finalmente se corrieron las muestras de las 107 accesiones.

Preparación del estándar de nitrógeno.

Se preparó una solución de sulfato de amonio 100 µg/mL en agua destilada.

Cálculo del porcentaje de nitrógeno:

20 µg N/mL es el 70 % en la gráfica.

Donde:

1 % en la gráfica = 0.2857 µg N/mL en digestión

µg N/mL en digestión = % de lectura en la gráfica x 0.2857 µg N/mL

ó

µg N en 75 mL en digestión = % de lectura en la gráfica x 0.2857 µg N/mL x 75

$$Fator\ de\ cálculo = \frac{20\mu gN /ml}{Divisiones\ de\ la\ gráfica\ x\ 100} \times volumen\ de\ digestión\ x\ 100\ %$$

$$\% \text{ de grasa cruda} = \frac{Peso\ del\ extracto\ etereo}{Peso\ de\ la\ muestra} \times 100$$

Determinación de proteína.

La proteína puede ser estimada a partir del valor de nitrógeno y en el caso del maíz, el cálculo es:

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ de nitrógeno} \times 6.25 \text{ (factor de conversión para el maíz)}$$

C) Triptófano: De acuerdo al método colorímetro basado en ácido glioxílico (Nuri *et al.*, 2009), por medio del cual, una molécula de ácido glioxílico y dos de triptófano forman un complejo colorido con un máximo de absorción de 560nm. Se utilizaron muestras desengrasadas y libres de humedad.

Procedimiento

Digestión de la muestra.

Por cada muestra, se pesaron 30 mg de la harina desengrasada en un tubo Eppendorf de 1.5 mL, haciendo una repetición por muestra. Luego, se adicionaron 1.125 mL de la solución de papaína. Se incluyeron al menos 2 blancos, 4 controles (de contenido conocido de triptófano: 2 QPM, 2 normal), y la curva estándar (ver detalles abajo). Después se cerraron los tubos para asegurar que no hubiera evaporación durante la incubación. Se agitaron las muestras vigorosamente usando vortex y se colocaron en un horno a 64 ° C durante 16 horas (toda la noche). Se agitaron en vortex 2 veces más, una hora después de trasladarlas al horno y una hora antes de completar las 16 horas del tiempo de incubación. Después se sacaron los tubos del horno y se dejaron enfriar a temperatura ambiente. Finalmente se agitaron mediante vortex los tubos justo antes de centrifugarlos a 3600 g durante 5 minutos y se aseguró que el sobrenadante no tuviera flotando partículas de la muestra.

Reacción colorimétrica

Se tomaron 50 µL del hidrolizado (sobrenadante) y cuidadosamente se transfirió en las microplacas y se agregaron 150 µL del reactivo E (reactivo colorimétrico) (Anexo Cuadro 6.9). Después se agitaron en vortex vigorosamente cada muestra de 3 a 5 segundos, luego se incubaron las microplacas en el horno a 64 °C durante 30 minutos para desarrollar el color. Al término de los 30 minutos, se sacaron las microplacas del horno y se dejaron enfriar a temperatura ambiente. Finalmente, se leyó la absorbancia a 560 nm en el espectrofotómetro de placas.

Curva estándar.

Se preparó una solución concentrada de triptófano de 100 µg/mL en una solución de acetato de sodio 0.1 M pH 7. En tubos falcón de 15 mL, se prepararon diluciones de 0, 10, 15, 20, 25 y 30 µg/mL (en acetato de sodio 0.1 M pH 7). Se agitó en vortex debidamente antes de ser usado. Finalmente, se efectuó la reacción colorimétrica (como anteriormente se describe) usando 1 mL de estas diluciones.

Cálculos:

Curva estándar para triptófano (curva de calibración).

Se desarrolló una curva de calibración utilizando cantidades conocidas de triptófano, en un rango de 0 a 30 µg/mL. Luego, se graficaron las lecturas de absorbancia a 560 nm en función de la concentración y posteriormente se calculó la pendiente (m) de la curva estándar. Notar que la pendiente tiene unidades de OD*mL/µg.

Cálculo del porcentaje de triptófano

La cantidad de triptófano para cada muestra se estimó usando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de triptófano} = \frac{OD_{560 \text{ nm}}}{\text{pendiente}} \times \frac{\text{volúmen hidrolizado}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

Sin embargo, la cantidad obtenida todavía incluía el triptófano de la muestra más el triptófano de la papaína. Para calcular el contenido de triptófano del material biológico (harina desengrasada) fue necesario restar el valor de papaína.

Por lo tanto, el % de triptófano debe ser calculado a partir del valor corregido de absorción.

$$\% \text{ Trp} = \text{OD}_{560 \text{ nm corregida}} \times \text{Factor}$$

Donde:

$$\text{OD}_{560 \text{ nm corregida}} = \text{OD}_{560 \text{ nm muestra}} - \text{OD}_{560 \text{ nm promedio de los blancos de papaína}};$$

$$\text{Factor} = A / \text{pendiente}$$

Donde:

$$A = \frac{\text{volúmen hidrolizado}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

En general, una muestra con más del 0.070 % de triptófano en grano completo es considerada como QPM. Sin embargo, esto también depende del contenido de proteína y por tanto del valor del índice de calidad (% trp / % proteína).

Los resultados se informan de acuerdo al en dos modalidades a) porcentaje de aminoácido en muestras de harina de grano entero, y b) contenido de aminoácido expresado en proteína, el cual se refiere al IQ (Índice de Calidad). Este se calcula según (Martínez *et al.*, 2009) como:

$$\text{IQ} = (100 * \% \text{ de triptófano}) / \% \text{ proteína}$$

D) Lisina: el contenido de lisina fue realizado por el método de Tsai (Tsai *et al.*, 1975) modificado por Villegas *et al.* (1984).

Los resultados se reportan en dos modalidades a) porcentaje de aminoácido, en muestras de harina de grano entero, y b) contenido de aminoácido expresado en proteína. Se utilizaron muestras desengrasadas y libres de humedad.

Procedimiento

Digestión

Una vez desengrasadas las muestras de harina provenientes de 30 semillas por accesión, en tubos falcon se digirieron 100 mg de harina desengrasada con 5.0 mL de la solución de papaína (4mg mL^{-1}), verificando la ausencia de partículas de harina adheridas a las paredes del tubo y sin estar en contacto con la solución de extracción. La solución de papaína sin muestra fue utilizada como blanco. Se incluyeron 2 blancos, 4 controles (de concentración conocida de lisina: 2 QPM, 2 normal). Las muestras se incubaron a $64\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 16 h, con agitación por lo menos dos veces durante la primera hora de iniciación. Se aseguró que los tubos estuvieran perfectamente cerrados para evitar la evaporación de la solución. Una vez completada la incubación los extractos se enfriaron a temperatura ambiente y se centrifugaron a 2500 rpm durante 5 minutos, asegurándose que el sobrenadante no tuviera flotando partículas de la muestra.

Reacción colorimétrica.

Se transfirió 1 mL a un tubo de centrifuga y se agregó 0.5 mL de la solución amortiguadora de carbonatos y 0.5 mL de la suspensión de fosfato de cobre. Después se agitó manualmente durante 5 minutos y se centrifugó a 2000 rpm durante 5 min. Se pasó un 1 mL del sobrenadante a un tubo nuevo y se agregó 0.1 mL del reactivo 2-cloro-3,5-dinitropiridina y se agitó con vortex. Luego, se mantuvieron los tubos a temperatura ambiente y protegidos de la luz durante 2 horas, agitando cada 30 minutos. Después, se adicionó 5 mL de HCl 1.2 N en cada tubo, también se le adicionó a cada tubo 5 mL de acetato de etilo y posteriormente, se cubrieron los tubos y se mezcló la solución invirtiendo 10 veces los tubos. Con cuidado se retiró la fase superior repitiendo esta acción dos o más veces. Finalmente se leyó la absorbancia a 390 nm en un espectrofotómetro.

Curva estándar.

Se preparó una solución concentrada de lisina a 1000 µg/mL en la solución amortiguadora de carbonatos. De la solución concentrada, se colocaron en tubos falcón de 15 mL, 0, 0.5, 1, 1.5, y 2 mL. Posteriormente, se le adicionó a cada tubo la solución amortiguadora de carbonatos 0.05 M, pH 9; en 2, 1.5, 1, 0.5 y 0 mL respectivamente. Y finalmente se completo para obtener un volumen total de 10 mL con 8 mL de la solución de papaína (5 mg/mL) (Cuadro 4.1).

Cuadro 4.1. Preparación de la curva estándar de lisina.

Tubo	Solución concentrada de lisina 1000 µg/mL (mL)	Solución amortiguadora de Carbonatos 0.5 M, pH 9.0 (mL)	Solución de papaína 5 mg/mL (mL)	Vol total (mL)	Concentración µg Lis / mL
1	0	2	8	10	0
2	0.5	1.5	8	10	50
3	1	1.0	8	10	100
4	1.5	0.5	8	10	150
5	2.0	0	8	10	200

Reacción colorimétrica

Previamente se pesaron 100 mg de la mezcla de aminoácidos y se mezclaron en 10 mL de la solución amortiguadora de carbonatos 0.05 M, pH 9. De cada uno de los tubos de la curva estándar, se transfirió 1 mL a tubos de 5 mL a los cuales se les agregó 0.5 mL de la mezcla de aminoácidos (Anexo Cuadro 6.10). A estos mismos tubos, se les agregó 0.5 mL de la suspensión de cobre. Después se agitaron con un vortex y se centrifugaron 5 min a 2500 rpm. En un tubo nuevo fue transferido de la mezcla anterior 1 mL y se agregó 0.1 mL del reactivo 2-cloro-3,5-dinitropiridina y se agitó con vortex. Luego, se mantuvieron los tubos a temperatura ambiente y protegidos de la luz durante 2 horas, agitando cada 30 minutos. Después, se adicionó 5 mL de HCl 1.2 N en cada tubo, también se le adicionó a cada tubo 5 mL de acetato de etilo y posteriormente, se cubrieron los tubos y se mezcló la solución invirtiendo 10 veces los tubos. Con cuidado se retiró la fase superior repitiendo esta acción dos o más veces. Finalmente se leyó la absorbancia a 390 nm en un espectrofotómetro.

Cálculo del porcentaje de lisina:

La cantidad de lisina para cada muestra se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de lisina} = \frac{OD_{390nm}}{\text{pendiente}} \times \frac{\text{volúmen hidrólisis}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

$$\text{Factor} = A / \text{pendiente}$$

Donde:

$$A = \frac{\text{volúmen hidrólisis}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

Sin embargo, esta cantidad incluye la lisina de la muestra más la lisina de la papaína. Para calcular el contenido de lisina del material biológico (harina desengrasada) es necesario restar el valor de papaína.

Por lo tanto, el % de lisina debe ser calculado a partir del valor corregido de absorción.

$$\% \text{ Lisina} = OD_{390 \text{ nm corregida}} \times \text{Factor}$$

Donde:

$$OD_{390 \text{ nm corregida}} = OD_{390nm \text{ muestra}} - OD_{390nm \text{ promedio de los blancos de papaína.}}$$

Los resultados se presentan en dos modalidades a) porcentaje de aminoácido, en muestras de harina de grano entero, y b) contenido de aminoácido expresado en proteína.

E) Almidón. La determinación de almidón Megazyme utiliza una digestión enzimática para extraer el polímero. En el protocolo descrito, la hidrólisis de almidón se lleva a cabo en dos fases. En la fase I, el almidón es parcialmente hidrolizado y totalmente solubilizado. En la fase II, las dextrinas del almidón son

en su mayoría hidrolizadas a glucosa por la amiloglucosidasa. La glucosa es entonces cuantificada colorimétricamente usando el reactivo de Antrona (Galicia *et al.*, 2009).

Procedimiento

Extracción.

En cada muestra desengrasada se pesaron 20 mg de polvo en un tubo de vidrio (20 x 150 mm). Se incluyeron dos tubos con el estándar de almidón. Luego, las muestras fueron humedecidas con 40 μ L de etanol acuoso al 80 % (V/V) para mejorar la dispersión, se esperó 5 min y se mezcló en un vortex.

Inmediatamente, se agregaron 600 μ L de α -amilasa en amortiguador MOPS (50 μ M, pH 7.0) (Anexo Cuadro 6.11) y se agitó vigorosamente el tubo con vortex. Después se incubó el tubo en un baño María de agua hirviendo durante 6 min (agitando el tubo vigorosamente después de 2 min y 4 min).

Luego se colocaron los tubos en baño María a 50 °C (se esperó 5 min a que se enfriara a 50 °C); y se agregó el amortiguador de acetato de sodio (800 μ L, 200 mM, pH 4.5), seguido de la amiloglucosidasa (20 μ L, con una pipeta digital). Posteriormente se agitó el tubo con un vortex y se incubó a 50 °C por 30 min. Se continuó con la transferencia de todo el contenido del tubo de ensaye a un tubo Corning de plástico de 50 mL. Se pipetearon 540 μ L de agua desionizada y se usaron para enjuagar el contenido del tubo de vidrio. Luego se mezcló el contenido del tubo y se transfirió a un tubo plástico Corning de 50 mL. Usando un dispensador, se enjuagó 3 veces el tubo de vidrio con 6 mL de agua desionizada, mezclando muy bien cada vez y se transfirió al tubo plástico Corning.

Después se centrifugó el tubo Corning de 50 mL a 3000 rpm durante 10 min. Se tomaron 1 mL del hidrolizado (sobrenadante) y cuidadosamente fue transferido a un tubo de vidrio (20*150 mm). Finalmente se agregó 9 mL de agua desionizada, se cubrió inmediatamente y se agitó con vortex.

Reacción colorimétrica

Utilizando una pipeta digital se tomaron 50 μL de la dilución y se transfirieron a una microplaca de 96 pocillos, después la microplaca se colocó sobre una capa de hielo durante 10 minutos. Cada muestra se analizó por triplicado (tres pocillos). Luego, se agregaron 100 μL de la solución de Antrona usando una pipeta multicanal digital.

Después, las microplacas fueron cubiertas con cinta adhesiva de aluminio para evitar que las muestras salpicaran y luego fueron agitadas con vortex hasta que se vio una solución homogénea en cada pozo. La microplaca se incubó a 100 ° C durante 10 minutos. Y posteriormente fueron enfriadas en un refrigerador durante 10 min y después se agitaron con vortex antes de leer la absorbencia a 630 nm en un espectrofotómetro.

Curva estándar

Se preparó una solución concentrada de 0.5 mg/mL de glucosa seca en agua desionizada. Luego, en tubos de vidrio de 50 mL, se prepararon diluciones 0, 12.5, 25, 37.5, 75 y 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ (en agua desionizada) y se agitaron antes de ser usadas. Se efectuó la reacción colorimétrica como anteriormente se describió.

Cálculos

Curva de calibración

Se desarrolló una curva de calibración utilizando cantidades conocidas de glucosa, que variaron de 0 a 0.1 mg/ mL. Se hicieron las lecturas de la absorbencia a 630 nm en función de la concentración y se calculó la pendiente de la curva estándar (unidades de OD * mL /mg).

Cálculo del porcentaje de glucosa.

La cantidad de glucosa en cada muestra fue estimada con las siguientes ecuaciones:

1. Se determinó la ecuación de regresión, relacionando la concentración de glucosa en las soluciones estándar con la lectura de la absorbencia en el espectrofotómetro. La fórmula de regresión es:

$$Y_g = b(x)$$

Donde:

Y_g = unidades de absorbancia 630 nm;

b = pendiente;

x = concentración de glucosa.

2. Se calculó la cantidad de glucosa en la muestra, primero restando el valor del blanco a la lectura de absorbancia de la muestra, y segundo dividiendo la absorbancia corregida entre la pendiente. La ecuación general para calcular la cantidad del por ciento de glucosa es:

$$\text{Almidón (mg/100 mg) de harina} = x d_f v h_f * 100 / d_w$$

Donde:

x = concentración de glucosa (mg/mL);

d_f = factor de dilución (ej. 10 para una dilución 1:9);

v = volumen original del extracto de almidón (20 mL);

d_w = peso original de la harina (20 mg);

h_f = factor de hidrólisis del almidón, 0.9.

F) Amilosa. El almidón es el componente principal de los granos maduros de maíz, está compuesto por dos macromoléculas con diferentes estructuras: amilosa, un polímero lineal de glucosas, unidas por un enlace $\alpha(1\rightarrow4)$ -glucosídico y ocasionalmente $\alpha(1\rightarrow6)$ -glucosídico, y amilopectina, un polímero altamente ramificado. En la presencia de tri-yoduro, se forma un complejo dando un color azul con λ_{max} a 620 nm. La reacción de yoduro ha sido propuesta para cuantificar el contenido de amilosa en almidón de maíz usando mediciones en una longitud de onda de 620 nm (Galicia *et al.*, 2009). La lista de reactivos se muestran en (Anexo Cuadro 6.12).

Procedimiento

Extracción

Se pesaron 20 mg de cada muestra de polvo desengrasado en un tubo Corning de 50 mL. Se incluyeron dos tubos con los estándares de amilosa. Luego se agregaron 0.2 mL de etanol al 95 %, para limpiar las paredes del tubo. Después se agregaron 1.8 mL de hidróxido de sodio 1 M y se dejó reposar a temperatura ambiente durante 20 a 24 h. Al día siguiente se ajustó el volumen a 20 mL con agua desionizada (18 mL) y se agitó el tubo vigorosamente.

Reacción colorimétrica.

Se tomó 1 mL de solución y se transfirió a un tubo Corning de 50 mL. Luego, se agregaron 2 mL de ácido acético 1 M y agitar vigorosamente. Después se agregaron 0.4 mL de solución de Lugol y se ajustó el volumen a 20 mL (18.4 mL de agua desionizada). La mezcla se agitó y se dio lugar al desarrollo del color por 20 minutos (se protegieron los tubos de la luz). Mas tarde, se pipetearon 200 μ L de la solución de la curva estándar y cada muestra fue transferida a una placa de 96 pozos. Finalmente se leyó a 620 nm en un espectrofotómetro.

Curva estándar

Se preparó una solución concentrada de 1 mg/mL de amilosa en agua desionizada (almacenada a 4 °C). En tubos de 50 mL, se preparó diluciones 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 y 1 g de amilasa en un volumen final de 20 mL y se agitó con vortex antes de usar. Luego, se efectuó la reacción colorimétrica (como anteriormente fue descrita) usando 200 μ L de estas diluciones.

Cálculos

Curva estándar para amilosa (curva de calibración).

Se desarrolló una curva de calibración usando cantidades conocidas de amilosa, en un rango de 0 a 1 mg. Luego, se graficaron las lecturas de absorbancia a 620 nm como función de la cantidad y se calculó la pendiente de esta curva estándar.

Cálculo del porcentaje de amilosa

La cantidad de amilosa en cada muestra fue estimada con las siguientes ecuaciones.

1. Se determinó la ecuación de regresión, relacionando la cantidad de amilosa en la solución estándar a la lectura de la absorbancia en el espectrofotómetro. La fórmula de regresión es:

$$Yg = a(x) + b$$

Donde:

Yg = unidades de absorbancia 620 nm;

a = pendiente;

x = cantidad de amilosa;

b = intersección (esto corresponde a la AP "Aproximación de Absorción").

2. Se calculó la cantidad de amilosa en la muestra, primero restando el valor del blanco a la lectura de absorbancia de la muestra, segundo restando la intercepción y después dividiendo la absorbancia corregida por la pendiente. La ecuación general para calcular la cantidad del por ciento de amilosa es:

$$\% AM = (x*d) *(100/f)$$

Donde:

X = cantidad de amilosa (mg);

d = factor de dilución (ej. 20 para una dilución 1:19);

f = peso original de la harina (20 mg).

G) Índice de Flotación (IF). Fue determinado en las 107 muestras. La dureza del grano o el tipo de endospermo fue clasificado de acuerdo al índice de flotación (Whscher, 1961). Brevemente, 350 ml de la solución de nitrato de plata

(densidad específica de 1.205 g/ml) fueron colocados en una probeta y 100 granos de maíz fueron añadidos. Los componentes fueron mezclados con una espátula y después de un minuto, se registró el número de granos que flotaron.

La clasificación del tipo de endospermo se hizo en base a la norma oficial mexicana (NMX-FF-034/1-SCFI-2002). Esta clasificación se basa en el IF, donde en 100 granos utilizados si el número de granos que flotan esta entre 0-12, el endospermo es muy duro (principalmente vítreo o cristalino), si el numero de granos esta entre 38 – 62, este es intermedio; y entre 88-100 es muy suave (principalmente harinoso).

Calculo del IQ

A partir de los datos obtenidos de las determinaciones, se calculó el índice de calidad (IQ por sus siglas en ingles), que es la relación triptófano y proteína, expresada en porcentaje y se calcula de la siguiente manera:

$$IQ = (100 * \% \text{ triptófano}) / \text{proteína}$$

Se utilizaron como testigos una muestra de maíz normal y un QPM con contenido de triptófano conocido. Estas muestras fueron proporcionadas por el CIMMYT.

4.4.3.1. Análisis estadístico

Toma, clasificación y análisis de datos

La información concerniente al análisis proximal se registró en una hoja electrónica (Excel 2007), posteriormente dicha base se utilizó para efectos de los análisis estadísticos.

Para cuantificar en términos relativos el grado de asociación entre dos variables se realizó un análisis de correlación, utilizando el coeficiente de Pearson con los promedios de cada una de las variables consideradas (grasas, proteínas, triptófano, lisina, almidón, amilosa) de las 107 accesiones.

Posteriormente, los promedios de cada una de las variables fueron estandarizados; con esta información, se procedió a practicar un análisis de componentes principales con el procedimiento PROC PRINCOMP de SAS (SAS Institute, 2005), a partir de la matriz de correlaciones para observar la tendencia de agrupamiento de las poblaciones en una gráfica bidimensional determinada por los primeros dos componentes principales. Además se efectuó un análisis de conglomerados con el programa estadístico SAS (SAS Institute, 2005).

Posteriormente, se realizó el análisis de conglomerados jerárquico análisis cluster, empleando el programa estadístico SAS (SAS Institute, 2005), los coeficientes de similitud se calcularon con las distancias euclidianas, y el agrupamiento se hizo mediante el método de UPGMA. Finalmente, para verificar las diferencias significativas de las variables evaluadas, en los nueve grupos formados, se realizó una prueba de comparación de medias a través de la prueba de Tukey.

4.4.4. Análisis Inmunológico

Se evaluaron 139 muestras de maíz, provenientes de los Valles Centrales de Oaxaca (Anexo Cuadro 2B y 1C). Las pruebas de laboratorio para la identificación de proteínas de origen transgénico se llevaron a cabo en el 2011 en el Laboratorio de Biomembranas de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, D.F.

4.4.4.1. Definición del tamaño de muestra en campo

La estrategia de muestreo fue establecida en base a la disponibilidad de los integrantes de la “*Organización Agropecuarios de Oaxaca*” para la obtención de muestras en campo de sus lotes de siembra. De este modo, se evaluaron 108 lotes de un total de 450, que integraban la asociación en el año 2010, distribuidos en los distritos de Ocotlán, Ejutla y Zimatlán.

El tamaño de muestra se determinó aplicando la fórmula sugerida por Trejo y Morales (2009):

$$n = N / (N d^2 + 1)$$

Donde:

N = tamaño de la población o universo (número total de posibles encuestados);

n = tamaño de la muestra;

d = precisión.

La colecta de las muestras se realizó de acuerdo a Serratos *et al* (2007), quienes recomiendan muestrear en cada lote cinco sitios (A, B, C, D, E) formando un círculo con diámetro de 100 m lo que corresponde al norte, sur, este, oeste y centro sobre el lote, para establecer una muestra homogénea. Así de cada sitio se seleccionaron 10 plantas de las cuales se tomó una mazorca por planta para tener un total de 100 mazorcas por sitio (Figura 4.2).

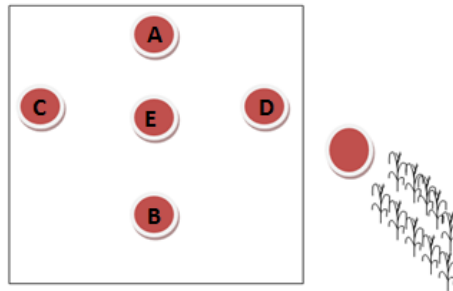


Figura 4.2. Distribución de los sitios de muestreo en cada lote.

Cada una de las 10 mazorcas de cada uno de los cinco sitios, fueron guardadas en bolsas de papel e identificadas con los siguientes datos: nombre del productor, distrito, municipio, localidad, nombre del predio o ejido, ciclo y fecha de siembra, y sitio de colecta dentro de la parcela.

4.4.4.2. Preparación de la muestra de análisis

De cada una de las 10 mazorcas por sitio, se tomaron al azar 5 semillas, formando un primer compuesto de 50 semillas. De cada uno de los compuestos iniciales fueron

seleccionadas de forma aleatoria 10 semillas y se obtuvo un segundo compuesto de 50 semillas representativas de cada parcela. Las 40 semillas restantes por sitio del primer compuesto, fueron resguardadas en el banco de semillas del Colegio de Postgraduados a 5 ° C, respetando su ubicación dentro de la parcela.

Las semillas (50) correspondientes al segundo compuesto, representativas de cada parcela y considerando que la colecta en cada parcela corresponde a una accesión, fueron trituradas hasta obtener una harina en un molino Cyclotec 1093 (manufacturado por Foss Tecator, Hoganas Sweden) usando un tamiz de acero inoxidable de 0.5 mm. La molienda fue realizada en el área de molienda del CIMMYT, como control para evitar contaminación de las muestras.

4.4.4.3. Desarrollo de las pruebas

Hay tres tipos de análisis disponibles para la detección y cuantificación de Organismos Genéticamente Modificados (OGM's): kits de tiras reactivas, ELISA, por sus siglas en ingles (Enzyme-linked immunosorbent assays) y las pruebas de ADN basadas en la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) (Ma *et al.*, 2005).

Ermolli *et al.* (2006), señalan que la detección de OGM's en harinas de maíz o cultivos frescos, pueden ser fácilmente evaluados a través de métodos basados en la detección de proteínas considerados como métodos prácticos rentables y comercialmente disponibles como ELISA y las tiras de flujo lateral.

Además, se ha considerado (Anklam *et al.*, 2002; Ma *et al.*, 2005) que la precisión de ELISA en el análisis cualitativo es comparable y ha sido totalmente validada para la detección de transgenes en maíz (Ma *et al.*, 2005; Ermolli *et al.*, 2006), lo cual ofrece según Dyer *et al.* (2009), claras ventajas cuando se seleccionan muestras grandes y es ampliamente usada en la investigación científica.

En el presente trabajo, se evaluó la actividad de proteínas específicas de maíces comerciales comunes en EUA en 2002 como CP4/EPSPS (maíz RoundUp Ready) y Cry 1Ab/1AC (maíz Bt) (Dyer *et al.*, 2009), utilizando ELISA. Mientras que para las proteínas Bt-Cry 1F, Bt-Cry 2A, Bt-Cry 34 Ab1, Bt-Cry 3Bb1 se evaluaron a través de tiras reactivas.

La CP4/EPSPS, confiere tolerancia al herbicida glifosato, Cry 1Ab/1AC, Bt-Cry 1F, Bt-Cry 2A confiere resistencia a insectos lepidópteros, Bt-Cry 34 Ab1 y Bt-Cry 3Bb1, provee resistencia a insectos coleópteros.

Tiras Reactivas

Para la detección de las proteínas Bt-Cry 1F, Bt-Cry 2A, Bt-Cry 34 Ab1 y Bt-Cry 3Bb1 se utilizó el kit, ImmunoStrip® Test Catalog no. STX 63200 y la metodología proporcionada en el kit comercial (Agdia, Elkhart, IN) (www.agdia.com).

Extracción

Después de la molienda, se tomaron 0.250 gr de harina de cada una de las muestras y se colocaron en un tubo eppendorf de 1.5 ml. Luego, se adicionó a cada tubo, con la muestra de harina, 0.750 ml del buffer SEB7 líquido concentrado 1X (ACC00340). La mezcla se agitó vigorosamente utilizando un vortex durante 15 segundos y después se dejó reposar durante 1 minuto.

Detección

Al término del reposo de la muestra con el buffer de extracción, se tomó una tira del contenedor y manteniéndola en posición vertical, se sumergió en el extracto del tubo sin sobrepasar la marca “sample”, es decir, hasta no más de 0.5 cm (figura 3). La línea de control apareció entre 3 y 5 minutos. En muestras positivas aparece además, la línea de prueba de cada proteína, tal como aparece en la Figura 4.3.

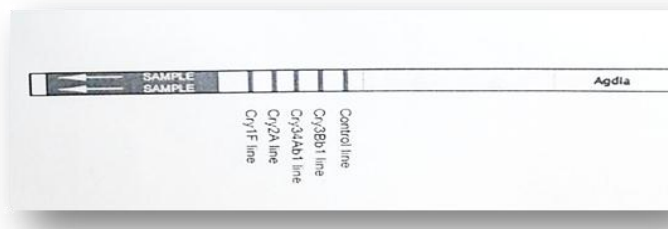


Figura 4.3. Descripción de resultados en la tira reactiva

ELISA

Se utilizó la técnica ELISA-DAS (Enzyme linked immunosorbent assay-Double antibody sándwich) empleando el kit Bt Cry1Ab/1Ac (PSP 06200) para la detección de las proteínas Bt-Cry 1Ab/1Ac y Roundup Ready® CP4 EPSPS Phato Screen kit (PSP 74000) para la detección de la proteína CP4 EPSPS, ambos de la empresa Agdia®. La extracción de las muestras y el desarrollo de los ensayos se realizaron siguiendo los procedimientos del fabricante.

Identificación de la proteína Roundup Ready (RR)

Usando esta prueba, se puede detectar una semilla transgénica para CP4 EPSPS en 1000 semillas (0.1 %) (www.agdia.com).

Extracción

Se pesó 1 gr de harina de cada una de las muestras y se colocaron en un vial de 5 ml. Luego, se adicionó a cada uno 2 ml del buffer MEB (Anexo Cuadro 6.13). La mezcla se agitó vigorosamente utilizando vortex durante 15 segundos y después se dejó reposar durante 1 minuto.

El control positivo (proporcionado en el mismo kit) y negativo (LNC74000, Agdia®), fueron suspendidos en 2 ml de MEB. Después de prepararlos, se dividieron en alícuotas de 220 µl y se almacenaron en frío (-20 C) hasta su utilización.

Procedimiento

De cada una de las muestras con buffer MEB así como del control positivo y negativo, se tomaron 100 µl y se depositaron en la microplaca de acuerdo a un orden

previamente establecido. La microplaca con las muestras, fue colocada en el interior de una caja húmeda y estas fueron incubadas durante 1 hr a 4 C. Luego, cuando el tiempo de incubación fue completado, se realizó el lavado de la microplaca, llenando cada uno de los pocillos con el buffer de lavado (1X PBST) durante 6 o 7 veces. Después se llenaron todos los pocillos con el buffer de lavado (1X PBST) y se dejó reposar durante 3 minutos. Al termino de este tiempo, se vació el contenido y se quito el exceso con una toalla sanitaria. Posteriormente, se adicionó en cada pocillo, 100 µl del conjugado enzimático de trabajo (Anexo Cuadro 6.13), y nuevamente se sometieron las muestras a un segundo tiempo de incubación colocando la microplaca con las muestras, en el interior de una caja húmeda durante 1 hr a 4 C.

Cuando el segundo tiempo de incubación terminó, se realizó un segundo lavado con el buffer de lavado (1X PBST) durante 6 o 7 veces. Después se llenaron todos los pocillos con el buffer de lavado (1X PBST) y se dejó reposar durante 3 minutos. Al termino de este tiempo, se vació el contenido y se quito el exceso con una toalla sanitaria. Luego, se adicionaron 100 µl de la solución de sustrato a cada pocillo y se incubaron las muestras colocando la microplaca en el interior de una caja húmeda durante 20 minutos. Finalmente se midió con un espectrofotómetro Biotek® la densidad óptica en cada uno de los pocillos a 650 nm. Se incluyo en cada ensayo una curva estándar utilizando diferentes concentraciones de CP4 EPSPS provistas con el kit. Cada muestra fue analizada por duplicado.

4.4.4.4. Interpretación de resultados

Los pozos en los cuales se desarrolló color azul, indicó un resultado positivo. Los resultados, según lo señalado en el protocolo (www.agdia.com), se interpretan como se expresa en el Cuadro 4.2.

Cuadro 4.2. Interpretación de resultados.

Densidad Óptica	Resultado del ensayo
Mas de 0.3	Positivo
Menos de 0.1	Negativo
Entre 0.1 -0.3	Resultados indeterminados, requiere más análisis

Identificación de las proteínas Bt-Cry 1Ab/1Ac

Extracción

Se diluyó 1 gr de harina de cada una de las muestras en 10 ml de buffer 1X PBST. La mezcla fue colocada en viales de 12 ml, se agitó vigorosamente utilizando vortex durante 15 segundos y después se dejó reposar durante 5 minutos.

El control positivo (proporcionado en el mismo kit) y negativo (LNC74000, Agdia ®), fueron suspendidos en 2 ml de buffer 1X PBST. Después de prepararlos, se dividieron en alícuotas de 120 µl y se almacenaron en frío (-20 C) hasta su utilización.

Procedimiento

En cada pocillo de la microplaca, se colocaron 100 µl del conjugado enzimático previamente diluido (Anexo Cuadro 6.14). Después, se adicionaron 100 µl de cada una de las muestras con buffer 1X PBST así como del control positivo y negativo en la microplaca de acuerdo al orden previamente establecido en un formato que se asemeja a la placa. Posteriormente, se colocó la microplaca en el interior de una caja húmeda y las muestras fueron incubadas durante 2hr a 4 C. Luego, cuando el tiempo de incubación terminó, se realizó el lavado de la microplaca, llenando cada uno de los pocillos con el buffer de lavado (1X PBST) durante 6 o 7 veces. Después se llenaron todos los pocillos con el buffer de lavado (1X PBST) y se dejó reposar durante 3 minutos. Al término de este tiempo, se vació el contenido y se quitó el exceso con una toalla sanitaria. Posteriormente, en cada pocillo se adicionaron 100 µl de la solución de sustrato TMB y se incubaron las muestras colocando la microplaca en el interior de una caja húmeda durante 20 minutos. Finalmente la densidad óptica se midió con un espectrofotómetro Biotek ® en cada uno de los pocillos a 650 nm y se apreció visualmente la coloración. Los pozos en los cuales se desarrolló un color azul, indicó un resultado positivo.

Se incluyó en cada ensayo una curva estándar utilizando diferentes concentraciones de Cry1Ab/Ac provistas con el kit. Cada muestra fue analizada por duplicado.

4.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.5.1. Análisis Proximal

4.5.1.1. Componentes físicos y químicos en grano entero

Los resultados se describen considerando la identificación visual de las accesiones, elaborada en el Capítulo III. Donde: B, Bolita; Bp, Bolita-pepitilla; Bt, Bolita-tuxpeño; Bm, Bolita con desarrollo inadecuado; Pb, Pepitilla-bolita; Tb, Tuxpeño-bolita; T, Tuxpeño; H, heterogéneo; N, no identificado.

Dureza de grano

El Índice de flotación (IF), indicativo de dureza (Salinas *et al.*, 2010), fluctuó entre **3 a 98 %**, lo que corresponde a maíces muy duros y muy suaves respectivamente, sugiriendo una amplia variación en las poblaciones evaluadas. El valor promedio fue de **58.07** y el porcentaje de maíces muy duros, duros, intermedios, suave y muy suave fue de 0.9, 10.3, 50.5, 32.7, 5.6 % respectivamente. El 50.5 % de maíces de grano suave pertenece principalmente a maíces identificados como Bolita y Bolita-Pepitilla.

En relación con el tipo de almidón, se ha señalado, que es de naturaleza córnea en los más densos o duros y harinosa en los más blandos o ligeros; en los primeros predominan las moléculas de amilopectina y en los ligeros las de amilosa, con numerosas variantes y modificaciones (Boyer y Hannah, 1994; Rangel-Meza *et al.*, 2004). Osorio-Díaz *et al.* (2011), indican que la calidad de la tortilla es influenciada por el tipo de endospermo y aun más por el tiempo de cocción y que ambos factores son establecidos en base al IF.

Así mismo, Bedolla y Rooney (1982) reportaron que las variedades cristalinas o vítreas requieren largo tiempo de cocción que aquellas con endospermo harinoso. En variedades harinosas, todo el endospermo es harinoso, este tipo es frecuentemente preferido cuando el maíz es molido como para harinas nixtamalizadas. En variedades de endospermo duro o cristalino, el endospermo vítreo forma una capa alrededor de la

sección del endospermo harinoso; este tipo de maíz no hace productos alcalinos cocinados porque se requiere un mayor tiempo de cocción (Serna-Saldivar *et al.*, 1993).

Proteína

En proteína se obtuvieron valores de **7.59 % a 11.38 %** donde destacan por su alto contenido las colectas 21B, 22 y 29 (identificadas como Bt, Bp y B) con 11.21, 11.27 y 11.38 % de proteína respectivamente. No obstante al promedio general (**8.74 %**), el cual fue inferior a lo reportado por Vázquez *et al.* (2003) (**11.4 %**), en la evaluación de calidad de grano y tortilla de 40 maíces criollos de diferentes razas de maíz, y Vidal *et al.* (2008) (**10.3 %**) en 45 colectas de maíces nativos colectados en la región serrana de Nayarit correspondientes a seis razas de maíz.

El 28 % de las colectas tienen valores superiores a **10 %**, al respecto, Vázquez *et al.* (2003), reportan que en promedio para maíz Bolita y Pepitilla se tuvieron valores de **9 y 9,9 %** respectivamente. En el estudio de 26 accesiones del altiplano y valle del mezquital, México, en las que se evaluó la calidad de grano y de tortillas, Vázquez *et al.* (2010), reportaron valores promedio en proteína para las accesiones Bolita, Pepitilla y Tuxpeño, de 6.9, 9.9 y de 10.1 a 12 % respectivamente. Mientras que Ortega *et al.* (1986), indican que para maíz Tuxpeño se obtuvieron valores de **9.8 %**. Los valores de proteína deben tomarse con precaución dada la gran influencia medio-ambiental en este parámetro. A mayor disponibilidad de nitrógeno o menor densidad de plantas, mayor es la acumulación de proteína (Pixley *et al.*, 2002). Sin embargo la variabilidad aquí observada en las colectas provenientes de los campos de agricultores es un indicativo de la diversidad en concentración de proteína dentro de los maíces destinados para la elaboración de Tlayuda.

Lisina

Las colectas mostraron valores que oscilan entre **0.173 y 0.320**. El valor promedio (**0.240 %**), fue inferior a lo reportado por Vidal *et al.* (2008), (**0.304 %**) también como valor promedio de las 45 colectas de maíces nativos colectados en la región serrana de Nayarit. Sin embargo, la colecta **72** identificada como maíz Tuxpeño muestra un

porcentaje de lisina (**0.320**) superior a lo informado por Ortega *et al.* (1986) para el maíz Tuxpeño (**0.252 %**). Las mejores colectas en contenido de lisina fueron la 72, 5, 36, 6, 37 identificadas como T, Bp, Bm, Bp, Bp.

Triptófano

El contenido de triptófano varió de **0.0394 a 0.0788** con un promedio **0.05 %** lo cual resulto semejante al 0.05 % reportado por Vidal *et al.* (2008). Las mejores colectas (88, 68, 6, 100, 9, 3 y 5) identificadas como B, Bp, Bp, Bp, Bp, Bp, Bp), tuvieron valores de **0.0695, 0.0699, 0.0713, 0.0713, 0.0717, 0.0748 y 0.0788** respectivamente, las cuales son superiores a lo reportado por Vidal *et al.* (2008), en las colectas que tuvieron los mejores valores en triptófano cuyo valor máximo fue de **0.061 %**. En lo que se refiere a maíz Tuxpeño, las colectas 67, 73, 72 tienen valores superiores (**0.0580, 0.0580, 0.0688** respectivamente) a lo reportado por Ortega *et al.* (1986) (**0.055 %**) para maíz Tuxpeño.

Es importante tener en cuenta que los valores altos de lisina y triptófano pueden deberse a que estos aminoácidos fueron determinados en grano completo. Y por lo tanto no son un reflejo de una mayor calidad de la proteína en el endospermo. En grano completo de embrión grande, la posibilidad de tener mayores cantidades de estos aminoácidos aumenta, dadas las características de las proteínas en el germen. De cualquier forma, las colectas identificadas con valores altos de estos compuestos resultan relevantes por su potencial contribución nutricional cuando son procesados y consumidos.

Aceite

La raza bolita destaca por tener proporciones relativamente altas de germen (>12 %) en comparación con otras razas (Aragón *et al.*, 2006). Los contenidos de aceite fueron desde **2.78 a 5.32 %**, con un valor promedio de **3.81 %**. Las colectas **39, 38 y 12** (caracterizadas como Bt, Bt, y Bp) destacan por su alto contenido de aceite (5.27, 5.30 y 5.32 % respectivamente), mientras que las colectas 50, 26 y 30, identificadas como Pepitilla predominantemente, tienen valores de 4.32, 4.43 y 4.94 %. Los materiales

indicados como Tuxpeños, tienen valores de 3.89, 3.95, 4.29 para las colectas 67, 73, 72 respectivamente. Vázquez *et al.* (2003), señalan que en la evaluación de 40 maíces criollos mexicanos, la raza Bolita en promedio obtuvo un valor en proteína de 5.3 % y en Pepitilla fue de 4.3 %. Los valores comparativamente altos de aceite en la raza bolita, es una de las características que contribuye a la calidad de este grano para la elaboración de las Tlayudas ya que evita la retrogradación de las tortillas. Adicionalmente, constituyen una fuente energética al usarse para la elaboración de alimentos balanceados o para alimentación de animales de traspatio.

Almidón y amilosa

El porcentaje de almidón en las colectas oscila entre **58.92** y **70.93** con un promedio de **63.95**. Las colectas con un mayor contenido de almidón fueron 91, 33 y 95 con valores de 69.63, 69.97 y 70.23 respectivamente y que fueron identificados como maíz tipo Bolita. En lo referente a amilosa, las colectas tienen valores que van de **23.80** a **29.20**, con un valor promedio de **26.30**. Las mejores colectas por contenido de amilosa fueron la 58, 45, 43 y 18 con valores de 28, 28, 28.76 y 29.20 respectivamente, identificadas como Bm, B, B, Bm.

4.5.1.2. Análisis estadístico

Correlaciones entre los caracteres evaluados

El Cuadro 4.3, muestra las correlaciones de Pearson existentes entre los caracteres: contenidos (%) de proteína, lisina, triptófano, aceite, índice de flotación, almidón y amilosa de las 107 accesiones estudiadas en este trabajo. Como se observa, la mayoría de las correlaciones son muy bajas, sin embargo algunas de ellas son significativas al 0.01. Entre las correlaciones más sobresalientes, se tiene al contenido de proteínas, el cual manifiesta una correlación negativa significativa baja con los contenidos de triptófano y lisina. Esto significa, que a medida que se incrementan estos valores, el contenido de proteína total es menor, e indica que la calidad de la proteína total es alta, quizá por una reducción en el contenido de zeinas y el aumento en el contenido de prolaminas. Un comportamiento similar se observó en Vidal *et al.* (2008).

Así mismo, es importante destacar, que el aumento en el contenido de uno de los dos aminoácidos equivale directamente, al aumento del otro y viceversa; de esta manera la calidad proteica puede aumentar o disminuir de forma considerable (Nurit *et al.*, 2007).

Otra correlación significativa negativa baja, que también fue similar a lo reportado por Sánchez *et al.* (2007), es la referida al contenido de almidón con la proteína; indicando que a medida que se incrementa el nivel de proteína, el de almidón disminuye.

Así mismo, en las colectas evaluadas, se expresa una correlación negativa media entre el contenido de proteína y la amilosa, lo que sugiere en este caso que a mayor contenido de amilosa, la proteína disminuye.

El índice de flotación que es un indicador de dureza, expreso una correlación negativa baja, con el contenido de proteína y aceite, es decir que en granos harinosos se tiene un menor contenido de proteína y aceite. Respecto al contenido de lisina y triptófano se expresó una correlación significativa positiva baja, lo que significa que a mayor IF, se tiene un mayor contenido de estos dos aminoácidos.

Cuadro 4.3. Correlaciones de Pearson (r) entre los contenidos (%) de proteína, lisina, triptófano, aceite, almidón y amilosa.

	Proteína	Lisina	Triptófano	Aceite	Índice de flotación	Almidón	Amilosa
Proteína	1	-0.31415 0.001(**)	-0.41558 <.0001(**)	0.06026 0.5375	-0.30365 0.0015(**)	-0.23748 0.0138(**)	-0.52273 <.0001(**)
Lisina		1	0.66073 <.0001(**)	-0.14098 0.1475	0.38634 <.0001(**)	0.12965 0.1832	0.21163 0.0287
Triptófano			1	-0.16745 0.0847	0.48173 <.0001(**)	0.17378 0.0734	0.24889 0.0097(**)
Aceite				1	-0.31926 0.0008(**)	0.11991 0.2186	0.08104 0.4066
Índice de flotación					1	0.5834 0.05362	0.2538 0.11128
Almidón						1	0.12988 0.1824
Amilosa							1

** La correlación es significativa al nivel de 0.01

Análisis de Conglomerados

La agrupación de las poblaciones en el análisis de conglomerados utilizando los datos biofísicos y proximales (Figura 4) sugiere nueve grupos de accesiones dentro de las colectas de maíz para Tlayuda en los valles centrales de Oaxaca. Los grupos G1, G2 y G3, fueron los más representativos en número, ya que cuentan con 46, 21 y 27 poblaciones respectivamente mientras que los grupos G4 y G5 contienen 5 y 4; finalmente los grupos G6, G7, G8 y G9 están representados por sólo una población (Cuadro 4.4). El G1, contiene el 49 % de las poblaciones identificadas como solo B, y el 45.7 % del Complejo Bolita (B, Bp, Bt y Bm). En el G3, se encuentra el 24.5 % de las poblaciones identificadas como solo B y representa el 26.6 % del Complejo Bolita (B, Bp, Bt y Bm). Finalmente el G2, tiene el 14.3 % de B, y el 14.9 % del Complejo Bolita (B, Bp, Bt y Bm). La distribución de la identificación visual de cada una de las accesiones, así como la agrupación obtenida en el análisis de conglomerados se describe en el Cuadro 4.4. En el Cuadro 4.5, se aprecia la agrupación de los grupos derivados del análisis de conglomerados en relación con la dureza del grano. Mientras que en el Cuadro 4.6 se observan los valores correspondientes de cada variable evaluada y la distribución de las accesiones de acuerdo al análisis de conglomerados y su respectiva identificación visual.

En base al análisis de conglomerados (Figura 4.4 y Cuadro 4.4), las accesiones agrupadas en el G1, en su gran mayoría identificadas como Bolita presentan granos intermedios y suaves (Cuadro 4.5) y tienen valores altos en proteína, lisina, triptófano y aceite (Cuadro 4.6). Mientras que en el G2, se agrupan accesiones de granos suaves e intermedios, con bajos contenidos en proteína y altos en lisina y triptófano, así como altos en amilosa.

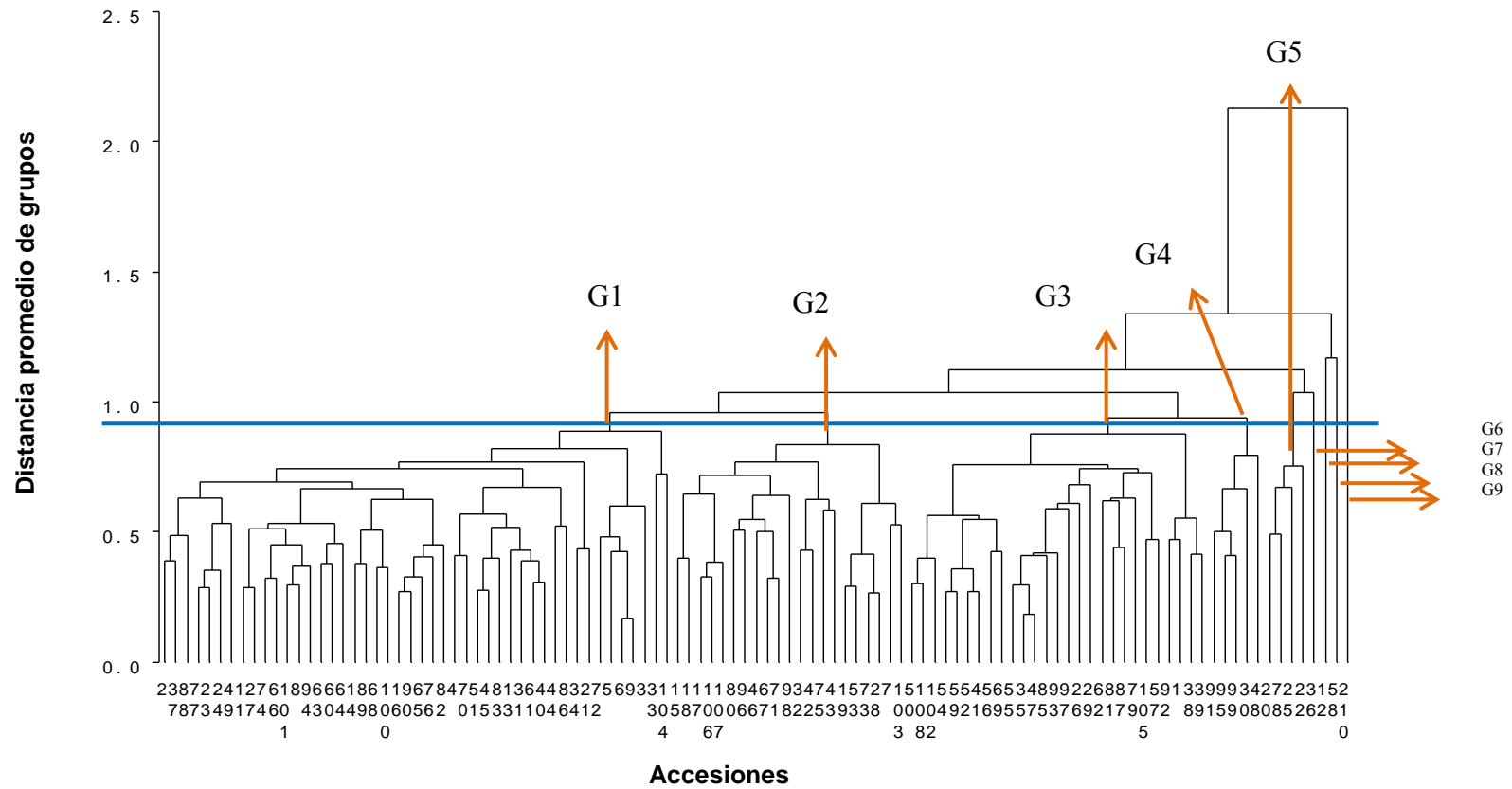


Figura 4.4 Dendrograma del análisis de conglomerados de 107 poblaciones de maíz nativas de tres distritos de Valles Centrales de Oaxaca, P-V 2011.

Cuadro 4.4. Agrupación de accesiones de maíz (*Zea mays* L.) obtenida con variables biofísicas y proximales de un análisis de conglomerado.

Grupos	Bolita (B)	Bolita-pepitilla (Bp)	Bolita-tuxpeño (Bt)	Bolita desarrollo inadecuado (Bm)	Pepitilla-bolita (Pb)	Tuxpeño-bolita (Tb)	Tuxpeño (T)	Heterogéneo (H)	No Identificado (N)	Total
G1	24	14	4	1	0	1	1	1	0	46
G2	7	5	0	2	0	4	2	0	1	21
G3	12	5	7	1	2	0	0	0	0	27
G4	3	1	0	0	1	0	0	0	0	5
G5	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4
G6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
G7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
G8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
G9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Total	49	27	12	6	3	5	3	1	1	107

Mientras que las accesiones correspondientes al G3, son de granos intermedios y duros (Cuadro 4.5) con más proteína y menos triptófano, lisina y almidón (Cuadro 4.6). El G4, se caracteriza por accesiones con alto contenido de aceite y almidón y son granos duros e intermedios, mientras que en el G5, hay granos intermedios y suaves y se tienen accesiones con bajo contenido de aceite, alta proteína y bajos contenidos en aminoácidos esenciales. El G6, tiene baja proteína y alto triptófano, almidón y amilosa, y son granos suaves. Mientras que el G7, tiene baja proteína y alto triptófano y aceite y también es de grano suave. El G8, tiene alta proteína y son granos muy suaves. Finalmente, el G9 tiene alta proteína, aceite, bajos contenidos de aminoácidos esenciales y son granos muy duros.

La variabilidad encontrada, sugiere que las poblaciones cultivadas no son homogéneas en términos de presentar atributos específicos a lo descrito como raza primaria (Wellhausen *et al.*, 1951) por el contrario, muestran combinaciones de características morfológicas de dos o más razas. La amplia variación encontrada sobre todo en dureza como en proteína, podría estar relacionada con la alta variabilidad fenotípica dentro de las poblaciones (Díaz-Mora *et al.*, submitted). Aragón *et al.*, (2003), en un estudio de conservación *in situ* y usos locales de las razas de maíz en Oaxaca, analizaron la diversidad intra-racial existente en 38 accesiones de maíz colectadas en 15 comunidades de Valles Centrales y señalaron que existe una extensa variación fenotípica dentro de la raza de maíz Bolita al evaluar caracteres morfológicos y biofísicos en las colectas.

La diversidad existente, probablemente también es producto de la recombinación genética que se lleva a cabo mediante el flujo de polen entre poblaciones vecinas y al movimiento de semillas que propician los agricultores mediante el intercambio de semillas ya sea entre vecinos o con agricultores de regiones muy apartadas y a la selección de semilla (Soleri y Cleveland, 2001; Badstue *et al.*, 2007; Muñozcano, 2011). Las diferencias pudieron deberse también al manejo agronómico, que incide en las características nutricionales del grano (Bedoya y Rooney, 1982; Bressani, 1990; Robutti, 2004; Velázquez-Carrillo, 2012). Lo anterior destaca la importancia de evaluar fenotípicamente varias accesiones de una raza, antes de emitir generalizaciones sobre

la constitución física, química y fisicoquímica de las razas. Igualmente destaca la necesidad de caracterizar las condiciones agronómicas del cultivo que se evalúa.

Cuadro 4.5. Resumen de dureza en cada grupo.

Dureza/Grupos	Muy suave	Suave	Intermedios	Duros	Muy duros	Total
G1	3	17	24	2	0	46
G2	2	12	7	0	0	21
G3	0	2	19	6	0	27
G4	0	0	2	3	0	5
G5	0	2	2	0	0	4
G6	0	1	0	0	0	1
G7	0	1	0	0	0	1
G8	1	0	0	0	0	1
G9	0	0	0	0	1	1
Total	6	35	54	11	1	107

Cuadro 4.6. Índice de flotación y contenido promedio de proteína, lisina, triptófano, humedad, aceite, almidón, amilosa en grano entero de colectas de maíz de los Valles Centrales de Oaxaca 2011.

Colecta	Grupos	Origen	Identificación visual	Proteína (%)	Lisina (%) en proteína	Triptófano (%) en proteína (Índice de Calidad)	Aceite (%)	Índice flotación (%)	Denominación del Índice de flotación	Almidón (%)	Amilosa (%)
2	G1	E	B	9.34	3.105	0.68	4.34	48	Intermedios	60.12	25.61
4	G1	E	B	9.23	3.221	0.697	4.15	51	Intermedios	66.93	26.98
11	G1	E	B	9.02	2.902	0.68	4.01	79	Suaves	62.72	25.89
14	G1	Z	B	10.03	2.628	0.688	4.38	63	Suaves	66	25
16	G1	E	B	9.67	2.852	0.662	3.5	53	Intermedios	66.58	26.05
33	G1	E	B	9.41	3.048	0.686	3.59	89	Muy suaves	65.99	26.68
45	G1	E	B	9.07	3.074	0.649	4.47	50	Intermedios	65.42	27.48
51	G1	E	B	8.93	3.164	0.654	4.88	51	Intermedios	59.83	25.51
60	G1	Z	B	9.4	2.783	0.678	4.54	53	Intermedios	61.29	26.01
63	G1	Z	B	9.51	2.708	0.655	4.16	60	Intermedios	65.01	25.59
64	G1	Z	B	10.04	2.821	0.63	4.67	73	Suaves	58.92	26.79
65	G1	O	B	10.1	2.888	0.657	3.22	56	Intermedios	60.69	26.93
66	G1	Z	B	9.09	2.745	0.633	4.49	70	Suaves	63.41	25.58
70	G1	E	B	9.4	2.951	0.714	3.97	68	Suaves	62.58	27.46
74	G1	Z	B	9.17	2.729	0.627	4.37	55	Intermedios	69.97	26.09
76	G1	O	B	10.3	2.835	0.632	3.81	73	Suaves	68.67	26.82
77	G1	Z	B	9.7	2.804	0.623	3.86	53	Intermedios	63.04	25.5
82	G1	E	B	9.55	3.111	0.664	3.49	80	Suaves	66.36	26.99
83	G1	O	B	8.53	3.075	0.684	4.61	46	Intermedios	64.41	26.91
88	G1	E	B	9.68	3.046	0.718	3.66	51	Intermedios	62.33	25.55
89	G1	Z	B	10.38	2.563	0.653	4.26	68	Suaves	63.56	26.59
94	G1	Z	B	9.33	2.662	0.669	3.96	74	Suaves	65.21	26.01
101	G1	E	B	10.03	2.635	0.653	4.02	67	Suaves	67.55	26.32
104	G1	E	B	9.66	2.771	0.651	4.36	97	Muy suaves	60.51	26.64
86	G1	E	Bm	9.05	2.752	0.677	4.16	33	Duros	64.27	25.62

Cuadro 4.6. Continúa...

3	G1	E	Bp	9.77	3.04	0.765	4.12	75	Suaves	66.26	26.83
5	G1	Z	Bp	10.46	2.968	0.754	4.47	62	Suaves	60.5	24.89
6	G1	Z	Bp	10.14	3.027	0.703	4.96	61	Intermedios	65.04	27.56
9	G1	E	Bp	10.08	2.936	0.711	4.9	64	Suaves	64.67	25.66
13	G1	E	Bp	9.35	2.68	0.689	4.54	56	Intermedios	65.62	28.1
23	G1	E	Bp	9.67	2.833	0.646	3.91	45	Intermedios	65.64	25.35
24	G1	E	Bp	9.49	2.878	0.67	3.44	60	Intermedios	61.68	26.75
27	G1	E	Bp	9.08	2.893	0.725	3.96	89	Muy suaves	63.68	25.94
34	G1	E	Bp	9.54	2.693	0.647	4.13	65	Suaves	66.8	25.97
37	G1	E	Bp	10.23	2.934	0.643	4.21	52	Intermedios	67.07	26.78
61	G1	E	Bp	9.61	2.817	0.635	4.73	60	Intermedios	62.13	26.32
68	G1	E	Bp	10.37	2.773	0.674	4.18	44	Intermedios	64.7	26.24
90	G1	E	Bp	9.82	2.899	0.658	3.75	57	Intermedios	65.41	25.85
100	G1	E	Bp	10.9	2.669	0.655	3.92	50	Intermedios	65.83	25.97
8	G1	E	Bt	9.63	2.747	0.661	4.36	80	Suaves	64.85	25.44
21A	G1	E	Bt	10.1	2.429	0.584	3.91	70	Suaves	66.25	26.04
40	G1	E	Bt	9.69	2.892	0.674	4.52	55	Intermedios	63.38	27.51
44	G1	E	Bt	9.81	2.836	0.61	3.93	33	Duros	67.68	25.05
49	G1	E	H	8.84	3.177	0.663	3.73	74	Suaves	66.97	24.35
72	G1	E	T	10.34	3.094	0.665	4.29	53	Intermedios	62.47	25.43
31	G1	E	Tb	9.7	2.972	0.629	4.39	55	Intermedios	64.2	26.17
MAX				10.9	3.221	0.765	4.96	97		69.97	28.1
MIN				8.53	2.429	0.584	3.22	33		58.92	24.35
PROMEDIO				9.66	2.87	0.67	4.16	61.33		64.40	26.19
15	G2	E	B	8.24	2.707	0.601	3.76	70	Suaves	64.94	27.83
17	G2	E	B	7.69	2.983	0.68	3.53	84	Suaves	65.53	27.28
19	G2	E	B	9.38	2.772	0.695	3.82	78	Suaves	61.16	27.65
43	G2	E	B	8.83	2.529	0.615	4.53	48	Intermedios	63.21	28.76
71	G2	E	B	8.23	2.981	0.674	3.68	56	Intermedios	66.75	26.4
75	G2	E	B	8.69	2.552	0.653	4.23	54	Intermedios	68.66	27.84
80	G2	E	B	8.53	2.707	0.59	3.92	72	Suaves	67.18	25.46
18	G2	E	Bm	8.05	2.82	0.625	3.9	78	Suaves	66.27	29.2
28	G2	E	Bm	8.59	2.933	0.739	3.96	95	Muy suaves	63.36	27.56

Cuadro 4.6. Continúa...

7	G2	Z	Bp	8.5	2.827	0.8	4.24	83	Suaves	64.65	26.35
32	G2	E	Bp	8.32	2.846	0.69	4.36	49	Intermedios	65.79	27.75
53	G2	E	Bp	9.14	2.75	0.683	4.29	83	Suaves	60.79	27.45
96	G2	E	Bp	8.16	2.989	0.6	4.61	57	Intermedios	66.5	25.75
106	G2	E	Bp	7.78	2.99	0.638	3.52	90	Muy suaves	62.87	26.7
98	G2	E	N	8.4	3.149	0.635	3.91	43	Intermedios	68.49	27.16
67	G2	E	T	8.64	2.86	0.671	3.89	71	Suaves	65.32	26.29
73	G2	E	T	8.54	2.899	0.697	3.95	83	Suaves	63.04	27.1
42	G2	E	Tb	8.32	2.809	0.718	4.4	60	Intermedios	62.93	26.59
46	G2	E	Tb	8.42	2.934	0.611	4.26	83	Suaves	65.16	26.87
103	G2	E	Tb	7.69	3.056	0.811	3.82	75	Suaves	62.62	27.28
107	G2	E	Tb	7.63	2.98	0.71	3.36	70	Suaves	62.8	26.67
MAX				9.38	3.149	0.811	4.61	95		68.66	29.2
MIN				7.63	2.529	0.59	3.36	43		60.79	25.46
PROMEDIO				8.37	2.86	0.67	4.00	70.57		64.67	27.14
29	G3	E	B	11.38	2.38	0.544	4.45	40	Intermedios	61.08	25.32
52	G3	E	B	9.21	2.734	0.599	4.89	49	Intermedios	62.95	27.72
55	G3	O	B	9.74	2.44	0.545	4.58	46	Intermedios	62.74	25.43
56	G3	E	B	9.04	2.56	0.57	4.21	42	Intermedios	58.94	26.99
57	G3	O	B	8.8	2.681	0.544	4.48	59	Intermedios	61.39	24.96
79	G3	E	B	10.25	2.178	0.566	4.25	59	Intermedios	59.26	25.17
81	G3	Z	B	9.1	2.41	0.566	3.92	49	Intermedios	61.47	24.92
92	G3	Z	B	10	2.847	0.623	4.85	35	Duros	66.17	25.21
93	G3	Z	B	10.05	2.462	0.568	4.09	50	Intermedios	65.09	25.2
97	G3	E	B	10.34	2.196	0.486	4.14	35	Duros	63.65	24.5
102	G3	E	B	9.56	2.765	0.582	4.04	19	Duros	62.07	26.74
108	G3	E	B	10.22	2.579	0.601	4.3	33	Duros	59.38	26.4
105	G3	E	Bm	9.4	2.83	0.56	4.51	71	Suaves	63.89	25.21
35	G3	E	Bp	9.96	2.478	0.509	4.5	46	Intermedios	65.18	26.09
47	G3	E	Bp	9.82	2.472	0.531	4.42	40	Intermedios	63.86	26.33
54	G3	E	Bp	9.25	2.768	0.593	4.44	49	Intermedios	61.43	27.02
62	G3	Z	Bp	9.05	2.335	0.581	4.24	78	Suaves	60.15	26.76
69	G3	E	Bp	8.89	2.509	0.656	4.52	48	Intermedios	59.98	26.67
1	G3	Z	Bt	9.77	2.85	0.582	4.85	42	Intermedios	62.5	24.26

38	G3	O	Bt	10.62	2.747	0.591	5.3	50	Intermedios	64.52	25.58
39	G3	O	Bt	10.68	2.72	0.526	5.27	49	Intermedios	61.7	25.62
41	G3	E	Bt	9.36	2.691	0.588	4.76	62	Intermedios	63.22	26.95
59	G3	E	Bt	9.53	2.816	0.608	4.53	38	Intermedios	61.46	27.57
85	G3	Z	Bt	10.55	2.334	0.557	4.75	46	Intermedios	64.4	26.16
87	G3	E	Bt	8.99	2.591	0.61	3.66	49	Intermedios	61.59	26.25
26	G3	E	Pb	10.14	2.586	0.468	4.43	30	Duros	60.82	25.62
50	G3	E	Pb	9.86	2.541	0.575	4.32	30	Duros	61.37	26.79
MAX				11.38	2.85	0.656	5.3	78		66.17	27.72
MIN				8.8	2.178	0.468	3.66	19		58.94	24.26
PROMEDIO				9.76	2.57	0.57	4.47	46.07		62.23	25.98
91	G4	Z	B	9.29	2.445	0.628	4.02	35	Duros	69.63	26.21
95	G4	Z	B	8.53	2.647	0.589	4.76	44	Intermedios	70.23	26.01
99	G4	Z	B	9.02	2.473	0.556	4.22	39	Intermedios	68.18	26.01
48	G4	E	Bp	8.17	2.446	0.667	4.61	31	Duros	62.88	25.7
30	G4	E	Pb	8.94	2.367	0.519	4.94	28	Duros	67.03	27.15
MAX				9.29	2.647	0.667	4.94	44		70.23	27.15
MIN				8.17	2.367	0.519	4.02	28		62.88	25.7
PROMEDIO				8.79	2.48	0.59	4.51	35.40		67.59	26.22
20	G5	O	B	9.84	2.743	0.632	3.47	62	Intermedios	60.38	24.88
25	G5	E	B	10.56	2.424	0.566	2.78	68	Suaves	61.98	23.8
78	G5	O	B	10.44	2.512	0.571	4.06	73	Suaves	61.36	24.9
22	G5	O	Bp	11.27	2.634	0.604	2.79	54	Intermedios	59.92	25.5
MAX				11.27	2.743	0.632	4.06	73		61.98	25.5
MIN				9.84	2.424	0.566	2.78	54		59.92	23.8
PROMEDIO				10.53	2.58	0.59	3.28	64.25		60.91	24.77
58	G6	E	Bm	7.59	2.276	0.671	4.17	85	Suaves	67.78	28
12	G7	E	Bp	7.72	2.97	0.799	5.32	72	Suaves	68.02	27.09
36	G8	E	Bm	10.49	2.949	0.511	3.91	98	Muy suaves	60.68	26.67
21B	G9	E	Bt	11.21	1.552	0.351	4.79	3	Muy duros	63.7	25.89
MAX TOTAL				11.38	3.221	0.811	5.32	98		70.23	29.2
MIN TOTAL				7.59	1.552	0.351	2.78	3		58.92	23.8
PROMEDIO TOTAL				9.41	2.75	0.63	4.20	58.31		63.95	26.30

Origen: E, Ejutla; O, Ocotlán; Z, Zimatlán. Identificación visual: B, Bolita; Bm, Bolita en condiciones inadecuadas; Bp, Bolita-pepitilla; Bt, Bolita-tuxpeño; H, heterogéneo; T, Tuxpeño; ; Tb, Tuxpeño-bolita; N, no Bolita; Pb, Pepitilla-bolita.

Análisis de varianza de las agrupaciones obtenidas

En base a la agrupación obtenida por el análisis de componentes principales, se procedió a realizar un análisis de varianza para identificar las similitudes y diferencias entre los caracteres de cada grupo. Los datos del Cuadro 4.7, muestran que todas las variables evaluadas fueron significativas para cada uno de los 9 grupos, en los agrupamientos definidos.

Cuadro 4.7. Comparación de medias de las variables evaluadas en las 107 accesiones, para los agrupamientos obtenidos.

Grupos	Proteína (%)		Grupos	Lisina (%) en muestra		Grupos	Lisina (%) en proteína		Grupos	Triptófano (%) en muestra		Grupos	Triptófano (%) en proteína (Índice de Calidad)		Grupos	Aceite (%)	
G9	11.21	a	G8	0.309	a	G7	2.970	a	G1	0.064	a	G7	0.799	a	G7	5.32	a
G5	10.53	a	G1	0.277	b a	G8	2.949	a	G5	0.063	a	G2	0.673	b a	G9	4.79	b a
G8	10.49	a	G5	0.271	b a c	G1	2.871	a	G7	0.062	a	G6	0.671	b a	G4	4.51	b a
G3	9.76	b a	G3	0.251	b a c	G2	2.861	a	G2	0.056	a	G1	0.667	b a	G3	4.47	b a
G1	9.66	b a	G2	0.239	b c	G5	2.578	b a	G3	0.055	a	G5	0.593	b c	G6	4.17	b a c
G4	8.79	b c	G7	0.229	b c	G3	2.574	b a	G8	0.054	a	G4	0.592	b c	G1	4.16	b a c
G2	8.37	b c	G4	0.218	d c	G4	2.476	b a	G4	0.052	b a	G3	0.568	b c	G2	4.00	b c
G7	7.72	c	G9	0.174	d	G6	2.276	b	G6	0.051	b a	G8	0.511	c	G8	3.91	b c
G6	7.59	c	G6	0.173	d	G9	1.552	c	G9	0.039	b	G9	0.351	d	G5	3.28	c

Medias con la misma letra en cada variable entre grupos, no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

Cuadro 4.7. Continúa...

Grupos	Índice flotación (%)		Grupos	Almidón (%)		Grupos	Amilosa (%)	
G8	98	a	G7	68.02	a	G6	28.00	a
G6	85	B a	G6	67.78	b a	G2	27.14	b a
G7	72	B a c	G4	67.59	b a	G7	27.09	b a
G2	71	B a c	G2	64.67	b a	G8	26.67	b a
G5	64	b c	G1	64.40	b a	G4	26.22	b a
G1	61	b c	G9	63.70	b a	G1	26.19	b a
G3	46	b c	G3	62.23	b a	G3	25.98	b a
G4	35	d c	G5	60.91	b a	G9	25.89	b a
G9	3	d	G8	60.68	b	G5	24.77	b

Medias con la misma letra en cada variable entre grupos, no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.005)

Análisis de componentes principales

Tanto la agrupación de las poblaciones en el análisis de conglomerados (Figura 4.4) y la dispersión de éstas en el plano determinado por los componentes uno y dos (Figura 4.5, 4.6) y dos y tres (Figura 4.7), indican una amplia variabilidad. El análisis de componentes principales aplicado de manera global sobre promedios sugirió que los tres primeros componentes principales explicaron el 70 % de la variación global entre las poblaciones, con 33.1, 24.8 y 12.3 % para el primero, segundo y tercer componente, respectivamente (Cuadro 4.8). Las variables con mayor aportación (Cuadro 4.8, valores mostrados en negritas) fueron para la componente principal 1, el porcentaje de triptófano, lisina en proteína; esta componente se podría asignar como *calidad nutricional en el grano*, mientras que para la componente 2, correspondió al contenido de *proteína*. Finalmente para el tercer componente, el contenido de aceite del grano fue la variable con mayor aportación.

Cuadro 4.8. Valores y vectores propios de los componentes principales (CP) que describen la variación morfológica de 107 poblaciones de maíz nativo de los distritos de Ocotlán, Ejutla y Zimatlán de los Valles Centrales de Oaxaca. 2011 P-V.

Características	CP1	CP2	CP3
Valor propio	2.99	2.23	1.10
Varianza explicada (%)	0.332	0.248	0.123
Varianza acumulada (%)	0.332	0.580	0.703
Vectores propios de las variables			
Proteína (PROT)	-0.088	0.615	-0.001
Lisina en muestra (LISM)	0.370	0.4502	0.153
Lisina en proteína (LISP)	0.489	-0.055	0.165
Triptófano en muestra (TRIPM)	0.447	0.317	0.098
Triptófano en proteína (TRIPP)	0.501	-0.178	0.098
Aceite (ACEIT)	-0.174	0.039	0.754
Índice de flotación (IF)	0.346	-0.214	-0.404
Almidón (ALMDN)	0.043	-0.254	0.391
Amilosa (AMILS)	0.113	-0.414	0.215

Es interesante observar la gran dispersión de los datos, pese a que en principio se tratan de colectas de maíces candidatos para la elaboración de un producto, la Tlayuda. Dicha variabilidad corrobora la variabilidad morfológica anteriormente descrita, donde se detectó un alto porcentaje de mezcla de razas. Igualmente la dispersión en los datos químicos puede deberse a las diferentes condiciones agronómicas en que estos materiales fueron crecidos en los campos de los agricultores. En la dispersión obtenida por los componentes principales 1 y 2 se observa en la posición derecho en gris (Figura 4.5) a las colectas con mayores contenidos en cuanto a lisina y triptófano. Dentro de las colectas con mayor contenido de lisina y triptófano, destacan la **103**, 7, 12, **3**, 5, 28, 27, **88**, 42, 70, 9, 107, y **6** que tienen valores de triptófano en proteína entre 0.710- 0.811. Dentro de esta misma agrupación, destacan las colectas 4, 49, 51, 98, 82, 2, 72, 83, 45, **103**, 33, **88**, **3**, **6**, ya que presentan los valores más altos en lisina en proteína cuyo rango va de 3.027 – 3.221. Las colectas 103, 88, 3 y 6 corresponden a maíz identificado a través del IF, como suave, intermedio, suave e intermedio respectivamente. Los valores de proteína en estas colectas se estiman en 7.69, 9.68, 9.77 y 10.14. Además, estas colectas fueron identificadas en la caracterización morfológica (presentada en el Capítulo 3), como Tb (Tuxpeño-bolita), B (Bolita), Bp (Bolita-pepitilla) y Bp. De manera general, la dispersión anteriormente descrita, corresponde a los grupos 1 y 2 (G1 y G2) derivados del análisis de conglomerados (Figura 4.5 y 4.6).

En el extremo superior derecho (Figura 4.5), se observan las colectas con mayores contenidos de lisina y triptófano así como de proteína. Lo anterior concuerda con la agrupación proveniente del análisis de conglomerados, en el cual, las accesiones agrupadas en el G1 caracterizadas por granos suaves e intermedios, con altos contenidos en proteína y altos en lisina y triptófano, (Figura 4.4, Cuadro 4.6) se ubican en dicha posición (Figura 4.5 y 4.6). También en la Figura 4.5, se puede apreciar en el cuadrante inferior derecho, a colectas con altos contenidos en lisina y triptófano pero con valores bajos en proteína.

La agrupación mostrada esta acorde con la agrupación realizada en el análisis de conglomerados debido a que en el G2 (Figura 4.4 y Cuadro 4.8), donde se agrupan accesiones de granos suaves e intermedios, con bajos contenidos en proteína y altos en lisina y triptófano, así como altos en amilosa.

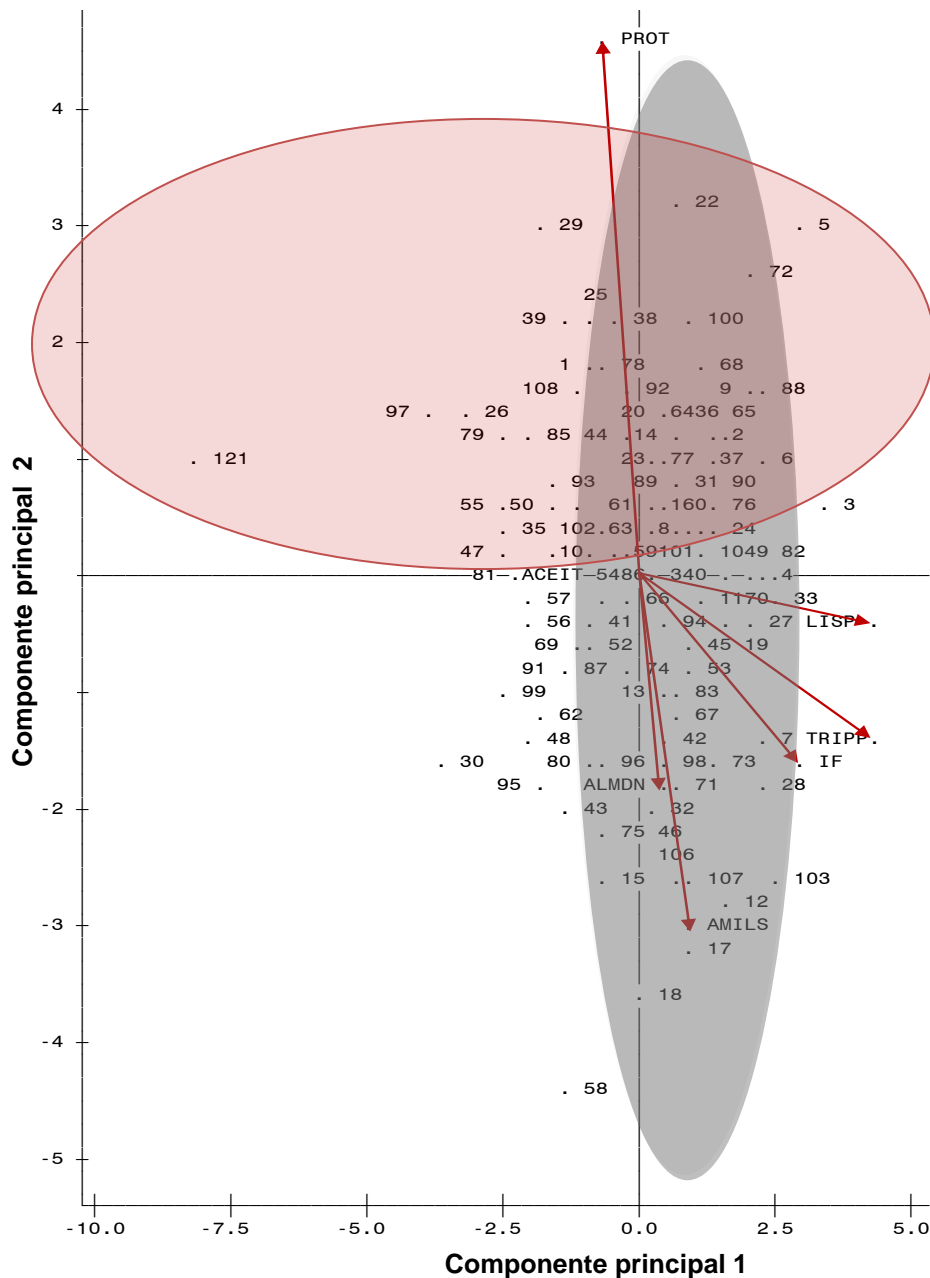


Figura 4.5. Dispersión de 107 poblaciones de maíz pertenecientes a tres distritos de Valles Centrales de Oaxaca en el plano de los componentes principales 1 y 2, con variables fisicoquímicas P-V 2011.



Figura 4.6. Dispersión de 107 poblaciones de maíz pertenecientes a tres distritos de Valles Centrales de Oaxaca utilizando los componentes principales 1 y 2, con variables fisicoquímicas P-V 2011. G1-G9 corresponden a la agrupación en el análisis de conglomerados.

En la región señalada por el círculo rosa (Figura 4.5), se ubican a colectas que expresan los mayores contenidos de proteína, destacando las colectas 29, 22, 21B (121), 100, 39, 38, 25 y 85 cuyos valores oscilan entre 11.38 y 10.55, identificadas como B, Bp, Bt, Bp, Bt, Bt, B y Bt. Los resultados concuerdan con el análisis de conglomerados, donde el G3 se caracteriza por granos que expresan un mayor contenido de proteína, lisina y triptófano y se encuentran distribuidos en el cuadrante superior e inferior izquierdo en la dispersión de las poblaciones en base a la componente principal 1 y 2 (Figura 4.6).

En el plano de las componentes principales 2 y 3, las mejores colectas en cuanto al contenido de aceite, se localizan en la parte superior (en amarillo) y destacan las colecta **12**, 38, 39, **6**, 30, **9**, 52, **51**, 92, 1, 21B cuyos valores oscilan entre 4.79 a 5.32. Las colectas **12**, **6**, **9** y **51**, además de poseer un contenido en aceite alto, también poseen características sobresalientes en los aminoácidos esenciales. Corresponden a maíces suaves, intermedio, suave e intermedio y han sido identificados como Bp, Bp, Bp y B. Se ha considerado, que el maíz tipo Pepitilla, posee características adecuadas para la elaboración de la tortilla (Sánchez *et al.*, 2007) y además de poseer una textura suave, así mismo, se ha considerado que un mayor contenido de aceite en el grano contribuye a una mejor textura en la tortilla y una mejor nutrición en los consumidores debido a la cantidad de ácidos grasos insaturados y niveles de antioxidantes naturales (Bressani, 2008; Vázquez *et al.*, 2010).

Las mejores colectas que tienen altos contenidos de aceite y de proteína se localizan en el extremo superior derecho (verde), por ejemplo, las colectas 6 (Bp) y 38 (Bt), cuyos valores en proteína son de 10.14, 10.62 también poseen un alto contenido de aceite (4.96 y 5.3 respectivamente).

Por otro lado, las colectas 25 (B) y 22 (Bp) (en naranja), expresan valores altos en contenido de proteína (10.56 y 11.27 respectivamente), y valores muy bajos en contenido de aceite (2.78 y 2.79). Lo contrario, ocurre en la colecta 30 (Pb) (en rojo), tiene un alto contenido de aceite (4.94) y un bajo contenido de proteína (8.94).

Las colectas señaladas en rosa (Figura 4.7), son aquellas que se caracterizan por tener los más bajos contenidos en proteína y también en aceite y corresponden en gran medida al grupo G2 del análisis de conglomerados (Figura 4.4 y Cuadro 4.6).

La colecta **12** (Bp, maíz suave) tiene valores altos aceite y en lisina, triptófano, almidón (5.32, 2.970, 0,799 y 68.02 respectivamente). Sin embargo, la colecta 33 (B), aunque expresa un contenido de aceite de los más bajos (3.59), posee un alto contenido de almidón así como alta calidad proteica. Se observa ligeramente que al presentar un menor contenido de proteína se tiene un mayor contenido de almidón (Cuadro 4.6 y Figura 7). Un efecto similar fue reportado por Sánchez *et al.* (2007). Los mismos autores, señalan que el contenido y tipo de almidón del grano de maíz, también ejerce una influencia importante en las propiedades de textura de las tortillas. En la Figura 7 se observa que colectas con alto contenido de aceite y con bajo contenido de proteínas, poseen un alto contenido de almidón como las colectas 12, 30, 95, 91, 99, 58. La colecta 95 (B), tiene el más alto contenido de almidón (70.23) pero una baja calidad proteica. La colecta 38 (Bt), sobresale ya que posee un contenido de aceite alto (5.30) y un contenido de almidón de 64.52 y tiene un alto contenido de proteína 10.62. La colecta **39** (Bt) tiene valores altos en proteína y contenido de aceite (10.68, 5.27, respectivamente), pero bajos en almidón (61.70).

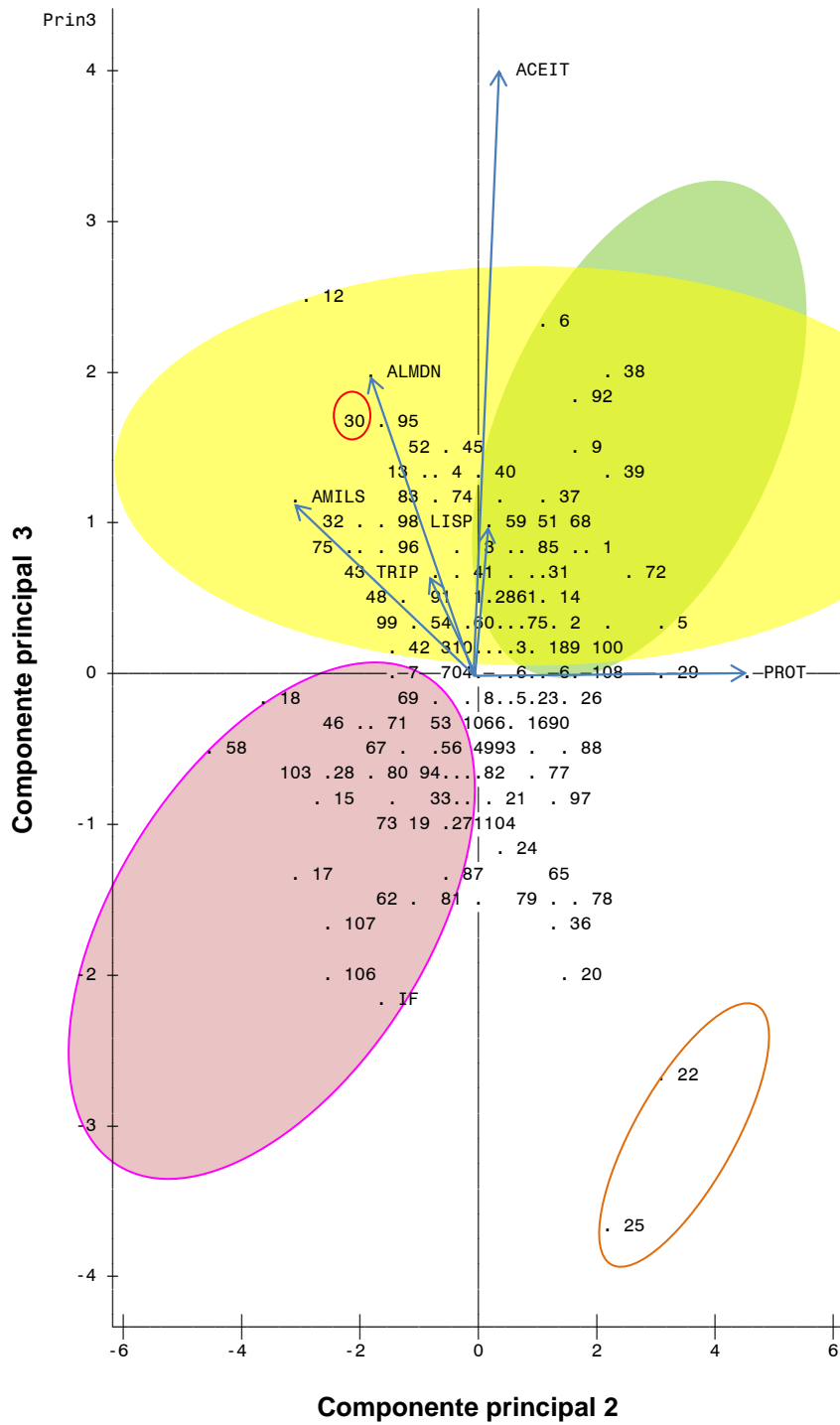


Figura 4.7. Dispersión de 107 poblaciones de maíz pertenecientes a tres distritos de Valles Centrales de Oaxaca en el plano de los componentes principales 2 y 3, con variables fisicoquímicas P-V 2011.

4.5.2. Análisis Inmunológico

Tiras Reactivas

Con el método de las tiras reactivas, no se detectó la presencia de las proteínas Bt-Cry 1F, Bt-Cry 2A, Bt-Cry 3A Ab1, Bt-Cry 3Bb1 en las 137 muestras evaluadas. La conducción de la prueba fue satisfactoria ya que la línea de control apareció en cada una de las evaluaciones (Figura 4.8).

ELISA

Identificación de las proteínas Roundup Ready (RR) y Bt-Cry 1Ab/1Ac

Para ambas proteínas, no se presentó coloración en las muestras ni en los blancos (control). Los controles negativos fueron consistentemente no reactivos a CP4 EPSPS y Cry 1Ab/1Ac. La coloración estuvo presente en los controles positivos y en las diferentes concentraciones de la curva, tal como se muestra en la Figura 4.9A, B y C para RR y Figura 4.10 A, B y C para Bt-Cry 1Ab/1Ac.

El resultado negativo indica que no se detectaron las proteínas producto de la expresión de transgenes, lo que no significa que no sea maíz transgénico ya que se pudo haber presentado el silenciamiento genético que impidiera la expresión de las proteínas. También, es posible que en las muestras hubiese otro tipo de proteínas transgénicas codificadas por otros transgenes para los cuales no se hicieron pruebas inmunológicas en este estudio; por ejemplo, Cry3A, que le confiere resistencia a coleópteros, o la proteína vegetativa insecticida que confiere la resistencia a lepidópteros (genes *vip3Aa20*) o el gen *pat* cuyo producto es la enzima fosfotricina N-acetiltransferasa que elimina la actividad herbicida del glufosinato.

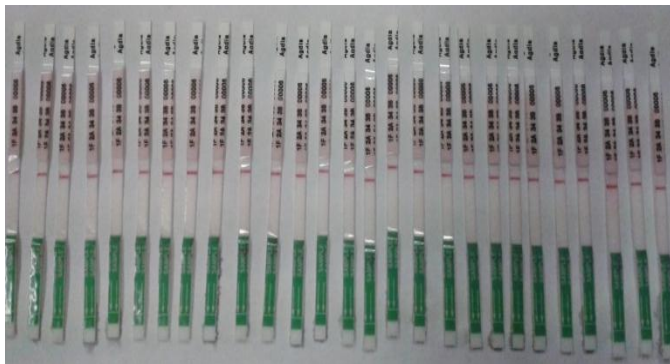


Figura 4.8. Resultados negativos y línea de control de la prueba con tiras reactivas de las 137 muestras.

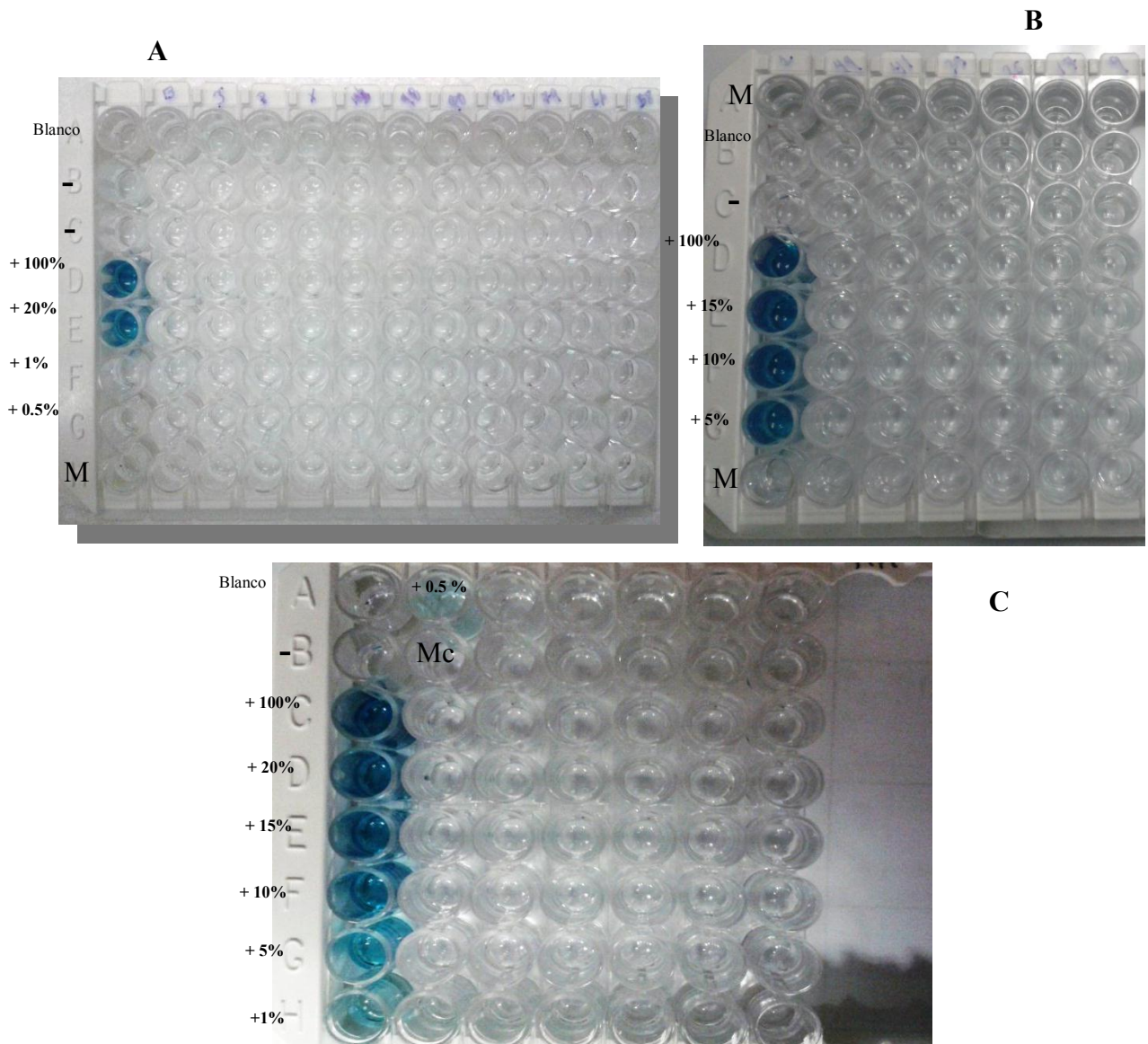


Figura 4.9. A y B, Repetición 1. A) Resultados para RR. Microplaca con la distribución del blanco, control negativo, control negativo, control positivo (100, 20, 1 y 0.5 %), muestras (M) de A-C2 y 108-51. B) M1, blanco, control negativo, control positivo (100, 15, 10 y 5 %) y muestras (M) de la 50-2. C, Repetición 2. Blanco, control negativo, control positivo (100, 20, 15, 10, 5, 1 y 0.5 %) y muestras compuestas (Mc) (3 por pocillo)..

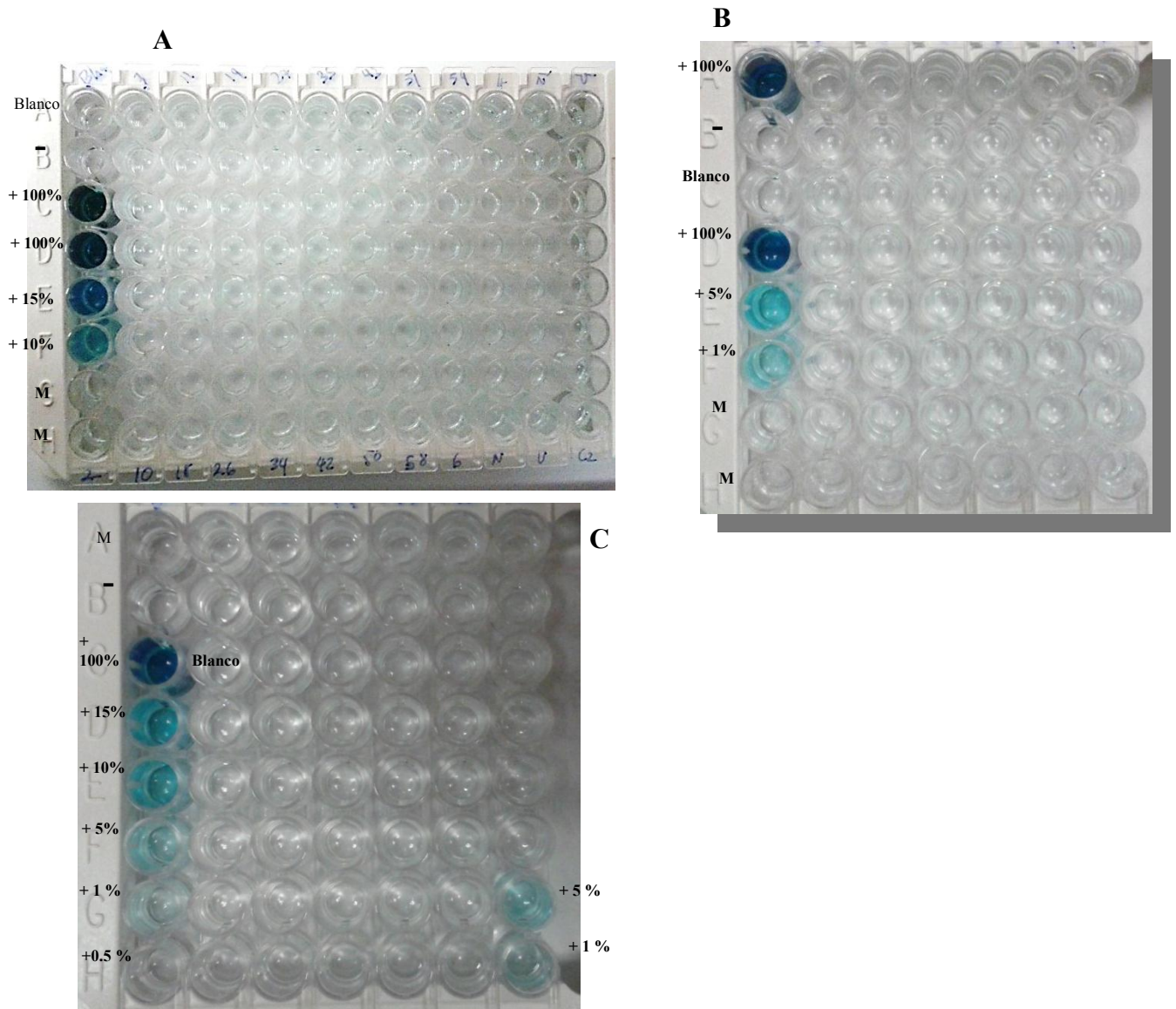


Figura 4.10. A y B, Repetición 1. A) Resultados para Bt-Cry1Ab/1Ac. Microplaca con la distribución del blanco, control negativo, control positivo (100, 100, 15 y 5 %), muestras (M) de 1- 59 y A-C2. B) Control positivo (100 %), control negativo, blanco, control positivo (100, 5 y 1 %) y muestras (M) de la 60-108. C, Repetición 2. Muestras compuestas (Mc) (3 por pocillo), control negativo, control positivo (100, 15, 5, 1 y 0.5 %), 3 muestras compuestas (Mc) (3 por pocillo), blanco, al final control positivo (5 y 1 %).

En la actualidad los organismos genéticamente modificados contienen varias inserciones que les permiten tener resistencia tanto a insectos como a herbicidas etc.,

por ejemplo el evento: MON89034 x TC1507 x MON88017 x 59122, (eventos apilados) desarrollado por Monsanto y Dupont, tiene tolerancia al herbicida glifosato y glufosinato, resistencia a insectos coleópteros y lepidópteros. Ejemplos como el anterior, se pueden observar en la base de datos de ISAAA (International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications) cuya página oficial es <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/>. En dicha página se tiene acceso a la lista de las autorizaciones de cultivos genéticamente modificados en todo el mundo y se observa en la información básica, el gen introducido, el producto obtenido y su función. Por ejemplo, en México, para el cultivo de maíz, están registrados 51 eventos.

Los resultados obtenidos como negativos, podrían no ser absolutos, debido a que las proteínas evaluadas pudieron no ser expresadas en el tejido del grano (que fue el tejido de evaluación) sin embargo la expresión de proteínas tejidos y por lo tanto, la prueba indicar resultados negativos. Tozzini (2004), señala que algunos eventos como el maíz Bt 176 de Syngenta tienen niveles de expresión de las proteínas transgénicas altos en hojas y prácticamente nulos en granos, por tanto, en estos casos resulta ventajoso el análisis de hojas. Algunos OGMs no expresan niveles detectables de la proteína blanco y otros expresan la proteína de forma muy limitada o no la expresan en todas las partes de la planta, tal como lo señalan Permingeat y Margarit (2005) para el caso de la expresión de la proteína Cry1A, la cual se puede expresar en distintos niveles, lo que está en función de la capacidad de cada evento transgénico de producir la delta-endotoxina en diferentes tejidos. En el Cuadro 4.9, se muestra la expresión de la proteína Cry1A en distintos tejidos.

Sin embargo, el hecho de que la proteína no se exprese en el genoma de las plantas, pudiera estar presente en el genoma de las plantas una construcción transgénica, detectable solo con la técnica de PCR, y esto supone una ventaja en la elaboración de los productos como lo es la Tlayuda, ya que indica un menor riesgo en la salud.

Cuadro 4.9 Expresión de la proteína Cry1A en distintos tejidos, según los eventos transgénicos.

Tejido	μg proteína Bt / g tejido fresco			
	Maíz			Algodón
	E176	MON810	BT11	MON531
Raíz	0,012 (a)	1,56 (a)	1,96 (a)	NI
Hoja	0,07-3,03	7,93-10,34	15-30	1,56
Tallo	< 0,008	NI	NI	NI
Polen	1,14-2,35	0,09	NI	NI
Semilla	< 0,005	0,19-0,39	3,7-4,76	0,86
Planta completa	0,025	3,65-4,65	NI	0,044

Fuente: AGBIOS (2004); a excepción de a que corresponde (a) Margarit *et al.* (2005).

Ambas técnicas, ELISA y las tiras reactivas, están limitadas a los anticuerpos desarrollados para las proteínas conocidas, y tienen una alta especificidad, por lo que si existieran nuevas proteínas transgénicas ó diferentes a las evaluadas en las muestras, los anticuerpos utilizados no podrían adherirse a la muestra y por tanto no habría una detección (Grohmann, 2010; Sheedy and Yau, 2011).

El formato de las tiras reactivas, requieren una baja instrumentación y permiten una prueba rápida incluso en campo, ya que han sido una herramienta útil en la detección de proteínas transgénicas en materiales como semillas y hojas. Respecto al umbral de detección de las técnicas utilizadas, estas tienen una sensibilidad de detección del 1 %. Ma *et al.* (2005), señalan que este tipo de prueba es rápida, simple y confiable para detectar el evento genéticamente modificado conteniendo 1 % o más de concentraciones para el caso Bt. Los mismos autores indican que en su estudio, encontraron que en la detección de muestras conteniendo de 0.5 a 1 % de Bt, las líneas de prueba aparecieron después de 22 h, es decir; fuera de tiempo de prueba. Tozzini (2004), indica que el límite de detección oscila entre 0.5 y 2 % para los eventos Bt11 y Mon810 en maíz (eventos con el gen cry1Ab) y de 0.1-0.3 % para soja RR (evento GTS-40-3-2, tolerante a glifosato, con el gen para la enzima CP4EPSPS).

Para el caso de ELISA, los límites de detección para la proteína Cry 1Ab se reportan de 0.1 – 0.5 % (Ermolli *et al.*, 2006; Grohmann, 2010); sin embargo, Ma *et al.* (2005) señalan que en este rango, los resultados fueron inconsistentes indicando que no son

confiables las pruebas cuantitativas para muestras con < 0,5 % de concentración de GM. Tozzini (2004), señala que la sensibilidad del análisis ELISA se encuentra entre el 0.3 y 1 %.

4.6. CONCLUSIONES

- Los resultados sugieren una amplia variabilidad en cuanto a los caracteres evaluados, ya que se encontró una gran diversidad en los contenidos de aceite con valores de 2.78 a 5.32 %; en proteína se obtuvo un rango de 7.59 a 11.38 %, y los contenidos de lisina y triptófano, que definen la calidad proteica del grano, oscilaron entre 0.173 y 0.320 % para lisina y de 0.0394 a 0.0788% para triptófano. La dureza del grano estuvo entre 3 y 98 % que va de granos duros a muy suaves.
- La variabilidad se corroboró en el análisis de conglomerados y en el análisis de componentes principales. El análisis de conglomerados, sugirió la formación de nueve grupos de. Los grupos G1, G2 y G3, fueron los más representativos en número.
- El Grupo G1, contiene el 49 % de las poblaciones identificadas como solo Bolita y el 45.7 % del complejo Bolita (B, Bp, Bt y Bm).
- El análisis de varianza aplicado a los grupos derivados del análisis de conglomerados, mostro diferencias significativas entre las variables evaluadas.
- El análisis de componentes principales permitió observar una amplia variabilidad entre las accesiones corroborando la variabilidad previamente descrita en la caracterización morfológica de las poblaciones (Capítulo III) y en el análisis de conglomerados.
- Las mejores accesiones en cuanto a triptófano fueron la **103**, 7, 12,**3** 5, 28, 27, **88**, 42, 70, 9, 107 y **6**.

- Las mejores accesiones en cuanto a lisina fueron 4, 49, 51, 98, 82, 2, 72, 83, 45, **103, 33, 88, 3 y 6.**
- Las colectas sobresalientes en ambos aminoácidos fueron **103, 88, 3 y 6**, con granos suaves, intermedio, suave e intermedio respectivamente.
- Las colectas sobresalientes en proteína fueron la 29, 22, **21B**, 100, **38, 39**, 25 y 85.
- Las colectas sobresalientes en aceite fueron la 12, **38, 39**, 6, 30, 9, 52, 51, 92, 1 y **21B.**
- Las colectas sobresalientes en aceite y aminoácidos **12, 6, 9 y 51.**
- En base a los datos obtenidos y las comparaciones con la literatura, se recomendarían las accesiones sobresalientes en aceite y proteína tales como la **21B (Bt), 38 (Bt), 39 (Bt), 6 (Bp), 9 (Bp), 92 (B), 85 (Bt), 64 (B), 61(Bp), 5 (Bp), 29 (B)y 14 (B)**, cuyos valores en proteína son 11.21, 10.62, 10.68, 10.14, 10.08, 10, 10.55, 10.04, 9.61, 10.46, 11.38 y 10.03 respectivamente y de aceite 4.79, 5.3, 5.27, 4.96, 4.9, 4.85, 4.75, 4.67, 4.73, 4.47, 4.45 y 4.38 respectivamente. Además se caracterizan por tener granos muy duros, suaves, intermedios, intermedios, suaves, duros, intermedios, suaves, intermedios, suaves, intermedios y suaves.
- Las 139 colectas evaluadas no expresaron las proteínas transgénicas CP4/EPSPS (maíz RoundUp Ready), Cry 1Ab/1AC (maíz Bt) , Bt-Cry 1F, Bt-Cry 2A, Bt-Cry 34 Ab1, Bt-Cry 3Bb1 evaluadas mediante técnicas inmunológicas.

4.7. LITERATURA CITADA

- Agama E A, M A Ottenhof, I A Farhat, O L Paredes, JC Ortiz, y L A. P Bello.** 2004. Efecto de la nixtamalización sobre las características moleculares del almidón de variedades pigmentadas de maíz. *Interciencia* Año/vol. 29, número 011.Venezuela pp.643-649.
- AGBIOS** (Agriculture and Biotechnology Strategies). GMO Database. 2004. <http://www.agbios.com/dbase.php>.
- Álvarez A.** 2006. Aplicaciones del maíz en la tecnología alimentaria y otras industrias. Molienda Húmeda y Molienda Seca. En: Serie de Informes Especiales de ILSI Argentina, Volumen II: Maíz y Nutrición. ILSI Argentina. 80p. URL. www.maizar.org.ar/pdf/Revista%20maizar%202.pdf.
- Anklam E, Gadani F, Heinze P, Pijnenbur H, Van Den Eede G.** 2002. Analytical methods for detection and determination of genetically modified organisms in agricultural crops and plant-derived food products. *Eur Food Res Technol* 214: 3–26.
- Aragón C F, S. Taba, G. H.Castro, J. M. Hernández, J.M. T Cabrera, L. A. Osorio, N. R. Dillánes.** 2003. *In situ* Conservation and use of local maize races in Oaxaca, México: A participatory and decentralized approach. *In: Latin American Maize Germplasm conservation: Regeneration, in situ conservation, core subsests, and prebreeding. Proceedings of a workshop at CIMMYT.*
- Aragón, C.F., S. Taba, J. M. Hernández, J. de D. Figueroa, V. Serrano y F. H. Castro.** 2006. Catálogo de maíces criollos de Oaxaca. INIFAP-SAGARPA. Libro Técnico Num. 6. Oaxaca, Oaxaca. México. 334p.
- Arnason JT, JDH Lambert, J Gale, A Serratos, J Mihm, M Bjarnason, D Jewell, J Fregeau-Reid and L Pietrzak.** 1993. Is "quality protein" maize more susceptible than normal cultivars to attack by the maize weevil *Sitophilus zeamais*. *Postharvest Biology and Technology* 2: 349-358.
- Arnason JT, B.Baum, J Gale, JDH Lambert, A. Serratos, D Bergvinson, BJR Philogène, JA Mihm, D Jewell.** 1994. Variation in resistance of Mexican land races of maize to maize weevil *Sitophilus zeamais*, in relation to taxonomic and biochemical parameters. *Euphytica* 74: 227-236.
- Arnason J.T., B. Conilh de Beyssac, B.J.R. Philogene, D.J. Bergvinson, JA Serratos, J.A. Mihm.** 1997. Mechanisms of resistance in maize grain to the maize weevil and the larger grain borer. En: J. Mihm, *Insect Resistant Maize. Recent Advances and Utilization.* Distrito Federal, CIMMYT, pp. 91-95.

Asturias A. M. 2004. Maíz Alimento sagrado a negocio del hambre. Ed Acción Ecológica. Quito- Ecuador.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1975. 7th Ed. Washington.

AINIA. 2009. Centro Tecnológico. Alimentos transgénicos. Principios básicos y métodos de detección. 24 p. Disponible en: www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r72256.PDF

Amaya-Guerra, C.; Alanis-Guzman, M. G. y Serna-Saldivar, S. O. 2004. Effects of soybean fortification on protein quality of tortilla based diets from regular and quality protein maize. *Plant Foods & Human Nutr.* 59(2):45-50.

Atlin G N, N Palacios, R Rabu, B Das, S Twumasi-Afriyie, D K Friesen, H DeGroot, B Vivek, K V Pixley. 2011. Quality protein maize: Progress and prospects. *Plan Breed Rev.* 34:83-130.

Bourne, M. C. 1982. Food texture analysis. *Food Technology* 32:62-66.

Bressani, R. 1990. Chemistry, technology and nutritive value of maize tortilla. *Food Reviews International* 6: 225-264.

Bedolla, S., & Rooney, L.W. 1982. Cooking maize for masa production. *Cereal Foods World*, 27, 219e221.

Billeb de Sinibaldi A C, Bressani R. 2001. Características de cocción de once variedades de maíz. *Arch. Latinoam. Nutr.* 51:86-94.

Bailey P y C. A Bailey. 1998. Química orgánica: conceptos y aplicaciones. Naucalpan de Juárez, México: Prentice Hall Hispanoamericana, 1998.

Boyer Ch. D., y L. C. Hannah. 1994. Kernel mutants of corn. *In:* A. R. Hallauer (ed). *Specialty Corns.* CRC. Boca Raton FL. pp:1-28.

Burge R M y Duensing W J. 1989. Processing and dietary fiber ingredient applications of corn bran. *Cereal Foods World.* 34:535-538.

Bressani R. 2008. Cambios nutrimentales en el maíz inducidos por el proceso de nixtamalización, *In:* Nixtamalización del Maíz a la Tortilla. Aspectos Nutrimentales y Toxicológicos. M. E. Rodríguez G, S O Serna S, F Sánchez S (eds), Universidad Autónoma de Querétaro. México. Pp: 19-80.

CERA. 2011. GM Crop Database. Center for Environmental Risk Assessment (CERA), ILSI Research Foundation, Washington D.C. http://cera-gmc.org/index.php?action=gm_crop_database. A Review of the Environmental

Safety of the CP4 EPSPS Protein. Disponible en: http://cera-gmc.org/docs/cera_publications/pub_03_2011.pdf.

- Classen D, JT Arnason, A Serratos, JDH Lambert, C Nozzolillo BJR Philogene.** 1990. Correlation of phenolic acid content of maize to resistance to *Sitophilus zeamais*, the maize weevil in CIMMYT's collections. J. Chem. Ecol. 16(2): 301-315.
- Cruz F Y A, Rodríguez H R, Aguilar G C N, Contreras E J C, Reyes V M L.** 2008. Presence of transgenic genes and proteins in comercial Soybean foods from mexican grocery stores. Food Sci.Biotechnol. Vol 17 No. 5 pp 1-5.
- Coutiño-Estrada B, G C Vázquez, BM Torres y Y M Salinas.** 2008. Calidad de grano, tortillas y botanas de dos variedades de maíz de la raza comiteco. Revista Fitotecnia Mexicana de Fitogenética. Año/vol. 31, número Especial 3. 9-14 pp.
- Cleveland DA and Soleri D.** 2005. Rethinking the risk management process for GE crops in Third World agriculture. Ecol. Soc. 10: Article 9.
- Dyer A G; Serratos H A, Perales R. H., Gepts P., Piñeyro N A., Chávez A., Salinas A N., Yúñez N A, Taylor E., and Álvarez B E.** 2009. Dispersal of transgenes through Maize Seed System in Mexico.PLoS ONE 4(5).
- Dyer A G; Serratos H A, Perales R. H., Gepts P., Piñeyro N A., Chávez A., Salinas A N., Yúñez N A, Taylor E., and Álvarez B E.** 2009. Dispersal of transgenes through Maize Seed System in Mexico.PLoS ONE 4(5).
- Díaz-Mora, D., Galicia, L., Palacios-Rojas, N.** 2012. Contenido de almidón resistente en maíces criollos de los valles altos mexicanos. Enviado a Revista Fitotecnia Mexicana.
- Duffus C and C Slaughter.** 1992. Las semillas y sus usos. A.G. T. Editor, S. A. México D. F. 187 p.
- Dyer GA, Serratos-Hernández JA, Perales HR, Gepts P, Piñeyro-Nelson A, et al.** 2009. Dispersal of Transgenes through Maize Seed Systems in Mexico. PLoS ONE 4(5): e5734. doi:10.1371/journal.pone.0005734.
- Espinosa, A; Gómez, N; Sierra, M; Betanzos, E; Caballero, F.** 2006. Variedades e híbridos de calidad proteínica. Academia Mexicana de las Ciencias. Revista Ciencia. 57(3):28-34.
- Ermolli M, Fantozzi A, Marini M, Scotti D, Balla B, et al.** 2006. Food safety: Screening tests used to detect and quantify GMO proteins. Accred Qual Assur 11: 55–57.

- FAO.** 1993. El maíz en la nutrición humana. Colección FAO: Alimentación y nutrición. No. 25. Roma, Italia. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/T0395S/T0395S00.htm#Contents>
- FAO/WHO.** 1992. International Conference on Nutrition. Nutrition and Development- A Global Assessment. Food and Agriculture Organization/ World Health Organization, Rome, Italy. 120 p.
- Figuroa, J.D.C., Mauricio, A., Taba, S., Morales, E., Mendoza, A., Gaytán, M., Rincon-Sánchez, F., Reyes, M.L., and Véles, J. J.** 2005. Kernel characteristics and tortilla making quality of maize accessions from Mexico, the Caribbean, and South and Central America. In: Taba, S. (ed). Latin American maize germplasm conservation: regeneration, in situ conservation, core subsets, and prebreeding; proceedings of workshop held at CIMMYT, April 7-10, 2003. Mexico, D. F.: CIMMYT.
- Figuroa JDC, Martínez B. F., González H.J., Sánchez S.F., Martínez J. L. y Ruiz M. T.** 1994. Modernización tecnológica del proceso de nixtamalización. Avance y perspectiva. 13:323-329.
- FAO** 2009. (Food Agriculture Organization). 2009. Statistical databases. <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=291&lang=es> (Consultado: marzo, 2012).
- Gaytan- Martíñez M., D: Figuroa-Cárdenas, M.L. Reyes-Vega, F. Rincón – Sánchez, y E. Morales-Sánchez.** 2006. Microstructure of starch granule related to kernel hardness in corn. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 29 (Núm. Especial 2): 135-139.
- Galicia L, E. Nurit, A. Rosales, N. Palacios-Rojas.** Laboratory protocols 2009: Maize nutrition quality and plant tissue analysis laboratory. Mexioc, D.F.: CIMMYT.
- Grohmann L.** 2010. Chapter 7 Detection of Genetically Modified Plants in Seeds, Food and Feed. In: Genetic Modification of Plants, Biotechnology in Agriculture and Forestry 64. F. Kempken and C. Jung (eds.), Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 117-135pp.
- Gil A.** 2010. Tratado de Nutrición. Composición y Calidad nutritiva de los alimentos. Tomo II. Ed Médica Panamericana. 2da ed.
- González J., L. Douglas y O. Aregoces.** 1985. Producción y beneficio de semilla certificada de arroz. In: Tascos, J; García D (comp.) Arroz. Investigación y producción. Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo. Centro Nacional de Agricultura Tropical (CIAT) Calí, Colombia.

- GRUMA** 2009. Grupo Industrial Maseca (GRUMAS), diciembre 2007. Artículo periodístico de Juan Manuel Rincon Gallardo Alcalá, gerente corporativo de inteligencia de Mercado de la compañía de Gruma México. Grupo Milenio.
- Hilbeck, A., J.M. McMillan, M. Meier, A. Humbel, J. Schläpfer-Miller and M. Trtikova. 2012 a.** A controversy revisited: Is the coccinellid *Adalia bipunctata* adversely affected by Bt toxins? *Environmental Sciences Europe*, 24:10.
- Hilbeck, A., M. Meier and M. Trtikova. 2012 b.** Underlying reasons of the controversy over adverse effects of Bt toxins on lady beetle and lacewing larvae. *Environmental Sciences Europe*, 24:9.
- Hong-Zhuo T, Zai-Gui L, Bin T.** 2009. Starch noodles: History, classification, material, processing, structure, nutrition, quality evaluating and improving. *Food Research International*. 42: 551-576.
- Hellin, J., Keleman, A. y Atlin, G.** (2010). Smallholder Farmers and Maize in Mexico: A Value-Chain Approach to Improved Targeting of Crop-Breeding Programs. *Journal of New Seeds*, 11(3): 262-280.
- INEGI.** Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2009. www.inegi.gob.mx.
- Kato, T. A., C. Mapes, L.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. 116pp. México, D.F.
- Lazos, E. y Chauvet, M.** (2011). Análisis del contexto social y biocultural de las colectas de maíces nativos en México. Proyecto global de maíces nativos. Primer Informe, En: [http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/proyecto/Anexo9 Analisis Especialistas/Lazos%20y%20Chauvet%202011.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/proyecto/Anexo9_Analisis_Especialistas/Lazos%20y%20Chauvet%202011.pdf).
- Loureiro I., Escorial C., Garcia-Baudin J.M., Chueca C.** (2009). Hybridization, fertility and herbicide resistance of hybrids between wheat and *Aegilops biuncialis*, *Agron. Sustain. Environ.* 29, 237–245.
- Lavignalle, R.** 1996. El impacto de la protección de variedades vegetales en los países: la experiencia de Argentina; en: Seminario Regional para los Países Andinos sobre la Protección de las Obtenciones Vegetales. Quito- Ecuador.
- Marvier M., Van Acker R.C.** 2005. Can crop transgenes be kept on a leash? *Front. Ecol. Environ.* 3, 93–100.

- Morris, L; López, M A.** 2000. Impactos de mejoramiento de maíz en América Latina 1966-1997. México D.F. CIMMYT 45 p.
- Ma BL, Subedi K, Evenson L, Stewart G** .2005. Evaluation of detection methods for genetically modified traits in genotypes resistant to European corn borer and herbicides. *J Environ Sci Health B* 40: 633–644.
- Margarit E, M I Reggiardo y H R Permingeat.** 2008. Bt protein rhizosecreted from transgenic maize does not accumulate in soil. *Environmental Biotechnology* 2(11). Disponible en: <http://www.ejbiotechnology.info/index.php/ejbiotechnology/article/view/v11n2-3/29>
- Martínez M, Palacios N y Ortiz R.** 2009. Caracterización Nutricional del grano de 50 accesiones de maíz Cubano. *Cultivos Tropicales.* 2(30): 80-88 p.
- Méndez M G, Solorza F J, Velázquez D V M, Gómez M N, Paredes L O, Bello-Pérez L A.** 2005. Composición química y caracterización calorimétrica de híbridos y variedades de maíz cultivadas en México. *Agrociencia.* 3(39): 267-274.
- Narváez G. E. D., Figueroa C. J. D., Taba S.** 2007. Aspectos microestructurales y posibles usos del maíz de acuerdo con su origen geográfico. *Revista Fitotecnia Mexicana.* 3 (30):.321-325.
- Nurit, E., Tiessen, A., Pixley, K., Palacios-Rojas, N.** 2009. A reliable and inexpensive colorimetric method for determining protein-bound tryptophan in maize kernels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57:7233-7238.
- OCDE.** 2002. Consensus document on compositional considerations for new varieties of maize (*Zea mays*): Key food and feed nutrients, anti-nutrients and secondary plant metabolites. Series on the Safety of Novel Foods and Feeds No. 6, ENV/JM/MONO(2002)25. Environment Directorate, Joint Meeting of the Chemicals Committee and the Working Party on Chemicals, Pesticides and Biotechnology. Paris, Francia. 42 pp.
- Osorio-Díaz P, Agama-Acevedo E, Bello-Pérez L A, Islas-Hernández J J, Gómez-Montiel N O, Paredes-López O.** 2011. Effect of endosperm type on texture and *in vitro* starch digestibility of maize tortillas. *LWT- Food Science and Technology* 44: 611-615p.
- Osorio, N. R. Dillánes.** 2003. *In situ* Conservation and use of local maize races in Oaxaca, México: A participatory and decentralized approach. *In: Latin American Maize Germplasm conservation: Regeneration, in situ conservation, core subsests, and prebreeding. Proceedings of a workshop at CIMMYT.*

- Ortega E, Villegas E, Vasal S K.** 1986. A comparative study of protein changes in normal and quality protein maize during tortilla making. *Cereal Chemistry*. 5 (63): 446-451 p.
- Ortega Paczka, R.** 2003. La diversidad del maíz en México. En: Esteva, G. y Marielle, C. (Coords.). Sin maíz no hay país (pp. 123-154). México, D.F.: Culturas Populares de México.
- OIEDRUS-SAGARPA** 2007. Tarjetas Municipales de Información Estadística Básica del Estado de Oaxaca, Tomo II. Consultado el 31 de Mayo del 2012. Disponible en: <http://www.oiedrus-oaxaca.gob.mx/fichas/tomoll/distrito.pdf>.
- Pixley, K.V & Bjarnason, M.** 2002. Stability of grain yield, endosperm modification, and protein quality of hybrid and open-pollinated quality protein maize (QPM) cultivars. *Crop Science*, 42, 1882-1890.
- Piñeyro-Nelson A, van Heerwaarden J, Perales HR, Serratos- Hernández JA, Rangel A, et al.** 2009. Transgenes in Mexican maize: molecular evidence and methodological considerations for GMO detection in landrace populations. *MolEcol* 18: 750–761.
- Prassana B M, S K Vasal, B Kassahun and N N Singh.** 2001. Quality protein maize. *Current Science* Vol 81 No. 10 1308-1317pp.
- Permingeat H y E Margarit.** 2005. Impacto ambiental de los cultivos genéticamente modificados: El caso de maíz Bt. *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias* No. 7. Disponible en: <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Investigacion/revista/rev7/4.htm>
- Reynolds L T, Nemeth A M, Glenn C K, Ridley P W and Astwood D J.** 2005. Natural variability of metabolites in maize grain : Differences due to genetic background. *J. Agri. Food Chem.* 53(26) : 10061-10067.
- Remund K, Dixon D, Wright D, Holden L.** (2001). Statistical considerations in seed purity testing for transgenic traits. *Seed Science Research*. Vol. 11 pp 101-119.
- Rodríguez R P y González R O.** 2007. Plantas transgénicas: una revisión de los principales cultivos básicos en México. *e-Gnosis* Vol 5, Art. 9. 1-22pp. Disponible en: <http://www.e-gnosis.udg.mx/vol5/art9>.
- Rangel Meza E, Muñoz Orozco A, Vásquez-Carrillo G, Cuevas-Sánchez J, Merino-Castillo J, Miranda-Colin S.** 2004. Nixtamalización, elaboración y calidad de tortilla de maíces de Ecatlán, Puebla, México. *Agrociencia* 38:53-61.

- Robutti J L.** 2004. Calidad y usos del Maíz. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Pergamino Buenos Aires. Idia XXI. pp. 100-104 No.6 Año. 4
- Rosales A, Galicia L, Oviedo E, Islas C, Palacios R N.** 2011. Near-Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) for Protein, Tryptophan, and Lysine Evaluation in Quality Protein Maize (QPM) Breeding Programs. Journal of Agricultural and Food Chemistry. dx.doi.org/10.1021/jf201468x |J. Agric. Food Chem. XXXX, XXX, 000–000.
- Rodríguez N, Cerovich M, Ramis C, Miranda F, Trujillo A, Figueroa R.** Uso de patrones isoenzimáticos para caracterizar la calidad genética de la semilla certificada de arroz en Venezuela. Agronomía Trop. [revista en la Internet]. 2005 Sep [citado 2012 Ago 06] ; 55(3): 381-396. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2005000300004&lng=es.
- Ronayne de Ferrer, P A.** 2000. Importancia de los ácidos grasos poliinsaturados en la alimentación del lactante. Arch. Argent. Pediatr. 98(4): 231-238pp.
- Rodríguez Lara RM, 2005,** Detection of transgenic genes and proteins in Mexican traditional foods and commercial corn products. BSc Thesis Universidad Autónoma de Coahuila Campus Saltillo México.
- Sasson A, 2001,** Transgenic crops: Facts and challengers, Monograph, La Habana, pp 142-143.
- Singh N, J Singh, L Kaur, N S. Singh y B G Singh.** 2003. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. Food Chemistry 81. 219-231pp.
- Salinas M Y, Arellano V JL, y Martinez B.F.** 1992. Propiedades físicas, químicas y correlaciones de maíces híbridos precoces para Valles Altos. Comparación de métodos para medir dureza del maíz (*Zea mays* L.). Arch Latinoamer Nutr. 42(1):161-167
- Salinas M Y, Saavedra A S, Soria R y Espinosa E.** 2008. Características fisicoquímicas y contenido de carotenoides en maíces amarillos cultivados en el estado de México. Agricultura Técnica en México. 3 (48): 357-364 p.
- Salinas-Moreno, Y., Gómez-Montiel, N.O., Cervantes-Martínez, J. E., Sierra-Macías, M., Palafox-Caballero, A., Betanzos-Mendoza, E. y Coutiño-Estrada, B.** 2010. Calidad nixtamalera y tortillera en maíces del trópico húmedo y sub-húmedo de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 1(4):509-523.

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 lationamericanos de nutrición. 3 (57): 295-301.

SAGARPA (Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera-Secretaría de Agricultura y Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2008. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. (en línea). Consultado el 10 de Mayo del 2011. Disponible en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>.

Seralini, G-E., E. Clair, R. Mesnage, S. Gress, N. Defarge, M. Malatesta, D. Hennequin, J. Spirox de Vendômois. 2012. Long term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize. Food Chem. Toxicol.

Seralini, G.-E., Cellier, D. y Spirox de Vendomois, J. 2007. 'New analysis of a rat feeding study with a genetically modified maize reveals signs of hepatorenal toxicity'. Arch. Environ. Contam. Toxicol. DOI: 10.1007/s00244-006-0149-5, 596-602.

Serratos A., J.T. Arnason, C Nozzolillo, J.D.H. Lambert, B.J.R. Philogene, G. Fulcher, K. Davidson, L. Peacock, J. Atkinson, P. Morand. 1987. Factors contributing to resistance of exotic maize populations to maize weevil, *Sitophilus zeamais*. J. Chem. Ecol. 13: 751-762.

Serratos Hernández J.A. 1993. Análisis genético de algunas características bioquímicas y estructurales del grano de maíz (*Zea mays*) y su relación con la resistencia a la infestación de *Sitophilus zeamais* (Motsch.). Tesis Doctorado en Ciencias. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N. Unidad Irapuato. Guanajuato, México. 106 pp.

Serratos A., J.T. Arnason, A. Blanco-Labra, J.A. Mihm. 1997. Genetics of maize kernel resistance to infestation by *Sitophilus zeamais*. En: J. Mihm, *Insect Resistant Maize. Recent Advances and Utilization*. Distrito Federal, CIMMYT, pp. 132-138.

Soleri D, Cleveland DA, Aragón Cuevas F, Ríos Labrada H, Fuentes Lopez MR. 2005. Understanding the potential impact of transgenic crops in traditional

agricultura: maize farmers perspectives in Cuba, Guatemala & Mexico. Environ. Biosafety Res. 4:141-166.

Sierra M M; A C Palafox; Vázquez C G; Rodríguez F M; Espinosa C A. 2010. Caracterización agronómica, calidad industrial y nutricional del maíz para el trópico mexicano. *Agronomía mesoamericana* 21 (1): 21-29.

Serna-Saldivar, S. O., Gómez, M. H., Almeida-Domínguez, H. D., Islas-Ribio, A., & Rooney, L. W. (1993). A method to evaluate the lime cooking properties of corn (*Zea mays*). *Cereal Chemistry*, (70): 762-764.

Serratos-Hernández J. A., J. L. Gómez-Olivares, N. Salinas-Arreortua, E. Buendía-Rodríguez, F. Islas Gutiérrez, and A. de Ita. 2007. Transgenic proteins in maize in the soil conservation area of Federal District, México. *Front Ecol. Environ.* 5(5): 247–252.

SIAP, 2009. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2008 y 2009. Situación actual y perspectivas del maíz en México. 1996-2012. www.siap.gob.mx.

Statistical Analysis System Institute. 2005. The SAS® System for Windows® (Ver. 9.0). SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.

Sheedy C and Yau Y K. 2011. Chapter 2. Principles of immunoassays. *In: Immunoassays in Agricultural Biotechnology.* Guomin S (ed.), Jhon Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. 5-22 pp.

Silva P V. 2011. Análisis bioquímicos y moleculares de la biosíntesis de carotenos en diferentes tejidos de maíz. Tesis Maestría. Colegio de Postgraduados.

Torres-Morales B, B Coutiño-Estrada, A Muñoz-Orozco, A Santacruz-Varela, A Mejia-Contreras, S O Serna-Saldivar, S García-Lara, N Palacios-Rojas. 2010. Selección para contenido de aceite en el grano de variedades de maíz de la raza comiteco de Chiapas, México. *Agrociencia* Vol 44 No. 6 679-689pp.

Trejo-Téllez. B y F. J. Morales-Flores. 2009. Manual para la elaboración de una encuesta rural. Colegio de Postgraduados. 95p.

Tsai, C. Y., Dalby, A., Jones, R . A. 1975. Lysine and tryptophan increases during germination of maize seed. *Cereal Chem.* 152:356-360pp.

Tozzini, A. C. 2004. Detección de OGM en la Cadena Alimentaria. En Echenique V., Rubinstein C. y Mroginski L (ed.) *Bioteconología y Mejoramiento Vegetal.* INTA. Buenos Aires, Argentina. *Disponible en:* www.biblioteca.org.ar/libros/150439.pdf. 409-424 pp.

- Vargas A y Montaña E.** 2010. Comida Mexicana, patrimonio inmortal de la humanidad. Tomado de Periódico La Jornada 17 de noviembre del 2010. Disponible en: <http://www.jornada.unam.mx/2010/11/17/index.php?section=politica&article=002n1pol>
- Villegas, E., Ortega, E. y Bauer, R.** 1984. Chemical methods used at CIMMYT for determining protein quality in cereal grains, México: CIMMYT, 35 p.
- Vargas, L.A.** 2007. La historia incompleta del maíz y su nixtamalización. Cuadernos Nutrición 30 (3): 97-102.
- Vásquez Bocanegra V. C., M. Cortes-Noh y J. A. Monroy- Rivera** 2004. Las tortillas Tlayudas del estado de Oaxaca, México. En: http://afm.cirad.fr/documents/5_Agro_industries/Syal/ES/MONROY_BOCHANEGRA.pdf.
- Vázquez-Carrillo. M.G., Guzmán-Báez, L., García, J.L.A., Márquez-Sánchez, F., y Castillo-Merino, J.** 2003. Calidad de grano y tortillas de maíces criollos y sus retrocruzas. Revista Fitotecnia Mexicana, 26 (004):231-238.
- Vázquez-Carrillo. M.G., Pérez-Caramillo, J.P., Hernández-Casillas, J.M., Marrufo-Díaz, M. L., Martínez-Ruiz, E.** 2010. Calidad de grano y de tortillas de maíces criollos del altiplano y valle del mezquital, México. Revista Fitotecnia Mexicana, 31 (Núm. Especial 4): 49-56.
- Vázquez, C. G., García, S., Salinas, Y., Bergvinson, D., & Palacios, R. N.** 2011. Evaluation of grain properties and tortilla quality for Mexican landraces and improved maize. Plant Foods and Human Nutr. 66:203-208.
- Vázquez, C. G., Santiago, R. D., Salinas, M. Y., Rojas, M. I., Arellano, V.J., Velazquez, C. G., & Espinosa, C. A.** 2012. Genotype-environment interaction of yield and grain and tortilla quality of maize hybrids at the highlands of Tlaxcala, Mexico. Revista Fitotecnia Mexicana, 35, 229-237.
- Valdes-Monsivais F, Rodríguez Lara M, Macias de la Cerda C G, Cantu-Iris M et al.** 2009. In: Current Topics on Bioprocesses in Food Industry, Vol. III. Rao L V,, Pandey A, Larroche C, Saccol C R, and Dussap CG (Editors).
- Valdez MN, 2003,** Detection of segments of transgenic DNA in Mexican traditional foods. BSc Thesis. Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo, Coahuila México.
- Velimirov A, Binter C y Zentek J.** 2008. Biological effects of transgenic maize NK603xMON810 fed in long term reproduction studies in mice. Bundesministerium für Gesundheit, Familie und Jugend, Sektion IV. Disponible In: http://www.biosicherheit.de/pdf/aktuell/zentek_studie_2008.pdf

- Vidal V A M; G C Vázquez; B E Coutiño; A C Ortega; J L D Ramírez; R B Valdivia; M J H Guerrero, F J V Caro, O A Cota.** 2008. Calidad proteica en colectas de maíces criollos de la sierra de Nayarit Mexico. Nota científica. Rev. Fitotec. Mex. Vol 31 No especial 3. 15-21.
- Valenzuela-Zapata A., Bérard L., Marchenay P., Foroughbakhch R.,** 2004. Conservación de la diversidad de cultivos en las regiones con indicaciones geográficas. Comparación del Tequilal y Calvados. Sociedades rurales. Producción y medio ambiente, vol. 5, n° 8, pp. 7-22.
- Wang, L.** 1989. Impurity prevention and stock renewal of parental lines of hybrid rice. Philippines. IRRI. p.273.
- Wichser, W. R.** 1961. The world of corn processing. Am. Miller Process. 89(3): 23-24; 29-31.
- Wilson M C.** 1987. Proteins of the kernel. In: Corn: Chemistry and Technology (eds Watson, S. A. and Ramstad, P T). Am. Assoc. Cereal Chemists. St. Paul M.N. 273-277p.
- Watson S. A.** 1987 *In*: Corn: Chemistry and Technology (eds Watson, S. A. and Ramstad, P T.). Am. Assoc. Cereal Chemists. St Paul, MN. 53-82 pp.
- Xu Y., DJ Skinner, H Wu, N Palacios-Rojas, J L Araus, J Yan, S Gao, M Warburton and J H Crouch.** 2009. Advances in Maize Genomics and their Value for enhancing genetic gains from breeding. International Journal of Plant Genomics 1-30 pp.
- Zarate B. R.** 2004. Las tortillas. Mercado de los maíces criollos en los valles centrales de Oaxaca. En: <http://www.crupy-uach.org.mx/encuentro/ponencias-presentadas/50>.
- Zobel, H. F.** 1988. Molecules to granules – a comprehensive starch review. *Starch*, 40, 44-50.
- Zepeda B R, Carballo C A, Hernández A C.** 2009. Interacción genotipo-ambiente en la estructura y calidad del nixtamal-tortilla del grano en híbridos de maíz. *Agrociencia* 7 (43): 695-706.

CAPÍTULO QUINTO

5. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

DISCUSIÓN GENERAL

La raza de maíz Bolita, endémica de los Valles Centrales del Estado de Oaxaca y considerada con características sobresalientes para la elaboración de tortillas y en especial para la denominada “Tlayuda” (Aragón *et al.*, 2006; Vásquez *et al.*, 2004), fue el objeto de estudio de la presente investigación, la cual ha permitido generar un análisis que puede resultar estratégico para la sugerencia de acciones de conservación e impulso de la raza de maíz (*Zea mays* L.) bolita. La importancia económica de la Tlayuda como producto no tradicional de exportación y el posicionamiento ascendente en los mercados, ha permitido además de la generación de ingresos familiares, empleo local principalmente para población femenina, preservación de un rasgo cultural, un riesgo de pérdida de la identidad genética de la raza de maíz que le ha conferido ancestralmente dicha importancia, o bien un desplazamiento de los sitios de producción por genotipos con mayores rendimientos, lo cual vendría a suplementar la demanda creciente de maíz para nixtamalización.

El estudio mediante el enfoque de cadenas de valor desarrollado en el Capítulo II, reveló que existen cuatro principales eslabones de la cadena de valor de la Tlayuda, identificados como el de abastecimiento de maíz, transformación, comercio y consumo. Como anteriormente se menciona, el mercado de la Tlayuda existe y ha sobrepasado las fronteras convirtiéndose en un producto internacional-tradicional junto con otros productos que se comercializan por los inmigrantes mediante *el mercado de la nostalgia*, como chocolate, café, queso, entre otros. Dentro del estado de Oaxaca, sobre todo en la parte centro, se ha convertido en un platillo especial-tradicional ya que no solo la tortilla Tlayuda es usada para acompañar los alimentos sino que es parte de los ingredientes en la preparación como platillo. Lo anterior quedó evidenciado a través del eslabón de comercio, donde sobresalieron las empresas de envíos, quienes se han especializado en el traslado de la Tlayuda ha mercados internacionales.

No obstante a que existe un mercado en crecimiento para la Tlayuda, el mismo éxito, a puesto en riesgo la permanencia de la raza, esto es considerado porque los resultados

provenientes del análisis de la cadena de valor indicaron que existen limitantes tales como el abastecimiento, lo cual ha favorecido el uso de tipos de maíz diferentes a la raza Bolita, sugiriendo su posible desplazamiento.

La muestra etnográfica evaluada, reveló que existe insuficiencia de abastecimiento, debido a bajos rendimientos (iguales o menores a $1 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$), lo cual es considerado como muy bajos para satisfacer el mercado tradicional de la Tlayuda; atribuido a que la mayoría de los productores tiene como destino principal de su producción la elaboración de sus alimentos, principalmente tortilla; y en algunos casos destinan una porción para la venta en el mercado. Lo anterior es acorde a lo señalado por Lazos y Chauvet (2011), que indican, que en el estado de Oaxaca, México, el 75% de los agricultores encuestados, manifestaron como destino principal de la cosecha de maíz el autoconsumo, y cerca de una quinta parte para la venta. Las familias utilizan partes del maíz que producen para consumo humano y alimentación de animales domésticos (99%) forraje (88%) y elaboración de tortillas (99% de los casos), además de alimentos menores tales como, atoles, pinoles, pozole, totopos, tamales etcétera en un 84%.

Un rasgo sobresaliente del presente trabajo, fue la evidencia de que los productores usan como fuente de semilla para siembra diferentes tipos de maíces, además de raza Bolita, siembran Tabloncillo e incluso Pepitilla. Es decir, que el grano de maíz para la elaboración de la tortilla Tlayuda proviene de fuentes distintas de maíces nativos, lo que sugiere que la tortilla Tlayuda no se elabora exclusivamente con maíz de raza Bolita.

Otro aspecto sobresaliente, fue que ante el escenario del uso variable de semilla para siembra, baja productividad y que la producción obtenida es mayormente destinada al autoconsumo, las mujeres elaboradoras de tortilla Tlayuda, se ven en la necesidad de comprar maíz sin importar, aparentemente, la procedencia. Lo anterior fue atribuible a diferentes factores, tales como, el costo del maíz nativo, el cual oscila entre \$7.00 y \$8.75 pesos por kilogramo; mientras que en maíces no criollos su precio se ubicó entre \$6.00 y 7.50 pesos. Lo anterior ha propiciado que la población comerciante de Tlayuda se incline por el uso de maíces baratos procedentes de otras regiones. Lo antes

mencionado, se corroboró con los resultados obtenidos, los cuales evidenciaron que las mujeres transformadoras, ocupan tres fuentes de maíz: la primera de procedencia externa a las localidades muestreadas en un 27.4% de las mujeres; la segunda fuente estuvo integrada por al menos dos tipos de maíces criollos locales (40.5% de transformadoras), y la tercera fuente complementa el uso de criollos locales con maíz externo (32.1% de las transformadoras) (Figura 2.18). No obstante a la existencia de un mayor número de mujeres que utilizan el maíz nativo, el mayor volumen (kg de maíz usados) utilizado es el que corresponde al maíz No criollo (Figura 2.19). Los resultados anteriores coinciden con lo reportado por Zarate (2004) en su estudio de *Las tortillas. Mercado de los maíces Criollo en los Valles Centrales de Oaxaca* donde tan solo el 19.3% de las mujeres encuestadas utiliza maíces criollos.

La relación de maíces usados para la elaboración de Tlayuda, mostró que por cada kilogramo de maíz criollo usado, las mujeres transformadoras incluyen 500 gramos (50%) y hasta siete kilogramos de maíz de procedencia externa a la región los cuales además no son criollos. Este acercamiento etnográfico permite sugerir la necesidad de implementación de medidas precautorias para conservar la raza bolita para reducir, atenuar o erradicar la amenaza de desplazamiento y pérdida del reservorio genético.

Un aspecto favorable puede ser la evidencia de que el consumidor está dispuesto a pagar un sobreprecio en el valor de la Tlayuda, preferentemente si ha sido elaborada con maíz criollo de la raza Bolita. Sin embargo, también a través del estudio, se detectó que se requiere implementar el uso de las buenas prácticas en el eslabón de transformación de grano-nixtamalización-masa-Tlayuda, que garantice inocuidad al consumidor.

Con relación al análisis del estado actual de la muestra etnográfica de la diversidad del maíz raza Bolita, orientada a la producción comercial de Tlayuda, los resultados obtenidos (Capítulo III), indicaron que existe un complejo racial, ya que se registró la existencia de la raza Bolita en convivencia con otras variantes morfológicamente identificadas como Pepitilla y Tuxpeño, y cuyo análisis demostró que las accesiones en

su dispersión y agrupamientos, resultaron proceder de los distritos de Ejutla, Ocotlán y Zimatlán, Oaxaca; integradas mayormente por variantes de las razas Bolita, y con menor frecuencia, de formas intermedias de Bolita, Pepitilla y Tuxpeño; y esto fue muy coincidentes con lo encontrado por Aragón *et al.* (2003) en una región geográfica similar. La variabilidad determinada en la caracterización morfológica (Capítulo III), fue corroborada al analizar las accesiones respecto a características biofísicas en el grano (Capítulo IV). Tanto la agrupación de las poblaciones en el análisis de conglomerados (Figura 4.4) y la dispersión de éstas en el plano determinado por los componentes uno y dos (Figura 4.5 y 4.6) y dos y tres (Figura 4.7), indicaron amplia variabilidad; así por ejemplo, se encontraron accesiones con características sobresalientes en los aminoácidos esenciales, en proteína y aceite, sobresaliendo la amplia variabilidad encontrada en la dureza del grano, cuyos valores fluctuaron entre 3 % y 98 %, mientras que en proteína se obtuvo un rango de 7.59 % a 11.38 %, y los contenidos de lisina y triptófano, los cuales definen la calidad proteica del grano, oscilaron entre 0.173 % y 0.320 % para lisina, y 0.0394 % a 0.0788 % para triptófano en grano completo, y el contenido de aceite fue de 2.78 % a 5.32 %. La variabilidad encontrada, sugiere que las poblaciones cultivadas no son homogéneas en términos de presentar atributos específicos a lo descrito como raza primaria (Wellhausen *et al.*, 1951), y las diferencias pudieron deberse también al manejo agronómico, que incide en las características nutricionales del grano (Bedoya y Rooney, 1982; Bressani, 1990; Robutti, 2004; Velazquez-Carrillo, 2012).

Es importante resaltar que un factor fundamental para la conservación del maíz, son los propios agricultores, y que además los usos que estos otorguen al maíz permitirán que estos permanezcan. Boege (2009) y Mera (2009), señalan que las poblaciones humanas, a raíz de sus necesidades, intereses, prácticas y conocimientos han ido conformando y manteniendo la diversidad del maíz. En este sentido, se considera necesaria la creación de programas que facilite la promoción de diversos productos generados a base de maíz, entre los actores rurales.

Considerando los resultados obtenidos en el Capítulo II respecto al uso de otros tipos de maíces que provienen de otros estados y de empresas transnacionales como Cargill®, y tomando en cuenta los riesgos que anteceden a la raza y riesgos potenciales como la presencia de transgénicos, se procedió al análisis de las accesiones de maíz provenientes de la muestra etnográfica considerando la presencia de ciertas proteínas de origen transgénico y sus valores nutrimentales. Los resultados (Capítulo IV) evidenciaron la importancia del trabajo de caracterización para la elaboración de la tortilla Tlayuda, ya que además de sugerir diversidad, características sobresalientes en cuanto a contenidos de proteína, lisina, triptófano y contenidos de aceite, no se detectó la presencia de proteínas transgénicas. En relación a lo anterior, aunque los análisis realizados así como los resultados obtenidos, no mostraron registros, no se descarta que las accesiones estén libres de transgénicos ni de todas las proteínas transgénicas existentes. Lo anterior puede representar una ventaja debido a que al menos en este momento el grano transformado en tortilla, no muestra contaminación y posibles desventajas para el consumidor humano.

CONCLUSIONES GENERALES

- Existe un mercado nacional e internacional para la venta de la tortilla Tlayuda creciente, el cual ha permitido la existencia de un una fuente de ingresos económicos para las familias oaxaqueñas de los Valles Centrales de Oaxaca.
- La producción de maíz de la raza bolita para elaborar tortilla Tlayuda es insuficiente y esta destinada mayormente al autoconsumo de los habitantes de Oaxaca.
- La tortilla Tlayuda no es elaborada exclusivamente del maíz raza Bolita y los volúmenes utilizados de éstos para su elaboración, son menores en comparación con aquellos que no son de maíz de la región, lo que sugiere un riesgo en la conservación genética de la Raza.
- La diversidad de maíz encontrada mediante el análisis de caracteres morfológicos, sugiere estar integrada por Raza Bolita y por variantes de Bolita con Pepitilla y Tuxpeño principalmente.
- Los resultados obtenidos en la caracterización bioquímica, indican una amplia variabilidad en caracteres biofísicos en el grano. Resaltando, mejores accesiones en aminoácidos esenciales, contenido de proteína y aceite principalmente.
- Los resultados del presente trabajo, sugieren hacer un diagnóstico del estado que guarda el maíz raza Bolita en relación a la elaboración de la tortilla Tlayuda desde el enfoque de prevención y conservación.

RECOMENDACIONES GENERALES

1. Es importante fortalecer la cadena de valor desde la provisión del maíz para la elaboración de la tortilla Tlayuda.
2. Con base en la diversidad genética identificada, tanto morfológica como bioquímica, se propone continuar investigando para identificar poblaciones Raza Bolita y/o detectar aquellas que obedecen a una mayor productividad o con mejores caracteres agronómicos y nutrimentales.
3. Definir los parámetros que definen una tortilla Tlayuda en vistas a implementar la denominación de origen para la Tlayuda y los requisitos para su exportación, lo cual facilite la conservación e identidad de la raza Bolita.
4. Homogenizar y uniformizar el procedimiento de la elaboración de la tortilla Tlayuda desde las mezclas e implementar buenas prácticas de manufactura, para proponer una denominación de origen.
5. Desarrollar sistemas de conservación de productos tradicionales para potenciar su venta en mercados de exportación.
6. Ante la serie de limitantes identificadas, surge la necesidad de implementar medidas precautorias para conservar la raza evitando que su permanencia se vea seriamente amenazada. Una denominación de origen hacia el producto Tlayuda, es una forma de asegurar de forma indirecta la permanencia de la raza de maíz Bolita.
7. Determinación de marcas colectivas con los maíces criollos y la determinación de los sitios más adecuados para la conservación *in situ* de la diversidad de maíz.
8. Caracterizar los maíces en la búsqueda de valor agregado para fortalecer la percepción sobre el nivel de uso de los recursos fitogenéticos.
9. Se sugiere utilizar tanto la metodología de PCR a nivel de ADN y técnicas inmunológicas como ELISA en la detección de transgénicos.
10. **Recomendación en política de investigación:** Considerar el estudio de las relaciones de producción, manejo y conservación del maíz raza Bolita con los

eslabones de la cadena de valor, que genere un modelo de atención para otros materiales biológicos endémicos.

11. **Sugerencia en Conservación de materiales:** Establecer redes de innovación que promuevan la conservación genética de materiales que aumenten la producción, revaloricen la importancia de las razas, así como, de los materiales que fomenten el establecimiento de barreras a la invasión genética como las denominaciones de origen de productos no tradicionales derivados de las razas de maíz (productos artesanales y materiales para procesos industriales).
12. **Recomendación en política de investigación:** Apoyar la valorización, diversificación, diferenciación y desarrollo de nuevos productos derivados según transformación física, química y mecánica de productos de razas locales de maíz.
13. **Recomendación de política pública:** Apoyar la política de reconstrucción del sistema de Extensionismo rural en sus formas pública y privada, con enfoque en la conservación de recursos nativos.
14. **Recomendación de política pública:** Apoyar el desarrollo de agroindustrias enfocada en pigmentos vegetales (maíces de colores oscuros), metabolitos y aminoácidos para la industria alimentaria y farmacéutica.
15. **Fomento de Educación:** Formar redes de pequeños productores relacionados con las razas de maíz endémicas (Custodios profesionales con renovación constante de prácticas de conservación de material genético, incluidas Mejores prácticas (BMP's) que integren prácticas de bioseguridad, inocuidad y calidad en el producto).
16. **Fomento de Educación:** Educación y desarrollo de talentos humanos locales para incidir en los temas intermedios y superiores de conservación de recursos genéticos.
17. **Sugerencia a política pública:** Rezonificación y orientación de áreas tradicionales de producción maicera minifundistas hacia agroproductos con mayor importancia al mercado en términos de utilidades económicas, por ejemplo, profesionalización de los actores, asociación y organización.

CAPÍTULO SEXTO

6. ANEXOS

ANEXOS

Anexos Capítulo II

Cuadro 6.1. Clasificación de los costos que intervienen en el eslabón de transformación para la obtención del producto Tlayuda.

Costos fijos	Costos variables
Maíz	Comal
Leña	Tenate
Cal	Pasaje
Agua	Piso
Pago de personal	Empaque
Salario	Utensilio para coser el nixtamal
	Molino
	Maquina tortilladora

La obtención del valor referido a cada uno de los costos así como el cálculo de la inversión y ganancia, en el eslabón de transformación se describe en los Cuadros 6.2 - 6.4.

Cuadro 6.2. Descripción del cálculo de los valores obtenidos para cada costo (costos de inversión).

Costo	Obtención del valor	Ejemplo de cálculo (Gasto semanal)	Gasto mensual (es el costo semanal multiplicado por cuatro semanas)
Maíz	Kilogramos de maíz utilizados en una semana (kg) por el precio de un kilogramo de maíz (\$/kg).	$(100\text{kg/sem} \times 7.5\$/\text{kg}) = 750\$/\text{semana}$	3000\$/mes
Leña	Precio de la leña consumida en una semana (\$/semana).	400\$/semana	1600\$/mes
Cal	Precio de la cal consumida en una semana (\$/semana).	20\$/semana	80\$/mes
Agua	Precio de agua consumida al mes (\$/semana).	7.50\$/semana	30\$/mes
Pago de personal	Pago de personal por semana (\$/semana).	0 \$/semana	0\$/mes
Salario	\$0.00	\$0.00	
Comal	Costo del comal (\$) entre la durabilidad del comal (meses), entre 4 semanas.	$(80 \$ / 3 \text{ meses}) / 4 \text{ semanas} = 6.7\$/\text{semana}$	26.8 \$/mes

Cuadro 6.2. Continúa...

Tenate	Costo del tenate (\$) entre la durabilidad del tenate (meses), entre 4 semanas.	$(150\$/15 \text{ meses})/4 \text{ semanas} = 2.5\$/\text{semana}$	10\$/mes
Pasaje	Costo del pasaje (\$/día) multiplicado por los días de ir a vender a la semana (días/semana).	$(60\$/\text{día})(2 \text{ días/semana}) = 120\$/\text{semana}$	480\$/mes
Piso	Costo de vender en el mercado en un día (\$/día), multiplicado por los días de ir a vender a la semana (días/semana).	$0 \text{ \$/día} (2 \text{ días/semana}) = 0\$/\text{semana}$	0\$/mes
Empaque Utensilio para coser el nixtamal	Costo del empaque (\$/semana). Precio del utensilio para coser el nixtamal (\$), dividido entre la durabilidad de este (años), dividido entre 12 meses y dividido entre 4 semanas.	$0\$/\text{semana}$ $[(300\$/ (1.5 \text{ años}))/12 \text{ meses}]/4 \text{ semanas} = 4.2\$/\text{semana}$	0\$/mes 16.8\$/mes
Molino	Precio de un kg de nixtamal (\$/kg), multiplicado por los kg de nixtamal hechos en un día (kg/día) y multiplicado por los días en que elabora la tortilla a la semana (días/semana).	$(2.2\$/\text{kg}) (20 \text{ kg /día}) (5 \text{ días/semana}) = 220 \text{ \$/semana}$	880\$/mes
Maquina tortilladora	Precio de la maquina tortilladora (\$) dividido entre la media de su durabilidad (5 años), dividido entre 12 meses y dividido entre 4 semanas.	$((1800\$/5 \text{ años})/12 \text{ meses})/4 \text{ semanas} = 7.5\$/\text{semana}$	30\$/mes

Cuadro 6.3. Descripción del cálculo de los valores obtenidos para la Venta del producto.

	Obtención del valor	Ejemplo de cálculo (Gasto semanal)	Gasto mensual (es el costo semanal multiplicado por cuatro semanas)
Venta	Cantidad de tortillas producidas para la venta en cada semana multiplicada por el precio de cada tortilla (\$).	$(250 \text{ pzas/semana})(2.00\$/\text{semana}) = 750\$/\text{semana}$	3000\$/mes

Cuadro 6.4. Descripción del cálculo de los valores obtenidos para la ganancia.

	Obtención del valor	Ejemplo de cálculo (Gasto semanal)	Gasto mensual (es el costo semanal multiplicado por cuatro semanas)
Ganancia	Los costos totales de inversión menos la cantidad obtenida de la venta.	$(250 \text{ pzas/semana})(2.00\$/\text{semana}) = 750\$/\text{semana}$	3000\$/mes

Anexos Capítulo III

Cuadro 6.5. Grupo de razas por adaptación agroecológica, características de mazorca, grano y usos.

Grupo*	Sub grupo*	Cub-Sub-grupo*	Raza**	Distribución y abundancia	Textura y colores de grano	Usos***
GRUPO I. Adaptación a partes altas del centro y norte, mazorca generalmente cónica	SUBGRUPO I- 1. Partes altas del centro y norte	Unico	Palomero Toluqueño	Principalmente en el Valle de Toluca, muestras aisladas en otras partes de Valles Altos. Raro.	Reventador, blanco	Comunes
			Palomero de Chihuahua	Alta Babicora, Chihuahua. Raro	Reventador, blanco	Palomitas
			Arrocillo	Principalmente en partes altas de la sierra norte de Puebla y zonas aledañas de Veracruz. Abundante excepto las formas "negro"	Dentado: blanco, amarillo, morado en varios entornos	Comunes, el morado oscuro o negro para atole color púrpura en Semana Santa
			Cónico	Arriba de 1700m desde Oaxaca a sur de Querétaro. Dominante en muchas regiones	Dentado: blanco y amarillo, a veces morado	Comunes
			Elotes Cónicos	Arriba de 1750m en Estado de México, Puebla, Tlaxcala e Hidalgo. Abundante	Harinoso; generalmente morado, a veces rojo	Elotes, antojitos de color morado
			Cónico Norteño	Entre 1400 y 1800m de Querétaro al sur Chihuahua. Dominante en muchas regiones	Generalmente dentado y blanco	Comunes
			Chalqueño	Hidalgo, Estado de México, D. F., Tlaxcala, Puebla; algo en tierras de humedad en la Mixteca oaxaqueña, llanos de Zacatecas y Durango. Dominante en muchas regiones.	Semicristalino a harinoso, Crema, blanco, morado, rara vez en la actualidad amarillo o rojo	Las formas "crema" para usos comunes principalmente tortillas; los "palomos" para tamales; los "azules" y "rojos" para antojitos y elotes

Cuadro 6.5. Continúa ...

Grupo*	Sub grupo*	Cub-Sub-grupo*	Raza**	Distribución y abundancia	Textura y colores de grano	Usos***
			Complejo Serrano de Jalisco	Parte altas del sur de Jalisco. Distribución restringida	De cristalino a dentado; blanco, amarillo o morado	Comunes
			Apachito	Alta Babicora, Chihuahua. Raro.	Semicristalino; rosado o blanco	Comunes
			Dulce	Llanos de Jalisco y el Bajío. Abundancia regular.	Dulce; rojo, anaranjado o amarillo	Pinole
	SUBGRUPO I-2 Sierra de Chihuahua y centro de México	Único	Complejo Cristalino de Chihuahua -Gordo-Azul	Alta Babicora, Chihuahua. Las formas de Cristalino de Chihuahua dominantes en las región, las formas gordo y azul abundancia intermedia	Cristalino o semidentado; Blanco o amarillo (cristalino de Chihuahua), morado (azul); blanco con interior harinoso (Gordo)	Comunes
			Cacahuacinte	Principalmente valle de Toluca; algunas muestras en otras partes altas del centro del país. Abundante, en valle de Toluca, relativamente raro en otras partes	Harinoso generalmente blanco	Pozole, elotes, panecillos ("gorditas de la Villa")
GRUPO II. Adaptación a alturas intermedias de temporal y a costas semiáridas de riego, la mayoría de ocho hileras en la mazorca	Único	Único	Elotes Occidentales-Bofo	Bofo abundante a alturas intermedias de la Sierra Madre Occidental en Nayarit, Durango y Jalisco; Elotes occidentales frecuente en el Bajío y llanos de Jalisco	Harinoso morado o rojo	Elotes, usos ceremoniales en zona cora y huichol. Bofo para huicholes
			Tabloncillo	Principalmente en alturas intermedias en Jalisco. Era dominante, ha sido en gran parte desplazada por maíces mejorados	Dentado; generalmente blanco o "ahumado"	Comunes
			Tablita	Alturas intermedias de la Sierra Madre Occidental en Jalisco, Nayarit y Durango. Abundancia regular	Dentado; blanco o amarillo	Comunes
			Tabloncillo Perla	Nayarit a Sonora y Baja California, con frecuencia en suelos delgados. Abundante	Cristalino; blanco o amarillo	Comunes

Cuadro 6.5. Continúa...

Grupo*	Sub grupo*	Cub-Sub-grupo*	Raza**	Distribución y abundancia	Textura y colores de grano	Usos***
			Bolita	Principalmente en Valles Centrales de Oaxaca. Dominante	Dentado o harinoso; blanco, amarillo, morado o rojo	Comunes
			Ancho	Partes intermedias en Guerrero y Morelos; Hay áreas especializadas en su producción	Semiharinoso, blanco	Pozole. Tortillas de gran calidad
			Jala	Principalmente Valle de Jala, Nayarit. En peligro de extinción	Dentado, blanco	Elotes, gorditas de horno, pozole, pinole y alto valor de totomoxtle
			Zamora no Amarillo	Área de Zamora, Michoacán, otras partes de Michoacán y Jalisco. En peligro de extinción	Semicristalino a dentado, amarillo	Comunes
			Blando	Sonora, Sinaloa y Nayarit. Raro	Harinoso blanco	Panecillos
			Onaveño	Sonora, Sinaloa y Baja California. Abundante	Cristalino blanco	Comunes
GRUPO III. Mazorcas de base abultada de partes intermedias y altas del sur de México así como cilíndricas tropicales	SUBGRUP O III-1. Ciclo vegetativo muy largo (tardíos), principalmente de base abultadas	Único	Olotón	Partes altas (rriba de 1500msnm) principalmente en las sierras de Oaxaca y Chiapas. Introgresión de esta raza en maíces de varios lados entre ellos en algunos de Coscomatepec y Huatusco, Veracruz. Dominante en algunas partes.	Semicristalino a dentado; blanco, amarillo, morado, rara vez rojo	Comunes
			Comiteco	Su centro de distribución en la ciénega de Comitán, Chiapas, en donde es dominante, se extiende a otras partes intermedias de Chiapas y Oaxaca.	Dentado: blanco o amarillo, rara vez morado	Comunes
			Tehua	Depresión Central en Chiapas. Casi extinta	Dentado blanco	Comunes Tallos secos para postes
			Olotillo	Principalmente depresión central de Chiapas y parte baja del valle del Balsas (Olotillo) y península de Yucatán (Dzit-Bacal), pero algo en todo el trópico.	Dentado, principalmente blanco o amarillo, a veces morado	Comunes

Cuadro 6.5. Continúa...

Grupo*	Sub grupo*	Cub-Sub-grupo*	Raza**	Distribución y abundancia	Textura y colores de grano	Usos***
	SUBGRUPO III-2. Tropicales de mazorca cilíndrica y grano dentado	SUBSUBGRUPO III-2-A- De ciclo intermedio y muy tardío muy productivos	Celaya	Bajío y llanos de Jalisco (buen temporal y riego), a veces en otros lados de alturas intermedias. En gran parte desplazada por maíces mejorados	Dentado blanco	Comunes
Tuxpeño			Partes tropicales de Tamaulipas y Nayarit hasta Chiapas y península de Yucatán; generalmente en suelos bajo roturación, a veces en roza-tumba-quema. Dominante en muchos lugares aunque en otros las poblaciones nativas han sido desplazadas por maíces mejorados	Dentado blanco o amarillo, rara vez morado	Comunes	
Tuxpeño Norteño			Principalmente en áreas subtropicales y áridas del norte del país, también en la Cañada en límites de Oaxaca y Puebla. En gran parte desplazada por maíces mejorados aunque en algunas áreas aún es dominante.	Dentado generalmente blanco	Comunes, para elotes en Tehuacán y La Cañada, en los límites de Oaxaca y Puebla	
Vandeño			En las costas del Pacífico de Michoacán a Chiapas. En peligro de extinción	Dentado, generalmente blanco	Comunes	
Chiquito (Nal-Tel de Altura)			Parte intermedias de la Sierra Norte de Oaxaca. Abundancia regular	Semicristalino a dentado, blanco	Comunes, elotes (precoz)	
		SUBSUBGRUPO III-2-B. De ciclo corto (precoces)	Nal-Tel	Península de Yucatán, ocasionalmente en otras partes bajas de las costas del Golfo de México.	Semicristalino, generalmente amarillo, rara vez blanco o morado	Elote, atole y otros antojitos con maíz nuevo

Cuadro 6.5. Continúa...

Grupo*	Sub grupo*	Cub-Sub-grupo*	Raza**	Distribución y abundancia	Textura y colores de grano	Usos***
			Conejo	Costas y tierra caliente de Michoacán a Oaxaca. En tierras poco fértiles generalmente en roza-tumba-quema. Abundancia regular	Semicristalino a dentado, blanco	Comunes
			Ratón	Debajo de 1300m en Tamaulipas y la comarca lagunera, esporádicamente en otros lugares. Abundante	Dentado, generalmente blanco	Comunes
			Zapalote Chico	Su centro de distribución en el Istmo de Tehuantepec, esporádicamente en otros lugares tropicales. Dominante	Dentado blanco	Totopos, comunes
			Zapalote Grande	En algunas localidades tropicales de Oaxaca y Chiapas. En peligro de extinción	Dentado, blanco y amarillo	Comunes
			Tepecintle	Partes tropicales de Oaxaca y Chiapas. Raro	Dentado, blanco y amarillo	Comunes
		SUBSUBGRUPO III-2-C. Pepitilla (según otros estudios forma un grupo aparte)	Pepitilla	Principalmente alturas intermedias de Guerrero. En peligro de extinción	Semicristalino a dentado generalmente blanco	Comunes en tortillas fama de alta calidad
GRUPO IV. Chapalote y razas afines	Único	Único	Chapalote	Sinaloa y Sonora. En peligro de extinción	Cristalino, generalmente café	Pinole, elotes
			Reventador (incluye Elotero de Sinaloa)	Nayarit a Sonora y Baja California. Abundante excepto las formas de Elotero de Sinaloa que son raras	Reventados a cristalino; blanco, amarillo o morado (este último corresponde al tipo elotero)	Comunes los blancos y amarillos, para elotes los morados
			Dulcillo del Noroeste	Nayarit a Sonora y Baja California. Raras las poblaciones más o menos puras	Dulce, amarillo o anaranjado	Pinole, ponteduro
*Grupos y subgrupos de razas según Sánchez <i>et al.</i> , 2000. Con algunas ligeras modificaciones para su mejor comprensión.						
** Razas según Ortega <i>et al.</i> , 1991.						
*** Usos según Hernández Xolocotzi, 1972, y trabajo de campo propio. Fuente: Ortega-Paczka, 2003.						

Cuadro 6.6. Ubicación de las 108 accesiones provenientes de los Valles Centrales de Oaxaca.

No. De Colecta	Nombre	Distrito	Id Morf.	Municipio	Localidad	Nombre del predio	Longitud Norte	Longitud oeste	Altitud
1	Eduardo Galan	Zimatlan	Bt	Santa Cruz Mixtepec	El trapiche	La huerta	16°45' 34.97"	96°51' 21.11"	1494
2	María del Carmen Dominguez Montañó	Ejutla	B	La Compañía	La Chopa	La mesquitada	16°31' 51.93"	96°47' 50.68"	1368
3	Martina Hernández Cortez	Ejutla	Bp	La Compañía	La Chopa	Los guamuches	16°32' 00.43"	96°48' 08.08"	1365
4	Amadeo Lucas Reyes	Ejutla	B	La Compañía	La Chopa	La Pila	16°31' 59.86"	96°47' 50.78"	1376
5	Miguel Payo	Zimatlan	Bp	Santa Cruz Mixtepec	El trapiche	El limon	16°45' 48.74"	96°51' 51.65"	1501
6	Ricardo Colon	Zimatlan	Bp	Santa Cruz Mixtepec	El trapiche	El limon	16°45' 51.13"	96°51' 52.85"	1502
7	Mariano Castellanos	Zimatlan	Bp	Santa Cruz Mixtepec	El trapiche	El panteon	16°45' 42.54"	96°51' 20.25"	1513
8	Bernardina Canseco	Ejutla	Bt	La Compañía	La labor	Rio prieto	16°32' 26.94"	96°48' 29.33"	1356
9	Petra Cortes Ortiz	Ejutla	Bp	La Compañía	Agua blanca	El higitto	16°34' 19.57"	96°47' 41.73"	1415
10	Pedro Lopez	Zimatlan	B	Santa Cruz Mixtepec	El trapiche	El Zapote	16°45' 22.79"	96°51' 22.33"	1488
11	Reyna Dominguez	Ejutla	B	La Compañía	La chopa	El carrisal	16°32' 44.99"	96°48' 20.10"	1356
12	Francisca Santos	Ejutla	Bp	La Compañía	La compañia	El chiquito	16°33' 30.87"	96°48' 53.38"	1383
13	Constancio Martinez Vazquez	Ejutla	Bp	La Compañía	La compañia	Santa Ines	16°33' 14.63"	96°48' 46.67"	1368
14	Fidel Angel	Zimatlan	B	Santa Cruz Mixtepec	El trapiche	La avena	16°45' 35.04"	96°51' 32.82"	1492
15	Justino Hernández R	Ejutla	B	La Compañía	La compañia	La cueva	16°33' 04.27"	96°49' 32.75"	1364
16	Elia Teresa Sorroza	Ejutla	B	La Compañía	Agua del espino	Agua del Ramon	16°34' 49.65"	96°48' 03.91"	1405
17	Dionicia Lopez Vazquez	Ejutla	B	La Compañía	Agua del espino	Agua del espino	16°35' 20.79"	96°47' 58.78"	1420
18	Felix Vasquez García	Ejutla	Bm	La Compañía	Agua del espino	El corral	16°35' 28.74"	96°47' 49.09"	1421
19	Balentin Perez	Ejutla	B	La Compañía	Rio de Ejutla	El potrero	16°32' 49.75"	96°47' 31.14"	1384
20	Pedro Diaz Carreño	Ocotlan	B	Ocotlan	Ocotlan	Arroyo Prieto	16°46' 56.26"	96°40' 40.47"	1508
21	Eulogia Santos Herrera	Ejutla	Bt	La Compañía	Rio de Ejutla	El riego	16°33' 00.17"	96°47' 28.20"	1371

Cuadro 6.6. Continúa...

22	Domingo Liborio Vasquez Martinez	Ocotlan	Bp	Ocotlan	San Jacinto	La mesita arroyo prieto	16°46' 40.07"	96°41' 01.27"	1502
23	Teresa Rodriguez Ramirez	Ejutla	Bp	La Compañía	La compañía	El plan	16°33' 19.26"	96°49' 14.90"	1366
24	Teresa Rodriguez Ramirez	Santa Cruz Mixtepec	Bp	El Trapiche	El Trapiche		16°45' 06.14"	96°51' 04.27"	1477
25	Felipe García	Ejutla	B	Taniche	Taniche	El potrero	16°33' 57.14"	96°44' 56.66"	1425
26	Petra Bravo	Ejutla	Pb	Ejutla	La noria sección 13	La loma	16°32' 59.64"	96°45' 02.19"	1433
27	Juan Saúl Pacheco	Ejutla	Bp	Ejutla	La noria sección 13	Terreno el rincon	16°33' 03.59"	96°44' 50.20"	1431
28	Isabel Jimenez Silva	Ejutla	Bm	La Compañía	Agua del espino	El boqueron	16°35' 10.87"	96°48' 05.55"	1415
29	Isabel Jimenez Silva	Ejutla	B	La Compañía	Agua del espino	El boqueron	16°35' 13.61"	96°48' 26.45"	1433
30	H. Rufina Ramirez	Ejutla	Pb	Taniche	Taniche	La lomita	16°34' 02.17"	96°45' 22.23"	1416
31	Prisiliano Hernández	Ejutla	Tb	La Compañía	La compañía	Piedra blanca	16°33' 02.00"	96°49' 39.48"	1372
32	Apolonia González Días	Ejutla	Bp	La Compañía	Agua blanca	El sandillalito	16°34' 35.98"	96°47' 31.39"	1428
33	Reina Pacheco Santos	Ejutla	B	La Compañía	Agua blanca	La mojonera	16°34' 17.86"	96°47' 36.10"	1422
34	Paulina Rios Cuevas	Ejutla	Bp	La Compañía	Agua blanca	El rompecape	16°34' 19.78"	96°47' 45.10"	1415
35	Luis Miguel Martínez Rodríguez	Ejutla	Bp	La Compañía	La compañía	El guayabo	16°33' 04.29"	96°49' 54.28"	1379
36	Primitivo Vásquez V	Ejutla	Bm	La Compañía	Agua del espino	La loma	16°35' 00.73"	96°48' 04.20"	1412
37	Rey Jarquin	Ejutla	Bp	Ejutla	La noria sección 13	El otate	16°33' 25.79"	96°45' 04.11"	1425
38	Elfego Sergio Patiño	Ocotlan	Bt	Ocotlan	Santa Rosa de lima	Llegarega	16°46' 13.57"	96°41' 32.08"	1498
39	Irma AA	Ocotlan	Bt	Asunción Ocotlan	Asunción	loma cerca del rio chiquito	16°45' 03.98"	96°43' 48.78"	1480
40	Pedro González Cruz	Ejutla	Bt	La Compañía	La compañía	El ocotillo	16°32' 49.84"	96°48' 23.43"	1361
41	Reveriana Dominguez Arango	Ejutla	Bt	Taniche	Taniche	Presa	16°34' 01.96"	96°44' 51.76"	1423
42	Anatolio González	Ejutla	Tb	La Compañía	La compañía	La loma	16°33' 20.11"	96°48' 43.96"	1380

Cuadro 6.6. Continúa...

43	Henares guiman	Ejutla	B	La Compañía	La compañía	plan de guamucho	16°33'07.35"	96°51'12.33"	1395
44	Gerardo Santos Sierra	Ejutla	Bt	La Compañía	La compañía	sin nombre	16°33'02.35"	96°48'27.15"	1375
45	Ignacio Zorrosa Hernández	Ejutla	B	La Compañía	Agua del espino	El bajo	16°34'16.61"	96°47'42.33"	1416
46	Soledad Anaya	Ejutla	Tb	La Compañía	La compañía	El llanito	16°32'49.43"	96°50'06.77"	1380
47	Reyna Bautista	Ejutla	Bp	La Compañía	Rio de ejutla	el gilguero	16°32'49.70"	96°47'32.02"	1384
48	Juan Hernández López	Ejutla	Bp	La Compañía	La compañía	sin nombre	16°33'04.62"	96°51'02.70"	1393
49	Leocadio Hernández	Ejutla	H	La Compañía	La compañía	El llano	16°32'53.00"	96°50'12.92"	1384
50	Angela Meinrado ramirez	Ejutla	Pb	La Compañía	La compañía	El guaje	16°33'10.84"	96°48'42.56"	1373
51	dith Hernandez Zavaleta	Ejutla	B	La Compañía	Agua del espino	La loma	16°34'52.08"	96°48'01.24"	1410
52	Margarita Sanchez	Ejutla	B	La Compañía	Agua blanca	El bajito	16°33'50.08"	96°47'17.02"	1420
53	Armando Cortes S	Ejutla	Bp	La Compañía	Agua blanca	La loma del cuabilote	16°34'36.14"	96°47'25.04"	1430
54	Edmundo Felix Gonzalez	Ejutla	Bp	Ejutla	La noria sección 13	La cruz	16°33'37.05"	96°45'20.96"	1412
55	Soledada V	Ocotlan	B	Asuncion	Asunción	Loma malbarisco	16°45'21.31"	96°43'36.48"	1481
56	Natividad cruz	Ejutla	B	La PE	La PE	El bajo	16°37'57.04"	96°47'47.61"	1366
57	Bonifacio ArturoMartinez M.	Ocotlan de Morelos	B	Ocotlan de Morelos	Santa Rosa de Lima	Paraje el potrero	16°46'24.90"	96°41'38.60"	1495
58	Lucio Rios	Ejutla	Bm	La Compañía	Agua del espino	La loma	16°34'55.13"	96°48'03.55"	1413
59	Nemorio Vazquez	Ejutla	Bt	La Compañía	La compañía	sin nombre	16°33'01.86"	96°50'55.50"	1399
60	Isais Santos	Zimatlan	B	Santa Cruz Mixtepec	El trapiche	El zapote	16°45'21.72"	96°51'15.90"	1486
61	Agutino Ramos G	Ejutla	Bp	La Compañía	La labor	El mangal	16°32'34.16"	96°48'17.51"	1361
62	Pedro Rodriguez	Zimatlan	Bp	Santa Cruz Mixtepec	El trapiche	Piedras lisas	16°45'38.20"	96°51'19.21"	1501
63	Vicente Angel	Zimatlan	B	Santa Cruz Mixtepec	El trapiche	El zapote	16°45'24.54"	96°51'12.94"	1487
64	Claudio Castellanos	Zimatlan	B	Santa Cruz Mixtepec	El trapiche	El Zapote	16°45'22.57"	96°51'28.31"	1488

Cuadro 6.6. Continúa...

65	Virgina Hernandez	Ocotlan	B	Asuncion	Asunción	Loma malbarisco	16°45' 43.30"	96°44' 13.93"	1472
66	Felix Celaya	Zimatlan	B	Santa Cruz Mixtepec	El trapiche	El zapote	16°45' 22.61"	96°51' 20.79"	1487
67	Eduardo Mijangos Guzman	Ejutla	T	La Compañía	La compañía	El llano	16°32' 56.49"	96°50' 16.65"	1387
68	David Martinez Guzman	Ejutla	Bp	La Compañía	La compañía	Los higuitos	16°33' 21.09"	96°49' 11.70"	1363
69	Jose Mijangos Cruz	Ejutla	Bp	La Compañía	La compañía	Los rinconcitos	16°33' 00.75"	96°48' 35.86"	1365
70	Felipe Garcia	Ejutla	B	Taniche	Taniche	San Antonio	16°33' 52.05"	96°45' 08.63"	1421
71	Mariano Flores	Zimatlan	B	Santa Cruz Mixtepec	El trapiche	La arena	16°45' 39.26"	96°51' 40.58"	1501
72	Zenaida Canseco Perez	Ejutla	T	La Compañía	La labor	Arenal	16°32' 42.13"	96°48' 17.92"	1361
73	Ruperta Ramirez	Ejutla	T	La Compañía	La labor	Orillas del rio	16°32' 19.22"	96°48' 26.06"	1366
74	Juan Castellanos	Zimatlan	B	Santa Cruz Mixtepec	El trapiche	Sto domingo	16°45' 36.71"	96°50' 47.83"	1500
75	Zenovia Cruz Perez	Ejutla	B	La Compañía	La labor	El pochotle	16°32' 32.76"	96°48' 27.89"	1358
76	Sabino Luis Lopez	Ocotlan	B	San Nicolas _Yaxe	San Nicolas Yaxe	El molino	16°46' 27.02"	96°35' 03.24"	1631
77	Filogonio Zarate	Zimatlan	B	Santa Cruz Mixtepec	El trapiche	El zapote	16°47' 21.21"	96°54' 10.45"	1583
78	Guillermo Carranza	Ocotlan	B	San Baltazar Chichicapam	San Baltazar chichicap am	La chazané	16°46' 40.32"	96°36' 27.21"	1589
79	Julio Herrera Ramírez	Ejutla	B	La Compañía	La labor	La loma	16°33' 45.05"	96°49' 24.72"	1400
80	Salomon Barrita Hernandez	Ejutla	B	Taniche	Taniche	El criollo	16°33' 57.64"	96°45' 02.85"	1417
81	Cayetano Donato Barrios	Zimatlan	B	Santa Cruz Mixtepec	El trapiche	El Zapote	16°47' 21.49"	96°52' 45.63"	1553
82	Antonia	Ejutla	B	Taniche	Taniche	El pozito	16°33' 40.05"	96°45' 04.33"	1420
83	Virgina Hernandez	Ocotlan	B	Asuncion	Asunción	Bajo del cerro	16°45' 12.70"	96°43' 31.42"	1482
84	Vidal Rodriguez García	Ejutla	Bm	La Compañía	La compañía	La loma	16°32' 59.46"	96°48' 32.55"	1366
85	Felix Castellanos Antonio	Zimatlan	Bt	La cienega	La cienega	Vitihuache	16°54' 09.94"	96°45' 22.65"	1496
86	Hilari Rufina Ramirez Lopez	Ejutla	Bm	La Compañía	La compañía	Los nebras	16°33' 05.59"	96°48' 51.48"	1369

Cuadro 6.6. Continúa...

87	Juana Ramirez	Ejutla	Bt	La Compañía	La compañía	Romanientes	16°33'05.59"	96°48'51.48"	1367
88	Praxedes Minerva y - _Mijangos Alvarez	Ejutla	B	La Compañía	La compañía	Antisco	16°33'92.12"	96°48'52.92"	1391
89	Lidia Reyes Arellanos	Zimatlan	B	La cienega	La cienega	Guelaje	16°53'28.11"	96°45'17.55"	1495
90	Constantino Martinez	Ejutla	Bp	La Compañía	La compañía	La loma	16°33'26.42"	96°49'35.04"	1405
91	Bernardita Ortiz	Zimatlan	B	La cienega	La cienega	paraje ticuila	16°53'39.46"	96°46'36.26"	1504
92	Ermelinda Morales	Zimatlan	B	La cienega	La cienega	tierra loma	16°53'47.66"	96°46'40.01"	1505
93	Julia Celaya	Zimatlan	B	La cienega	La cienega	arrastradera	16°52'5.45"	96°45'54.21"	1492
94	Esteban Velazco	Zimatlan	B	La cienega	La cienega	la loma	16°53'14.54"	96°45'38.53"	1506
95	Cecilia Perez	Zimatlan	B	La cienega	La cienega	Achililaga	16°53'28.75"	96°45'19.30"	1495
96	Lorenzo cruz y susana Ramirez	Ejutla	Bp	La Compañía	La compañía	El arroyo y cruz prieta	16°33'04.03"	96°48'37.76"	1365
97	Anatolio González	Ejutla	B	La Compañía	La compañía	Cruz prieta	16°33'25.91"	96°48'43.59"	1391
98	Bulmaro Ramirez	Ejutla	N	La Compañía	La compañía	Romanientes	16°33'03.01"	96°49'40.01"	1370
99	Gregorio Maldonado	Zimatlan	B	La cienega	La cienega	sin nombre	16°53'16.80"	96°45'16.52"	1493
100	Angela Garcia Hernandez	Ejutla	Bp	La Compañía	La compañía	cruz prieta	16°33'11.20"	96°48'39.37"	1379
101	Predo J. Cruz Gonzalez	Ejutla	B	La Compañía	La compañía	El llano	16°33'11.99"	96°48'57.33"	1366
102	Patricia Ramirez Rios	Ejutla	B	La Compañía	Agua del espino	Paraje	16°35'30.38"	96°47'57.46"	1424
103	Leonides Alvarez Mijangos	Ejutla	Tb	La Compañía	La compañía	Arroyo de Sinigüepe	16°33'15.98"	96°48'47.77"	1369
104	Emigdia Martinez	Ejutla	B	La Compañía	La compañía	Lantisco	16°33'33.77"	96°49'23.91"	1390
105	Jovita lopez	Ejutla	Bm	La Compañía	La compañía	Romanientes	16°33'01.49"	96°49'48.03"	1372
106	Tomasa Gonzalez	Ejutla	Bp	La Compañía	La compañía	La cañada	16°33'05.13"	96°49'35.09"	1367
107	Julio Zenon Jarquin Reyes	Ejutla	Tb	La Compañía	La compañía	El solar	16°33'18.13"	96°49'00.08"	1361
108	Hector Barragon Ramirez	Ejutla	B	La Compañía	Agua del espino	Paraje de la víbora	16°34'57.87"	96°48'16.62"	1429

Anexos Capítulo IV

Cuadro 6.7. Muestras de maíz colectadas en diferentes lugares de venta en los Valles Centrales de Oaxaca.

Número de accesiones	Lugar de venta	Tipo de maíz	Procedencia del maíz
3	Molino de Santo Domingo en Ocotlán, Oaxaca.	Negro criollo	Ejutla, Oaxaca
		Blanco de Sinaloa	Sinaloa
		Blanco criollo	Ejutla, Oaxaca
2	Super Miscelánea Pueblos unidos, Ocotlán, Oaxaca	Maíz blanco	Bajío, Guanajuato
		Blanco de Sinaloa	Cargill Sinaloa
4	Granos y semillas “La Espiga” en Santo Domingo, Ocotlán Oaxaca.	Negro criollo	Ejutla, Oaxaca
		Blanco criollo	Ejutla, Oaxaca
		Blanco de Sinaloa	Sinaloa
		Blanco criollo	Ejutla, Oaxaca
1	Mercado Morelos, Alimentos balanceados en Ocotlán Oaxaca	Blanco de Sinaloa	Sinaloa
2	Venta de maíz en Santiago Apóstol, Oaxaca.	Maíz blanco	Puebla
		Blanco de Sinaloa	Sinaloa
3	Mini Super Central en Santiago Apóstol, Oaxaca.	Criollo negrito	Ocotlán
		Blanco de Sinaloa	Sinaloa
		Blanco	Puebla
4	Establecimiento de venta de grano de maíz en Santiago Yatareni, Distrito Centro, Oaxaca.	Ancho blanco criollo	Santiago Yatareni
		Amarillo criollo	Santiago Yatareni
		Larguito	Sinaloa
		Anchito	Sinaloa
1	Establecimiento de venta de grano de maíz en San Agustín de las Juntas, Oaxaca	Criollo Bolita	Ejutla
		Larguito	Puebla

Cuadro 6.7. Continúa...

		Anchito	Sinaloa
1	Establecimiento de venta de grano de maíz en Macuixochitl, Oaxaca	Criollo Bolita	Macuixochitl
3	Tienda de Semillas en Tlalixtac de Cabrera, Oaxaca	Larguito	Sinaloa, Agrovizion
		Larguito	Puebla
		Criollo Bolita	Tlalixtac
1	Depósito y Abarrotes en San Pablo Huixtepec, Oaxaca.	Criollo amarillo	San Pablo Huixtepec
2	Abarrotes y semillas AMAIRY, en San Pablo Huixtepec.	Criollo Blanco	San Pablo Huixtepec
		Criollo amarillo	San Pablo Huixtepec
4	Granos y Semillas, Ocotlán, Oaxaca	Blanco	Puebla
		Negro	Sinaloa
		Criollo amarillo	Ocotlán
		Criollo blanco	Ejutla
Total 31			

Cuadro 6.8. Materiales y reactivos utilizados en la determinación de nitrógeno.

Reactivo/Mezcla reactivos	de	Reactivos específicos/Especificaciones	Preparación	Recomendaciones especiales
100 µg / mL de sulfato de amonio		Sulfato de amonio (JT Baker Cat. 0792-01 CAS 7793-20-2)	Pesar 1.179 g y disolver en 250 mL de agua destilada	Almacenar a 4 °C durante un mes como máximo. Mantener en un recipiente protegido de la luz.
Ácido sulfúrico analítico, 98 %)	(grado	JT Baker Cat. B5991-18 CAS 7664-93-9		Almacenar a temperatura ambiente en un recipiente protegido de luz.
Mezcla catalítica.		Sulfato de Potasio (Merck Cat. 1.05153.1000) Selenio (Merck Cat. 1.07714.0250)	Mezclar muy bien 1 kg de K ₂ SO ₄ con 5 g de selenio.	Manejar con mucho cuidado; el selenio es un reactivo muy peligroso. Almacenar a temperatura ambiente.

Cuadro 6.8. Continúa...

Mezcla de Reactivos 1	Cloruro de sodio (JT Baker Cat. 3624-05 CAS 7647-14-5) Acido sulfúrico (JT Baker Cat. B5991-18 CAS 7664-93-9). Brij 35 purificado (Pierce Cat. 20806)	Disolver 200 g de cloruro de sodio, 15 mL de ácido sulfúrico y 2 mL de Brij 35. Completar el volumen a 2 L con agua destilada.	Almacenar a temperatura ambiente.
Mezcla de Reactivos 2	Fosfato de sodio anhidro dibásico (JT Baker 3828). Hidróxido de sodio (JT Baker 3722-05 CAS 1310-73-2).	Disolver 71 g de fosfato dibásico de sodio anhidro y 20 g de hidróxido de sodio y completar el volumen a 1 L con agua destilada.	Almacenar a temperatura ambiente.
Tartrato de Sodio y Potasio 0.7 M	Tartrato de Sodio y Potasio tetrahidratado (Mallinckrodt Cat. 2367 CAS 1310-73-2).	Disolver 200 g de tartrato de potasio en 1 L de agua destilada.	Almacenar a temperatura ambiente.
Hidróxido de sodio 5 M.	Hidróxido de sodio (JT Baker 3722-05 CAS 1310-73-2).	Disolver 200 g de hidróxido de sodio en 1 L de agua destilada.	Almacenar a temperatura ambiente.
Mezcla de Reactivos 3	Mezcla de reactivos 2. Tartrato de Potasio 0.72 M. Hidróxido de Sodio 5 M. Brij 35 purificado (Pierce Cat. 20806).	Mezclar 400 mL de la mezcla de reactivos 2, 500 mL de tartrato de potasio 880 mM, 500 mL de hidróxido de sodio 5 M y 1 mL de Brij 35. Completar el volumen a 2 L con agua destilada.	Almacenar a temperatura ambiente en oscuridad un máximo de 15 días.
Mezcla de reactivos 4	Salicilato de sodio (Sigma-Aldrich Cat. 058K0010) Nitroprusiato de sodio dihidratado (Merck Cat. 1.06541.1000). Brij 35 purificado (Pierce Cat. 20806)	Disolver 300 g de salicilato de sodio y 600 mg de nitroprusiato de sodio. Añadir 2 mL de Brij 35 y completar el volumen a 2 L con agua destilada.	Almacenar a temperatura ambiente en oscuridad.
Hipoclorito de sodio.	Hipoclorito de sodio (Marca comercial Cloralex)	Disolver 6 mL de hipoclorito de sodio y completar el volumen a 100 mL con agua destilada.	Almacenar a temperatura ambiente en oscuridad.
Sulfato de amonio (100 µg/mL).	Sulfato de amonio granular (JT Baker Cat. 0792-01 CAS 7793-20-2).	Disolver 10 mg de sulfato de amonio en 100 mL de agua destilada.	Almacenar a 4 °C. Se mantiene estable por un mes.

Cuadro 6.9. Materiales y reactivos utilizados en la determinación de triptófano.

Reactivo/Mezcla	Reactivos específicos	Preparación	Recomendaciones especiales
Solución de acetato: 0.1 M NaH ₃ CCOOH	Acetato de sodio trihidratado (JT Baker Cat. 3460).	Pesar 13.6 g de acetato de sodio por 1 L de agua destilada. Ajustar a pH 7,0 con NaOH (o con ácido acético de pH básico después de la preparación de la solución).	Manteniendo la solución concentrada a 4 °C es estable durante varias semanas.
Solución de Papaína 1mg/mL	Papaína (Mixim 0.10 MCU)	Pesar 40 mg de papaína para 40 mL de solución (siempre preparar nueva solución y en exceso; se necesitan 3 mL por muestra y 1.125 cuando se hace en microtubos). Disolver la papaína en la solución de acetato de sodio a temperatura ambiente.	Preparar cada vez que se va a usar. Asegurar que el buffer de acetato de sodio esté a temperatura ambiente. Asegurar que las partículas de papaína estén bien disueltas.
Reactivo A: Ácido sulfúrico 30 N.	Ácido sulfúrico (JT Baker Cat. B5991-18 CAS 7664-93-9)	Colocar una botella en hielo. Mezclar al mismo tiempo, 833.3 mL de ácido sulfúrico (96 %) y 166.7 mL de agua desionizada para preparar una solución de H ₂ SO ₄ 30 N. Completar el volumen final con agua desionizada.	Preparar en campana de extracción.
Reactivo B: Acido sulfúrico 7 N.	Ácido sulfúrico (JT Baker Cat. B5991-18 CAS 7664-93-9)	Colocar una botella en hielo. Mezclar al mismo tiempo, 36 mL de ácido sulfúrico 30 N y 114 mL de agua desionizada para preparar 150 mL de solución H ₂ SO ₄ 7 N. Completar el volumen final con agua desionizada.	Preparar en campana de extracción.
Reactivo C: Acido Glioxílico 0.098 M	Ácido glioxílico monohidratado (Sigma-Aldrich Cat. G10601 CAS 563-96-2)	Pesar 0.9205 g de ácido glioxílico y colocar en un matraz aforado de 100 mL. Añadir 50 mL de H ₂ SO ₄ 7 N. Agitar el matraz muy lentamente hasta que el ácido glioxílico se disuelva completamente. Aforar el volumen a 100 mL con H ₂ SO ₄ 7 N.	Preparar diariamente. El ácido glioxílico en polvo debe ser almacenado en un desecador.
Reactivo D: Cloruro férrico 1.8 mM	Cloruro férrico (Sigma-Aldrich Cat. F2877-100G CAS 10025-77-1)	Disolver 0.050 g de FeCl ₃ 6H ₂ O en 100 mL del reactivo C.	Preparar diariamente. Asegurar que todo se disuelva. Tener en cuenta que FeCl ₃ es altamente higroscópico.
Reactivo E: Reactivo Colorimétrico.		Una hora antes de ser usada, hacer una mezcla con proporción 1:1 de los reactivos A y D, en función de las muestras a analizar.	Preparar diariamente. Proteger de la luz y del oxígeno, usando un frasco color ámbar.

Cuadro 6.9. Continúa...

Solución concentrada de Triptófano (100 µg / mL)	DL-Triptófano (Merck Cat. 1.08375.0025)	Disolver 10 mg de DL-triptófano en 100 mL de agua desionizada.	El triptófano en polvo debe ser almacenado en un desecador. Preparar semanalmente y almacenarlo a 4 ° C. Agitar exhaustivamente antes de preparar las diluciones para la curva estándar.
--	---	--	--

Cuadro 6.10. Reactivos utilizados en la determinación de lisina.

Reactivo/Mezcla	Reactivos específicos	Preparación	Recomendaciones especiales
Solución buffer de fosfatos 0.03 M, pH 7.4	Fosfato de sodio dibásico Na ₂ HPO ₄ (JT Baker Cat. 3828 CAS 7558-79-4) Fosfato de potasio monobásico KH ₂ PO ₄ (JT Baker Cat. 3246)	Disolver 3.19 g de fosfato de sodio en 400 mL de agua desionizada. Disolver 1.04 g de fosfato de potasio en 300 mL de agua desionizada. Mezclar las dos soluciones y completar el volumen final a 1 L. Ajustar el pH a 7.4 con HCl.	Mantener como reserva a 4 °C. Es estable por varias semanas.
Solución de Papaína 4 mg/mL.	Papaína (Mixim 0.10 MCU)	Pesar 1.6 g de papaína por cada 400 mL de solución (preparar siempre fresco y en exceso. Se necesita de 5 mL por muestra) Disolver la papaína en la solución amortiguadora de fosfatos 0.03 M, pH 7.4 a temperatura ambiente.	Preparar cada vez lo que se va a usar. Asegurar que la solución amortiguadora de fosfatos está a temperatura ambiente. Asegurar que esté bien disuelto el polvo de la papaína.
Solución de Papaína 5 mg / mL	Papaína (Mixim 0.10 MCU)	Pesar 125 mg de papaína para 25 mL de solución (prepare siempre fresco. Se necesita 20 mL para hacer la curva de calibración). Disolver la papaína en la solución amortiguadora de fosfatos 0.03 M con pH 7.4 a temperatura ambiente.	Preparar cada vez que se va a usar. Asegúrese de que la solución amortiguadora de fosfatos está a temperatura ambiente. Asegurar que esté bien disuelto el polvo de la papaína.
Solución buffer de Carbonatos 0.6 M pH 9.	Carbonato de sodio Na ₂ CO ₃ (JT Baker Cat. 3602) Bicarbonato de sodio NaHCO ₃ (JT Baker Cat. 3506-05)	Disolver 6.36 g de carbonato de sodio en 100 mL de agua desionizada. Disolver 25.2g de bicarbonato de sodio en 500 mL de agua desionizada. Mezclar ambas soluciones y ajustar el pH a 9.	Mantener como solución de reserva a 4 °C. Es estable por varias semanas.
Solución buffer de boratos 0.05 M, pH 9.	Solución de borato de sodio decahidratado Na ₂ B ₄ O ₇ •10H ₂ O (Sigma-Aldrich Cat. S-9640).	Disolver 19.07 g de borato de sodio en 1 L de agua desionizada.	Mantener como solución de reserva a 4 °C. Es estable por varias semanas.

Cuadro 6.10. Continúa...

Suspensión de Fosfato de cobre.	Cloruro cúprico dihidrato, cristal $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (JT Baker Cat. 1792-01). Fosfato de sodio tribásico dodecahidrato $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (JT Baker Cat. 3836).	Disolver 2.8 g de cloruro cúprico en 100 mL de agua desionizada. Disolver 13.6 g de fosfato sódico tribásico en 200 mL de agua desionizada. Mezclar ambas soluciones por agitación; dividir el volumen en 8 tubos de centrifuga (aprox. 37.5 mL por tubo), centrifugar a 2000 rpm durante 5 min, retirar el sobrenadante y volver a suspender el pellet tres veces con 15 mL de solución amortiguadora de boratos, eliminar el sobrenadante en las tres ocasiones. Por último, volver a resuspender todos los pellets en 80 mL de solución buffer de boratos. Se pueden utilizar 10 mL de solución para cada tubo de centrifuga y coleccionar las 8 soluciones.	Mantenga las existencias a 4 ° C. Estable durante una semana.
Acido clorhídrico 1.2 N	Ácido clorhídrico (Merck Cat. 1.00317.2500)	Mezclar 100 mL de HCl y 300 mL de agua desionizada. Completar a un volumen final de 1 L.	Preparar esta solución en la campana de extracción.
Mezcla de aminoácidos	DL-aminoácidos (Sigma-Aldrich Cat. 6364)	Pesar 20 mg de cada una: Cisteína, Metionina y Prolina Pesar 30 mg de cada uno: Histidina, Alanina, Isoleucina, Treonina, Tirosina Pesar 40 mg de cada uno: Glicina, Fenilalanina y Valina Pesar 50 mg de cada uno: Arginina y Serina Pesar 60 mg de ácido aspártico. Pesar 80 mg de Leucina. Pesar 300 mg de ácido glutámico Mezclar todos los aminoácidos en polvo y pesar 100 mg por cada 10 mL de solución amortiguadora de carbonatos.	Mantenga las existencias a 4 ° C. Estable durante varios meses.
Reactivo 2-cloro-3,5-dinitropiridina (3% en metanol).	Sigma-Aldrich, Cat. 22.404-9	Disolver 0.240 g de 2-cloro-3,5-dinitropiridina en 8 mL de metanol.	Preparar diariamente. Protegerlo de la luz y el oxígeno. Asegurar que la dinitropiridina se disuelva completamente.
Solución concentrada de Lisina (2500 mg/mL)	L-Lisina monoclóhidrato (Nutritional Biochemicals Corp. Cat. 6364)	Para L-lisina monohidróclorada, disolver 78.125 mg en 25 mL de solución amortiguadora de carbonatos 0.05 M, pH 9,0 Para L-lisina, disolver 62.5 mg en 25 mL de solución amortiguadora de carbonatos 0.05 M, pH 9.0.	Preparar semanalmente y almacenar a 4 ° C. Vortexear recientemente antes de preparar las diluciones para la curva estándar.

Cuadro 6.11. Reactivos utilizados en la determinación de almidón.

Reactivo/Mezcla	Reactivos específicos	Preparación	Recomendaciones especiales.
BUFFER MOPS 50 mM (pH 7.0)	MOPS, minimum 99.5% Tritation (Sigma-Aldrich Cat. M 1254-20G CAS 1132-61-2)	Agregar 11.55 g de MOPS (Sigma cat. No. M1254) en 900 mL de agua desionizada. Ajustar el pH a 7.0 por la adición de la solución de Hidróxido de sodio 1 M (4 g/100 mL). Se requieren aproximadamente 28 mL.	
Solución amortiguadora de Acetato de sodio (200 mM pH 4.5)	Ácido acético glacial (Sigma-Aldrich Cat. A-6283-250ML)	Agregar 0.74 g de cloruro de calcio dihidratado y disolver. Ajustar el volumen a 1 L y almacenar a 4 °C. Agregar 11.8 mL de ácido acético glacial (1.05 g/mL) a 900 mL en agua desionizada. Ajustar el pH a 4.5 por la adición de la solución de hidróxido de sodio 2 M (8 g/100 mL). Se requieren aproximadamente 50 mL. Ajustar el volumen a 1 L. Almacenar a 4 °C.	
α -amilasa (30 mL, 100 U/mL)	α -amilasa (Sigma-Aldrich Cat. 10070 CAS 9000-90-2)	Disolver 61 mg de α -amilasa (Sigma cat. No. 10070, de <i>Bacillus subtilis</i> . 51.5 Unidades/mg) en 30 mL de solución amortiguadora	Preparar diariamente y almacenar a 4 °C. Vortexear antes de usar.
Amiloglucosidasa (2mL, 200 U/mL)	Amiloglucosidasa (Sigma-Aldrich Cat. 10115)	MOPS (50 mM, pH 7). Disolver 5 mg de amiloglucosidasa (Sigma 10115, de <i>Aspergillus niger</i>) en 2 mL de solución amortiguadora de acetato de sodio (200 mM, pH 4.5).	Preparar diariamente y almacenar a 4 °C. Vortexear antes de usar.
Acido sulfúrico	Acido sulfúrico (Merck Cat. 1.00732.2500)		
Reactivo de Antrona	Antrona (Merck Cat. 1.01468.0010)	Una hora antes de su uso, pesar 100 mg de Antrona y disolver en 50 mL de ácido sulfúrico concentrado grado analítico.	Preparar diariamente. Proteger de la luz, mantener en hielo o en refrigeración.
Solución concentrada de glucosa (100 μ g /mL)		Secar la glucosa durante 1 hora a 105 °C. Disolver 50 mg de glucosa en 100 mL de agua desionizada.	Preparar semanalmente y almacenarlo a 4 °C. Vortexear cuidadosamente antes de preparar las diluciones para la curva estándar.

Cuadro 6.12. Reactivos utilizados en la determinación de amilosa.

Reactivo/mezcla	Reactivos específicos	Preparación	Recomendaciones Especiales.
Etanol, 95 % (V/V)	Etanol (Merck Cat. 1.00983.2500)		
Hidróxido de sodio 1 M	Hidróxido de Sodio (Merck Cat. 1.06498.500)	Disolver 4 g de hidróxido de sodio en 100 mL de agua desionizada.	
Hidróxido de sodio 0.09 M		Diluir 9 mL NaOH 1 M en 100 mL de agua desionizada.	
Ácido acético 1 M	Ácido acético glacial (Sigma-Aldrich Cat. A-6283-100mL)	5.72 mL en 100 mL de agua desionizada.	
Solución de Lugol	Yoduro de potasio (J.T. Baker 3162) Yodo (W.H. Curtin & Co. Cat. 35030)	Pesar 2 g de KI. Agregar un poco de agua desionizada hasta obtener una solución saturada, y entonces agregar 0.2 g de I ₂ . Asumir que todo el yodo se disuelve antes de transferir la mezcla a un matraz volumétrico de 100 mL, completar el volumen con agua desionizada y homogenizar la solución.	Preparar diariamente. Proteger de la luz.
Estándar de amilosa 1 mg/mL.	Amilosa de papa tipo III. Cat. Sigma No. A0512-5G.	Pesar 100 mg de amilosa en un matraz volumétrico de 100 mL. Agregar 1 mL de etanol al 95 % y tratar de lavar las paredes del matraz. Agregar 9 mL de hidróxido de sodio 1 M y dejar reposar durante 20-24 h a temperatura ambiente. Al siguiente día ajustar el volumen a 100 mL con agua desionizada y agitar vigorosamente.	Preparar semanalmente y almacenar a 4 °C.

Cuadro 6.13. Lista de contenidos de soluciones y reactivos utilizados en la detección de CP4 EPSPS con ELISA.

Solución	Preparación
Buffer de lavado, PBST	Disolver el contenido en 1000 ml de agua destilada
Buffer para la muestra de extracción, MEB	El buffer MEB, se preparó utilizando 100ml de 1X PBST, 0.4 g de leche descremada y 0.5 g de Tween 20. Mezclar hasta disolver.
Buffer conjugado, ECM	Adicionar 25 ml de 1X PBST y 0.1 g de leche descremada. Mezclar hasta disolver.
Conjugado enzimático de trabajo	Diluir 10 ml de ECM con 100 µl de la enzima conjugada peroxidasa. Mezclar suavemente. Prepararlo 10 minutos antes de su uso.
Control positivo	1 vial. Suspendidos en 2 ml de MEB
Leche descremada, 5g	0.1 g
TMB Sustrato	100 µl en cada muestra

Cuadro 6.14. Lista de contenidos de soluciones y reactivos utilizados en la detección de Bt-Cry 1Ab/1Ac con ELISA.

Solución	Preparación
Buffer de lavado, PBST	Disolver el contenido en 1000 ml de agua destilada para obtener 1X PBST
Conjugado enzimático	Adicionar 110µl del concentrado de la enzima conjugada a 11 ml del diluyente RUB6. Mezclar suavemente.
Solución de Sustrato TMB	100 µl en cada muestra