

# Integración del Conocimiento Tradicional en el mejoramiento de los **Maíces Criollos** de Michoacán

José Alfredo Carrera-Valtierra<sup>1</sup>, José Ron Parra<sup>2</sup>, José de Jesús Sánchez González<sup>2</sup>,  
Ángel Andrés Jiménez Cordero<sup>2</sup>, Fidel Márquez Sánchez<sup>3</sup>, Luis Sahagún Castellanos<sup>3</sup>,  
José de Jesús Sesmas Garfías<sup>4</sup> y Moisés Sitt Millán<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centro Regional Universitario Centro Occidente de la Universidad Autónoma Chapingo. Periférico Independencia No. 1000, Morelia, Michoacán. Correspondencia: carrera6412@yahoo.com.mx, <sup>2</sup>Instituto de Manejo y Aprovechamiento de Recursos Fitogenéticos (IMAREFI), Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara, km 15.5 Carretera a Nogales, Zapopan, Jal. <sup>3</sup>Centro Regional Universitario de Occidente de la Universidad Autónoma Chapingo, Rosario Castellanos No. 2332, Guadalajara, Jal. <sup>4</sup>Estudiantes del Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, Salida a Salamanca, Morelia, Michoacán.



**MICHOACÁN  
TRABAJA**



## GOBIERNO DEL ESTADO DE MICHOACÁN

**Leonel Godoy Rangel**

Gobernador Constitucional del Estado de Michoacán.

**Fidel Calderón Torreblanca**

Secretario de Gobierno.

**Mirella Guzmán Rosas**

Secretaria de Finanzas y Administración.

**Manuel García Ruiz**

Secretaria de Seguridad Pública.

**Isidoro Ruíz Argáiz**

Secretario de Desarrollo Económico.

**Jaime Genovevo Figueroa Zamudio**

Secretario de Turismo.

**Ma. del Carmen Trejo Rodríguez**

Secretaria de Desarrollo Rural.

**Desiderio Camacho Garibo**

Secretario de Comunicaciones y Obras Públicas.

**Catalina Rosas Monge**

Secretaria de Urbanismo y Medio Ambiente.

**Graciela Carmina Andrade García Peláez**

Secretaria de Educación.

**Jaime Hernández Díaz**

Secretario de Cultura.

**Román Armando Luna Escalante**

Secretario de Salud.

**Selene Lucía Vázquez Alatorre**

Secretaria de Política Social.

**Alfonso Vargas Romero**

Secretario de Pueblos Indígenas.

**Cristina Portillo Ayala**

Secretaria de la Mujer.

**Zaira Eréndira Mandujano Fernández**  
Secretaria de los Migrantes.

**Iris Mendoza Mendoza**  
Secretaria de los Jóvenes.

**J. Jesús Montejano Ramírez**  
Procurador General de Justicia.

**Erick López Barriga**  
Coordinación de Planeación para el Desarrollo.

**Rosa María Gutiérrez Cárdenas**  
Coordinadora de Contraloría.

**Jesús Humberto Adame Ortiz**  
Coordinador General de Comunicación Social.

## **DIRECTORIO CONSEJO ESTATAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**Pedro Mata Vázquez**  
Director General.

**Romeo Amauri López Calderón**  
Subdirectora de Fomento y Planeación.

**Rubén Salazar Jasso**  
Subdirector de Vinculación y Desarrollo Tecnológico.

**Lilia Vázquez Diego**  
Subdirectora de Difusión.

**Clotilde Gómez Campos**  
Delegada Administrativa.

**Esther García Garibay**  
Secretaria Técnica del Comité Consultivo.

## DIRECTORIO UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHAPINGO

**Aureliano Peña Lomelí**  
Rector.

**Marcos Portillo Vázquez**  
Director General Académico.

**Héctor Lozoya Saldaña**  
Director General de Investigación y Posgrado.

**Juan José Flores Verduzco**  
Director de Centros Regionales Universitarios.

**César Adrián Ramírez Miranda**  
Subdirector Académico.

## INSTITUCIONES PARTICIPANTES

**Catalina Rosas Monge**  
Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente en el Estado de Michoacán.

**Neyra Sosa Gutiérrez**  
Dirección de Ordenamiento y Protección del Patrimonio Natural.

**Graciela Carmina Andrade García Peláez**  
Secretaría de Educación en el Estado de Michoacán.

**José Miguel González Corona**  
Subjefatura Técnico Pedagógica.

**Moisés Machado Morales**  
Coordinación Estatal de Tecnologías de E.S.T.

**Francisco Javier Mayorga Castañeda**  
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

**Enriqueta Molina Macias**  
Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas.

**Rosalinda González Santos**  
Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura.

## **Integración del Conocimiento Tradicional en el Mejoramiento de los Maíces Criollos de Michoacán**

**José Alfredo Carrera-Valtierra**, Centro Regional Universitario Centro Occidente de la Universidad Autónoma Chapingo. Periférico Independencia No. 1000, Morelia, Michoacán. Correspondencia: carrera6412@yahoo.com.mx.  
**José Ron Parra, José de Jesús Sánchez González, Moisés M. Morales Rivera, Ángel Andrés Jiménez Cordero**, Instituto de Manejo y Aprovechamiento de Recursos Fitogenéticos (IMAREFI), Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara, km 15.5 Carretera a Nogales, Zapopan, Jal. **Fidel Márquez Sánchez, Luis Sahagún Castellanos**, Centro Regional Universitario de Occidente de la Universidad Autónoma Chapingo, Rosario Castellanos No. 2332, Guadalajara, Jal. **José de Jesús Sesmas Garfias y Moisés Sitt Millán**, Estudiantes del Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, Salida a Salamanca, Morelia, Michoacán. Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica, A.C.

Primera edición, febrero 2011

D.R. Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Michoacán  
Batalla de Casa Mata No.66, Col. Chapultepec Sur  
C.P. 58260, Morelia, Michoacán, México.  
[www.coecyt.michoacan.gob.mx](http://www.coecyt.michoacan.gob.mx)

### **ISBN:**

#### **Coordinación general**

**Pedro Mata Vázquez**

Director General del Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Michoacán.

**José Alfredo Carrera Valtierra**

Centro Regional Universitario Centro Occidente de la Universidad Autónoma Chapingo.

#### **Edición**

Lilia Vázquez Diego

#### **Diseño editorial, diseño gráfico y formación**

Areli Vázquez Ferreira

Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores y no representan necesariamente la opinión del COECYT. Se autoriza la reproducción parcial o total, siempre y cuando se cite la fuente de referencia.

## Agradecimientos

El presente trabajo de investigación fue realizado en el Centro Regional Universitario Centro Occidente (CRUCO) de la Dirección de Centros Regionales Universitarios (DCRU) dependientes de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) y financiado por los siguientes proyectos de investigación.

Conservación y uso de la diversidad local para la producción sustentable del maíz en el estado de Michoacán de Ocampo con clave 2005-01-027. Financiamiento: Fondo Mixto CONACYT-COECYT del gobierno de Michoacán de Ocampo.

Estudio de la diversidad genética y su distribución de los maíces criollos y sus parientes silvestres en Michoacán de Ocampo con clave FZ001/07. Financiamiento: FONDO PARA LA BIODIVERSIDAD de la Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO).

Mejoramiento genético y tecnología de producción sostenible en Michoacán de Ocampo. Financiamiento: Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI)-Red Maíz de la SAGARPA-SNICS.

Rescate, conservación y mejoramiento participativo *in situ* de maíces nativos de Tierra Caliente y Bajío Michoacano. Financiamiento: Dirección de Centros Regionales Universitarios de la Universidad Autónoma Chapingo.

Capacitación y conservación *in situ* de maíces criollos de Michoacán de Ocampo con problemas de pérdida de diversidad. Financiamiento: SINAREFI-Red Maíz de la SAGARPA-SNICS.

Estudio de la diversidad de maíces criollos en la región Costa del estado de Michoacán de Ocampo y áreas adyacentes de Jalisco y Colima. Financiamiento: CONABIO y la DCRU de la UACH.





## Dedicatoria

El presente trabajo de investigación lo dedicamos a nuestro amigo Dr. Tarcicio Cervantes Santana (†) quien fue Profesor-Investigador del Colegio de Postgrados y usando los efectos génicos y de interacción genotipo por ambiente trabajó arduamente en la clasificación de las razas de maíz en México (1978) los cuales le permitieron confirmar las relaciones de parentesco establecidas por Wellhausen et, al., en 1951 y junto con el Dr. Juan Manuel Hernández Casillas del INIFAP usaron las características químicas de grano (1988) Para confirmar las rutas de migración del maíz a través de las migraciones humanas establecidas por Saber (1932) y nudos cromosómicos por McClintock et, al., en 1978 y 1981. Dr. Cervantes, gracias por sus conocimientos transmitidos y su amistad. Descanse en paz (†).



# Índice

Agradecimientos .....	7
Dedicatoria .....	9
Resumen .....	13
Capítulo I .....	15
Objetivos	
Hipótesis	
Capítulo II .....	19
Revisión de la Literatura	
Capítulo III .....	49
Materiales y Métodos	
Capítulo IV .....	61
Resultado y discusión	
Capítulo V .....	89
Conclusiones y Recomendaciones	
Capítulo VI .....	91
Bibliografía Consultada	



## Resumen

Debido a la pérdida de diversidad genética y a la demanda de alimentos los recursos genéticos como el maíz están siendo mejorados ya que representan seguridad alimentaria de los pueblos en el futuro; para lograrlo, en este proceso se está integrando al mejoramiento convencional el conocimiento tradicional. En México, las principales causas de pérdida de diversidad en maíz se debe a que los maíces criollos están siendo sustituidos por variedades mejoradas y por cultivos económicamente más redituables. Los objetivos de esta investigación fueron: 1) durante el proceso de recolecta de los maíces criollos en 5 de las 10 regiones del estado de Michoacán de Ocampo se obtuvo información de los agricultores sobre el ambiente de producción, usos antropocéntricos, valoración agronómica y pérdida de diversidad, la cual 2) se integró en el proceso de mejoramiento por retrocruza y selección de las PABG-I para obtener variedades criollas mejoradas que satisfagan las necesidades tanto del agricultor como del investigador y finalmente 3) se evaluó el comportamiento de los maíces criollos y sus respectivas retrocruzas. Los resultados obtenidos indican que las razas de origen tropical como Conejo, Tamaulipas (Ratón), Vandeño y Tuxpeño se distribuyen principalmente en los grupos climáticos A  $w''_0$  (w) y  $BS_1(h')w$  (w), las subtropicales como Celaya, Tabloncillo, Ancho, Rosita, Elotes Occidentales y Dulce en los climas (A) C ( $w_0$ ) (w) y (A) C ( $w_1$ ) (w), Chalqueño en clima C ( $w_1$ ) (w) y Zamorano Amarillo en los climas (A) C ( $w_0$ ) (w) en su área de adaptación y en C ( $w_0$ ) (w) en los Altos de Jalisco, todas principalmente en condiciones de agricultura campesina. Los caracteres de herencia cuantitativa como REND y sus componentes DFM, LMZ, DMZ AG, LG y PG no fueron modificados por retrocruza limitada con selección parcial y solo lo fueron los de herencia cualitativa AP, AM e IC. De  $RC_0$  a  $RC_2$  los maíces de usos no especiales Celaya, Vandeño, Tuxpeño, Tamaulipas (Ratón), Chalqueño y Zamorano Amarillo tuvieron el mayor incremento en REND ( $1.13 \text{ t ha}^{-1}$ ) que los maíces especiales Tabloncillo, Ancho, Conejo, Rosita, Elotes Occidentales y Dulce que tuvieron un valor de  $0.35 \text{ t ha}^{-1}$ , mientras que de  $RC_2$  a  $RC_3$  ocurrió lo contrario, en los no especiales la reducción fue mayor ( $0.90 \text{ t ha}^{-1}$ ) que en los especiales ( $0.14 \text{ t ha}^{-1}$ ) debido posiblemente a que cada grupo de razas tiene diferente constitución genética. Los maíces criollos ( $RC_0$ ) en comparación a las poblaciones  $RC_2F_2$  y  $RC_3F_1$  fueron estadísticamente más altos en altura de mazorca de 0.30 y 0.43 m y con mayor número de plantas "horras" (IC) de 15.45 y 7.28 %, respectivamente. A pesar de las características agronómicas

desfavorables que presentan los maíces criollos, hubo una colecta de la raza Celaya (TC-236) que tuvo el mayor REND de 9.73 t ha<sup>-1</sup>, el cual fue estadísticamente igual al rendimiento de las PABG-I RC<sub>2</sub>F<sub>2</sub> de las razas Tuxpeño Ron, Celaya, Vandéño y Ancho que rindieron 8.70, 8.34, 8.17 y 8.15 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. En el caso de las razas PABG-I RC<sub>2</sub>F<sub>2</sub> Tuxpeño Ron, Celaya, Ancho y Vandéño además de presentar buen rendimiento fueron en promedio 5.75 d más precoces, 0.45 m más bajas de planta lo que favoreció que el acame (PPA) se redujera 2.85 %, respecto a sus testigos criollos. Debido a esta mejora en las características agronómicas se espera que los maíces criollos se adapten mejor a sus condiciones ambientales de producción de agricultura campesina y sean adoptados por los agricultores. Actualmente, los maíces criollos están siendo mejorados para resistencia a sequía a alta densidad de población, bajo contenido de nutrientes y casi nula aplicación de insecticidas para simular las condiciones de producción campesina.

**Palabras clave:** Maíces criollos, poblaciones pequeñas, mejoramiento genético, agricultura campesina, conocimiento tradicional.

# Capítulo I

## Introducción

En países en desarrollo, de la superficie sembrada con maíz el 60% corresponde a maíces criollos (Gepts, 2006), en México es de 80% (Castillo, 2004) y en el estado de Michoacán de Ocampo de 70% (Carrera *et al.*, 2007). A pesar que éstos maíces son sembrados en condiciones de agricultura campesina, que es donde se conserva una amplia diversidad *in situ* (Hernández y Zárate, 1991; Mapes, 1991; Bellon, 1996; Brush *et al.*, 1988; Aguirre *et al.*, 2000) existe el riesgo de pérdida de diversidad (Gepts, 2006) debido a cambios ambientales, socioeconómicos (Brush, 1995), políticos, culturales (Bellon, 1996) y tecnológicos (Brush *et al.*, 1988); así como a características agronómicas no apropiadas a sistemas intensivos de producción (Holley y Goodman, 1988), usos antropocéntricos reducidos (Brush y Meng, 1998) y migración (Ortega *et al.*, 1991).

Recientemente, los recursos genéticos como es el caso del maíz han tomado importancia debido a la demanda de alimentos, pérdida de diversidad en los agroecosistemas (Gepts, 2006) y porque representan la seguridad alimentaria de los pueblos en el futuro (Ramírez, 2000; Fowler y Hodgkin, 2004); de tal manera que varios programas de mejoramiento los han empezado a mejorar (LAMP, 1991; Márquez *et al.*, 2000; Salhuana *et al.*, 1997; Pollak, 2003). En México, las principales causas de pérdida de diversidad en maíz se debe a que los maíces criollos están siendo sustituidos por variedades mejoradas de alto rendimiento, buenas características agronómicas, adaptación amplia; aunque de base genética reducida (Hawkes, 1971; Harlan, 1972; Wilkes, 1977) y por otros cultivos económicamente más redituables (Ortega *et al.*, 1991). Esta sustitución se debe a que los maíces criollos son bastante variables, presentan alta carga genética que se manifiesta por la presencia de plantas improductivas lo que ocasiona bajo rendimiento de grano, son susceptibles a enfermedades, los tallos y raíces son débiles lo que ocasiona acame y además presentan estructura de planta inadecuada para siembras a alta densidad de población (Castillo, 1993).

A pesar de lo anterior, los maíces criollos presentan buena calidad química y física del grano (Vásquez *et al.*, 2003) para la alimentación humana y animal. Es decir, los maíces criollos producen tortillas más

suaves y de mejor sabor, los elotes son menos “pellejudos”, el grano rinde mayor cantidad de masa y revienta adecuadamente para pozole, requieren menos leña en el proceso de nixtamalización y mejores para la engorda de ganado (maíces amarillos) debido al alto contenido de aceite, características que deben conservarse y aprovecharse en el proceso de mejoramiento. En Michoacán de Ocampo, de los 34 maíces recolectados (Tovar, 2008), las razas Dulce, Conejo, Tabloncillo, Elotes Occidentales, Celaya, Zamorano Amarillo, Vandeño y Mushito de Michoacán presentan los mayores problemas de pérdida de diversidad (Carrera *et al.*, 2007), y recientemente se ha identificado a las razas Amarillo de Montaña, Onaveño, Tabloncillo Perla, Elotero de Sinaloa y Reventador.

Una alternativa para reducir esta pérdida consiste en mejorar las características agronómicas de planta, físicas y químicas del grano teniendo en cuenta el conocimiento tradicional (Carrera *et al.*, 2007) generado por los agricultores en condiciones marginales (Márquez, 1972). Para ello, el método de la retrocruza ha mostrado ser efectivo (Hameed *et al.*, 1994a,b; Holland *et al.*, 1996; Tellury y Goodman, 1999) y consiste en transferir alelos de un progenitor donante a un progenitor recurrente (Allard, 1960). El número de retrocruzas dependerá de la herencia del carácter, pocas para los de herencia cualitativa (Márquez, 1990) y varias en los de herencia cuantitativa (Babu *et al.*, 2004). Después de retrocruzar los maíces criollos, estos deben formar poblaciones de amplia base genética intra-raciales (PABG-I) con el objetivo de aumentar su variabilidad genética (Ortega y Carballo, 1983).

Para incorporar el conocimiento tradicional en el mejoramiento genético de maíz existen dos métodos. Uno es: a) el mejoramiento participativo *in situ* (Brush, 2000) y el otro b) se basa en primero obtener información de los agricultores sobre la problemática de producción, valoración agronómica, usos antropocéntricos y las causas de pérdida de diversidad en el proceso de recolecta, la cual posteriormente el fitomejorador incorpora en el proceso de mejoramiento. En ambos casos, estos métodos surgen como nuevas alternativas de trabajar de manera conjunta agricultores y fitomejoradores para desarrollar nuevas variedades de maíz criollo mejorado de acuerdo a ambas necesidades (Hardon, 1996; Witcombe *et al.*; 1996). Desafortunadamente, existen muy pocos trabajos de mejoramiento en ambientes marginales con pequeños productores (Smith y Paliwal, 1997) los cuales nos permitieran abordar con más claridad éste problema.



## Objetivos

Los objetivos de ésta investigación fueron:

1. Obtener información de los agricultores sobre el ambiente de producción, usos antropocéntricos, valoración agronómica, criterios de selección y causas de la pérdida de diversidad de los maíces criollos recolectados en 5 de las 10 regiones socioeconómicas del estado de Michoacán de Ocampo.
2. Integrar los criterios de selección de los agricultores al proceso de mejoramiento convencional en poblaciones de amplia base genética intra-racial (PABG-I) de maíces criollos con el objetivo de que satisfagan las necesidades agronómicas y culinarias de los agricultores e investigadores.
3. Evaluar el comportamiento agronómico de 12 maíces criollos de usos especiales y no especiales y sus retrocruzas respectivas del estado de Michoacán de Ocampo.

## Hipótesis

La hipótesis planteada fue: la principal causa de pérdida de diversidad de los maíces criollos del estado de Michoacán de Ocampo se debe a que éstos en general presentan características agronómicas no deseables las cuales se pueden mejorar por medio de la retrocruza integrando a éste proceso los criterios de selección de los agricultores.



# Capítulo II

## Revisión de literatura

### 2.1. Diversidad genética de maíz.

#### 2.1.1. Recolección de maíz en México y Michoacán de Ocampo.

Antes del establecimiento de la Oficina de Estudios Especiales (OEE) en México, financiada por la Fundación Rockefeller, los ingenieros Taboada y Limón de la Oficina de Campos Experimentales (OCE) de la Secretaría de Agricultura y Fomento (SAF) ya habían recolectado y evaluado maíces criollos de México. De 1940 a 1944 los doctores Harrar y Mangelsdorf recolectaron 413 muestras de maíces criollos y para 1950 ya eran 2 mil las cuales fueron escogidas al azar en campos y graneros (Stakman *et al.*, 1969), y fueron la base para la descripción de las razas de maíz de México (Wellhausen *et al.*, 1951). El objetivo de recolectar maíces criollos en México por parte de la OEE fue para iniciar un programa de mejoramiento genético. Desde entonces a la fecha, en nuestro país se ha recolectado alrededor de 10 mil muestras de maíz, las cuales se encuentran almacenadas en los bancos de germoplasma del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) (Sánchez, 1989) las cuales representan el 10 % del total en el mundo (Lyman, 1984). Las muestras recolectadas en los años 40 en Michoacán de Ocampo fueron insuficientes y se encuentran deficientemente representadas en los bancos de germoplasma del CIMMYT e INIFAP (Taba, 1988), por lo que no representan toda la diversidad genética de ésta especie en el Estado (Wellhausen *et al.*, 1951). Debido a procesos evolutivos, los maíces que fueron recolectados hace mucho tiempo, ahora en su lugar de origen deben presentar cambios genéticos importantes y es recomendable realizar recolecciones sistemáticas de los mismos (Brush, 1995). Al parecer la última exploración de recolecta de maíces criollos en Michoacán de Ocampo fué realizada en 1991 por el Proyecto LAMP (LAMP, 1991). Del 2005 al 2010 el Programa de Maíz del Centro Regional Universitario Centro Occidente (CRUCO) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) ha recolectado cerca de 900 muestras de maíz en las 10 regiones socioeconómicas del estado de Michoacán de Ocampo donde se han identificado al menos 7 nuevos tipos.

### 2.1.2. Razas de maíz en México.

Los centros de origen y domesticación normalmente presentan la mayor diversidad genética (Kato, 1984; McClintock *et al.*, 1981; Miranda, 2005). De las aproximadamente 300 razas de maíz que existen en América (Wellhausen *et al.*, 1951; Hatheway, 1957; Roberts *et al.*; 1957; Brieger *et al.*, 1958; Brown, 1960; Ramírez *et al.*, 1960; Grobman *et al.*, 1961; Timothy *et al.*, 1961; Timothy *et al.*; 1963; Grant *et al.*, 1963. Brown and Goodman 1977), 59 se encuentran en México (Chávez, 1913., Cuevas, 1947; Bautista, 1949; Wellhausen *et al.*, 1951; Hernández y Alanis, 1970; Ortega, 1985; Benz, 1986; Sánchez *et al.*, 2000), lo cual representa el 19.67% de ésta diversidad.

### 2.1.3. Razas de maíz en el estado de Michoacán de Ocampo.

En el estado de Michoacán de Ocampo, Beaumont (1873) encontró que existían maíces de color blanco, colorados, negros, azules, muy rojos y amarillos, y Wellhausen *et al.*, (1951) describieron que en este Estado se distribuían las razas de maíz Zamorano Amarillo, Celaya-Argentino, Tabloncillo, Elotes Occidentales, Vandeño, Elotes Cónicos, Chalqueño, Dulce, Cónico Occidental, Mushito de Michoacán, Semi-Pepitillas e intervención de Olotillo y Conejo. Además de estos maíces se ha encontrado el Maíz de Ecuaro (Hernández, 1973), Palomero Toluqueño, Cacahuacintle y Chalqueño (Mapes, 1987), Tamaulipas (Ratón), Prieto de Tierra Caliente, Sapo y Gringo (Romero y Ortega, 1996), Tsiri Charhápiti y Ancho (Ramírez; 1998; Molina, 1998), Rosita (Muñoz, 2005), Amarillo de Tierra Caliente, Maizón, Olotón, Elotero de Sinaloa, Onaveño, Tabloncillo Perla, Reventador, Tuxpeño, Amarillo de Montaña, P'urhépecha, Ancho Híbrido (Vandeño), Chalqueño Colorado y Arrocillo Amarillo. Estos últimos maíces fueron recolectados en áreas que habían sido poco ó con nula recolección.

#### 2.1.3.1. Descripción agronómica de las razas de maíz evaluado.

##### TABLONCILLO

**Descripción.** Las plantas tienen una altura de 2.4 m, muchos “hijos”, tallos delgados, número intermedio de hojas de anchura y longitud media. Las espigas son largas, con pocas ramificaciones dispuestas ampliamente a lo largo del eje central, dándole un aspecto abierto a la espiga, espigas secundarias frecuentes y terciarias ausentes. Las mazorcas son de longitud media, delgadas, cilíndricas con un promedio de 9.1 hileras y una frecuencia alta de ocho. Los granos son muy anchos,

de grosor mediano y cortos, textura del endospermo generalmente harinosa, por lo regular de color blanco, aleurona sin color y pericarpio ahumado o sin color (Figura 1). Distribución. Se distribuye principalmente en las llanuras de Jalisco y Nayarit a una altitud de 0 a 1500 msnm. En Michoacán de Ocampo se le encuentra principalmente en la región Ciénega de Chapala colindando con Jalisco. El nombre de ésta raza se debe a que sus granos son anchos cortos y gruesos con apariencia a una tablita (Wellhausen *et al.*, 1951). Grupo étnico. Se recolecto en áreas que fueron habitadas por Chichimecas, Náhuas y de dominio P'urhépecha. Usos. Se usa para elotes y pozole. Progenitores. Sus progenitores son las razas de maíz Harinoso de Ocho y Reventador. Estado actual. Presenta problemas de pérdida de diversidad.

Figura 1. Muestra de mazorcas representativas de la raza Tabloncillo



## ANCHO

**Descripción.** Ésta raza de maíz fue identificada y descrita por Ortega (1979), pero no se había reportado en Michoacán de Ocampo. Es un maíz que tiene una altura de planta y de mazorca con valores respectivos de 2.46 y 1.22 m, 12.75 hojas y una precocidad de 86 días a floración masculina. La espiga tiene una longitud total de 67.55 cm, una parte ramificada de 14.90 cm y 12.85 ramas laterales. La distancia entre los nudos de la espiguilla es de 1.31 cm y el tamaño de la gluma de 1.26 cm. La mazorca tiene una longitud y diámetro de 16.44 y 4.71 cm; respectivamente, 8.37 hileras y cada hilera 34.55 granos. El grano es semi-harinoso con una longitud de 14.85 mm, 13.71 mm de ancho y 4.06 mm de grosor (Figura 2). Distribución. Su área de distribución se localiza principalmente en los estados de Guerrero y Morelos. En Michoacán de Ocampo se localiza de manera irregular en las regiones Tierra Caliente, Centro y Ciénega de Chapala. Grupo étnico. Se recolectó en áreas que fueron habitadas por Chichimecas, Náhuas y de dominio P'urhépecha. Usos. Este maíz se usa para elote y pozole.



Figura 2. Muestra de mazorcas representativas de la raza Ancho.

**Progenitores.** De acuerdo con Sánchez *et al.*, (2000) la raza Ancho tiene similitud morfológica y enzimática con Jala y Zamorano Amarillo y pertenece a uno de los subgrupos del grupo de ocho hileras. En la tesis de Sitt (2010), la raza Ancho formó parte del grupo de ocho hileras por lo que uno de sus progenitores podrían ser las razas Tabloncillo o Tabloncillo Perla y un segundo progenitor la raza Pepitilla. Estado actual. En el estado de Michoacán de Ocampo no es frecuente encontrarlo.

### CONEJO

**Descripción.** La raza presenta una altura de planta promedio de 1.73 m y su mazorca se ubica a 1.18 m, tiene 10.88 hojas, con una precocidad de 76 días a floración masculina. La espiga tiene una longitud de 63.31 cm, 10.41 cm de la parte ramificada y 21.38 ramas laterales. La distancia entre nudos de la espiguilla es de 1.01 cm y el tamaño de la gluma es de 1.01 cm. La mazorca tiene 18.19 cm de longitud, 3.53 cm de diámetro, 9.43 hileras y cada hilera 39.96 granos. El grano es blanco, amarillo y negro con 12.3 mm de longitud, 9.7 mm de ancho y 4 mm de grosor (Figura 3). **Distribución.** En México se distribuye en los estados de Oaxaca, Guerrero y Michoacán de Ocampo. En éste último se distribuye principalmente en la región Tierra Caliente. En el proceso de recolecta se pudo documentar que se distribuía hasta la región Valle de Apatzingán. **Grupo étnico.** Las regiones donde se recolectó éste maíz fueron habitadas por grupos étnicos Chichimecas y Náhuas. **Usos,** se usa para la elaboración de tortilla y elote. Los agricultores indicaron que los elotes son dulces y sabrosos.

*Figura 3. Muestra de mazorcas representativas de la raza Conejo.*



**Progenitores.** Dentro de sus posibles progenitores se encuentran las razas Nal-Tel ó Zapalote Chico y la raza Tabloncillo, Debido a su Precocidad (rápido) se le dominó Conejo. Estado actual. Presenta altos problemas de perdida de diversidad.

### TAMAULIPAS (RATÓN)

**Descripción.** Éste maíz tiene una altura de planta que varía de 2.48 a 2.95 m con 13.70 a 16.10 hojas por planta y una precocidad de 90 días a floración masculina. Tiene una longitud de espiga de 55.25 a 62.25 cm con una parte ramificada de 9.85 a 14.76 cm. La mazorca tiene una longitud y diámetro de 12.30 a 18.40 cm y 4.00 a 5.05 cm, respectivamente. El grano tiene un ancho de 7.2 a 11.6 mm y una longitud de 8.5 a 13.2 mm (Figura 4). La mazorca tiene olote y grano delgado muy parecido a la raza Pepitilla. Distribución. El área natural de distribución de la raza Ratón se ubica en los estados de Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila; y en Michoacán de Ocampo, el Tamaulipas (Ratón) se distribuye en abundancia en la región de Tierra Caliente. En ésta región está sustituyendo a las razas locales Vandeño y Conejo debido a que se adapta mejor a las condiciones ambientales de menor precipitación, por su buen rendimiento de grano y forraje. Grupo étnico. Las regiones donde se recolectó éste maíz fueron habitadas por grupos étnicos Chichimecas y Náhuas. Usos. Este maíz tiene una alta aceptación por los agricultores de la región de Tierra Caliente debido a que produce mucho grano y el olote es delgado, también produce mucha masa y tiene buena “correa” para la elaboración de tortillas. Progenitores. De acuerdo con Ortega (1979) postula que los progenitores de Ratón son las razas Nal-Tel y Tuxpeño Norteño y según Cervantes y Hernández (1988) ésta raza se agrupa con Zapalote Grande, Nal-Tel y Zapalote Chico de los Valles Centrales de Oaxaca, lo cual indica que efectivamente la raza Ratón está emparentada con los maíces de Oaxaca.



*Figura 4. Muestra de mazorcas representativas del maíz Tamaulipas (Ratón).*



El maíz Tamaulipas fue identificado por el Dr. Hernández Casillas (INIFAP) como raza Ratón; sin embargo, por comunicación personal del Dr. Ortega (UACH) indicó que la raza Ratón es de mazorca pequeña y precoz, características que no coinciden con el maíz Tamaulipas de la región de Tierra Caliente en el estado de Michoacán de Ocampo. Por las características de planta alta y tardía es probable que el maíz Tamaulipas sea la cruce entre la raza Ratón con Tuxpeño. La raza Ratón posiblemente fue introducida del estado de Tamaulipas a Michoacán de Ocampo por BANRURAL. Estado actual. No presenta problemas de pérdida de diversidad; sin embargo, no se sabe su situación en su área natural de distribución.

### VANDEÑO

**Descripción.** La raza presenta una altura de planta promedio de 3.17 m y su mazorca se ubica a los 2.14 m, tiene 14.50 hojas y una precocidad de 103 días a floración masculina. La espiga tiene una longitud total de 64.75 cm, 16.53 cm de la parte ramificada y 21.36 ramas laterales. La distancia entre nudos de la espiguilla es de 1.08 cm y el tamaño de la gluma de 0.93 cm. La mazorca tiene una longitud de 19.38 cm, 5.21 de diámetro, 13.78 hileras y cada hilera 44.38 granos. El grano tiene 1.33 cm de longitud, 0.99 cm de ancho y 0.4 cm de grosor (Figura 5). **Distribución.** Se distribuye principalmente desde Chiapas hasta Nayarit a elevaciones de 0 a 500 msnm. En Michoacán de Ocampo se distribuye principalmente en la región Tierra Caliente, colindando con el eje Neovolcánico Transversal (más lluvioso). **Grupo étnico.** Las regiones donde se recolectó éste maíz fueron habitadas por grupos étnicos Chichimecas y Náhuas. **Usos.** Se usa para elaboración de tortilla y forraje. **Progenitores.** Sus posibles progenitores son la raza Tuxpeño y Zapalote Grande. Estado actual. Presenta problemas de pérdida de diversidad.

*Figura 5. Muestra de mazorcas representativas de la raza Vandeno.*



## ROSITA

**Descripción.** Este maíz tiene una altura de planta de 2.35 m y su mazorca se ubica a 1.30 m con 11.88 hojas por planta y una precocidad de 76 días a floración masculina. Las espigas tienen una longitud promedio de 60.58 a 72.78 cm y la parte ramificada de la misma va de 10.03 a 14.64 cm. La mazorca tiene una longitud de 13.20 a 16.35 cm, un diámetro de 4.0 a 4.88 cm y de 11.70 a 13.70 hojas por planta. Los granos son de color rosa y harinosos con un ancho de 0.62 a 1.18 cm y una longitud de 0.79 a 1.26 cm. (Figura 6). **Distribución.** El área de distribución de este maíz se ubica en la región Centro de Michoacán de Ocampo, en los municipios de Tarímbaro, Álvaro Obregón, Charo y Morelia. **Grupo étnico.** Es de reciente formación y se recolectó en un área mestiza. **Usos.** Debido a que este maíz es de grano harinoso la gente lo prefiere más para pozole y elotes que la raza Elotes Occidentales. Sus elotes son muy dulces y suaves. La gente a la que se le solicitó semilla comentó que la raza Elotes Occidentales empezó a “perder color” hasta que quedó de color rosa. **Progenitores.** Posiblemente derivó de la raza Elotes Occidentales, ya que en la tesis de Sitt (2009, en proceso) ambos maíces fueron agrupados uno junto del otro. **Estado actual.** Se le encuentra con relativa abundancia debido posiblemente a que es un maíz de reciente formación.



*Figura 6. Muestra de mazorcas representativas del maíz Rosita.*

### ZAMORANO AMARILLO

**Descripción.** La raza presenta una altura de planta promedio de 2.30 a 2.40 m y su mazorca se ubica entre 1.40 a 1.60 m, tiene entre 18 a 22 hojas y su floración masculina se presenta entre 83 y 88 días. La espiga tienen una longitud total de 65.65 cm con una parte ramificada de 11.54 cm. La distancia entre los nudos de la espiguilla es de 2.25 cm y el tamaño de sus glumas es de 1.18 cm. La mazorca tiene en promedio 16.67 cm de longitud, 5.25 cm de diámetro, 10 a 14 hileras y cada hilera tiene 44.19 granos. El grano tiene 1.15 cm de longitud, 0.88 cm de ancho y 0.38 cm de grosor (Figura 7). **Distribución.** De manera natural, en Michoacán de Ocampo se distribuye en la región Ciénega de Chapala en los municipios Chilchota, Tangancicuaro, Zamora, Chavinda, Tlazazalca, Churintzio y Penjamillo, a una altitud de 1500 a 1700 msnm. En la región Altos de Jalisco en donde fue introducida se distribuye en los municipios de Tepatitlán, Acatic, Arandas (Sánchez, 1989) y San Julián, a una altitud de 1600 a 2000 msnm. **Usos.** Se usa principalmente para forraje. **Grupo étnico.** Se recolectó en áreas habitadas por P'urhépechas o que lo fueron por Chichimecas y Náhuas. **Progenitores.** Basados en apariencia de la mazorca y autofecundación, Wellhausen *et al.*, (1951) indican que al menos cuatro razas de maíz intervienen en su formación: 1) Maíz Cónico Occidental, 2) Complejo Serrano de Jalisco, 3) Tabloncillo y 4) Celaya. Por su parte, Hernández (1986) basado en caracteres químicos indica que Zamorano Amarillo está asociado con Mushito de Michoacán, Ancho, Jala, Comiteco y Motozinteco.

Figura 7. Muestra de mazorcas representativas de la raza Zamorano Amarillo.



### ELOTES OCCIDENTALES

**Descripción.** Las plantas tienen una altura de planta y mazorca con valores respectivos de 2.15 y 1.03 m, 10.63 hojas y una precocidad de 90 días a floración masculina. La espiga tiene una longitud total de 69.94 cm, la parte ramificada de la espiga mide 10.09 cm y tiene 9.75 ramas laterales. La distancia entre nudos de la espiguilla es de 1.29 cm y la longitud de la gluma es de 1.22 cm. La mazorca tiene una longitud de 25.20 cm, 6.71 cm de diámetro, 15.18 hileras y cada hilera 47.53 granos (Figura 8). **Distribución.** Se distribuye desde Nayarit hasta Guanajuato en el Occidente de México a altitudes de 1200 a 1600 msnm. En Michoacán de Ocampo se le localizó en la región Centro, Bajío y Ciénega de Chapala. **Grupo étnico.** Se recolectó en áreas habitadas por Chichimecas, Náhuas y de dominio P'urhépecha. **Usos.** Se usa para pozole y elotes. **Progenitores.** La raza Elotes Occidentales se consideraba una sub-raza del maíz Harinoso de Ocho. En Michoacán de Ocampo ha formado un complejo racial al participar en los maíces Ts'iri Charhápiti, Rosita y Chalqueño Colorado. **Estado actual.** Presenta problemas de pérdida de diversidad.



*Figura 8. Muestra de mazorcas representativas de la raza Elotes Occidentales.*

## CELAYA

**Descripción.** La raza Celaya tiene plantas de aproximadamente 2.93 m y mazorcas ubicadas a 1.80 m, 14.25 hojas y 87 días a floración masculina. La espiga tiene una longitud de 70.08 cm, con una parte ramificada de 14.76 cm y 14 ramas laterales. La distancia entre nudos de la parte ramificada es de 1.29 cm y el tamaño de la gluma de 1.37 cm. La mazorca tiene una longitud y un diámetro respectivo de 16.44 y 4.71 cm, 12.38 hileras y cada hilera 35.21 granos. El grano es de color blanco “sucio” con una longitud de 1.4 cm, ancho de 1cm y grosor de 0.4 cm. (Figura 9). **Distribución.** Se le encuentra en la región Bajío en los estados de Guanajuato, Jalisco y Michoacán de Ocampo, en éste último principalmente en la región Ciénega de Chapala, Bajío y algo en la región Centro y Oriente. **Grupo étnico.** Ésta raza fue recolectada con agricultores de origen mestizo. **Usos.** Se usa para la elaboración de tortillas y forraje. De acuerdo a los agricultores las tortillas son “morenitas”. **Progenitores.** Dentro de sus progenitores figuran las razas Tuxpeño y Tabloncillo. El nombre de “Celaya” deriva de la ciudad de Celaya, Gto., lugar donde se cultivaba más ésta raza. Ésta raza es una de las más productivas de México. **Estado actual.** Presenta problemas de pérdida de diversidad.

*Figura 9. Muestra de mazorcas representativas de la raza Celaya.*



## TUXPEÑO

**Descripción.** Raza de maíz descrita y clasificada por Wellhausen *et al.*, (1951), pero no reportada en Michoacán de Ocampo. Es probable que la raza Tuxpeño en Michoacán de Ocampo sea una generación avanzada del híbrido H-507 que difundió BANRURAL y por ser ruta de migración de ésta raza. Ésta presenta plantas de 3 a 4 m de altura, muy tardío (104 días a floración masculina) y con pocos “hijos”, numerosas hojas (15.89) y anchas. Las espigas son largas 65.11 cm con una parte ramificada de 12.13 cm y 16.58 ramificaciones laterales, aproximadamente el 20 % de ellas son secundarias. La mazorca tiene una longitud de 19.46 cm, 5.10 cm de diámetro, 14.21 hileras y cada hilera 45.44 granos. El grano tiene una longitud de 1.23 cm, 0.98 cm de ancho y 0.38 cm de grosor (Figura 10). **Distribución.** El nombre deriva de la ciudad de Tuxpan, Veracruz, debido a que se encuentra aproximadamente en el centro de su área natural de distribución. Se distribuye principalmente en la costa del Golfo de México, desde el nivel del mar hasta los 500 msnm. En Michoacán de Ocampo se distribuye en toda el área tropical desde la región de Tierra Caliente hasta la Costa. **Grupo étnico.** Se recolectó en lugares que fueron habitados por grupos étnicos Náhuas y Chichimecas.



*Figura 10. Muestra de mazorcas representativas de la raza Tuxpeño.*

**Usos.** El grano se usa para la elaboración de tortillas y la planta como forraje. **Progenitores.** Según Wellhusen *et al.*, (1951) sus progenitores son las razas Olotillo y Tepecintle. **Estado actual.** Sin problemas de pérdida de diversidad y es altamente preferido por los agricultores en sus regiones de distribución.

## CHALQUEÑO

**Descripción.** La raza Chalqueño presenta plantas de 2 a 3.50 m de altura y hojas relativamente anchas. Su periodo vegetativo es de 5 a 6 meses. Las espigas tienen una longitud total de 63.70 cm, 8.19 cm en la parte ramificada y la distancia entre los nudos de las espiguillas es de 2.25 cm. Su mazorca tiene una longitud de 15.03 cm, 4.85 cm de diámetro y 16.6 hileras. La mazorca es cónica y el grano blanco “sucio” (Figura 11). El grano tiene una longitud de 1.38 cm y ancho de 0.79 cm. **Distribución.** Se distribuye principalmente en la Mesa Central a una altitud de 1800 a 2300 msnm. En el estado de Michoacán de Ocampo se le encuentra de manera natural en la región Oriente e introducida en la Ciénega de Zacapu. Su nombre deriva de la ciudad de Chalco, Estado de México, lugar donde se cultiva extensamente.

*Figura 11. Muestra de mazorcas representativas de la raza Chalqueño.*



**Grupo étnico.** En el Oriente se recolectó en los grupos étnicos Mazahua, Otomí y habitadas por Chichimecas, mientras que en la Ciénega de Zacapu por P'urhépechas y mestizos. **Usos.** Se usa para elaboración de tortillas y forraje. **Progenitores.** Se sugiere que los progenitores de ésta raza son las razas Cónico y Tuxpeño. **Estado actual.** No presenta problemas de pérdida de diversidad.

## DULCE

**Descripción.** La raza presenta una altura de planta promedio de 2.09 m y su mazorca se ubica a los 1.10 m, tiene 11.99 hojas y su precocidad es de 85 días a floración masculina. La espiga tiene una longitud total de 65.72 cm con una parte ramificada de 11.38 cm y 11 ramas laterales. La distancia entre los nudos de la espiguilla es de 2.26 cm y el tamaño de sus glumas es de 1.07 cm. Las mazorcas son cortas, anchas y cilíndricas, con ligero adelgazamiento en los dos extremos, tienen en promedio 14.69 cm de longitud, 4.39 cm de diámetro, 11.60 hileras y cada hilera 44.19 granos. Los granos son arrugados, con endospermo azucarado, blanco, guinda ó amarillo, pericarpio sin color ó rojo, tienen 1.15 cm de longitud, 0.92 cm de ancho y 0.38 cm de grosor (Figura 12). **Distribución.** Se encuentra distribuida en los estados de Jalisco, Michoacán de Ocampo y Guanajuato a altitudes intermedias de 1000 a 1500 msnm. Se considera que el maíz “Dulce” fue introducido de América del Sur. En el estado de Michoacán de Ocampo, ésta raza se distribuye principalmente a los alrededores del lago de Cuitzeo y en la Ciénega de Chapala. En Zacatecas también se ha encontrado maíz Dulce y quizás se deba a una ruta de migración de los P´urhépechas hacia la zona arqueológica de la “Quemada” la cual siguió hacia Chihuahua y al sur de Estados Unidos, en donde la étnia Zuñi de Nuevo México al parecer también tiene parentesco con los P´urhépechas (Swadesh, 1957). **Grupo étnico.** Se recolectó en áreas que fueron habitadas por Chichimecas, Náhuas y de dominio P´urhépecha. **Usos.** El nombre derivó del carácter dulce de los granos. Se usa principalmente para confituras, tales como pinole, harina endulzada hecha de los granos tostados y molidos y ponteduro. **Progenitores.** Ésta raza tiene afinidad con el maíz dulce de Sudamérica y de acuerdo a ésta semejanza se debe a que ambos tienen un olote grueso y muchas hileras. Es probable que éste



*Figura 12. Muestra de mazorcas representativas del maíz Dulce.*



maíz haya sido introducido por la étnia P'urhépecha ya que de acuerdo a algunos investigadores tiene parentesco con el grupo étnico Quechua de Perú, lugar donde se distribuye también ampliamente el maíz Dulce. Estado actual. Presenta problemas de pérdida de diversidad.

#### 2.1.4. Estado actual sobre pérdida de diversidad de los maíces criollos.

En un estudio sobre polimorfismo de isoenzimas en maíz Doebley *et al.*, (1985) encontraron que las razas de maíz de México presentaron en promedio 7.09 alelos por locus, la cual fue mayor al de otras razas en el mundo. A pesar de éste alto polimorfismo alélico, las razas de maíz de México están siendo sustituidas por variedades mejoradas y por otros cultivos económicamente más redituables (Ortega *et al.*, 1991). Estos mismos autores mencionan que las razas Celaya, Vandeño, Tuxpeño y Chalqueño se han dejado de cultivar a pesar que han sido consideradas como las más importantes en el mejoramiento genético debido a su alta producción y adaptabilidad (Roberts, 1950; Goodman y Brown, 1988). Recientemente, también usando isoenzimas Sánchez *et al.*, (2000) encontraron que las razas de usos especiales como Tabloncillo, Elotes Occidentales y Dulce presentaban diferenciación genética similar a las plantas autóгамas; es decir, tienen una alta endogamia debido a que se siembran en poblaciones pequeñas. Por otro lado, mientras existen razas de maíz con alta pérdida de diversidad hay otras como Ancho, Complejo Serrano de Jalisco, Zamorano Amarillo y Tablilla de Ocho que presentan el mayor número de alelos por raza. Es probable que el alto número de alelos por raza en el Complejo Serrano de Jalisco y Zamorano Amarillo se deba a que en su formación genética intervengan varias razas de maíz de origen genético diferente (Wellhausen *et al.*, 1951; Hernández, 1986). Además de las razas anteriores, se ha encontrado que las razas Tabloncillo, Tabloncillo Perla, Blandito, Onaveño, Bolita y Bofo presentan alelos raros específicos de éstas razas que pudieran contribuir con nuevos alelos al mejoramiento genético de maíz (Cartujano, 1964).

## 2.2. Criterios de selección en el mejoramiento.

A continuación se describen los criterios de selección más importantes que emplean los agricultores e investigadores en el mejoramiento de maíz.

### 2.2.1. Criterios de selección en mejoramiento campesino.

Los siguientes criterios de selección incluyen algunos que son reportados por Ellis (1993) y Francis (1994). Adaptación local. Para reducir riesgos en la producción los agricultores manejan diferentes patrones varietales (Muñoz, 2005), uno o varios para cada ambiente de producción así como diferentes fechas de siembra. Uso de diversidad amplia. Debido a las condiciones marginales de producción de alto riesgo los agricultores manejan alta diversidad inter e intra específica en el sistema de producción milpa con el objetivo de reducir riesgos en la producción y asegurar el sustento alimenticio de su familia. La calidad de mazorca, grano y planta es buena. En éste aspecto el hombre y la mujer han puesto alto interés en mejorar las características de calidad de sus maíces. Las variedades campesinas son de olote delgado, grano grande y no cristalino el cual pronto se nixtamaliza. Manejan diferentes tipos de maíz, uno para cada uso específico y el forraje es apetecible para el ganado. Las características agronómicas son de mala calidad. El agricultor no ha tenido mucho éxito en mejorar las características agronómicas de los maíces criollos debido a que la selección la realiza en la “troje”; por lo tanto, sus maíces presentan aspecto agronómico no atractivo; es decir, las plantas son altas, tardías, presentan alta frecuencia de plantas “horras” y se acaman debido a que el tallo y la raíz son débiles. Maneja la resistencia cuantitativa para el control de plagas y enfermedades. En la agricultura campesina el agricultor generalmente no aplica agroquímicos para el control de plagas y enfermedades, por lo que durante el proceso de mejoramiento selecciona las mazorcas más grandes y sanas que pueden venir de plantas con alta resistencia cuantitativa la cual ha venido acumulando por miles de años. Ambiente de producción marginal. En la agricultura campesina los agricultores generalmente siembran en ambientes de suelos no fértiles, pedregosos con presencia de sequías, semillas criollas, bajo uso de agroquímicos y tecnologías por lo cual tienen bajos rendimientos. Destino de la producción para autoconsumo. Debido al bajo rendimiento de grano, éste lo destina principalmente para el consumo humano, el excedente lo vende ó cuando el precio es bajo lo usa junto con la planta para forraje en la alimentación de su ganado.

### 2.2.2. Criterios de selección en mejoramiento convencional.

Adaptación amplia. Los investigadores evalúan y seleccionan las variedades que mejor se comportan en diversos ambientes y años. Uso de diversidad reducida. Las variedades e híbridos que aquí se generan son de base genética reducida formados con pocas líneas endogámicas,

las cuales se cultivaran bajo el sistema de monocultivo. La calidad de mazorca, grano y planta es mala. En ésta forma de mejoramiento las variedades mejoradas son de mazorca olotona, de grano pequeño, tendencia a ser cristalino, y totomoxtle es difícil de cosechar a mano. El forraje es áspero y no se lo come bien el ganado. Las características agronómicas son de buena calidad. Los mejoradores buscan que los maíces se adapten a ambientes de alta producción; es decir, que las variedades sean de alto rendimiento, planta baja, resistencia al acame (tallos y raíces fuertes), a enfermedades, plagas, etc. y que permitan la cosecha mecánica. Maneja la resistencia cualitativa para el control de plagas y enfermedades. El mejorador busca que las variedades de maíz presenten niveles altos de resistencia a plagas y enfermedades los cuales están controlados por pocos genes. Éste tipo de resistencia genera plantas muy sanas; sin embargo, cuando se “rompe” la resistencia todas las plantas se enferman. Ambiente de producción de mediano a óptimo. Debido a las buenas condiciones ambientales el investigador genera variedades que requieren alto uso de agroinsumos y tecnologías lo cual les permite a los agricultores obtener altos rendimientos. Destino de la producción es comercial. Por su alto rendimiento de grano, el agricultor destina su producción principalmente para la venta.

### **2.3. Mejoramiento genético de maíz.**

#### **2.3.1. Importancia de la diversidad en mejoramiento de maíz.**

La diversidad genética del maíz es la base para la obtención de buenas variedades (Castillo 1993.; Simpson y Withers, 1986). En México, existen 59 razas de maíz que representan el 19.67% de las registradas en América. De estas 59, sólo Tuxpeño, Celaya, Chalqueño, Vandeño y Cónico han sido ampliamente usadas en el mejoramiento genético de esta especie (Roberts, 1950) y en menor proporción Cónico Norteño y Bolita (SAG, 1963, Gutiérrez y Luna, 1989).

Por su alto potencial productivo y adaptabilidad, la raza Tuxpeño es la que más se utiliza en el mejoramiento en México y en el mundo (Goodman y Brown, 1988). En México, ésta se usa principalmente en la región tropical húmeda (Sierra, 2005). En Michoacán de Ocampo, el híbrido H-507 formado exclusivamente de la raza Tuxpeño ha tenido amplia aceptación en las regiones Tierra Caliente, Apatzingan y Costa.

En el caso de la raza Celaya combinada con Tuxpeño y Bolita de Oaxaca se formaron los híbridos H-353 para la región del Bajío (Gómez *et al.*, 1996) y el H-220 para condiciones de temporal escaso, el cual tenía amplia adaptabilidad (Castillo, 1993), respectivamente. En Michoacán de Ocampo, ésta raza se distribuye en las regiones Oriente (Contepec y Maravatio), Centro, Ciénega de Zacapu y en la región Ciénega de Chapala conocido como Argentino (al parecer es otra raza con progenitores similares a Celaya).

De manera similar, en la Mesa Central de México se usa principalmente las combinaciones entre la raza Chalqueño con Tuxpeño y Celaya para la obtención de variedades e híbridos (Wellhausen, 1960). En Michoacán de Ocampo, la raza Chalqueño se distribuye de forma natural en la región Oriente e introducida en la Ciénega de Zacapu. Éstas dos regiones presentan condiciones con alto potencial agroecológico para elevar la producción de maíz; sin embargo, una limitante para lograrlo es que esta raza presenta características agronómicas desfavorables como son: plantas altas con alta tendencia al acame y “horras” lo que ocasiona bajos rendimientos de grano. Por otra parte, la raza Cónico también se distribuye en la Mesa Central de México y se siembra principalmente en condiciones de temporal.

La raza Vandeño se distribuye principalmente en las regiones cálido secas de la vertiente del Pacífico desde Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán de Ocampo, Jalisco y Nayarit. Reyes (2000) encontró que la combinación entre Vandeño con Tuxpeño se obtienen variedades con adaptación tanto para el trópico húmedo como seco. Para ésta última condición, éste autor liberó la variedad NLVS-1 la cual contiene el germoplasma antes mencionado y fue resistente al acame y sequía.

### 2.3.2. Mejoramiento campesino del maíz.

En la agricultura campesina con frecuencia los agricultores siembran en la “milpa” una alta diversidad de especies con el objetivo de reducir riesgos en la obtención de alimentos, los cuales son de moderados a bajos (Harlan, 1992). Para reducir éstos riesgos, los agricultores cuidadosamente usan los conocimientos adquiridos por prueba y error, los cuales han sido transmitidos de generación a generación en forma verbal y práctica. Además de los conocimientos ambientales y técnicos, el hombre y la mujer de manera conjunta han realizado el mejoramiento apropiado de sus maíces criollos.

El hombre en campo selecciona aquellos maíces que tengan buen comportamiento en campo como puede ser que resistan la sequía, que el viento no los acame, que las plagas no causen grandes mermas en la producción de grano y que además produzcan baste y buen forraje; en cambio, la mujer selecciona aquellos maíces que no se “piquen”, que rindan mucho grano (olote delgado y grano grande), que rindan en masa, que la masa forme “correa”, que las tortillas no se pongan “duras”, que sean “sabrosas”, que en el proceso de nixtamalización se requiera poca leña, que los elotes sean de buen sabor, textura y que no sean “pellejudos”, que el grano “reviente” en el pozole, etc. (Carrera *et al.*, 2007).

Desafortunadamente, en este mejoramiento ha descuidado varias características agronómicas de planta debido a que ellos realizan la selección en la troje y no en campo; sin embargo, en características de la mazorca (de interés antropocéntrico) ha tenido mucho avance al ser éstas grandes con muchas hileras, olote delgado y grano grande principalmente de textura semi-cristalina, etc. Para tener mayor éxito en este proceso de mejoramiento campesino se debe tener en cuenta las condiciones sociales, económicas, ambientales (Evans, 1998; Mann, 1999), tecnológicas y culinarias.

### 2.3.3. Mejoramiento convencional de maíz por retrocruza.

La retrocruza recurrente es una metodología de mejoramiento comúnmente usada para incorporar alelos de uno o más loci de un donador a una variedad elite (Allard, 1960), la cual se conoce como progenitor recurrente. Para recuperar la mayor parte del genoma del progenitor recurrente se requiere aproximadamente unas seis generaciones de retrocruzamiento (99.2 %). Este porcentaje puede ser calculado usando la fórmula  $1 - (1/2)^t \times 100$ , donde  $t$  es el número de retrocruzas (Babu *et al.*; 2004). Para mejorar caracteres de herencia cualitativa se requiere de pocas cruzas o retrocruzas, poblaciones y presión de selección pequeñas; sin embargo, para caracteres de herencia cuantitativa se requieren varias retrocruzas, poblaciones y presión de selección grandes.

Bauman (1977) sugiere que para mejorar caracteres de herencia cuantitativa el tamaño de la población debe oscilar entre 200 y 250 plantas debido a que la selección de segregantes deseables es difícil. Al respecto, Fehr (1987) sugiere que se debe hacer la prueba de progenies derivadas de poblaciones grandes y Márquez (1995) indica que en la generación  $RC_1F_2$  se pueden obtener un 10 % de plantas

segregantes de porte bajo similar a los donadores mejorados. En ésta generación, además de obtener una buena frecuencia de plantas de porte bajo se estaría aprovechando la heterosis residual y la mayor varianza genética importante para continuar mejorando la altura de la planta y otros caracteres de alta heredabilidad (Márquez, 1990).

Cuando se realizan muy pocas generaciones de retrocruzamiento al progenitor recurrente la probabilidad de introducir genes ligados para caracteres agronómicos no deseables como bajo rendimiento y susceptibilidad a enfermedades es mayor (Ribaut y Hoisington, 1998). La incorporación de estos alelos no deseados dependerá de la distancia de ligamiento y el tamaño de las regiones que rodean el alelo de interés a introducir, y pueden disminuir al realizar más retrocruzas (Young *et al.*, 1998) y generaciones de entrecruzamiento (selección). Desafortunadamente, después de varias generaciones de retrocruzamiento todavía es posible encontrar segmentos del genoma del progenitor donante en el progenitor recurrente (Young y Tanksley, 1998; Bjornstad *et al.*, 2002). Otro problema de la retrocruza limitada ( $RC_1$ ) consiste en que los caracteres de baja heredabilidad como rendimiento de grano, tipo de mazorca (longitud y ancho) y calidad de grano del progenitor recurrente son poco mejorados; es decir, las características de la población mejorada se parecen más al progenitor donante debido a que las frecuencias alélicas de éste son mayores que las del progenitor recurrente (ha sido más seleccionado).

Para mejorar caracteres de herencia cualitativa (altura de planta, precocidad, etc.) sólo se requiere de una cruce ( $F_1$ ) ó retrocruza ( $RC_1$ ), mientras que para caracteres de herencia cuantitativa se requiere de más de dos retrocruzas ( $RC_2$  a  $RC_n$ ) alternadas con la selección entre cada retrocruza.

#### 2.3.4. Integración del conocimiento tradicional en el mejoramiento genético convencional.

En la metodología de mejoramiento convencional los criterios de selección los define únicamente el mejorador y se basan en la liberación de maíces para áreas de agricultura empresarial. A éste tipo de agricultores únicamente les interesa vender mayor volumen. Los maíces recomendados para estas áreas deben tener buen potencial de rendimiento de grano, adaptabilidad, resistencia a plagas y enfermedades (Evans, 1993; Fisher, 1996); sin embargo, cuando son transferidos a agricultores de agricultura campesina no son adoptados debido a que no se adaptan a sus condiciones ambientales,

tecnológicas, (Heisey y Edmeades, 1999), económicas y culinarias, por lo que para éste tipo de agricultura debe realizarse un mejoramiento más apropiado a sus necesidades (Evans, 1998; Mann, 1999).

A los agricultores de agricultura campesina les gusta que los maíces sean de grano grande, olote delgado, que produzca bastante masa, que las tortillas ó los elotes sean “sabrosos” y no “pellejudos”, que el grano para pozole “reviente bonito”, que las tortillas se mantengan suaves, etc. En sí, como se puede observar el agricultor ha realizado su mejoramiento hacia “mejor calidad” para él y para su ganado. En el caso del forraje le gusta que éste sea suave y palatable para que el ganado se coma desde las hojas hasta el tallo. Desafortunadamente, como ya se indicó anterioremente ha descuidado el mejoramiento de las características agronómicas.

Debido a lo anterior, existen dos maneras de integrar los criterios de selección convencional del investigador y de los agricultores en el mejoramiento genético de los maíces criollos. Una manera es a) el mejoramiento participativo *in situ* (Brush, 2000) y la otra b) conocer la problemática social, económica, tecnológica y ambiental en las cuales se practica la agricultura campesina así como también conocer los usos antropocéntricos y las causas de pérdida de diversidad los cuales primero se integran en el proceso de mejoramiento (*premejoramiento*) y posteriormente se continúan mejorando *in situ* en los campos de los productores con el objetivo de obtener variedades criollas mejoradas que satisfagan las necesidades del productor y el mejorador (Witcombe *et al*; 1996). Éste acercamiento permitirá un mejor entendimiento de cómo los productores hacen uso de la biodiversidad genética inter e intraespecífica para reducir los riesgos de producción en ambientes marginales, los criterios de selección que usan para mejorar sus maíces y las estrategias para su conservación. Desafortunadamente, existen muy pocos trabajos de mejoramiento en ambientes marginales con pequeños productores (Smith y Paliwal, 1997); los cuales, nos permitieran abordar con más claridad este problema.

## **2.4. La agricultura campesina, condiciones ambientales-económicas y regiones de producción de maíz.**

### **2.4.1. Agricultura campesina.**

La agricultura campesina es una ingeniosa estrategia de apropiación de los ecosistemas la cual se sustenta en el manejo y uso de la diversidad genética interespecífica (maíz, calabaza, frijól, haba, arvenses, etc.)

y la intraespecífica (variedades heterogéneas, patrones varietales) en un mismo espacio de terreno conocido como “milpa”. Ésta variación genética le permite al agricultor de agricultura campesina ó marginal reducir los riesgos de pérdida de su producción, y con ello la conservación de su patrimonio genético y la supervivencia de su familia.

Según Ellis (1993) y Francis (1994), la agricultura campesina se caracteriza por que su actividad está orientada a la producción de granos básicos y las actividades se llevan a cabo con mano de obra familiar, es una actividad complementaria a la actividad familiar, las decisiones se toman libremente en cuanto a la producción agropecuaria, consumo, y venta de ésta. Además, es dinámica; es decir, los productores experimentan nuevas formas de manejo de los recursos sustentables en el conocimiento del ambiente, la cultura y otros factores socioeconómicos externos (Okali *et al*; 1994).

En éste tipo de agricultura la producción es el resultado de la interacción hombre-naturaleza, en donde las prácticas llevadas a cabo para la producción se basan en el conocimiento tradicional adquirido del entorno natural por miles de años, en la satisfacción de las necesidades de la familia y de la disponibilidad de los recursos.

## 2.4.2. Características ambientales y socioeconómicas de las regiones de estudio.

### 2.4.2.1. Región Tierra Caliente.

La región Tierra Caliente comprende los municipios de San Lucas, Huetamo, Tiquicheo, Tzitzio, Carácuaro, Nocupetaro, Villa Madero, Tacámbaro, Turicato y Ario de Rosales; donde prevalecen los siguientes subtipos climáticos: seco muy cálido;  $BS_0$  ( $h'$ ), semiseco muy cálido;  $BS_1$  ( $h'$ ) y el cálido subhúmedo seco;  $A w_0$  con una temperatura promedio anual de 25 a 29.2 °C (García, 1981). Las temperaturas mínimas extremas son de 6 a 11 °C y las máximas extremas de 44 a 49 °C. La precipitación pluvial varía de 600 a 900 mm al año y su distribución es irregular. En estos climas la sequía intraestival se presenta generalmente en el mes de agosto.

La evaporación anual promedio varía de 2400 a 2670 mm (SMN, 1976). En la condición climática seca y semiseca ( $BS_1$  ( $h'$ ) ( $w$ )) se tiene una estación de crecimiento de 90 a 100 días en donde prosperan cultivos de ciclo precoz a intermedio (Figura 14). En cambio, como se muestra en la Figura 13, en el clima cálido subhúmedo  $A$  ( $w_0$ ) ( $w$ ) se tiene una



estación de crecimiento de 100 a 120 días donde también pueden sembrarse cultivos tardíos (Alejo *et al.*, 1990).

Esta región se caracteriza por la predominancia de lomeríos combinados con llanos y pequeños valles. En los lomeríos los suelos son delgados (menos de 30 cm), con pendientes de 3 a 10 %, de texturas medias a gruesas de baja retención de humedad, poco fértiles y con niveles moderados de erosión (Alejo *et al.*, 1990).

Los maíces que se siembran en esta región son: Vandeano, Conejo o Tresmesino, Tamaulipas (Ratón), Ancho Híbrido (Vandeano), Amarillo de Tierra Caliente, Prieto de Tierra Caliente, Ciudad Mante, Sapo, Veracruzano (Tuxpeño), Cuervo (Vandeano), maíz Alto y generaciones avanzadas del híbrido H-507 de la raza Tuxpeño. Los maíces Ciudad Mante y Sapo son muy apreciados por su resistencia a sequía, precocidad intermedia, suavidad para desgranarse, entre otras características. El maíz Ciudad Mante y el Sapo se siembran en los sistemas de cultivo conocidos localmente como maíz de “yunta” el Tamaulipas (Ratón), Veracruzano, H-507 y Cuervo se prefieren en las siembras de estaca ó roza-tumba-quema (RTQ) debido a que son tardíos. Del tresmesino existen varios tipos, el “Perla”, el “Morado”, el “Costeño”, el “Prieto”, el “Amarillo” y el “Cachalote”, entre otros.

Los tresmesinos se siembran en las primeras lluvias para tener pronto elotes ó cuando los temporales vienen muy retrazados. Los maíces Alto y el de Ocho Hileras tienden a perderse debido a que los periodos de lluvia cada vez son más cortos (Romero, 1990). Las siembras de “yunta” ó de temporal con rotulación de suelo son de mayor importancia y se realizan entre la última semana de junio y el 25 de julio; mientras que la siembra de “estaca” o RTQ. se hace en seco con variedades de ciclo tardío con el fin de aprovechar todo el periodo lluvioso.

Las pocas siembras de riego se efectúan en diciembre y principios de enero, usando variedades de ciclo intermedio y tardío. En esta región la producción de maíz se ve limitada por sequías frecuentes, plagas (insectos y roedores), suelos pobres y altas temperaturas que reducen la eficiencia de la poca lluvia (Romero, 1990).

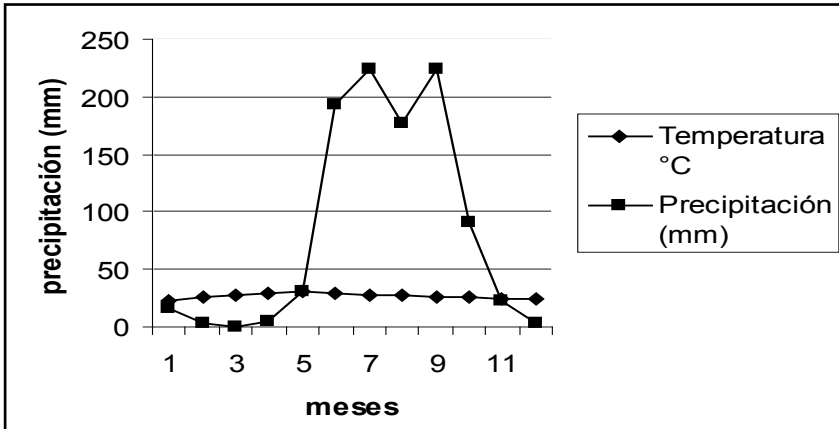


Figura 13. Diagrama homotérmico del periodo de crecimiento del clima A ( $w''_w$ ) ( $w$ ) (Tuzantla, Mich.)

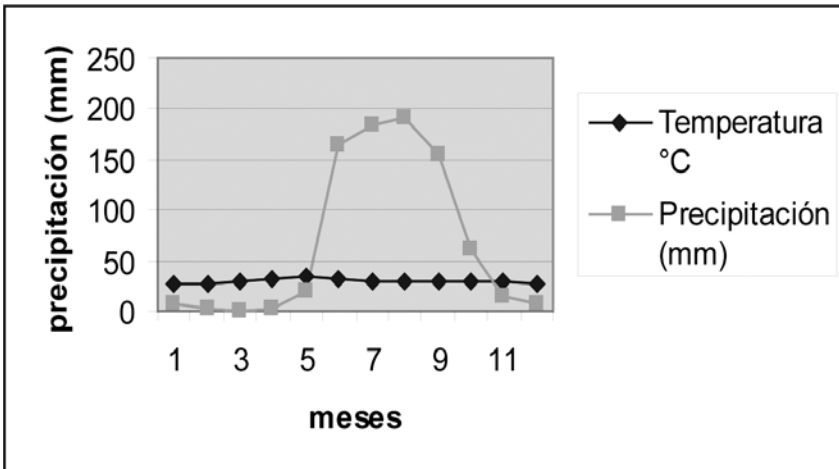


Figura 14. Diagrama homotérmico del periodo de crecimiento del clima BS<sub>1</sub> ( $h'w$ ) ( $w$ ) (Huetamo, Mich.)

### 2.4.2.3. Regiones Centro y Bajío.

La región Ciénega de Chapala comprende los municipios de Tocumbo, Cotija, Tingüindín, Tangamandapio, Villamar, Jacona, Zamora, Jiquilpan, Marcos Castellanos, Cojumatlán de Régules, Sahuayo, Venustiano Carranza, Buenavista, Vista Hermosa y Briseñas los cuales se ubican a altitudes de 1600 a 2000 msnm. Esta región se ubica en la porción noroeste del estado de Michoacán de Ocampo entre 19° 45' y 20° 10' de latitud norte y 101° 54' y 103° 04' de longitud oeste, comprende una superficie de 424 702 ha, que representan el 7.2 % de la superficie de la entidad.

El clima dominante es el (A) C (w<sub>0</sub>) (w), semicálido subhúmedo con lluvias en verano (Figura 15), el más seco de los semicálidos. La precipitación pluvial varía de 800 a 1,000 mm anuales y la temperatura media anual de 18 a 22 °C. En las partes más elevadas de 2 mil msnm se presenta el clima C (w<sub>0</sub>) (w) ó templado subhúmedo con lluvias en verano, el más seco de los templados, con una precipitación media anual de 800 a 900 mm y temperatura media anual de 14 a 16 °C.

En cuanto a su relieve el 51.8 % son planicies o llanuras, 42.0 % sierras y 1.2 % lomeríos, y el área restante (5 %) está cubierta por agua del lago de Chapala. Asociada con los suelos y el clima, se encuentran los tipos de vegetación, de los cuales el más extendido es el matorral subtropical, observándose en sierras, lomeríos y/o áreas muy pedregosas. En menor extensión, en las partes más altas se localizan los bosques de encino y los pastizales inducidos. Los suelos son de origen residual o *in situ* y aluvial.

Predominan los suelos vertisoles pélicos, generalmente profundos, de fértiles a moderadamente fértiles por lo que tienen un gran potencial agrícola para cultivos de riego y temporal. En las llanuras, lomeríos y sierras se encuentran otros tipos de suelos como los luvisoles, feozems, litosoles y gleysoles. En ésta región se distribuyen las razas de maíz Tabloncillo, Elotes Occidentales, Celaya-Argentino, Ancho, Zamorano Amarillo y Dulce.

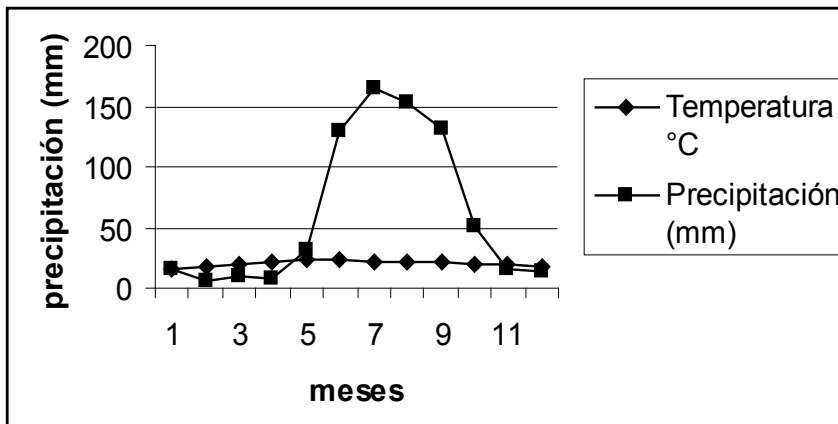


Figura 15. Diagrama homotérmico del periodo de crecimiento del clima (A) C (w²) (w) (Zamora, Mich.)

#### 2.4.2.3. Regiones Centro y Bajío.

La región Centro comprende los municipios de Lagunillas, Charo, Tarímbaro, Morelia, Indaparapeo, Queréndaro, Zinapécuaro, Álvaro Obregón, Cuitzeo, Santa Ana Maya, Chucándiro, Huandacareo y los del Bajío son: Morelos, Puruándiro, José Sixto Verduzco, Angamacutiro, Penjamillo, Numarán y la Piedad los cuales se localizan a altitudes de 1695 a 1941 msnm.

Los climas predominantes en las dos regiones son: (A) C (w<sub>0</sub>) (w) (Figura 16) y A (C) (w<sub>1</sub>) (w) semicálido subhúmedo con lluvias en verano con precipitación pluvial de 872 a 935 mm y una temperatura de 17.6 a 19.9 °C. En éstas regiones el relieve es en un 58 % sierras, 26 % son planicies ó llanuras, 8 % lomeríos y el resto comprende mesetas y cuerpos de agua. Los suelos son de origen aluvial y residual. Entre los tipos de suelos los más importantes se encuentran los vertisoles, feozem, luvisoles y andosoles. Los vertisoles son de origen residual, profundos (más de 50 cm) aunque también los hay delgados (30 a 50 cm), algunos son pedregosos ó salinos, presentan altos contenidos de arcilla, por lo que son de drenaje lento. Se ubican en las llanuras y sierras, son fértiles, moderados en contenido de materia orgánica, alta capacidad de intercambio catiónico y saturación alta de bases. Los feozem son de origen residual o *in situ*, la mayoría son delgados, limitados por roca ó tepetate, se localizan en lomeríos, llanuras y sierras, son de textura migajón arenosa a migajón arcilloso por lo que tienen una permeabilidad media a baja.

Los tipos de vegetación más importantes son el matorral subtropical, bosque de encino, bosque de pino-encino. De éstos, el matorral subtropical es el más importante y se localiza en sierras, lomeríos y en algunos llanos. Estas regiones son de las más pobladas del Estado y cuentan con la mayoría de los servicios.

Debido a su importancia económica cuenta con la mejor infraestructura en caminos y otros servicios de comunicación. En estas regiones se encuentra la mayor producción de alimentos en el Estado, debido en parte a su infraestructura de riego. Dentro de éstas regiones se encuentran presas y pozos de bombeo. Entre las presas están la de Cointzio, Gonzálo, Tres Mezquites, Cofradía, Ing. Antonio Rodríguez, El Fresno, Tunguitiro y el Tiburón. Los ríos más importantes son: el Lerma-Santiago y Angulo. Las razas de maíz que aquí se distribuyen son: Elotes Occidentales, Ancho, Dulce, Elotes Cónicos, Cónico Rosita y Celaya.

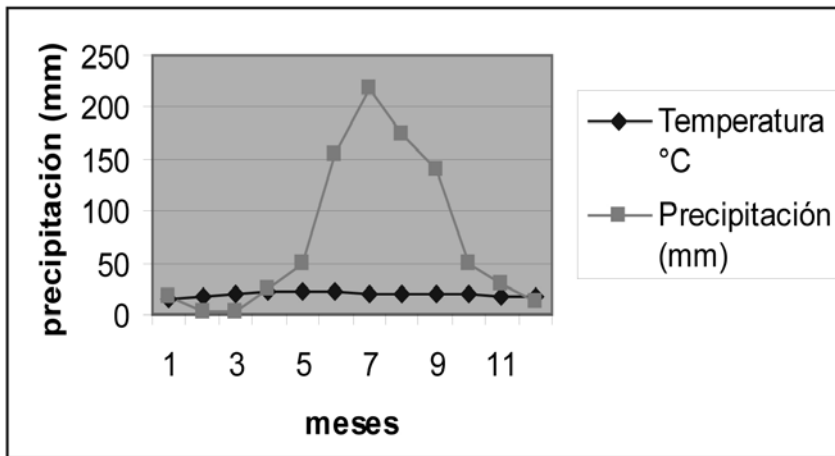


Figura 16. Diagrama homotérmico del periodo de crecimiento del clima (A) C (w<sub>1</sub>) (w) (Puruándiro, Mich.)

#### 2.4.2.4. Región Ciénega de Zacapu.

La región comprende los municipios de Chucándiro, Tlazazalca, Purépero, Panindícuaro, Jiménez, Huaniqueo, Coeneo y Zacapu los cuales se localizan a altitudes de 1826 a 1986 msnm. De ésta región, se describen únicamente las características ambientales y socioeconómicas de los municipios de Zacapu, Coeneo y Jiménez debido a que el maíz Chalqueño sólo se recolectó en estos municipios; sin embargo, en

Michoacán de Ocampo su mayor área de distribución natural se localiza en la región Oriente.

El clima predominante en éstos municipios es el C ( $w_1$ ) (w) (Figura 17) con una precipitación pluvial de 790 mm y una temperatura promedio de 16.7 °C. El sustrato que forma el suelo son residuos orgánicos de la vegetación que existía en el lago. Debido a su alta fertilidad, la mayoría de los agricultores no fertiliza sus cultivos.

Los principales cultivos son: el maíz en primavera-verano y la lenteja en invierno, el primero en condiciones de humedad residual y el segundo en tierras inundadas. El maíz que más se cultiva es la raza Chalqueño y en menor proporción Chalqueño Colorado, Celaya, Mushito de Michoacán y Elotes Occidentales.

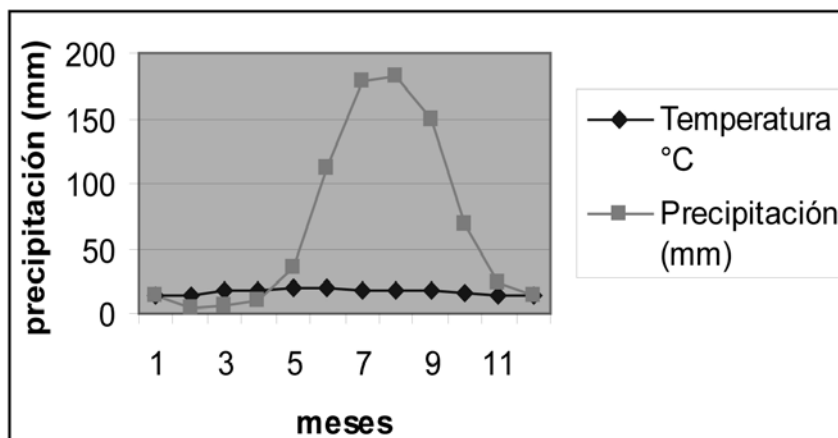


Figura 17. Diagrama homotérmico del periodo de crecimiento del clima C ( $w_1$ ) (w) (Zacapu, Mich.)

## 2.5. Regiones productoras de maíz en Michoacán de Ocampo.

El estado de Michoacán de Ocampo está integrado por 113 municipios agrupados en 10 regiones, las cuales presentan diferentes condiciones geográficas, ambientales, socioeconómicas y tecnológicas. En el Estado, por su superficie sembrada e importancia social el maíz es el principal cultivo. De 1925 al 2001 la superficie sembrada pasó de 219,852 a 458,519 hectáreas, lo que representó un incremento de 47 % (219,852 ha.) y le permitió obtener una producción aproximada de 1,240,966 toneladas y el 5° lugar a nivel nacional.

Ésta producción benefició a 240 mil agricultores de comunidades indígenas y no indígenas ubicadas en 185,168 unidades de producción. Alrededor del 70 % de la superficie (320,963.59 ha) se siembra con maíces criollos y el restante con variedades mejoradas. Las regiones de mayor producción de maíz son la Ciénega de Chapala, Oriente, Centro y Tierra Caliente con una producción de 291,726, 245,967, 222,599 y 115,899 toneladas, respectivamente. Los mayores rendimientos de maíz se obtuvieron en las regiones Ciénega de Chapala y Centro con valores promedio de 4.38 y 3.89 t ha<sup>-1</sup>; respectivamente, debido principalmente al uso de variedades mejoradas en áreas de riego y el menor se registró en la Costa, Valle de Apatzingan y Tierra Caliente con valores de 1.32, 1.75 y 1.93 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Los bajos rendimientos en éstas regiones se debe principalmente a la siembra de maíces criollos en áreas de temporal.

**Cuadro 1.** *Municipios con mayor producción de maíz en Michoacán de Ocampo.*

Región	Producción (toneladas)	Municipios
I. Centro	162,291.46	Álvaro Obregón, Tarímbaro Indaparapeo, Morelia y Zinapécuaro.
X. Ciénega de Chapala	143,452.00	Zamora, Pajacuarán Venustiano Carranza y Villamar
V. Oriente	137,880.00	Epitacio Huerta, Contepec, Maravatío e Hidalgo.
II. Zacapu	28,495.90	Zacapu
III. Pátzcuaro-Zirahuén	24,626.00	Salvador Escalante
IV. Bajío	21,790.00	Puruándiro
VI. Tierra Caliente	20,756.00	Ario de Rosales
<b>Total</b>	<b>539,289.36 (43.46 %)</b>	<b>18 municipios</b>

Debido a las buenas condiciones ambientales (precipitación y disponibilidad de humedad) que presentan las regiones Oriente y Zacapu y a que en éstas solo se usa un 5 y 23 % de variedades mejoradas, respectivamente, es posible aumentar su producción de maíz si se continúan implementando los programas de uso de variedades mejoradas; tomando en cuenta a su vez, programas de conservación y mejoramiento participativo *in situ* de los maíces criollos en áreas naturales protegidas ubicadas en municipios donde casi no se cultiva maíz mejorado. Si bien, en los 113 municipios del estado se cultiva maíz, solo en 18 de ellos se obtiene el 43.46 % de su producción (Cuadro 1).



# Capítulo III

## Materiales y métodos

El presente trabajo de investigación consistió de tres etapas: En la primera se recolectaron maíces criollos en 5 de las 10 regiones socioeconómicas del estado de Michoacán de Ocampo, en la segunda se realizó la cruce ( $F_1$ ) y retrocruzas ( $RC_2$  y  $RC_3$ ) de varias colectas con uno ó varios donadores de la misma raza ó donador similar y en la tercera se evaluaron los maíces criollos y sus respectivas retrocruzas. Con las cruces y retrocruzas se formaron poblaciones de amplia base genética intra-racial (PABG-I) con el objetivo de aumentar su variabilidad y tener éxito en la selección.

### **3.1. Primera etapa. Recolecta de los maíces criollos.**

#### 3.1.1. Localización del área de estudio.

La recolecta de maíces criollos se llevó a cabo en las regiones Tierra Caliente, Centro, Bajío, Ciénega de Chapala y Ciénega de Zacapu en el estado de Michoacán de Ocampo. Éste se localiza en la parte Centro Occidente de México, sobre la costa meridional del Océano Pacífico, entre los  $170^{\circ} 54' 23''$  y  $20^{\circ} 23' 37''$  de latitud Norte y los  $100^{\circ} 03' 23''$  y  $103^{\circ} 44' 09''$  longitud Oeste, con una extensión de 5, 986, 400 hectáreas equivalente a  $59\ 864\ km^2$  (Figura 18).

Mapa 1: División Geoestadística Municipal. Michoacán, 1997.



Figura 18. División geoestadística de las 10 regiones del estado de Michoacán de Ocampo.

### 3.1.2. Metodología de la recolección de maíces criollos.

La exploración etnobotánica de recolección de los maíces criollos se realizó en las regiones Tierra Caliente, Centro, Bajío, Ciénega de Zacapu y Ciénega de Chapala de las 10 regiones del estado de Michoacán de Ocampo (Figura 18). Para ello, se usó la metodología propuesta por Hernández (1972) con modificaciones en el cómo recolectar las muestras de maíces criollos (frecuencia de la muestra), la cual consistió de los siguientes pasos. 1) época de colecta, 2) cantidad y selección de la muestra, 3) la diversidad genética de cada material y 4) la frecuencia de las muestras, tal como se describe a continuación.

1) **Época de colecta.** Roberts *et al.* (1957) sugieren que el mejor momento de hacer las colectas es durante el periodo de cosecha para poder incluir información sobre características agronómicas de las plantas en su lugar de origen. Las colectas de maíz se realizaron de febrero a mayo del 2006.

2) **Cantidad y tipo de muestra.** Para las colectas de alto potencial productivo se ha sugerido obtener hasta 100 kg de semilla y para las “menos” importantes de 15 a 25 mazorcas (Roberts *et al.*, 1957). En

nuestro caso, según sugerencia de los Dres. Ron-Parra y Sánchez-González recolectamos 50 mazorcas para cada una de las muestras de maíz ó 5 kg de semilla con cinco de sus mazorcas ó sus respectivos lotes.

En cada región, dentro del “exceso de diversidad genética” definimos que se deseaba recolectar (Bellon y Brush, 1994). Roberts (1950) menciona que en el caso del maíz las razas más productivas son las que más usan los agricultores y en mejoramiento genético; por lo cual, se recolectó maíces criollos de cada raza que aparentemente era más productiva; sin embargo, existen maíces de usos especiales como Tabloncillo, Elotes Occidentales, Elotes Cónicos, Tsiri Charhápiti (Maíz Colorado), Maíz de Ecuaro (Tsiri Warote), Chalqueño Colorado, etc. que se encuentran en menor frecuencia y que también fueron recolectados, sobre todo debido a que presentan problemas de pérdida de diversidad genética. En las colectas realizadas en el 2006, las razas Dulce y Conejo fueron las más difícil recolectar en número y tamaño de muestra debido a que los agricultores sólo las siembran en “pocos surcos”, el primero sólo por antojo de comer elotes dulces, “pinole” ó “garapiñados” y el segundo para tener pronto elotes (antes que Vandeño); por lo cual, sólo dejan unas cuantas mazorcas para la siembra. En nuestro caso, en general recolectamos 50 mazorcas seleccionadas al azar en el granero ó 5 kilogramos.

**3 y 4) Frecuencia de la muestra.** El hombre constituye una parte importante del medio en que han evolucionado las plantas. Por consiguiente, debe hacerse un esfuerzo especial de obtener muestras en todas las regiones étnicas del Estado. Benz (1986) menciona que cada grupo étnico tiene sus propios criterios de selección por lo que éstos han llegado a generar sus propias razas de maíz. Esta afirmación se ha sustentado mucho principalmente en Oaxaca, donde en general cada tipo específico de maíz se distribuye en cada uno de los grupos indígenas de ese Estado (Cuevas *et al.*, 2005); sin embargo, en otros casos no sucede así. Aunque el maíz se cultive bajo condiciones ecológicas prácticamente iguales, la diferencia étnica arrojará diversidad genética en los maíces. En Michoacán de Ocampo existen los grupos étnicos P'urhépecha (Meseta Purhépecha) ubicada en el Eje Neovolcánico Transversal en Michoacán de Ocampo, Mazahua y Otomí en el Oriente del Estado en el mismo Eje Neovolcánico y Náhuatl en la Costa. En ésta investigación, con la finalidad de tener un mejor muestreo (no dejar sitios sin muestrear) definimos recolectar cuando menos cada cinco kilómetros dos colectas que fueran de la misma o diferente raza de maíz ó dentro de cada “cuadrante” como se indica en la Figura 19. En cada lugar de recolecta se anotó nombre

del agricultor, localidad, altitud, longitud, latitud, características agronómicas, criterios de selección, origen, usos antropocéntricos y pérdida de diversidad.

### 3.1.3. Identificación racial.

Para la identificación racial de los maíces criollos se basó en las publicaciones de Wellhausen *et al*; (1951), Ron *et al*; (2006) y Muñoz (2005).

## 3.2. Segunda etapa. Cruzamientos y poblaciones de amplia base genética intra-racial (PABG-I).

### 3.2.1. Material genético mejorado.

En el ciclo primavera-verano 2006 en el Campo Experimental “La Carreta” de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) en el municipio de Álvaro Obregón se realizaron las cruzas  $F_1$  y retrocruzas  $RC_2F_1$  en los maíces criollos que abajo se indican y, en el 2007 en la misma localidad las retrocruzas  $RC_3F_1$ . En el otoño-invierno 2006-2007 en Ziracuaretiro, Mich. las cruzas  $F_1$  y  $RC_2F_1$  fueron estabilizadas ( $F_2$  y  $RC_2F_2$ ) mediante cruza fraternales (#). Los donadores  $RC_1C_6$  fueron proporcionados por el Dr Fidel Márquez Sánchez del Centro Regional Universitario de Occidente de la UACH, con sede en Guadalajara, Jalisco.



Figura 19. Cuadrulado (10 x 16= 160 cuadros) dividido cada 15 minutos (latitud y longitud) del mapa de carreteras del estado de Michoacán de Ocampo el cual se utilizó para un mejor muestreo de las colectas de los maíces criollos.

**Tabloncillo RC<sub>2</sub> y RC<sub>3</sub>**. En la formación de la población de amplia base genética intra-racial PABG-I RC<sub>2</sub>F<sub>1</sub> de la raza Tabloncillo participaron las colectas FZ-079, FZ-080, FZ-082, FZ-083, FZ-086, FZ-105, FZ-138, FZ-154 recolectadas por el Centro Regional Universitario Centro Occidente (CRUCO) de la UACH y M05028, M05008, M05035, M05038, M05014, M05025 y M05027 por el Instituto de Manejo y Aprovechamiento de los Recursos Fitogenéticos (IMAREFI) de la Universidad de Guadalajara (U de G) en los estados de Jalisco y Nayarit (Ron *et al.*, 2006) las cuales fueron cruzadas con 10 donadores  $\frac{3}{4}$  de la raza Tabloncillo RC<sub>1</sub>C<sub>6</sub> con 6 ciclos de selección. Para obtener la tercer retrocruza (RC<sub>3</sub>F<sub>1</sub>) se usó la población PABG-I RC<sub>2</sub>F<sub>2</sub> estabilizada de la raza Tabloncillo, la cual se cruzó nuevamente con las colectas usadas para obtener la segunda retrocruza (RC<sub>2</sub>F<sub>1</sub>).

**Ancho RC<sub>2</sub>**. En la formación de la población de amplia base genética intra-racial PABG-I RC<sub>1</sub>F<sub>1</sub> de la raza Ancho participaron las colectas M05002, M05020 y M05099 que fueron recolectadas por el IMAREFI (Ron *et al.*, 2006) en el estado de Jalisco las cuales fueron cruzadas con 4 donadores  $\frac{3}{4}$  Tabloncillo RC<sub>2</sub>C<sub>6</sub> con 6 ciclos de selección. La población estabilizada RC<sub>1</sub>F<sub>2</sub> se cruzó con las colectas Col. 108, Col. 126, Col. 151, Col. 173, Col. 184, Col. 159, Col. 108, Col. 239, Col. 215, Col. 074, Col. 076, Col. 241, Col. 243, Col. 244, Col. 104 y Col. 105 con las cuales se obtuvo la segunda retrocruza (RC<sub>2</sub>F<sub>1</sub>). Se usó como donador la raza Tabloncillo debido a que posiblemente sea un progenitor de la raza Ancho.

**Conejo RC<sub>2</sub> y RC<sub>3</sub>**. En la formación de la población de amplia base genética intra-racial PABG-I RC<sub>2</sub>F<sub>1</sub> de la raza Conejo participaron las colectas FZ-058, FZ-059, FZ-063, FZ-073, FZ-076 y FZ-131 las cuales fueron cruzadas con 2 donadores  $\frac{3}{4}$  de la raza Conejo RC<sub>1</sub>C<sub>6</sub> con 6 ciclos de selección. La población estabilizada RC<sub>2</sub>F<sub>2</sub> de la raza Conejo se cruzó con las colectas usadas en la segunda retrocruza (RC<sub>2</sub>F<sub>1</sub>) y las nuevas colectas Col. 216, FZ-010, FZ-131, FZ-143 y FZ-060 para obtener la tercer retrocruza (RC<sub>3</sub>F<sub>1</sub>).

**Tamaulipas (Ratón) RC<sub>1</sub>**. En la formación de la población de amplia base genética intra-racial PABG-I F<sub>1</sub> de la raza Ratón participaron las colectas FZ-047, FZ-112, FZ-117, FZ-120, Col. 192, Col. 199 y Col. 203 las cuales fueron cruzadas con los donadores H-507 del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Pob. 21 x Pob. 43 y Sintético Mazorca Larga del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Se usaron estos donadores debido a que uno de los progenitores de la raza Ratón es la raza Tuxpeño Norteño (y en Michoacán de Ocampo posiblemente la raza Ratón se cruzó nuevamente con un

pariente del Tuxpeño Norteño, el Tuxpeño). Para obtener la primer retrocruza ( $RC_1F_1$ ) se usó la PABG-I  $F_2$  de las cruza  $F_1$  estabilizadas ( $F_2$ ) como donadora de las colectas que se usaron para obtener las cruza  $F_1$  y las nuevas colectas Col. 199, Col. 203, FZ-074, FZ-122, FZ-131, FZ-125, FZ-152, FZ-154, FZ-110, FZ-072, FZ-048, FZ-049, FZ-068, FZ-054, FZ-061, FZ-069, FZ-113, FZ-119, FZ-115, FZ-132, FZ-151, FZ-150 y FZ-155.

**Vandéño  $RC_2$  y  $RC_3$ .** En la formación de la población de amplia base genética intra-racial PABG-I  $RC_2F_1$  de la raza Vandéño participaron las colectas FZ-051, FZ-056, Col. 208, Col. 209, Col. 218, Col. 219 y Col. 220 las cuales fueron cruzadas con 2 donadores de la raza Vandéño  $RC_1C_6$  con 6 ciclos de selección y la colecta Col. 220 de Mesa del Aire, Tuzantla que presenta excelentes características agronómicas. Para obtener la tercera retrocruza ( $RC_3F_1$ ) se usó la PABG-I  $RC_1F_2$ , la cual se cruzó con las colectas usadas en la segunda retrocruza ( $RC_2F_1$ ) y las nuevas colectas FZ-052, FZ-127 y FZ-136.

**Rosita  $RC_1$ .** En la formación de la población de amplia base genética intra-racial PABG-I  $F_1$  del maíz Rosita participaron las colectas FZ-128, Col. 075, Col. 086 y Col. 094 las cuales fueron cruzadas con las líneas mutantes (LMT-22) $S_4$ -1-1P y (LMT-22) $S_4$ -1-1-5P (de grano semiharinoso similar a la raza Elotes Occidentales), posteriormente éstas cruza ( $F_1$ ) se cruzaron con una colecta de maíz Rosita de la Ex-Hacienda de Tzintzimeo, Zinapécuaro para obtener la generación  $RC_1F_1$ . Las líneas mutantes fueron obtenidas de la población 22 (La Posta) del CIMMYT la cual fue irradiada con rayos gama  $Co^{60}$  por el Doctor Tarcicio Cervantes Santana (†) del Colegio de Postgraduados (CP).

**Zamorano Amarillo  $RC_2$  y  $RC_3$ .** En la formación de la población de amplia base genética intra-racial PABG-I  $RC_2F_1$  de la raza Zamorano Amarillo participaron las colectas Col. 176, Col. 187, Col. 227, Col. 228, Col. 230, Col. 232 y Col. 234 las cuales fueron cruzadas con 4 donadores  $\frac{3}{4}$  de la misma raza Zamorano Amarillo  $RC_1C_6$  con 6 ciclos de selección. Para obtener la tercer retrocruza ( $RC_3F_1$ ) se usaron las colectas usadas para obtener la primer retrocruza ( $RC_1F_1$ ) y las nuevas colectas Col. 224, Col. 023, Col. 174, Col. 226, Col. 235, Col. 231, Col. 181, Col. 229, FZ-100, FZ-101, FZ-102, FZ-091, FZ-108, FZ-098 y FZ-099.

**Elotes Occidentales  $RC_2$  y  $RC_3$ .** En la formación de la población de amplia base genética intra-racial PABG-I  $RC_2F_1$  de la raza Elotes Occidentales participaron las colectas Col. 068, Col. 089, Col. 090, Col. 100, Col. 103, Col. 172 y Col. 240 fueron cruzadas con las líneas mutantes (LMT-22) $S_4$ -1-1-P y (LMT-22) $S_4$ -1-1-5P, la cruza Elotes Occidentales x (LTM-

22)S<sub>3</sub>-1-1-P-P y un donador  $\frac{3}{4}$  Elotes Occidentales RC<sub>1</sub>C<sub>6</sub> con 6 ciclos de selección. Para obtener la tercer retrocruza (RC<sub>3</sub>F<sub>1</sub>) se usaron las colectas usadas para formar la segunda retrocruza (RC<sub>2</sub>F<sub>1</sub>) y las nuevas colectas Col. 162, Col. 143, Col. 013, Col. 011, FZ-084, FZ-081, FZ-104, FZ-109, FZ-089 y FZ-140.

**Celaya RC<sub>2</sub> y RC<sub>3</sub>.** En la formación de la población de amplia base genética intra-racial PABG-I RC<sub>2</sub>F<sub>1</sub> de la raza Celaya participaron las colectas Col. 088, Col. 110, Col. 125, Col. 134, Col. 153, Col. 223 y Celaya II (José Martínez) recolectadas por el Programa de Maíz del CRUCO y las colectas M05047, M05040 y M05051 del IMAREFI (Ron *et al.* 2006) las cuales fueron cruzadas con los donadores  $\frac{3}{4}$  Celaya RC<sub>1</sub>C<sub>6</sub> y la variedad V-385 del INIFAP. Para obtener la tercer retrocruza RC<sub>3</sub>F<sub>1</sub> se usó como donador la segunda retrocruza PABG-I RC<sub>2</sub>F<sub>2</sub> la cual se cruzó con las mismas colectas usadas en la segunda retrocruza (RC<sub>2</sub>F<sub>1</sub>) y las nuevas colectas Col. 156 y Col. 171.

**Tuxpeño Ron RC<sub>2</sub>.** En la formación de la población de amplia base genética intra-racial PABG-I RC<sub>2</sub>F<sub>1</sub> de la raza Tuxpeño participaron las colectas M04002, M04003, M05005 de Ruíz, Nayarit y M05028, M05008, M05035, M05038, M05014, M05014 y M05027 de Jalisco recolectadas por el IMAREFI (Ron *et al.*, 2006) las cuales fueron cruzadas con 2 donadores  $\frac{3}{4}$  Tuxpeño RC<sub>1</sub>C<sub>6</sub>, H-507 de INIFAP, Sintético Mazorca Larga y la cruz F<sub>2</sub> entre las poblaciones 21 y 43 del CIMMYT.

**Chalqueño RC<sub>2</sub>.** En la formación de la población de amplia base genética intra-racial PABG-I F<sub>1</sub> de la raza Chalqueño participaron las colectas Col. 051, Col. 054, Col. 055, Col. 056, Col. 057, Col. 059, Col. 060, Col. 062, Col. 063, Col. 064, Col. 065, Col. 072 y Col. 073 las cuales fueron cruzadas con varias líneas braquíticas obtenidas de la Universidad Agraria Autónoma “Anatónio Narro”. De acuerdo con Martín del Campo y Castro (1979) las líneas braquíticas provienen de la cruz [(Pue. Gpo. I x Tuxpeño braquítico) x Pue. Gpo. I] con un maíz de Argentina denominado “tallo cuadrado”. El maíz “tallo cuadrado” presentaba intenso enanismo (40 cm de altura de planta), hojas alternas, dos “jilotes” en el mismo nudo, espigas más gruesas de lo normal y tallo cuadrado. Para obtener la primera retrocruza (RC<sub>1</sub>F<sub>1</sub>) la PABG-I F<sub>2</sub> se cruzó con la colecta Col. 072 de Cantabria, Zacapu la cual tiene una mazorca con muchas hileras. La PABG-I RC<sub>2</sub>F<sub>1</sub> fue obtenida al cruzar la PABG-I RC<sub>1</sub>F<sub>1</sub> con las colectas que participaron para obtener la PABG-I F<sub>1</sub>.

$\frac{1}{2}$  Dulce  $F_2$ . En la formación de la población de amplia base genética intra-racial PABG-I de la raza Dulce participaron las colectas Col. 098, Col. 095, Col. 097, Col. 154, Col. 079 y Otra de Cuto del Porvenir, Tarímbaro recolectadas por el Programa de Maíz del CRUCO y las colectas M05010 y M05046 de IMAREFI (Ron *et al.*, 2006) recolectadas en Jalisco. Estas colectas fueron cruzadas con los maíces dulces Silver Queen (su) e Illini xtra sweet (sh<sub>2</sub>) de los Estados Unidos de América. A continuación se describe la metodología de cruce ( $F_1$ ) y retrocruza ( $RC_2$ ) usada para incorporar las características de planta baja, precocidad, calidad de tallo y raíz de los donadores a los maíces criollos de Michoacán de Ocampo (Figura 20).

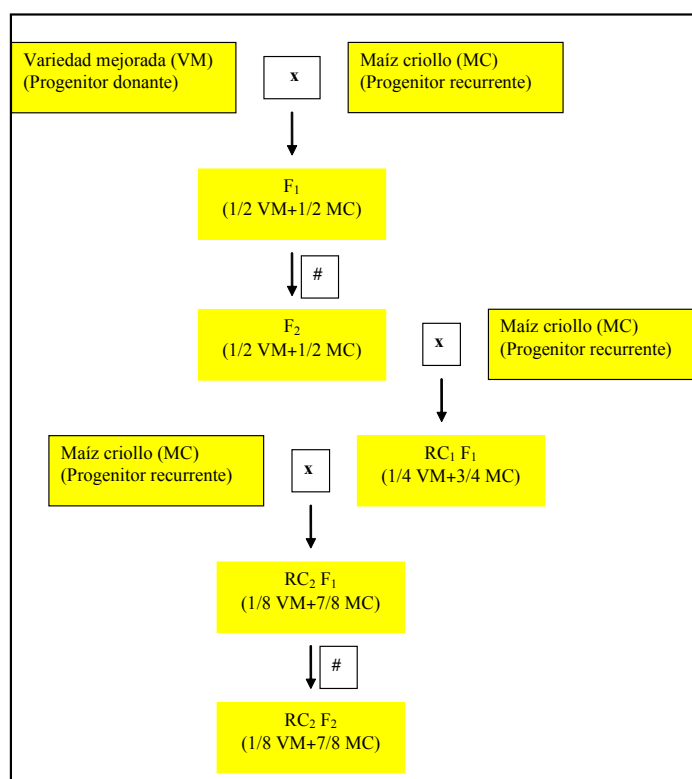


Figura 20. Esquema general de la metodología del mejoramiento genético por retrocruza limitada (RC, ó  $RC_2$ ) propuesto por Márquez (1990).

### 3.3. Tercer etapa. Material genético evaluado.

El material genético evaluado estuvo constituido por el siguiente germoplasma.



**Colectas.** De cada raza de maíz se usó 2 colectas típicas como testigos de comparación de las razas retrocruzadas  $RC_2$  y  $RC_3$ . Las colectas en su mayoría no formaron parte en la formación de las PABG-I, pero son representativas de cada raza. Dichas colectas son: Celaya TC-236 y TC-235, Vandeño TC-293 y TC-302, Tuxpeño TC-087 y TC-043, Tamaulipas (Ratón) TC-254 y TC-250, Tabloncillo TC-180 y TC-184, Chalqueño TC-151 y TC-334, Ancho TC-237 y TC-241, Zamorano Amarillo TC-099 y TC-163, Rosita TC-389 y TC-390, Dulce TC-420 y TC-168, Elotes Occidentales TC-93 y TC-165 y de Conejo TC-412 y TC-414.

**Raza  $F_2$ .** La raza Dulce participo con  $\frac{1}{2}$  de su germoplasma.

**Razas  $RC_1F_{1-6}$ .** Las razas con una retrocruza ( $RC_1F_1$ ) fueron: Ratón (Tamaulipas), Rosita y Tabloncillo Sahagún  $RC_1F_6$ .

**Razas  $RC_2F_2$ .** Las razas mejoradas con dos retrocruzas ( $RC_2F_2$ ) fueron: Celaya, Vandeño, Tuxpeño, Tabloncillo, Chalqueño, Ancho, Zamorano Amarillo, Rosita, Elotes Occidentales y Conejo.

**Razas  $RC_3F_1$ .** Las razas mejoradas con tres retrocruzas ( $RC_3F_1$ ) fueron: Celaya, Vandeño, Tabloncillo, Zamorano Amarillo, Elotes Occidentales y Conejo.

**Testigos.** Los testigos fueron: Línea A-971 x (CML-334 x CML-176) $S_1$ -3p-bk, (DK-2002) $F_3$ -3p-7p-1p-5p x (Pool 9A x CML-463) x CML-464 y Pioneer 30G88.

### 3.4. Tercer etapa. Material genético evaluado.

Las 24 colectas, 1 cruce  $F_2$ , 11 poblaciones PABG-I  $RC_2F_2$ , 6 poblaciones PABG-I  $RC_3F_1$  y 3 testigos fueron evaluados en las localidades de Álvaro Obregón y Morelia, en el estado de Michoacán de Ocampo. En Álvaro Obregón la siembra se realizó el 20 de mayo del 2008 en condiciones de punta de riego, mientras que en Morelia fue el 10 de junio del mismo año en condiciones de temporal. La localidad de Álvaro Obregón se localiza a una altitud 1850 msnm y un clima (A) C ( $w_0$ ) (w) b ( $i'$ ) g y la de Morelia a una altitud de 1940 msnm y un clima C ( $w_1$ ) (w) b ( $i'$ ) (García, 1981).

### 3.5. Diseño experimental.

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con 4 repeticiones. La parcela fue de dos surcos de 0.80 m de ancho y 5 m de longitud, en donde cada 25 cm se sembraron 2 semillas por mata y a los 30 días se aclareó a una planta por mata. El experimento se fertilizo con la formula 200N-00P-00K, aplicando todo el nitrógeno a los 30 días

después de la siembra. El manejo agronómico en cada localidad fue el mismo para todas las razas.

### 3.6. Caracteres evaluados.

**Rendimiento de mazorca (REND).** Para estimar el rendimiento de mazorca se dividió el número de mazorcas entre el número de plantas y éste se multiplicó por 70 mil plantas, dándonos el rendimiento de mazorca por hectárea ajustado al 14 % de humedad.

**Días a floración masculina (DFM).** Número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50 % de las espigas masculinas de cada parcela liberó polen.

**Altura de planta (AP).** Distancia promedio en metros de 5 plantas tomadas al azar, desde la superficie del suelo a la hoja bandera.

**Altura de mazorca (AM).** Distancia promedio en metros de 5 plantas tomadas al azar, desde la superficie del suelo a la inserción de la última mazorca.

**Acame (PPA).** Se obtuvo en porcentaje, dividiendo las plantas acamadas de la parcela entre el total de plantas de la parcela x 100.

**Humedad del grano (HUM).** De las mazorcas cosechadas se tomó una muestra al azar a la cual se le determinó la humedad con el aparato DOLE 300 Moisture Tester.

**Marchitez de la planta (PPM).** Se obtuvo en porcentaje, dividiendo las plantas marchitas entre el total de plantas de la parcela x 100.

**Mazorcas podridas (MZP).** Se obtuvo en porcentaje, dividiendo las mazorcas podridas entre el total de mazorcas de la parcela x 100.

**Mazorcas sanas (MZSAN).** Se obtuvo en porcentaje, dividiendo las mazorcas sanas entre el total de mazorcas de la parcela x 100.

**Prolificidad (IC).** Se obtuvo en porcentaje, dividiendo el número de mazorcas entre el total de plantas de la parcela x 100.

**Longitud de mazorca (LMZ).** Valor promedio en centímetros de la longitud de 5 mazorcas tomadas al azar.

**Diámetro de Mazorca (DMZ).** Valor promedio en centímetros del diámetro tomado en la parte central de las mismas 5 mazorcas con que se midió LMZ.

**Diámetro de olote (DOLO).** Valor promedio en centímetros del diámetro tomado en la parte central de del olote.

**Longitud de grano (LG).** Valor promedio en centímetros de 20 granos colocados uno a continuación de otro en forma longitudinal.

**Ancho de grano (AG).** Valor promedio en centímetros de 20 granos colocados uno a continuación de otro en forma transversal.

**Peso de grano (PG).** Valor promedio en gramos de 20 granos.

### 3.7. Análisis estadístico.

Con la información obtenida se realizaron análisis de varianza, contrastes ortogonales con el procedimiento PROC ANOVA (SAS Institute Inc., 1993) y comparaciones de medias con la prueba de Tukey aproximada al 0.05 de probabilidad.

Para calcular la suma de cuadrados de los contrastes ortogonales se calculó con la fórmula propuesta por Little y Hills (1987).

Debido a que los grupos no presentan el mismo número de observaciones se uso la prueba estadística aproximada de Tukey (DSH) al 0.05 de probabilidad, de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$\text{DSH aproximada} = q, t, n \left( S^2/\eta_i + S^2/\eta_j + \dots + S^2/\eta_n \right)^2$$

Donde:

q = 0.05

t = grupos

n = grados de libertad del error

S<sup>2</sup>= cuadrado medio del error de cada grupo

η<sub>i</sub>= número de observaciones por grupo

En la varianza (S<sup>2</sup>) de cada grupo (colectas, RC<sub>2</sub>, RC<sub>3</sub> y testigos) se sustituyo el valor de la interacción localidades por cada uno de los cuatro grupos (Loc x colectas, Loc. x RC<sub>2</sub>, Loc. x RC<sub>3</sub> y Loc. x testigos) dividido entre el número respectivo de observaciones, 24 para colectas, 14 para RC<sub>2</sub>, 9 para RC<sub>3</sub> y 3 para testigos. Debido a que cada grupo tenía diferente número de observaciones se calculó la media ponderada, que en este caso fue 12.5.



# Capítulo IV

## Resultados y Discusión

A continuación se presentan y discuten los resultados obtenidos en el proceso de recolecta en 5 de 10 regiones socioeconómicas, su mejoramiento de 12 maíces criollos del estado de Michoacán de Ocampo y la raza Jala introducida de Jala, Nayarit mejorada en Michoacán de Ocampo, y su evaluación agronómica.

### **4.1. Recolecta de maíces criollos de Michoacán de Ocampo.**

En el Cuadro 2 se presentan los maíces recolectados en las regiones Tierra Caliente, Centro, Bajío, Ciénega de Zacapu y Ciénega de Chapala, número de colectas, áreas de distribución y condiciones de producción (T=temporal, R=riego y HR=humedad residual). De los 12 tipos de maíz recolectados en las 5 regiones, del maíz Tamaulipas (Ratón) se obtuvo el mayor número de colectas (63) debido a que es preferido por los agricultores de la región Tierra Caliente. Sin embargo, la relativa alta abundancia de muestras en las razas Elotes Occidentales, Vandeño, Conejo, Celaya y Ancho (que varió de 24 a 31) comparado con las razas sin problemas de pérdida de diversidad Chalqueño (31) y Tuxpeño (32) se debió a que en el proceso de recolecta se les dio mayor prioridad debido a que presentan problemas de pérdida de diversidad.

**Cuadro 2.** *Maíces criollos recolectados en 5 de las 10 regiones de Michoacán de Ocampo.*

Maíz	No. de Colectas	Región de Distribución	Agricultura
Tamaulipas (Ratón)	63	Tierra Caliente	T
Zamorano Amarillo	33	Ciénega de Chapala y Altos de Jalisco	T
Tuxpeño	32	Tierra Caliente, Apatzingán y Costa	T
Chalqueño	31	C. de Zacapu y Oriente	HR
Ancho	31	Centro, C. de Chapala y T. Caliente	T
Celaya	29	Oriente, Centro, Bajío y C. de Chapala	T y R
Conejo	29	Tierra Caliente	T
Vandeño	27	Tierra Caliente	T
Elotes Occidentales	24	Centro, Bajío y C. de Chapala	T
Dulce	14	Centro y Ciénega de Chapala	T
Rosita	13	Centro	R y T
Tabloncillo	9	Ciénega de Chapala	T
Total	339		

Por otro lado, el menor número de colectas de maíz Dulce, Rosita y Tabloncillo se debió a que fue difícil recolectarlas en sus regiones de distribución. En el caso de la raza Tabloncillo su menor número se debió a que presenta problemas de pérdida de diversidad (Sánchez *et al.*, 2000), mientras que Rosita posiblemente sea un maíz incipiente que aún no ha alcanzado una área de distribución amplia.

#### 4.1.1. Información obtenida de las razas de maíz en el proceso de recolecta.

Durante el proceso de recolecta de los maíces criollos del estado de Michoacán de Ocampo se obtuvo información referente al ambiente de producción, características agronómicas y antropocéntricas las cuales en parte se consideraron en su proceso de mejoramiento genético. A continuación se presenta la información mencionada anteriormente

##### TABLONCILLO

Ambiente de producción. Las muestras de la raza Tabloncillo se recolectaron a una altitud entre 273 a 1955 msnm, en climas (A) C ( $w_1$ ) (w) y (A) C ( $w_0$ ) (w) tipo subtropical con una precipitación pluvial de 763 a 950 mm. y una temperatura de 19.8 a 20.9 °C. Tipo de agricultura. Se cultiva principalmente en condiciones de agricultura de temporal (T) en donde el 99 % de los agricultores aplica fertilizante del tipo fórmula (18-46-00) y urea. Resistencia a sequía. El 83 % de los agricultores opinaron que éste maíz es resistente a la sequía. Plagas. Presenta problemas de gallina ciega (*Phyllophaga* spp), gusano trozador (*Agrotis ipsilon*) y gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Usos. Se usa principalmente para pozole y elote. Que les gusta. El elote y pozole son de buen sabor, el elote no es “pellejudo”, la mazorca fácil de “pizcar” debido a que el totemoxtle es suave y el olote delgado. Que no les gusta. Les gustaría que la mazorca fuera grande, reducir la altura de planta y mazorca, y que la planta sea más vigorosa. Cambio de variedad. El 100 % de los agricultores mencionó que no cambiaría su variedad por otra.

##### ANCHO

Ambiente de producción. La raza Ancho fue recolectada a altitudes de 1311 a 1960 msnm, en climas (A) C ( $w_1$ ) (w) y (A) C ( $w_0$ ) (w) tipo subtropical con precipitación pluvial de 625 a 918 mm. y temperatura promedio de 18.8 a 22 °C. Tipo de agricultura. Se cultiva principalmente en áreas de agricultura de temporal (T), en donde el 65 % de los agricultores lo fertiliza con urea ó sulfato de amonio. Resistencia a sequía. El 60 % de los agricultores opinó que es un maíz resistente a la sequía, mientras que el 40 % consideró que es tolerante. Plagas. Las principales plagas que la atacan son: el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), gusano trozador (*Agrotis ipsilon*) y gallina ciega (*Phyllophaga* spp). Usos. Se usa principalmente para pozole y elote. Que les gusta. Los elotes y el pozole son muy sabrosos. Que no les gusta. La planta es alta y se acama. Cambio de variedad. El 100 % de los agricultores mencionó que no cambiaría su variedad por otra.

### CONEJO

Ambiente de producción. Las altitudes en las cuales fue recolectada van de 220 a 1612 msnm, en climas  $BS_1(h') w(w)$  y  $Aw_0(w)$  tipo tropical con precipitación pluvial de 747 a 1397 mm. y temperatura de 19.9 a 29.°C. Tipo de agricultura. Se cultiva en condiciones de temporal (T) en donde el 86 % de los agricultores lo fertiliza principalmente con sulfato de amonio. Resistencia a sequía. El 99 % de los agricultores consideran que es resistente a la sequía (posiblemente por su escape). Plagas. La principal plaga que la ataca es el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Usos. Los elotes son muy sabrosos y también se usa para tortilla. Que les gusta. Pronto tienen elotes y maíz para las tortillas. Los elotes son dulces. Que no les gusta. Rinde poco grano y es de tamaño chico, mazorca pequeña, planta muy baja y tallo delgado (no produce mucho forraje). Cambio de variedad. El 93 % de los agricultores opinó no cambiaría su variedad por otra.

### TAMAULIPAS (RATÓN)

Ambiente de producción. Este tipo de maíz fue recolectado en altitudes de 220 a 1847 msnm, en climas  $A(w_0)(w)$  y  $BS_1(h') w(w)$  tipo tropical, el primero colindando con el Eje Neovolcánico y el segundo con el río Balsas. La precipitación pluvial varía de 747 a 1397 mm. y la temperatura de 19.9 a 29.2 °C. Tipo de agricultura. Su sistema de producción es el de roza-tumba-quema (RTQ) en las laderas de los cerros en donde los agricultores lo fertilizan principalmente con sulfato de amonio. Resistencia a sequía. El 98 % de los agricultores opinó que es resistente a la sequía. Plagas. La principal plaga que la ataca es el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Usos. Se usa para elaboración de tortillas y forraje. Que les gusta. Rinde más que el Conejo y Vandeño, no es olotón por lo que produce más grano, el grano produce bastante masa, la masa produce bastante “correa”, las tortillas son sabrosas, la mazorca no se pudre y es suave para desgranar, es rendidor, grano pesado y no se “pica”, más precoz que el Vandeño. Que no les gusta. El maíz es alto, tardío y se acama. Cambio de variedad. El 100 % de los agricultores mencionó no cambiaría su variedad por otra.

### VANDEÑO

Ambiente de producción. La raza fue recolectada a altitudes de 310 a 1258 msnm, en climas  $A(w_0)(w)$  tropical colindando con el Eje Neovolcánico Transversal y  $BS_1(h') w(w)$  tipo tropical, hacia el río Balsas. La precipitación pluvial varía de 546 a 1397 y la temperatura de 19.9 a 29.2 °C. Tipo de agricultura. Ésta raza de maíz se siembra bajo condiciones de riego en Tuzantla (R) y temporal (T) en donde el 100 % de los agricultores lo fertiliza con sulfato de amonio. Resistencia a



sequía. El 91 % de los agricultores mencionó que es una raza resistente a la sequía. Plagas. La principal plaga que la ataca es gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Usos. Se usa para la elaboración de tortilla y forraje. Que les gusta. La mazorca es grande y gruesa, suave para desgranar y rinde bien. Que no les gusta. La planta es alta, tardía y se acama. Cambio de variedad. El 100 % de los agricultores mencionó que no cambiaría su variedad por otra.

#### ROSITA

Ambiente de producción. Este tipo de maíz se recolectó a altitudes de 1840 a 2564 msnm, en climas (A) C ( $w_0$ ) (w) y C ( $w_{0,1}$ ) (w) tipo subtropical con precipitación pluvial de 609 a 849 mm y temperatura de 17.6 a 19.9 °C. Tipo de agricultura. Éste maíz se cultiva en condiciones de temporal (T) en donde el 99% de los agricultores lo fertiliza con sulfato de amonio. Resistencia a sequía. El 100 % de los agricultores indicaron que es susceptible a la sequía. Plagas. Las principales plagas que la atacan son: chapulín (*Melanoplus spp*) y el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Usos. Se usa para elotes, pozole y pinole. Que les gusta. El elote es más sabroso que los otros maíces de usos especiales y el pozole revienta mejor que su progenitor la raza Elotes Occidentales. Que no les gusta. Les gustaría aumentar el tamaño de mazorca, planta de mayor vigor y que no se acame. Cambio de variedad. El 100 % de los agricultores mencionó que no cambiaría su variedad por otra.

#### ZAMORANO AMARILLO

Ambiente de producción. Se recolectó a altitudes de 1568 a 2063 msnm, en climas C ( $w_0$ ) (w) templado y (A) C ( $w_1$ ) (w) subtropical en los Altos de Jalisco, (A) C ( $w_0$ ) (w) y (A) C ( $w_1$ ) (w) en tipos subtropicales en Michoacán de Ocampo. La precipitación pluvial varía de 700 a 1000 mm y la temperatura de 19.5 a 21 °C. Tipo de agricultura. Ésta raza se cultiva en condiciones de temporal (T) en donde en 94 % de los agricultores lo fertiliza con sulfato de amonio. Resistencia a sequía. El 86 % de los agricultores mencionó que ésta raza es resistente a la sequía y el resto que es susceptible. Plagas. Las principales plagas que la atacan son: gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), gallina ciega (*Phyllophaga spp*) y chapulín (*Melanoplus spp*). Usos. Se usa principalmente para forraje. Que les gusta. Altura de planta buena para producir forraje, tiene aceite y se lo come bien el ganado. Que no les gusta. Presenta problemas de acame. Cambio de variedad. El 91 % de los agricultores mencionó que no cambiaría su variedad por otra.

### ELOTES OCCIDENTALES

Ambiente de producción. La altitud a la que fue recolectada va de 1313 a 2057 msnm, en climas (A) C ( $w_0$ ) (w) y (A) C ( $w_1$ ) (w) de tipo subtropical con precipitación pluvial de 625 a 1100 mm y temperatura de 17 a 22 °C. Tipo de agricultura. Ésta raza se cultiva en condiciones de punta de riego (R) y temporal (T) en donde el 96 % de los agricultores lo fertiliza. Resistencia a sequía. El 50 % de los agricultores indicó que esta raza es resistente a la sequía. Plagas. Las principales plagas que la atacan son: gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), gusano trozador (*Agrotis ipsilon*), gallina ciega (*Phyllophaga spp*) y chapulín (*Melanoplus spp*). Usos. Se usa para elote, pozole, ponteduro y pinole. Que les gusta. Es precoz, los elotes y el pozole son sabrosos. Que no les gusta. Debido al tamaño de la mazorca del gustaría aumentar el tamaño de la misma, mayor vigor y que no se acame. Cambio de variedad. El 93 % de los agricultores mencionó que no cambia su variedad.

### CELAYA

Ambiente de producción. Se recolectó a altitudes de 1388 a 2306 msnm, en climas (A) C ( $w_1$ ) (w) y (A) C ( $w_0$ ) (w) tipo subtropical con precipitación pluvial de 622 a 1168 msnm y temperatura promedio de 19.4 a 21 °C. Tipo de agricultura. Ésta raza se cultiva en condiciones de punta de riego (R) y temporal (T) donde el 86 % de los agricultores la fertiliza principalmente con urea. Resistencia a sequía. El 26 % de los agricultores mencionó que esta variedad es resistente a la sequía. Plagas. Las principales plagas que la atacan son: chapulín (*Melanoplus spp*), gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y gallina ciega (*Phyllophaga spp.*). Usos. Se usa para tortilla y forraje. Que les gusta. Es un maíz muy bien adaptado a la región y produce bien, la mazorca es grande, el grano es pesado y produce bastante forraje. Que no les gusta. La planta es alta por lo que se acama y no permite la cosecha mecánica, el grano es blanco “sucio” por lo que las tortillas salen “morenas”, la mazorca es “olotona”. Cambio de variedad. El 90 % de los agricultores mencionó que no cambiaría su variedad por otra.

### DULCE

Ambiente de producción. Ésta raza de maíz se recolectó en altitudes de 1850 a 1950 msnm, en climas (A) C ( $w_0$ ) (w) tipo subtropical hacia el área de Álvaro Obregón, Tarímbaro, en la región Centro y Ciénega de Chapala, BS<sub>1</sub> hw (w) tipo tropical seco en los alrededores de Cuitzeo con precipitación pluvial de 612 a 800mm. Tipo de agricultura. Ésta raza se cultiva en condiciones de agricultura de temporal (T) en donde los agricultores lo fertilizan con sulfato de amonio y urea. Resistencia a sequía. El 100 % de los agricultores indicó que esta raza de maíz es susceptible a la sequía. Plagas. Las principales plagas que se

presentan son: gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y gallina ciega (*Phyllophaga spp.*). Usos. Se usa para elote, pinole y ponteduro. Que les gusta. Ésta raza tiene muchos usos. Los elotes son muy dulces. Que no les gusta. En años se produce bien y en otros no. Cambio de variedad. El 100 % de los agricultores mencionó no cambiaría su variedad por otra.

### CHALQUEÑO

Ambiente de producción. La raza Chalqueño fue recolectada en altitudes de 1986 a 2046 msnm y clima C ( $w_1$ ) (w) tipo templado. Tipo de agricultura. Se cultiva en condiciones de humedad residual (HR) y temporal (T). Resistencia a sequía. El 100 % de los agricultores de la Ciénega de Zacapu mencionó que esta raza es resistente a la sequía (debido a que ésta la siembran en humedad residual, la cual es abastecida por manantiales y ríos que la atraviesan). Plagas. La principal plaga que ataca a la raza Chalqueño es la gallina ciega (*Phyllophaga spp.*). Usos. Se usa para tortilla y forraje. Que les gusta. Está bien adaptado y en ocasiones produce mejor que las variedades mejoradas, tiene una mazorca muy grande con muchas hileras, el grano es muy grande, la mazorca produce mucho grano y resiste el exceso de agua. Que no les gusta. El maíz es muy alto y se acama. Cambio de variedad. El 95 % de los agricultores mencionó que no cambiaría su variedad por otra.

### TUXPEÑO

Ambiente de producción. Se recolectó a altitudes de 230 a 1760 msnm, en climas  $BS_1$  ( $h'$ ) w (w) tropical seco en las regiones Tierra Caliente, Costa y Apatzingán y  $Aw_0$  (w) tipo tropical húmedo en colindancias con el Eje Neovolcánico y Sierra Madre del Sur (región Costa) con precipitación pluvial de 546 a 1183 y temperaturas de 23 a 29.2 °C. Tipo de agricultura. Se cultiva en condiciones de agricultura de temporal (T) en donde el 99 % lo fertiliza con sulfato de amonio. Resistencia a sequía. El 80 % de los agricultores indicó que esta raza es resistente a sequía. Plagas. La principal plaga que la ataca es el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Usos. Se usa para tortilla y forraje. Que les gusta. Se adapta y produce muy bien a las condiciones tropicales de Michoacán de Ocampo, la mazorca es grande, las tortillas son sabrosas y produce bastante forraje. Que no les gusta. Es muy alta y se acama. Cambio de variedad. El 93 % de los agricultores indicó no cambiaría su variedad por otra.

De los 12 tipos de maíz antes mencionados, Vandeño, Tuxpeño, Tamaulipas (Ratón) y Conejo se distribuyen principalmente en clima tropical A ( $w_0$ ) (w) y seco subhúmedo  $BS_1$  ( $h'$ ) w (w) a altitudes de 220

a 1847 msnm con una precipitación pluvial de 543 a 1397 mm. Éstos maíces se cultivan en condiciones de agricultura de temporal (T) en donde la resistencia a sequía es importante. De acuerdo a lo anterior, la percepción que tienen los agricultores al respecto es que las razas Conejo, Tamaulipas (Ratón) y Tuxpeño son resistentes a la sequía respectivamente en un 99, 98 y 80 %. En cuanto a la raza Conejo, podemos decir que su buen comportamiento en el clima benigno A ( $w_0$ ) (w) y malo  $BS_1(h')$  w (w) para la producción de maíz se debe a que se adapta perfectamente al periodo de crecimiento de ambas condiciones climáticas (6 meses con precipitaciones de hasta 225 mm mensuales para el clima A ( $w_0$ ) (w) y 5 meses con precipitaciones de hasta 180 mm mensuales para el clima  $BS_1(h')$  w (w)) debido a su precocidad (a los tres meses está en elote “macizo”); en cambio, Ratón (Tamaulipas) que es más precoz que Tuxpeño produce mal cuando llueve poco, bien cuando llueve regular y excelente cuando llueve muy bien. En el caso de Tuxpeño por ser de ciclo más tardío solo produce muy bien cuando la precipitación pluvial es buena.

El comportamiento de éste patrón varietal ya ha sido demostrado por Romero (1992) quien menciona que los maíces tardíos (Tuxpeño, Sapo y Vandeño) se siembran antes de que inicie el periodo de lluvia en el sistema de Roza-Tumba-Quema (RTQ), si el temporal inicia retrasado se siembran los maíces intermedios (Tamaulipas-Ratón, Cuervo, Ciudad Mante y Amarillo de Tierra Caliente) y si se retrasa mucho se siembran los maíces precoces (Conejo, Prieto de Tierra Caliente).

A pesar que Conejo es de ciclo precoz y produce bien tanto en ambientes con buena y mala precipitación pluvial, el 7 % de los agricultores prefiere cambiarlo por otra variedad; en cambio, Tamaulipas (Ratón) que es de ciclo intermedio el 100 % de los agricultores no lo cambiaría por otro tipo de maíz. El cambio de variedades de maíz depende de varios criterios, entre los cuales se encuentran características agronómicas (Holley y Goodman, 1988) y condiciones ambientales de producción (Brush, 1995). Respecto a esto, el cambio de Conejo por otra variedad se debe a que no produce suficiente grano y forraje como el Tamaulipas (Ratón) que se ha adaptado bien a las condiciones ambientales de la región, además tiene olote delgado, produce más grano el cual es pesado y no se “pica” pronto, rinde mucho en masa y ésta produce “correa”, y las tortillas son sabrosas. La principal plaga que se presenta en éstos ambientes de producción tropical es el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

Por otra parte, en los climas subtropicales (A) C ( $w_1$ ) (w) y A (C) ( $w_0$ ) (w) a altitudes de 1311 a 2057 msnm y precipitación pluvial de 609 a 1100 mm se distribuyen principalmente los maíces de usos especiales Tabloncillo, Ancho, Rosita, Elotes Occidentales y Dulce, y los no especiales Zamorano Amarillo y Celaya. Estos maíces, al igual que los de climas tropicales se siembran principalmente en condiciones de agricultura de temporal (T), en donde los maíces de usos especiales son más susceptibles a la sequía que Zamorano Amarillo y Celaya debido a que posiblemente tienen un sistema radical escaso (Wellhausen *et al.*, 1951).

En los climas subtropicales las plagas son más diversas que en los climas tropicales. Además del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se presenta gallina ciega (*Phyllophaga spp.*), gusano trozador (*Agrotis ipsilon*) y chapulines (*Melanoplus spp.*). En cuanto al cambio de una variedad por otra, en los maíces de usos especiales casi el 100 % de los agricultores no está de acuerdo en cambiar su variedad por otra debido a que quizás ningún otro maíz puede sustituir la calidad de sus productos (Vásquez *et al.*, 2003).

Finalmente, en el clima templado C ( $w_1$ ) (w) a altitudes de 1986 a 2946 msnm con precipitación pluvial de 800 mm se distribuye la raza Chalqueño. Éste maíz se cultiva principalmente en condiciones de humedad residual (HR) en la ex-laguna de Zacapu en donde el 100 % de los agricultores tienen la percepción de que es un maíz resistente a la sequía. En éste ambiente de producción, el maíz se siembra a mediados de marzo y las lluvias inician a mediados de junio por lo que aproximadamente el maíz crece sin lluvia alrededor de 70 días y cuando ésta se retarda aún más (hasta floración) éste no reduce su rendimiento debido a que la Ciénega recibe humedad de manantiales y ríos que la atraviesan. En el maíz Chalqueño de la Ciénega de Zacapu no se han hecho estudios sobre resistencia a sequía; pero, supuestamente las líneas derivadas del maíz Michoacán 21 pertenecen a la raza Chalqueño la cual fue adquirida en el mercado de Zacapu y tienen resistentes a sequía (Palacios, 1959).

Para la conservación y aprovechamiento de los maíces criollos en el estado de Michoacán de Ocampo los agricultores han considerado varios criterios, entre los que se encuentran principalmente a) el uso de patrones varietales (más de una variedad con diferente precocidad en un mismo ambiente), b) el sistema “milpa” (más de un cultivo-arvenses en la misma parcela), c) el intercambio de variedades buscando aquellas que se adapten mejor a su ambiente de producción y necesidades antropocéntricas, d) el mejoramiento de la calidad

de grano y e) finalmente el de las características agronómicas de la planta para que éstos se adapten mejor a las condiciones ambientales y de producción. De éstos criterios, en donde han tenido poco éxito es en el mejoramiento de las características agronómicas (debido a que la selección la realizan en la “troje”), de tal manera que en las entrevistas indicaron que éstas no les gustaban; sin embargo, en este sentido existen controversias debido a que los ganaderos ó agricultores-ganaderos consideran que los maíces altos y tardíos además de producir el grano necesario que ellos usan para su alimentación también producen bastante forraje para su ganado.

En el caso de las razas Vandeño, Tuxpeño Chalqueño y Tamaulipas (Ratón) los agricultores desean que éstos tengan menor altura de planta para que no se acame y que sean más precoces para que se adapten mejor a sus condiciones ambientales de producción; en cambio, en el caso de la raza Conejo que es precoz prefieren que éste rinda más grano (mazorca y grano grande) y forraje (planta más alta) lo cual coincide con lo reportado por Brush (1995). En cambio, en el caso de las razas de usos especiales Tabloncillo, Ancho, Rosita y Elotes Occidentales además de la calidad que ya han mejorado los agricultores y sus mujeres buscan que la mazorca sea grande, que la planta sea de mayor vigor y no se acame, por lo que como se puede observar las necesidades de mejoramiento es diferente de acuerdo a cada tipo de maíz.

#### **4.2. Análisis de varianza combinado.**

Los análisis de varianza del Cuadro 3 indican que la prueba estadística de F en los caracteres rendimiento de mazorca (REND), días a floración masculina (DFM), altura de planta (AP) y mazorca (AM), porcentaje de plantas marchitas (PPM) y acamadas (PPA), porcentaje de mazorcas sanas (PMZS) y enfermas (PMZE), longitud y diámetro de mazorca (LMZ y DMZ), longitud y ancho de grano (LG y AG), diámetro de olote (DOLO), índice de cuateo (IC) y peso de grano (PG) hubo al menos diferencias estadísticas significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre poblaciones. En su componente grupo y en sus 6 contrastes ortogonales generalmente no hubo diferencias estadísticas significativas en los caracteres PMZS y PMZE; en cambio, en el resto de caracteres en su mayoría si las hubo. En la interacción localidades x poblaciones y en su componente localidades x colectas hubo diferencias estadísticas significativas en la mayoría de caracteres y no las hubo en PMZS y PMZE. En el resto de interacciones, en su mayoría hubo al menos diferencias estadísticas significativas ( $p \leq 0.05$ ).

### 4.3.1. Comparación de medias de grupos (colectas, RC<sub>2</sub>, RC<sub>3</sub> y testigos).

En grupos, a pesar que la prueba de F indica que en REND hubo diferencias estadísticas altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) (Cuadro 3), en el Cuadro 4 de comparación de medias con la prueba de Tukey indica que en este carácter no hubo diferencias. En el resto de caracteres hubo diferencias estadísticas significativas, excepto en LMZ y DOLO. Estas diferencias de significancia entre las dos pruebas estadísticas (F y Tukey) quizás se debe a que ambas pruebas son independientes a pesar que en la prueba de Tukey se incluye los cuadrados medios del error de las interacciones de localidades x los cuatro grupos (varianzas) del análisis de varianza y así como al rigor de la prueba.

**Cuadro 3.** Cuadrados medios de los análisis de varianza de los caracteres agronómicos que se indican

F.V.	G.L.	REND (t ha <sup>-1</sup> )	DFM (d)	AP (m)	AM (m)	PPM	PA
Repeticiones	3	8011804.3	6.66	0.04	0.07	96.88	590.61
Localidades	1	446009861.5**	249.64**	2.65**	.93**	7637.68**	120046.60**
Poblaciones	49	11162408.8**	356.36**	0.48**	0.45**	93.36**	1170.06**
Grupos	3	2967040**	927.69**	3.61**	3.53**	775.11**	7382.52**
Colectas vs RC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	1	36104266.7**	4842.36**	8.99**	7.83**	26.97**	4974.80**
Colectas vs RC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	1	1921781.7*	208.00**	0.07**	0.03**	.05	154.03*
Colectas vs Testigos	1	68407751.6**	258.23	0.09**	0.00	8.94**	356.75**
RC <sub>2</sub> F <sub>1</sub> vs RC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	1	11980848.9**	1728.85**	4.49**	4.18**	96.79**	4471.84**
RC <sub>2</sub> F <sub>1</sub> vs Testigos	1	124036556.6**	454.36**	1.67**	2.22**	452.41**	3076.17**
RC <sub>3</sub> F <sub>2</sub> vs Testigos	1	70729538.2**	39.75**	0.01**	0.01**	49.61**	101.47
Localidades x Poblaciones	49	4997887.8**	17.85**	0.04**	0.03**	471.91**	593.81**
Localidades x Grupos	3	1931416.9	1.49	0.24**	0.11*	22.50	1328.10**
Localidades x Colectas	23	5060869.9*	21.76**	0.03**	0.03**	99.55**	456.62*
Localidades x RC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	13	1386698.4	15.96**	0.03*	0.02	55.60*	780.30**
Localidades x RC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	8	12331357.1**	16.51**	0.04*	0.03	64.85	445.66
Localidades x Testigos	2	3012153.5	15.17*	0.003	0.01	12.52	449.03
Error	297	3328853.0	2.36	0.01	0.01	162.10	47.81
C.V.		28.1	1.77	4.98	7.55	51.45	54.42

REND=rendimiento de mazorca, DFM=días a floración masculina, AP y AM=altura de planta y mazorca, PPM y PPA=porcentaje de plantas marchitas y acamadas, respectivamente. \*,\*\* significativo al 0.05 y altamente significativo al 0.01 de probabilidad, respectivamente.



MZS	PMZE	LMZ (cm)	DMZ (cm)	LG (cm)	AG (cm)	PG (g)	DOLO(cm)	IC
0.03	0.03	8011804.30	0.29	0.01	0.01	3.75	0.30	0.16
0.00	0.00	446009861.50**	0.02	0.10**	0.17**	0.90**	0.02	6.80**
0.02**	0.02**	11162408.80**	0.98**	0.10**	0.25**	66.31**	0.99*	0.06**
0.00	0.00*	4.95	0.53*	0.10**	0.20**	33.14**	0.40	0.30**
0.00	0.00	11.66**	1.17**	0.12**	0.70**	377.79**	0.02*	0.18**
0.01**	0.01**	25.80**	0.12**	0.00	0.81**	172.68**	0.49**	0.09
0.00	0.00	2.16**	1.72**	0.05**	0.01*	0.67*	0.45**	0.06**
0.02**	0.02**	3.83**	1.37**	0.10**	0.03**	10.74**	0.55**	0.06**
0.00	0.00	10.38**	3.37**	0.16**	0.26**	90.00**	0.51**	0.22**
0.00	0.00	18.74**	1.00**	0.03**	0.35**	48.35*	0.04**	0.08**
0.01	0.01	4997887.80**	0.14**	0.01**	0.01**	3.17**	0.14**	0.04**
0.01	0.01	3.84	0.13	0.03	0.00	5.30	0.17	0.03
0.01	0.01	3.63**	0.19**	0.01	0.01	2.14**	0.06**	0.05**
0.01	0.01	5.36**	0.10	0.01	0.01**	2.68**	0.03	0.01
0.01	0.01	1.31**	0.06	0.01	0.01	6.10**	0.04	0.07*
0.01	0.01	2.57	0.07	0.01	0.00	3.50	0.02	0.02
0.01	0.01	0.78	0.08	0.007	0.01	0.84	0.03	0.02
61.30	12.05	5.27	5.95	6.55	8.27	9.23	7.08	22.70

PMZS y PMZE=porcentaje de mazorcas sanas y enfermas, LMZ y DMZ=longitud y diámetro de mazorca, LG, AG y PG=longitud, ancho y peso de grano, DOLO=diámetro de olote e IC=índice de cuateo. \*, \*\* significativo al 0.05 y altamente significativo al 0.01 de probabilidad, respectivamente

A pesar de la no significancia estadística con la prueba de Tukey, en el proceso de retrocruza sin selección de  $RC_0$  a  $RC_3$  se observa que los maíces de usos no especiales Celaya, Vandeño, Tuxpeño, Tamaulipas (Ratón), Chalqueño, Zamorano Amarillo y Jala hubo un incremento en REND de  $1.13 \text{ t ha}^{-1}$  de  $RC_0F_0$  (colectas) a  $PABG-I RC_2F_2$  y una reducción de  $0.90 \text{ t ha}^{-1}$  de  $PABG-I RC_2F_2$  a  $PABG-I RC_3F_1$ ; mientras que, en el caso de los maíces de usos especiales Tabloncillo, Ancho, Conejo, Rosita, Elotes Occidentales y Dulce el incremento fue de  $0.35 \text{ t ha}^{-1}$  de  $RC_0F_0$  (colectas) a  $PABG-I RC_2F_2$  y hubo una reducción de  $0.14 \text{ t ha}^{-1}$  de  $PABG-I RC_2F_2$  a  $PABG-I RC_3F_1$ .

Respecto a la heterosis generada en el proceso de retrocruza Márquez (1990) indica que ésta es mayor en  $RC_0F_1$  (propia mente la cruza híbrida  $F_1$  entre el progenitor donante y el recurrente) y va disminuyendo a medida que aumentan las generaciones de retrocruzamiento hasta llegar a cero, la cual se alcanza cuando se a recuperado nuevamente el progenitor recurrente. En este estudio se encontró que de  $RC_0F_0$  (colectas) a  $PABG-I RC_2F_2$  en los maíces de usos no especiales se mantuvo una mayor heterosis residual ( $1.13 \text{ t ha}^{-1}$ ) que en los maíces especiales ( $0.35 \text{ t ha}^{-1}$ ) debido posiblemente a que los agricultores los han seleccionado más lo que generó una mayor varianza de dominancia; en cambio, la menor reducción de la heterosis residual generada en los maíces especiales de  $PABG-I RC_2F_2$  a  $PABG-I RC_3F_2$  ( $0.14 \text{ t ha}^{-1}$  vs  $0.90 \text{ t ha}^{-1}$ ) quizás se debe a que en su constitución genética la varianza aditiva ( $\sigma_A^2$ ) sea mayor que la de dominancia ( $\sigma_D^2$ ). Esta mayor varianza aditiva ( $\sigma_A^2$ ) se genera debido a que los agricultores siembran éstos maíces en poblaciones pequeñas en donde se cruzan plantas hermanas (Astete y de Miranda, 2002) generando así endogamia que se traduce en varianza aditiva ( $1 + F$ , donde  $F$  es el coeficiente de endogamia) (Dickerson y Lindhé, 1977) y a la menor presión de selección (Edwards y Lamkey, 2003). Éste fenómeno de menor reducción del rendimiento por endogamia fue reportado por De la Rosa (2002), quién encontró que las razas antiguas (que se siembran en poblaciones pequeñas) fueron menos afectadas por la endogamia que las razas modernas. Los resultados anteriores coinciden con los obtenidos por Sánchez *et al.*, (2000) quienes encontraron que en los maíces de usos especiales con problemas de pérdida de diversidad existía una alta similitud en su constitución genética con la de las plantas autóгамas.

De acuerdo a los resultados anteriores deben definirse diferentes estrategias de mejoramiento genético (Garner *et al.*, 2005), los maíces especiales deben ser mejorados con un método que aproveche mejor su mayor varianza aditiva ( $\sigma_A^2$ ); mientras que, en los no especiales otro que aproveche mejor su mayor varianza de dominancia ( $\sigma_D^2$ ). En

el caso de los maíces especiales esta mayor varianza aditiva ( $\sigma^2_A$ ) debe aprovecharse para incrementar la respuesta a la selección (Dickerson y Lindhé, 1977) y su ventaja evolutiva respecto a los maíces no especiales (Stebbins, 1974; Carr y Duvash, 2003), mientras que en los no especiales su varianza de dominancia ( $\sigma^2_D$ ) para tener híbridos más rendidores.

Muchos investigadores hemos confundido a la retrocruza como un método de mejoramiento y no como el método que sirve únicamente para incorporar un número pequeño de genes (Briggs y Allard, 1953) ó muchos genes de un progenitor donante a uno recurrente, y una vez incorporados los genes definir el método de mejoramiento. En esta investigación, con la prueba de Tukey (Cuadro 4) podemos observar que entre grupos ( $RC_0$ -colectas,  $RC_2$ ,  $RC_3$  y testigos) en REND y sus componentes DFM, LMZ, DMZ, LG, AG y PG en el cual el REND está controlado por muchos genes y sus componentes del rendimiento no fueron modificados con el retrocruzamiento con selección parcial; en cambio, en AP, AM e IC que están controlados por pocos genes si lo fueron. Como se puede observar, el problema que se presenta con el mejoramiento por retrocruza recurrente es que rápidamente se recuperan las características del progenitor recurrente (criollo); es decir, pronto la población ha mejorar será igual que el maíz criollo. Para evitar este problema, recomendamos que entre cada retrocruza se debe alternar la selección con el objetivo de romper los grupos de ligamiento entre genes que de acuerdo con Stuber *et al.*, (1992) son 9 QTL (quantitative trait loci) para rendimiento, y con la selección la acumulación de aquellos alelos de interés cuyos efectos son pequeños. También se observó que si en cada retrocruza se usa diferentes colectas de la misma raza del progenitor recurrente (maíz criollo) la heterosis residual no se abate igual que cuando se usa solo una colecta de la misma raza debido a que en cada raza de maíz existe variabilidad intra-racial (Herrera *et al.*, 2004).

Las colectas de maíces criollos ( $RC_0F_0$ ), en comparación a los grupos  $RC_2F_2$  y  $RC_3F_1$  fueron estadísticamente más altos en planta con valores respectivos de 0.28 y 0.31 m y de mazorca de 0.30 y 0.43 m, así como con un mayor número de plantas “horras” (IC) de 15.45 y 7.28 %, respectivamente.

#### 4.3.2. Comparación de medias entre poblaciones.

A pesar de las características desfavorables que presentaron los maíces criollos (colectas), hubo una de la raza Celaya (TC-236) que presentó el mayor REND de 9.73 t ha<sup>-1</sup>, el cual fue estadísticamente igual al

de las PABG-I  $RC_2F_2$  de las razas Tuxpeño Ron, Jala, Celaya, Vandeño y Ancho que rindieron 8.70, 8.42, 8.34, 8.17 y 8.15 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. El mayor rendimiento de la colecta TC-236 al la PABG-I  $RC_2F_2$  de la raza Celaya quizás se deba a que fue más tardía (8 d), con mayor diámetro de mazorca (0.46 cm), ancho (0.04 cm) y peso de grano (1.75 g). En cuanto a las otras razas de maíz la colecta TC-236 fue mayor en los caracteres antes mencionados, excepto en AG y PG en las PABG-I  $RC_2F_2$  de las razas Jala y Ancho. Otra posible causa del alto rendimiento de la colecta TC-236 respecto a las razas de origen tropical Tuxpeño y Vandeño, Jala de adaptación restringida al Valle de Jala en Nayarit y Ancho de ambiente de transición trópico-Valles Altos pudiera ser la alta adaptación específica en los ambientes donde fue evaluada (región Centro), y que corresponden a su área natural de distribución (Gámez *et al.*, 1996). También es de considerar, que la raza Celaya al igual que Tuxpeño y Vandeño son de las más productivas de México (Roberts, 1950; Wellhausen, 1978, Goodman, 1978).

En este trabajo también se encontró que las PABG-I  $RC_2F_2$  de las razas Jala y Ancho presentaron buen rendimiento (8.42 y 8.15 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente). En relación al buen rendimiento de la raza Jala en Michoacán de Ocampo quizás se deba a que ha ésta raza se le mejoró la adaptabilidad, ya que de acuerdo con Wellhausen *et al.*, (1951) únicamente se adaptaba al Valle de Jala. Es probable que su buena adaptabilidad se deba a que el donador usado para obtener la PABG-I  $RC_2F_2$  contenía  $\frac{1}{4}$  de germoplasma de la variedad tuxpeño (Tuxpeño I) generada por el CIMMYT, la cual es usada en muchas partes del mundo por su buena adaptabilidad y alto potencial de rendimiento (Wellhausen, 1978). En el caso de la raza Ancho, López *et al.*, (2008) encontraron material con alto potencial de rendimiento, lo que indica que estas razas pudieran usarse como nueva fuente de germoplasma en el mejoramiento de maíz en México.

**Cuadro 4.** Comparación de medias en algunos caracteres estudiados de la fuente de variación grupos (Colectas, RC<sub>2</sub>, RC<sub>3</sub> y Testigos).

Grupos	REND (t ha <sup>-1</sup> )	DFM (d)	AP (m)	AM(m)	LMZ(cm)	DMZ (cm)	LG(cm)	AG(cm)	PG(g)	DOLO(cm)	IC
<b>GRUPOS</b>											
Colectas	6.20 <sup>a</sup>	88.92A	2.65A	1.64A	16.62A	4.70A	1.34A	1.04A	10.09A	2.42A	59.90C
RC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	6.94A	85.33A	2.37A	1.34AB	16.89A	4.80A	1.33A	0.99A	9.69A	2.49A	75.35A
RC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	6.42A	82.53A	2.34A	1.21B	16.13A	4.52A	1.29A	1.03A	10.12A	2.46A	67.18B
Testigos	6.96A	89.00A	2.20B	1.20B	16.80A	4.73A	1.23A	0.88A	8.08A	2.60A	75.33A
<b>MAÍCES NO ESPECIALES</b>											
Colectas	6.41	92.95	2.81	1.80	16.38	4.79	1.32	0.93	8.46	2.53	56.21
RC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	7.54	87.33	2.43	1.36	16.78	4.91	1.33	0.90	8.63	2.60	69.88
RC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	6.64	86.25	2.37	1.36	16.21	4.79	1.30	0.93	8.94	2.57	66.35
RC <sub>2</sub> -RC <sub>0</sub>	1.13	-0.45	-0.38	-0.44	0.40	0.12	0.01	-0.03	0.17	0.07	3.67
RC <sub>3</sub> -RC <sub>2</sub>	-0.90	-1.08	-0.06	0.0	-0.57	-0.12	-0.03	0.03	0.31	-0.03	-3.53
<b>MAÍCES ESPECIALES</b>											
Colectas	5.99	85.08	2.48	1.47	16.86	4.61	1.36	1.15	11.72	2.31	63.59
RC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	6.34	83.33	2.31	1.32	16.99	4.68	1.33	1.08	10.75	2.38	80.82
RC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	6.20	78.80	2.30	1.06	16.04	4.25	1.28	1.12	11.70	2.34	68.00
RC <sub>2</sub> -RC <sub>0</sub>	0.35	-1.75	-0.17	-0.15	0.13	0.07	-0.03	-0.07	-0.97	0.078	17.23
RC <sub>3</sub> -RC <sub>2</sub>	-0.14	-4.50	-0.01	-0.26	-0.95	-0.43	-0.05	0.03	0.65	-0.04	-12.82
DSH <sup>1</sup> 0.05	6.79	19.91	0.36	0.34	5.14	0.86	0.29	0.24	6.05	0.49	0.55

1=DSH aproximada

**Cuadro 5.** Comparación de medias de los caracteres agronómicos que se indican en la fuente de variación poblaciones.

POBLACIONES	REND(t ha <sup>-1</sup> )	DFM (d)	AP(m)	AM(m)	PPM	PPA	PMZS	PMZE
CELAYA								
TC-236w	9.73 a	93 e-f	2.98 a-b	2.01 a-b	20.02 a-f	46.44 a-e	15.09 a-b	84.90 a-b
TC-235	6.32 a-f	88 j-o	2.90 a-c	1.81 b-e	31.57 a-f	49.97 a-c	16.75a-b	83.24 a-b
RC <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	8.34 a-d	85 p-s	2.51 f-n	1.45 i-o	23.95 a-f	31.89 a-i	18.62 a-b	81.37 a-b
RC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	7.44 a-f	84 q-t	2.38 j-p	1.40 k-p	24.36 a-f	28.87 a-l	16.34 a-b	83.65 a-b
VANDEÑO								
TC-293	6.60 a-f	101 a-d	2.87 a-d	1.83 b-e	20.22 a-f	30.68 a-i	12.99 a-b	87.01 a-b
TC-302	5.15 b-f	102 a	2.81 b-e	1.92 a-c	22.36 a-f	40.43 a-f	16.33 a-b	83.66 a-b
RC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	8.17 a-d	90 f-k	2.23 n-n	1.26 o-r	14.64 c-f	9.53 f-i	17.91 a-b	82.08 a-b
RC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	5.57 b-f	91 f-j	2.36 k-p	1.30 n-r	17.21 c-f	17.41 d-i	19.70 a-b	80.29 a-b
TUXPEÑO								
TC-043	5.74 b-f	101 a-b	3.08 a	2.07 a	18.59 b-f	34.43 a-h	16.73 a-b	83.26 a-b
TC-087	5.48 b-f	97 c-d	2.80 b-e	1.79 b-f	25.07 a-f	51.43 a-b	25.47 a-b	74.52 a-b
RC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	8.70 a-b	92 f-g	2.42 h-p	1.31 n-r	11.50 e-f	6.58 g-i	13.02 a-b	86.97 a-b
TAMAULIPAS (RATÓN)								
TC-254	6.41 a-f	99 b-d	2.99 a-b	1.89 a-d	16.82 c-f	27.46 a-i	7.36 b	89.49 a-b
TC-250	5.91 b-f	99 a-c	2.78 b-e	1.78 b-f	16.77 c-f	26.14 a-i	10.50 a-b	92.63 a
RC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	6.57 a-f	88 j-n	2.41 i-p	1.33 m-r	21.52 a-f	30.78 a-i	15.68 a-b	84.31 a-b
RC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	7.16 a-f	92 f	2.45 g-o	1.45 i-o	24.59 a-f	36.03 a-g	14.16 a-b	85.83 a-b
CHALQUEÑO								
TC-151	7.38 a-f	85 n-r	2.66 c-h	1.68 d-i	42.99 a-b	47.41 a-d	29.07 a	70.92 b
TC-334	4.71 d-f	85 o-s	2.78 b-e	1.80 b-f	45.65 a	54.11 a	29.73 a	70.26 b
RC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	7.38 a-f	83 r-v	2.54 e-l	1.51 h-n	21.36 a-f	39.82 a-f	17.35 a-b	82.64 a-b
ZAMORANO AMARILLO								
TC-099	6.39 a-f	86 l-r	2.70c-f	1.74 c-g	26.62 a-f	35.51 a-h	13.54 a-b	86.45 a-b
TC-163	6.04 b-f	77 y	2.42h-p	1.35 m-r	40.15 a-c	39.19 a-f	22.39 a-b	77.60 a-b
RC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	6.06 a-f	86 m-r	2.35l-q	1.31 n-r	28.87 a-f	36.49 a-g	10.99 a-b	89.00 a-b
RC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	6.37 a-f	78 x-y	2.28 m-r	1.30 n-r	22.67 a-f	27.73 a-i	16.94 a-b	83.05 a-b

1=DSH aproximada

**Cuadro 4.** Comparación de medias en algunos caracteres estudiados de la fuente de variación grupos (Colectas, RC<sub>2</sub>, RC<sub>3</sub> y Testigos).

Grupos	REND (t. ha <sup>-1</sup> )	DFM (d)	AP (m)	AM(m)	LMZ(cm)	DMZ (cm)	LG(cm)	AG(cm)	PG(g)	DOLO(cm)	IC
<b>GRUPOS</b>											
Colectas	6.20 <sup>a</sup>	88.92A	2.65A	1.64A	16.62A	4.70A	1.34A	1.04A	10.09A	2.42A	59.90C
RC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	6.94A	85.33A	2.37A	1.34AB	16.89A	4.80A	1.33A	0.99A	9.69A	2.49A	75.35A
RC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	6.42A	82.53A	2.34A	1.21B	16.13A	4.52A	1.29A	1.03A	10.12A	2.46A	67.18B
Testigos	6.96A	89.00A	2.20B	1.20B	16.80A	4.73A	1.23A	0.88A	8.08A	2.60A	75.33A
<b>MAICES</b>											
Colectas	6.41	92.95	2.81	1.80	16.38	4.79	1.32	0.93	8.46	2.53	56.21
RC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	7.54	87.33	2.43	1.36	16.78	4.91	1.33	0.90	8.63	2.60	69.88
RC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	6.64	86.25	2.37	1.36	16.21	4.79	1.30	0.93	8.94	2.57	66.35
RC <sub>2</sub> -RC <sub>0</sub>	1.13	-0.45	-0.38	-0.44	0.40	0.12	0.01	-0.03	0.17	0.07	3.67
RC <sub>3</sub> -RC <sub>2</sub>	-0.90	-1.08	-0.06	0.0	-0.57	-0.12	-0.03	0.03	0.31	-0.03	-3.53
<b>MAICES ESPECIALES</b>											
Colectas	5.99	85.08	2.48	1.47	16.86	4.61	1.36	1.15	11.72	2.31	63.59
RC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	6.34	83.33	2.31	1.32	16.99	4.68	1.33	1.08	10.75	2.38	80.82
RC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	6.20	78.80	2.30	1.06	16.04	4.25	1.28	1.12	11.70	2.34	68.00
RC <sub>2</sub> -RC <sub>0</sub>	0.35	-1.75	-0.17	-0.15	0.13	0.07	-0.03	-0.07	-0.97	0.078	17.23
RC <sub>3</sub> -RC <sub>2</sub>	-0.14	-4.50	-0.01	-0.26	-0.95	-0.43	-0.05	0.03	0.65	-0.04	-12.82
DSH' 0.05	6.79	19.91	0.36	0.34	5.14	0.86	0.29	0.24	6.05	0.49	0.55

**Cuadro 5.** Comparación de medias de los caracteres agronómicos que se indican en la fuente de variación poblaciones.

POBLACIONES	REND(t ha <sup>-1</sup> )	DFM (d)	AP(m)	AM(m)	PPM	PPA	PMZS	PMZE
<b>CELAYA</b>								
TC-236w	9.73 a	93 e-f	2.98 a-b	2.01 a-b	20.02 a-f	46.44 a-e	15.09 a-b	84.90 a-b
TC-235	6.32 a-f	88 j-o	2.90 a-c	1.81 b-e	31.57 a-f	49.97 a-c	16.75a-b	83.24 a-b
RC <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	8.34 a-d	85 p-s	2.51 f-n	1.45 i-o	23.95 a-f	31.89 a-i	18.62 a-b	81.37 a-b
RC <sub>1</sub> F <sub>1</sub>	7.44 a-f	84 q-t	2.38 j-p	1.40 k-p	24.36 a-f	28.87 a-l	16.34 a-b	83.65 a-b
<b>VANDEÑO</b>								
TC-293	6.60 a-f	101 a-d	2.87 a-d	1.83 b-e	20.22 a-f	30.68 a-i	12.99 a-b	87.01 a-b
TC-302	5.15 b-f	102 a	2.81 b-e	1.92 a-c	22.36 a-f	40.43 a-f	16.33 a-b	83.66 a-b
RC <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	8.17 a-d	90 f-k	2.23 n-n	1.26 o-r	14.64 c-f	9.53 f-i	17.91 a-b	82.08 a-b
RC <sub>1</sub> F <sub>1</sub>	5.57 b-f	91 f-j	2.36 k-p	1.30 n-r	17.21 c-f	17.41 d-i	19.70 a-b	80.29 a-b
<b>TUXPEÑO</b>								
TC-043	5.74 b-f	101 a-b	3.08 a	2.07 a	18.59 b-f	34.43 a-h	16.73 a-b	83.26 a-b
TC-087	5.48 b-f	97 c-d	2.80 b-e	1.79 b-f	25.07 a-f	51.43 a-b	25.47 a-b	74.52 a-b
RC <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	8.70 a-b	92 f-g	2.42 h-p	1.31 n-r	11.50 e-f	6.58 g-i	13.02 a-b	86.97 a-b
<b>TAMAULIPAS (RATÓN)</b>								
TC-254	6.41 a-f	99 b-d	2.99 a-b	1.89 a-d	16.82 c-f	27.46 a-i	7.36 b	89.49 a-b
TC-250	5.91 b-f	99 a-c	2.78 b-e	1.78 b-f	16.77 c-f	26.14 a-i	10.50 a-b	92.63 a
RC <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	6.57 a-f	88 j-n	2.41 i-p	1.33 m-r	21.52 a-f	30.78 a-i	15.68 a-b	84.31 a-b
RC <sub>1</sub> F <sub>1</sub>	7.16 a-f	92 f	2.45 g-o	1.45 i-o	24.59 a-f	36.03 a-g	14.16 a-b	85.83 a-b
<b>CHALQUEÑO</b>								
TC-151	7.38 a-f	85 n-r	2.66 c-h	1.68 d-i	42.99 a-b	47.41 a-d	29.07 a	70.92 b
TC-334	4.71 d-f	85 o-s	2.78 b-e	1.80 b-f	45.65 a	54.11 a	29.73 a	70.26 b
RC <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	7.38 a-f	83 r-v	2.54 e-l	1.51 h-n	21.36 a-f	39.82 a-f	17.35 a-b	82.64 a-b
<b>ZAMORANO AMARILLO</b>								
TC-099	6.39 a-f	86 l-r	2.70c-f	1.74 c-g	26.62 a-f	35.51 a-h	13.54 a-b	86.45 a-b
TC-163	6.04 b-f	77 y	2.42h-p	1.35 m-r	40.15 a-c	39.19 a-f	22.39 a-b	77.60 a-b
RC <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	6.06 a-f	86 m-r	2.35l-q	1.31 n-r	28.87 a-f	36.49 a-g	10.99 a-b	89.00 a-b
RC <sub>1</sub> F <sub>1</sub>	6.37 a-f	78 x-y	2.28 m-r	1.30 n-r	22.67 a-f	27.73 a-i	16.94 a-b	83.05 a-b



JALA										
TABLONCILLO										
RC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	8.42 a-c	92 f-i	2.31 m-r	1.37 l-q	23.11 a-f	32.23 a-i	16.01 a-d	83.98 a-b		
TC-180	7.61 a-f	88 j-o	2.68 c-f	1.55 g-n	26.21 a-f	30.15 a-i	12.37 a-b	87.62 a-b		
TC-184	6.63 a-f	87 j-p	2.51 f-m	1.51 h-n	24.20 a-f	34.37 a-h	14.74 a-b	85.25 a-b		
RC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	6.45 a-f	79 w-y	2.27 m-r	1.30 n-r	21.50 a-f	14.20 f-i	13.62 a-b	86.37 a-b		
RC <sub>1</sub> F <sub>8</sub>	7.13 a-f	81 t-x	2.08 r	1.16 q-r	20.47 a-f	17.80 d-i	18.98 a-b	81.01 a-b		
RC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	6.47 a-f	80 v-y	2.32 m-r	1.37 l-q	34.22 a-f	32.83 a-i	15.84 a-b	84.10 a-b		
ANCHO										
TC-237	7.34 a-f	81 t-x	2.60 e-k	1.58 f-l	19.65 b-f	32.22 a-i	18.46 a-b	81.54 a-b		
TC-241	6.58 a-f	87 k-q	2.60 e-l	1.64 e-j	24.52 a-f	46.42 a-e	16.09 a-b	83.90 a-b		
RC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	8.15 a-d	85 o-r	2.36 k-p	1.36 l-r	18.83 b-f	30.63 a-i	18.90 a-b	81.09 a-b		
RC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	7.12 a-f	78 x-y	2.38 k-p	1.35 m-r	22.58 a-f	18.97 c-i	13.66 a-b	86.34 a-b		
CONEJO										
TC-414	6.07 a-f	96 d-e	2.66 c-i	1.68 d-h	21.21 a-f	21.75 b-i	16.55 a-b	83.44 a-b		
TC-412	4.22 f	84 p-r	2.33 m-q	1.33 m-r	29.95 a-f	26.86 a-i	10.92 a-b	89.07 a-b		
RC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	5.30 b-f	85 n-r	2.21 o-r	1.22 p-r	22.69 a-f	16.27 d-i	8.55 b	91.44 a		
RC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	4.68 d-f	79 w-y	2.20 p-r	1.25 o-r	26.21 a-f	23.84 a-i	7.93 b	92.06 a		
ROSITA										
TC-388	5.58 b-f	81 u-x	2.63 d-j	1.61 e-k	39.21 a-b	36.51 a-g	12.70 a-b	87.29 a-b		
TC-390	4.77 c-f	83 r-u	2.45 g-o	1.41 j-p	34.09 a-f	24.74 a-i	23.46 a-b	76.54 a-b		
RC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	5.86 b-f	82 s-w	2.36 q-p	1.36 l-q	32.57 a-f	34.97 a-h	19.38 a-b	80.62 a-b		
RC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	6.40 a-f	79 x-y	2.31 m-r	1.33 m-r	19.86 b-f	19.22 c-i	21.13 a-b	78.86 a-b		

JALA										
TABLONCILLO										
RC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	8.42 a-c	92 f- i	2.31 m-r	1.37 l- q	23.11 a-f	32.23 a-i	16.01 a-d	83.98 a-b		
TC-180	7.61 a-f	88 j- o	2.68 c- f	1.55 g- n	26.21 a-f	30.15 a-i	12.37 a-b	87.62 a-b		
TC-184	6.63 a-f	87 j- p	2.51 f- m	1.51 h- n	24.20 a-f	34.37 a-h	14.74 a-b	85.25 a-b		
RC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	6.45 a-f	79 w-y	2.27 m-r	1.30 n- r	21.50 a-f	14.20 f- i	13.62 a-b	86.37 a-b		
RC <sub>1</sub> F <sub>8</sub>	7.13 a-f	81 t- x	2.08 r	1.16 q- r	20.47 a-f	17.80 d-i	18.98 a-b	81.01 a-b		
RC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	6.47 a-f	80 v- y	2.32 m-r	1.37l-q	34.22 a-f	32.83 a-i	15.84 a-b	84.10 a-b		
ANCHO										
TC-237	7.34 a- f	81 t- x	2.60 e- k	1.58 f- l	19.65 b-f	32.22 a- i	18.46 a-b	81.54 a-b		
TC-241	6.58 a- f	87 k-q	2.60 e- l	1.64 e- j	24.52 a-f	46.42 a-e	16.09 a-b	83.90 a-b		
RC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	8.15 a-d	85 o-r	2.36 k- p	1.36l- r	18.83 b-f	30.63 a- i	18.90 a-b	81.09 a-b		
RC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	7.12 a- f	78 x-y	2.38 k- p	1.35 m-r	22.58 a-f	18.97 c- i	13.66 a-b	86.34 a-b		
CONEJO										

POBLACIONES	LMZ (cm)	DMZ (cm)	LG (cm)	AG (cm)	PG (cm)	DOLO (cm)	IC
CELAYA							
TC-236	16.97 b-i	5.54 a	1.41 c-h	0.98 i-n	10.25 h-m	2.95 a-b	59.86 a-e
TC-235	16.33 b-k	5.18 a-c	1.45 b-f	0.94 j-p	9.75 i-o	2.50 c-k	58.67 a-e
RC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	16.51 b-k	4.98 a-g	1.40 c-i	0.94 j-p	8.50 m-s	2.51 c-j	67.54 a-e
RC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	16.53 b-k	5.12 a-d	1.39 c-j	0.97 i-n	10.75 g-k	2.60 b-i	64.27 a-e
VANDEÑO							
TC-293	16.78 b-j	4.83 b-j	1.30 e-m	0.94 j-p	8.75 l-r	2.55 c-i	57.67 a-e
TC-302	16.80 b-j	4.67 c-l	1.22 j-n	0.90 l-q	6.26 u-v	2.59 d-i	49.37 c-e
RC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	17.18 b-h	4.67 c-l	1.19 l-n	0.91 l-q	8.25 n-t	2.72 a-f	76.82 a-c
RC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	14.93 i-l	4.81 b-j	1.20 k-n	0.96 j-o	8.00 o-u	2.68 a-g	60.78 a-e
TUXPEÑO							
TC-043	16.95 b-l	4.72 b-k	1.20 k-n	0.86m-q	6.00 v	2.73 a-e	66.65 a-e
TC-087	16.98 b-l	5.13 a-c	1.26 g-n	1.08 f-k	10.25 h-m	2.96 a	50.18 b-e
RC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	17.20 a-g	5.02 a-f	1.26 g-n	0.97 j-n	9.25 j-p	2.72 a-f	79.39 a-b
TAMAULIPAS (RATÓN)							
TC-254	17.11 b-h	4.12 l-m	1.22 g-n	0.94 j-p	6.00 t-v	2.08l-m	70.05 a-e
TC-250	16.25 c-k	4.24 k-m	1.32 d-k	0.84m-q	6.75 s-v	1.94 m-n	61.85 a-e
RC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	16.45 b-k	4.72 b-k	1.29 e-m	0.85m-q	7.25 q-v	2.51 c-k	64.53 a-e
RC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	16.76 b-j	4.50 e-m	1.26 g-n	0.87 l-q	7.00 r-v	2.37 f-l	71.79 a-d
CHALQUEÑO							
TC-151	14.78 j-l	4.96 a-h	1.52 a-c	0.84m-q	8.75 l-r	2.67 a-g	46.54 d-e
TC-334	13.22 l-m	4.87 b-i	1.31 e-m	0.79 p-q	7.00 r-v	2.60 b-i	40.89 e
RC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	16.28 c-k	5.23 a-b	1.50 a-d	0.82 n-q	9.50 j-p	2.64 a-h	70.76 a-d
ZAMORANO AMARILLO							
TC-099	18.38 a-b	4.80 b-k	1.34 d-l	1.09 f-j	11.50 f-l	2.34 g-l	55.53 a-e
TC-163	15.99 d-k	4.46 g-m	1.29 f-i	1.00 h-n	10.25 h-m	2.46 c-k	57.30 a-e
RC <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	16.91 d-i	4.83 b-j	1.31 e-m	0.90 l-q	9.00 k-q	2.51 c-k	60.22 a-e
RC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	16.62 b-k	4.72 b-k	1.33 d-k	0.91 k-p	10.00 i-n	2.61 b-l	68.54 a-e

JALA

RC <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	19.48 a	5.02 a-f	1.30 e-m	1.09 f-j	10.75 g-k	2.80 a-d	62.58 a-e
TABLONCILLO							
TC-180	16.96 b-l	5.02 a-f	1.43 b-g	1.39 a-b	16.25 a	2.56 c-i	55.45 a-e
TC-184	19.39 a	4.88 b-l	1.45 b-f	1.41 a	15.00 a-b	2.62 a-h	55.45 a-e
RC <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	15.63 g-k	4.53 e-m	1.32 e-k	1.09 f-j	10.75 g-k	2.36 g-l	70.20 a-e
RC <sub>1</sub> F <sub>8</sub>	16.78 b-j	4.83 b-j	1.32 e-l	1.04 g-l	10.50 g-l	2.60 b-i	71.92 a-d
RC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	17.71 a-g	4.46 g-m	1.33 d-k	1.18 d-j	13.00 c-f	2.30 h-l	66.37 a-e
ANCHO							
TC-237	16.31 b-k	5.19 a-c	1.65 a	1.34 a-d	16.25 a	2.34 g-l	70.18 a-e
TC-241	15.77 f-k	4.87 b-j	1.59 a-b	1.36 a-c	15.00 a-b	2.18 j-m	58.81 a-e
RC <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	18.16 a-c	5.05 a-e	1.47 b-e	1.34 a-d	14.50 a-c	2.51 c-k	66.77 a-e
RC <sub>1</sub> F <sub>1</sub>	16.68 b-k	4.85 b-j	1.36 c-l	1.23 b-f	13.00 c-f	2.45 d-k	64.57 a-e
CONEJO							
TC-414	18.36 a-c	4.40 i-m	1.27 f-n	0.97 j-n	8.75 l-r	2.27 i-m	70.57 a-d
TC-412	17.79 a-f	3.36 n	1.10 n	0.99 i-m	7.00 r-v	1.59 n	75.90 a-d
RC <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	16.73 b-j	4.32 j-m	1.24 h-n	0.90 l-q	6.75 s-v	2.16 k-m	71.58 a-c
RC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	16.74 b-j	4.03 m	1.14m-n	0.88 l-q	7.25 q-v	2.17 j-m	65.50 a-e
ROSITA							
TC-388	15.78 f-k	4.81 b-j	1.35 d-l	1.21 c-f	12.87 c-f	2.46 c-k	59.79 a-e
TC-390	15.23 h-l	4.66 c-l	1.37 c-k	1.18 d-j	11.00 g-j	2.40 e-l	61.16 a-e
RC <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	16.95 b-i	4.87 b-i	1.33 d-k	1.14 e-i	12.00 e-h	2.41 e-l	58.19 a-e
RC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	11.54 m	3.17 n	1.23 i-n	1.09 f-j	10.00 i-n	2.43 e-l	74.58 a-d
ELOTES OCCIDENTALES							
TC-093	18.17 a-c	4.44 g-m	1.26 g-n	1.17 e-h	12.25 d-g	2.27 i-l	68.62 a-e
TC-165	18.07 a-d	4.54 e-m	1.32 d-k	1.26 a-e	13.75 b-e	2.16 k-m	63.09 a-e
RC <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	18.05 a-d	4.56 d-m	1.30 e-m	1.24 b-f	14.00 b-d	2.35 g-l	70.68 a-d
RC <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	17.51 a-g	4.73 d-k	1.34 d-l	1.19 c-g	13.75 b-e	2.35 g-l	68.97 a-e
DULCE							
TC-420	15.90 e-k	4.71 b-k	1.24 h-n	0.79 p-q	6.25 u-v	2.37 f-l	71.74 a-d
TC-168	14.59 k-l	4.41 h-m	1.25 g-n	0.74 q	6.25 u-v	2.45 c-k	52.34 a-e
RC <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	16.40 b-k	4.74 b-k	1.32 e-l	0.79 o-q	6.50 t-v	2.51 c-k	66.76 a-e

TESTIGOS										
24x18	15.67 f- k	4.76 b- k	1.25 h-n	0.85 m-q	8.00 o- u	2.60 b-i	81.73 a			
63x69	17.99 a-e	4.96 a- i	1.23 h-n	0.94 j- p	8.50 m-s	2.81 a-c	77.16 a-c			
P30G88	16.73 b- j	4.48 f- m	1.20 k-n	0.86 m-q	7.75 p- v	2.38 e-l	67.09 a-e			
<b>DSH 0.05</b>	<b>1.78</b>	<b>0.57</b>	<b>0.17</b>	<b>0.17</b>	<b>1.85</b>	<b>0.35</b>	<b>0.30</b>			

24x18=Línea A-791 x (CML-334 x CML-176)S1-3p bk, 63x69=(DK-2002)F3-3p-7p-1p-5p-bk-bk x (Pool 9A x CML-364) x CML-364

Durante el proceso de retrocruza con selección parcial se observa que en las PABG-I  $RC_2F_2$  de los maíces de usos especiales en general presentaron menor LG (Elotes Occidentales (-0.02 cm), Ancho (-0.18 cm) y Conejo (-0.03 cm), AG (Elotes Occidentales (-0.02 cm), Rosita (-0.07 cm), Tabloncillo (-0.32 cm) y Conejo (-0.07 cm)), PG (Rosita (-0.87 g), Tabloncillo (-0.4.25 g) y Conejo (-2.0 g)) respecto a la media de las mejores colectas TC-184, TC-237, TC-414, TC-388 y TC-165 de los maíces criollos. En Rosita y Ancho hubo un incremento en la LMZ de 1.17 y 1.85 cm, respectivamente, mientras que en Tabloncillo y Conejo ocurrió lo contrario, la reducción fue de 3.76 cm en el primero y de 1.63 cm. En cuanto a PPA, sólo en Tabloncillo hubo una reducción de 20.17 %. Como se puede observar, en los maíces de usos especiales hubo una reducción en LG, AG y PG los cuales son componentes de calidad del grano. Esto indica que el grano es más pequeño que las colectas originales por lo que todavía en  $RC_2$  no se recuperan sus características y, deben seguir haciéndose más retrocruzas y aumentar la presión de selección entre retrocruzas para aumentar el tamaño del grano, longitud de mazorca, reducir el acame y plantas “horas. Las características antes mencionadas fueron reportadas por los agricultores como importantes para mejorar. En el caso de la raza Dulce no se modificó ninguna característica.

En el caso de los maíces no especiales por retrocruza ( $RC_2$ ) y selección parcial se mejoró muchas de las características que los agricultores reportaron como importantes a mejorar. Por ejemplo, en las razas Tuxpeño, Tamaulipas (Ratón), Vandeño y Celaya querían que las plantas fueran más precoces, en este trabajo se redujo los DFM en 4, 11, 12 y 10 d, respectivamente. En estas mismas razas se redujo la AP en 0.28, 0.37, 0.58 y 0.47 cm; respectivamente, y 0.12 cm en Chalqueño. En cuanto a acame (PPA), que también fue una característica que querían los agricultores se les mejorara a los maíces criollos sólo se redujo éste en las razas Tuxpeño (44.85 %) y Vandeño (30.9 %). En el caso de la raza Celaya a los agricultores no les gusta que ésta raza sea olotona, en este trabajo el DOLO se redujo 0.44 cm y solo en Ratón que en parte es preferida por su olote delgado éste se incrementó 0.57 % debido posiblemente a que también se aumentó el DMZ en 0.48 cm; es decir, se aumento el número de hileras por mazorca y con ello ligeramente el REND (6.5 t ha<sup>-1</sup>). Además del buen rendimiento (REND) de las razas Tuxpeño y Vandeño se encontró que estas presentaron el menor porcentaje de acame (PPA), lo cual coincide con lo que otros investigadores han reportado sobre su excelente calidad de sistema radical y de tallo (Roberts, 1950).

Dentro de los maíces de bajo REND se encuentran Pioneer 30G88, Rosita TC-390, Chalqueño TC-334, Conejo RC<sub>3</sub>F<sub>1</sub>, Dulce TC-168 y Conejo TC-412 con valores de 5.03, 4.77, 4.71, 4.68, 4.44 y 4.22 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. El bajo rendimiento de la colecta TC-390 quizás se debió a que tuvo menor LMZ y alto PPM, TC-334 presentó mayor PPM y PPA, Conejo RC<sub>3</sub>F<sub>1</sub> tuvo alto PMZE y plantas “horras” (IC), menor LG, AG, PG y DMZ, TC-168 se manifestó con alto PPM, PPA, PMZE y menor LMZ, DMZ, LG, AG y PG y TC-412 alto PMZE, plantas “horras” (IC) y menor LG, PG y DMZ. El bajo rendimiento de la cruce simple Pioneer 30G88 (5.03 t ha<sup>-1</sup>) quizás se debió que se redujeron sus componentes del rendimiento LG, AG y PG debido posiblemente a que es una cruce simple de constitución genética reducida la cual no amortiguó las variaciones ambientales de temperatura y acidez en Morelia y de salinidad y exceso de agua en Álvaro Obregón, Michoacán de Ocampo (Allard y Bradshaw, 1964).

Para tener mayor éxito en el proceso de retrocruza es conveniente que en la fase de premejoramiento primero se realice una evaluación agronómica en varios años y ambientes de los maíces criollos (Holland *et al.*, 1996; Castillo y Goodman, 1988) y hacer cruces de prueba de aptitud combinata general (ACG) para usar en el proceso de retrocruza aquellas con buenos atributos agronómicos, de estabilidad y genéticos (Salhuana, 1988). En el caso de este trabajo no fue así, debido a que en 9 de los 12 maíces criollos de Michoacán de Ocampo presentan problemas de pérdida de diversidad genética y en algunos casos no se había recolectado muchas muestras, por lo cual cada colecta de cada raza con buenos y malos atributos agronómicos fue retrocruzada con sus respectivos donadores y sus cruces fueron mezcladas (PABG-I) con la finalidad de incrementar su variabilidad genética.

De la información obtenida en el proceso de recolecta encontramos que la mayoría de los maíces criollos son sembrados en condiciones de agricultura campesina en condiciones de temporal donde hay presencia de sequías, no aplican insecticidas para el control de plagas y el uso de fertilizantes es muy limitado. Debido a lo anterior, durante el proceso de selección las PABG-I RC<sub>2</sub>F<sub>2</sub> y PABG-I RC<sub>3</sub>F<sub>2</sub> de las razas de maíz han sido sometidas a dos ciclos de selección para resistencia a sequía (se aplica un riego para nacencia y hasta que inicia la floración se les aplica un segundo riego), a alta densidad de población (100 mil plantas ha<sup>-1</sup>), se aplica muy poco fertilizante en la siembra (20N-00P-00K) y casi no hay control de plagas durante el desarrollo del cultivo (una ó dos aplicaciones a Trips). Para mejorar la calidad química y física del grano se pueden mejorar únicamente con retrocruzas. A

este respecto, Vázquez *et al.* (2003) encontró que en RC<sub>2</sub> la calidad de proteína y aceite fue igual ó mayor en las RC<sub>2</sub> que la de los maíces criollos originales; sin embargo, puede mejorarse con la ayuda de análisis de la calidad de grano con métodos químicos y físicos.



# Capítulo V

## Conclusiones y recomendaciones

### 5.1. Conclusiones

Las razas de origen tropical como Conejo, Tamaulipas (Ratón), Vandeño y Tuxpeño se distribuyen principalmente en los grupos climáticos A  $w'_0$  (w) y  $BS_1$  ( $h'$ ) w (w), las de origen subtropicales Celaya, Tabloncillo, Ancho, Rosita, Elotes Occidentales y Dulce y Zamorano Amarillo en (A) C ( $w_0$ ) (w) y (A) C ( $w_1$ ) (w), y la de origen templado *Chalqueño* en C ( $w_1$ ) (w).

De acuerdo a su abundancia, se puede decir que de los 12 maíces recolectados en 5 de las 10 regiones del estado de Michoacán de Ocampo únicamente los que no presentan problemas de pérdida de diversidad son Tamaulipas (Ratón), Tuxpeño y Chalqueño.

Los resultados obtenidos indican que el carácter cuantitativo REND y sus componentes DFM, LMZ, DMZ, LG, AG y PG fueron poco modificados por la retrocruza limitada, mientras que si lo fue para los cualitativos AM e IC.

A pesar que en los grupos no se manifestó diferencias estadísticas significativas en el carácter REND hubo poblaciones PABG-I  $RC_2F_2$  de las razas Tuxpeño, Jala, Celaya, Vandeño y Ancho que rindieron más que sus respectivas colectas testigos y que las poblaciones PABG-I  $RC_3F_1$ .

También se encontró que las razas Jala de mazorca muy grande adaptada al Valle que lleva su nombre y Ancho que se usa principalmente para elote y pozole presentaron alto rendimiento por lo que pudieran ser nuevas fuentes de germoplasma en el mejoramiento de maíz en México.

Los maíces de usos especiales como Tabloncillo, Ancho, Conejo, Rosita, Elotes Occidentales y Dulce presentaron un menor incremento en REND de  $RC_0F_0$  (colectas) a  $RC_2F_1$  que los maíces no especiales Celaya, Vandeño, Tuxpeño, Tamaulipas (Ratón), Chalqueño, Zamorano Amarillo y Jala debido posiblemente a que su varianza aditiva es mayor que la de dominancia por tener una alta similitud con las plantas autógamias.

En los resultados obtenidos se encontró que de la generación  $RC_2F_2$  a  $RC_3F_1$  el REND se redujo menos en los maíces especiales que en los no especiales debido posiblemente a que éstos maíces se siembran en poblaciones pequeñas, en donde al cruzarse plantas hermanas se genera endogamia la cual se va acumulando de generación a generación de cultivo.

## 5.2. Recomendaciones

Algunos investigadores han sugerido la retrocruza limitada ( $RC_1$  a  $RC_2$ ) para mejorar características de herencia cuantitativa y cualitativa, en éste estudio se encontró que hasta con dos retrocruzas ( $RC_2$ ) solo se mejoraron caracteres de herencia cualitativa. Por ésta razón, se considera que una alternativa para mejorar simultáneamente ambos caracteres pudiera ser a través de la retrocruza recurrente (hasta  $RC_4$  ó  $RC_5$ ) y selección alternante; es decir, después de cada retrocruza realizar varios ciclos de selección para permitir la recombinación, el rompimiento de grupos de genes ligados y la acumulación de los mismos.

# Capítulo VI

## Bibliografía consultada

**Aguirre G., J. J., M. R. Bellon, and M. Smale (2000).** A regional analysis of maize biological diversity in southeastern Guanajuato, México. *Econ. Bot.* 54:43-59.

**Allard, R. W. (1960).** Principles of plant breeding. 1<sup>st</sup> edition. John Wiley and Sons. N.Y., U.S.A.

**Allard, R. W., and A. D. Bradshaw (1964).** Implications of genotype-environment interactions in applied breeding. *Crop Sci.* 4:503-508.

**Alejo L., S. J., D. A. Escobar M., E. González M., y J. Romero P. (1990).** Algunos tópicos sobre la agricultura de la región sureste de Tierra Caliente, Michoacán. Universidad Autónoma de Chapingo, Centro Regional Universitario Centro Occidente. 422 p. (mineógrafo).

**Astete M., F. A., and J. B. de Miranda (2002).** Inbreeding depression in maize populations of reduced size. *Scientia Agrícola* 59(2):335-340.

**Babu R., S. K. Nair, and B. M. Prasada (2004).** Integrating marker-assisted selection in crop breeding prospects and challenges genes current. *Science* 87:607-619.

**Bellon, R. M., and B. S. Brush (1994).** Keepers of maize in Chiapas, México. *Econ. Bot.* 48 (2):196-209.

**Bellon, M. R. (1996).** The dynamics of crop infraespecific diversity: A conceptual framework of the farmer level. *Econ. Bot.* 50:26-39.

**Benz, B. F. (1986).** Taxonomy and evolution of Mexican maize. Unpublished Ph. D. Dissertation. University of Wisconsin. 433 p.

**Briggs, F. N., and R. W. Allard (1953).** The current status of the backcross method of plant breeding. *Agron. J.* 45:131-138

**Brown, W. L. (1960).** Races of maize in the West Indies. *Natl. Acad. Sci. Natl. Res. Council Publication No. 792.* Washington, D.C. 60 p.

**Brown, W. L., and M. M. Goodman (1977).** Races of corn. *In:* G. F. Sprague (ed.). Corn and Corn Improvement. 2<sup>nd</sup> edition. Amer. Soc. of Agron., Madison, Wis. pp: 49-88.

**Brush, S. B., M. R. Bellon, and E. Schmidf (1988).** Agricultural development and maize diversity in México. *Human Ecology* 16:307-328.

**Brush, S. B. (1995).** *In situ* conservation of landraces in center of crop diversity. *Crop Sci.* 35:346-354.

**Brush, S. B. (2000).** The issues of the *in situ* conservation of crop genetic resources. *In:* Brush, S. B. (ed.). Gene in the Field: on-farm conservation of crop diversity. IPGR/IDRC. Lewis Publishers. 300 p.

**Brush, S. B., and E. Meng (1998).** Farmers' valuation and conservation of crop genetic resources. *Genetic Resources and Crop Evaluation* 45:139-150.

**Bauman, L. F. (1977).** Improvement of established maize inbreds. *Maydica.* 22:213-222.

**Bautista R., N. (1949).** Tipos de maíz en la Mesa Central. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, Edo de México. 55 p.

**Beaumont, P. (1873).** Del maíz, que los indios llaman Tlaolli y los Tarascos ahtairi, de las bebidas que de él se hacen y genero de tortillas. *En:* Crónicas de Michoacán. 1972. Biblioteca del Estudiante Universitario 12. UNAM. pp: 175-196.

**Bjornstad A., V. Patil, A. Tekauz, A. G. Maroy, H. Jensen, H. Magnus, and J. Makey (2002).** Resistance to scald (*Rhychosporium secalis*) in barley (*Hordeum vulgare*) studied by near-isogenic lines. I. Markers and differential isolates. *Phytopathology* 92:710-720.

**Brieger, F. G., J. T. A. Gurgel, E. Paterniani, A. Blumenschein, and M. R. Alleoni (1958).** Races of maize in Brazil and other eastern south american countries. Natl. Acad. Sci.-Natl. Res. Council. Publication No. 593. Washington, D. C. 283 p.

**Cartujano R., F. (1964).** Heterosis en la F<sub>1</sub> en cruizas de maíces primitivos. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Chapingo, Edo. de México. 46 p.

Carr, D. E., and M. R. Dudash (2003). Recent approaches into the genetic basis of inbreeding depression in plants. *Phil. Trans. R. Soc. Land. B.* 358:1071-1084.

Carrera V., J. A., M. B. Nájera R., L. Sahagún C., J. Ron P., J. J. Sánchez G., y F. Márquez S. (2007). Conservación y mejoramiento genético participativo de los maíces criollos en el estado de Michoacán. COECYT-Michoacán. México. 15 p.

Castillo G., F. (1993). La variabilidad genética y el mejoramiento de los cultivos. *Ciencia. Número especial:* 69-79

Castillo G., F., and M. M. Goodman (1988). Agronomic evaluation of Latin American maize accessions. *Crop Sci.* 28:853-861

Castillo G., F. (2004). Contribuciones de los recursos fitogenéticos a la genotecnía. *En: Preciado O., R. E. y S. A. Ríos R. (eds.). Simposium Aportaciones de la Genotecnía a La Agricultura. XX Congreso Nacional de Fitogenética.* 20 sep. 2004. Toluca Edo. de México. 159 p.

Cervantes S., T., y J. M. Hernández C. 1988. Clasificación de las razas mexicanas de maíz por características químicas del grano. *Agrociencia.* 74:169-183.

Cuevas, A., F. H. Castro G., N. Dillanes R., J. M. Cabrera T., y L. Osorio A. (2005). Rescate y mejoramiento de los maíces nativos de Oaxaca. *En: Primera reunión de mejoradores de variedades criollas de maíz en México. Ex-hacienda Nazareno, Xocotlán, Oax. 22 y 23 de septiembre del 2005.* pp: 85-01.

Chávez, E. (1913). El cultivo del maíz. Secretaría de Fomento-Dirección General de Agricultura. Estación Agrícola Central. Secretaría de Fomento. Boletín No. 74. México, D. F. 815 p.

Cuevas R., A. (1947). Tipos de maíz en Chiapas. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, Edo. de México. 35 p.

De la Rosa S., R. (2002). Selección masal bajo autofecundación en poblaciones de maíz tropical y subtropical adaptadas al Valle de México. Tesis de M. C., Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México. 65 p.

Dickerson, G. E., and N. B. H. Lindhé (1977). Potential uses of inbreeding to increase selection response. *In: Pollak, E., O. Kempthorne and T. B. Bailey, Jr. (eds.). 1976. Proceedings of the International Conference on Quantitative Genetics.* August 16-21. The Iowa State University Press/Ames. pp: 323-342

**Doebley , J. F., M. M. Goodman, and C. W. Stuber (1985).** Isozyme variation in the races of maize from México. *Am. J. Bot.* 72:629-639.

**Edwards, J. W., and K. R. Lamkey (2003).** Dominance and genetic drift: Predicted effects of populations subdivision in a maize population. *Crop Sci.* 43:2006-2017.

**Ellis, F. (1993).** Peasant economics. From household and agrarian development. 2ª edición. Cambridge University Press. Cambridge, England.

**Evans, L. T. (1993).** Crop evolution, adaptation and yield. Cambridge University Press, Cambridge, England.

**Evans, L. T. (1998).** Feeding the ten billion, plants and populations growth. Cambridge University Press, Cambridge, England.

**Fher, W. R. (1987).** Principles of cultivar development. Theory and technique. Vol. 1. The Iowa State University Press. Ames Iowa. pp: 366-376

**Fisher, K. S. (1996).** Research approaches for variable rainfed systems-thinking globally, acting locally. *In:* M. Cooper and G. T. Hammer (eds.). Plant adaptation and crop improvement. Wallingford, CAB International. IRRI-ICRISAT. pp: 25-35.

**Francis, G. D. (1994).** Family agriculture. Tradition and transformation. Earthscan Ed., London, England.

**Fowler C., and T. Hodgkin (2004).** Plant genetic resources for food and agriculture: Assessing global availability. *Ann. Rev. of Environ. and Resources* 29:143-179.

**Gámez V., A. J., M. A. Ávila P., H. Ángeles A., C. Díaz H., H. Ramírez V., A. Alejo J., y A. Terrón I. (1996).** Híbridos y variedades de maíz liberados por el INIFAP hasta 1996. Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Publicación especial No. 16. Toluca, Edo de México. México. 102 p.

**García, E. (1981).** Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen. 3ª edición. México D.F. pp: 139-146.

**Garner, A., J. L. Rachlow, and L. P. Waits (2005).** Genetic diversity and populations divergence in fragmented habitats: Conservation of Idaho ground squirrels. *Conservation Genetics* 6:759-774.

**Goodman, M. M. (1978).** A brief survey of the races of maize and current attempts to inter-racial relationships. *In:* D. B. Walden (ed.). *Maize breeding and genetics*. John Wiley and Sons. U.S.A. pp: 143-158.

**Goodman, M. M., and W. L. Brown (1988).** Races of corn. *In:* G. F. Sprague (ed.). *Corn and Corn Improvement*. ASA. Agronomy Monograph No. 18. 3<sup>rd</sup> edition. pp: 33-79.

**Gepts, P. (2006).** Plant genetic resources conservation and utilization. The accomplishments and future of a societal insurance policy. *Crop Sci.* 46:2278-2292.

**Grant, U. J., W. H. Hatheway, D. H. Timothy, C. Cassalet, and L. M. Roberts (1963).** Razas de maíz en Venezuela. Instituto de Agricultura de Colombia. Boletín Técnico No. 1. 92 p.

**Grobman A., W. Salhuana, and R. Sevilla (1961).** Races of maize in Perú. Their origins, evolution and classification. Publication No. 915. Natl. Acad. Sci.-Natl. Res. Council. Washington, D. C. 373 p.

**Gutiérrez S., J. R., y M. Luna F. (1989).** Selección para resistencia a sequia en un compuesto de maíz en Zacatecas. *Rev. Fitotec. Mex.* 12(2): 94-104.

**Harlan, J. R. (1972).** Genetic of disaster. *J. Environ. Qual.* 1:212-215.

**Harlan, J. R. (1992).** *Crops and Man*. 2<sup>nd</sup> edition. Madison, Wisc. American Society of Agronomy and Crop Science of America.

**Hathaway, W. H. (1957).** Races of maíz in Cuba. Natl. Acad. Sci.-Natl. Acad. Res. Council. Publication No. 453. Washington, D. C. 75 p.

**Hawkes, J. G. (1971).** Conservation of plant genetic resources. *Outlook Agric.* 6:248-253.

**Hameed, A., L. M. Pollak, and P. N. Hinz (1994a).** Evaluation of cateto maize accessions for grain yield and physical grain quality traits. *Crop Sci.* 34:265-269.

**Hameed, A., L. M. Pollak, and P. N. Hinz (1994b).** Evaluation of cateto maize accessions for grain yield and other agronomic traits in temperate and tropical environments. *Crop Sci.* 34:270-275.

Hardon, J. (1995). Participatory plant breeding. *In: Issues in genetic resources* No. 3. Workshop on participatory plant breeding. Wageningen, Netherlands. IPGRI.

Herrera C., B. E., F. Castillo G., J. J. Sánchez G., J. M. Hernández C. R. A. Ortega P., y M. M. Goodman (2004). Diversidad del maíz Chalqueño. *Agrociencia* 38(2):191-206.

Hernández X., E. (1972). Exploración etnobotánica de maíz. *Fitotecnia Latinoamericana* 8:46-51.

Hernández X., E., y G. Alanís (1970). Estudio morfológico de cinco nuevas razas de maíz de la Sierra Madre Occidental de México. Implicaciones filogenéticas y geográficas. *Agrociencia* 5:3-30.

Hernández C., J. M. (1986). Estudio de caracteres químicos del grano de las razas mexicanas de maíz y clasificación racial. Tesis de M. C., Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 79 p.

Hernández X., E., y M. A. Zárate A. (1991). Agricultura tradicional y conservación de los recursos genéticos *in situ*. *En: Ortega P., R., G. Palomino H., F. Castillo G., V. A. González H., M. Livera M. (eds.). Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México.* SOMEFI. Chapingo, Edo. de México. pp: 7-28.

Heisey, P. W., and G. O. Edmeades (1999). Part. 1. Maize production in drought-stressed environments. Technical options and research resource allocation. *In: CIMMYT (ed.). World Maize Facts and Trends.* México, D.F. pp: 1-36.

Holland, J. B., M. M. Goodman, and F. Castillo G. (1996). Identification of agronomically superior latin American accessions via multi-stage evaluations. *Crop Sci.* 36:778-784.

Holley, R. N., and M. M. Goodman (1988). Yield potential of tropical hybrid maize derivatives. *Crop Sci.* 28: 17-24.

Kato Y., T. A. (1984). Chromosome morphology and the origin of maize and their races. *Evol. Biol.* 17: 219-253.

LAMP, (1991). Catálogo de germoplasma de maíz. Tomo II. 634 p.

Little, T. M., y F. J. Hills. (1987). Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Editorial Trillas. Mexico 270 p.



López M., J. G., J. Ron P., J. J. Sánchez G., L. de la Cruz L., M. M. Morales R., J. A. Carrera V., A. Ortega C., V. A. Vidal M., y M. de J. Guerrero H. (2008). Caracterización agronómica y morfológica de maíces nativos del noroccidente de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 31:331-340.

Lyman, J. M. (1984). Progress and planning for germplasm conservation of major food crops. *Plant Genetic Resources Newsletter* 60:3-21.

Mann, C. (1999). Crop scientists seek a new revolution. *Science* 283: 310-314

Mapes, C. (1987). El maíz entre los Purépechas de la cuenca del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. *América indígena XLVIII* (2):345-379.

Mapes, C. (1991). La importancia de las comunidades campesinas tradicionales en la conservación de los recursos filogenéticos. *En: Ortega P, R., G. Palomino H., F. Castillo G., V. A. González H. y M. Livera M. (eds.). Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México. SOMEFI. Chapingo Edo. de México. pp: 29-51.*

Márquez S., F. (1972). Social and economic orientation of crop improvement. An approach to maize breeding. *In: Genes, Enzymes and populations. Plinum Press. pp: 51-55.*

Márquez S., F. (1990). Backcross theory for maize. I. Homozygosis and heterosis. *Maydica* 35:17-22.

Márquez S., F. (1995). Métodos de mejoramiento genético del maíz. Universidad Autónoma Chapingo. 77 p.

Márquez S. F., L. Sahagún C., J. A. Carrera V., y E. Barrera G. (2000). Retrocruza limitada para el mejoramiento genético de maíces criollos. Dirección General de Difusión Cultural. Universidad Autónoma Chapingo. 33p.

Martín del Campo V., S., Castro G., M. (1979). Formación y evaluación de híbridos super enanos en Jalisco y Guanajuato. *Rev. Fitotec Mex.* 2(3):21-32.

McClintock, B., T. A. Kato Y., and A. Blumenschein. (1981). Chromosome constitution of races of maize. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Edo. de México. 517 p.

**Miranda C., S. (2005).** El origen genético y geográfico del maíz. (*Zea mays L.*). En: Muñoz O., A. (ed.). Centli-Maíz. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México. pp: 147-159.

**Molina N., L. (1998).** Razas, diversidad y erosión genética del maíz en el Valle de Zamora, México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 148 p.

**Muñoz O., A. (2005).** Descifrando la diversidad del maíz de los nichos ecológicos de México. En: Muñoz O., A. (ed.). Centli-Maíz. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. pp: 133-143

**Ortega P., R. (1979).** Reestudio de las razas mexicanas de maíz. Informe anual. Campo Experimental Mesa Central. INIA. Chapingo, Edo. de México. (sin publicar).

**Ortega P., R. (1985).** Variedades y razas de maíz y su evaluación en cruzamientos con líneas de clima templado como material de partida para fitomejoramiento. Traducción abreviada al español. Ph. D. Thesis. N. I. Vavilov National Institute of Plants. Leningrad, URSS. 22 p.

**Ortega P., R., y A. Carballo C. (1983).** Poblaciones de maíz de amplia base genética. Rev. Fitotec. Mex. 5:18-42.

**Ortega P., R., J. J. Sánchez G., F. Castillo G., y J. M. Hernández C. (1991).** Estado actual de los estudios sobre maíces nativos de México. En: Ortega P., R., G. Palomino H., F. Castillo G., V. A. González H. y M. Livera M. (eds.). Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México. SOMEFI. Chapingo Edo. de México. pp: 161-185.

**Okali C., J. Sumberg, and J. Farrington (1994).** Farmer participatory research. Rhetoric and reality intermediate technology publications. Lenders. England

**Palacios de La R., G. (1959).** Variedades e híbridos de maíz latentes y tolerantes a la sequía y a las heladas. Agricultura Mexicana 107:38-39.

**Pollak, L. M. (2003).** The history and success of the public-private project on germplasm enhancement of maize (GEM ) Adv. Agron. 78:45-87.

**Ramírez L., D. (1998).** Variedades criollas de maíz y conservación de la biodiversidad genética *in situ* en tres zonas agrícolas de la Sierra Purépecha, Michoacán. Tesis Profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 111 p.

**Ramírez V. P., L. Barrios C., E. Jiménez J. y F. Zavala G. (2000).** Entorno de los recursos filogenéticos en México. *En:* Ramírez V., P., R. Ortega P., A. López H. F. Castillo G., M. Livera M., F. Rincón S. y F. Zavala G. (eds.). Recursos filogenéticos de México para la alimentación y la agricultura. Informe Nacional. SNICS-SOMEFI. Chapingo, Edo. de México. pp: 7-25.

**Ramírez R., E., D. H. Timothy, E. Díaz B., and U. J. Grant in collaboration with G. E. Nicholson, and W. L. Brown (1960).** Races of maize in Bolivia. Natl. Acad. Sci.-Natl. Res. Council. Publication No. 747. 87 p.

**Reyes C., P. (2000).** Cincuenta años de investigación agrícola de maíz para tierra caliente en México. *Agric. Tec. Mex.* 26:49-62.

Ribaut, J. M., and D. Hoisington (1988). Marker-assisted selection. New tools and strategies. *Trends in Plant Sciences* 3:236-239.

**Roberts, L. M. (1950).** Las razas mexicanas de maíz más útiles como material básico para el mejoramiento. *En:* Primera Asamblea Latinoamericana de Fitogenetistas. Oficina de Estudios Especiales. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Folleto Misceláneo No. 3. México. pp: 71-84.

**Roberts L. M., U. J. Grant, R. Ramírez, W. H. Hathaway, y D. L. Smith en colaboración con P. C. Mangelsdorf. (1957).** Razas de maíz de Colombia. Natl. Acad. Sci.-Natl. Res. Council. Publicación No. 510. Washington, D. C. 144 p.

**Romero P., J. (1990).** Los sistemas de cultivo y las variedades de maíz en la región sureste de Tierra Caliente, Mich. Trabajo del curso de Evolución Orgánica, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx. 14 p. (Inédito).

**Romero P., J. (1992).** Selección de maíces resistentes a sequía y calor en la zona de Huetamo, Mich.-CD. Altamirano, Gro. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 151 p.

**Romero P., J. y R. Ortega P. (1996).** Sistema de cultivo, variedades y erosión genética en maíz en el sureste de Tierra Caliente, Mich. *Revista de Geografía Agrícola* No. 22-23:113-129.

**Ron P. J., J. J. Sánchez G., A. A. Jiménez C., J. A. Carrera V., J. G. Martín L., M Morales R., L. de la Cruz L., J. G. Rodríguez F., S. A. Hurtado de la P., y S. Mena M. (2006).** Maíces nativos del Occidente de México. I. *Colectas* 2004. *Scientia* 6:1-139.

**S.A.G. (1963).** Variedades de maíz para el Bajío y zonas similares. Dirección General de Agricultura. Departamento de Extensión Agrícola. México, 12 p.

**Salhuana, W. (1988).** Seed increase and germplasm evaluation. *In: CIMMYT 1988. Recent advances in the conservation and utilization of genetic resources. Proceedings of the global maize germplasm workshop. México, D. F. pp: 29-38.*

**Salhuana, W., R. Sevilla, and S. Eberhart (1997).** Latin American Maize Project (LAMP). Final report. Pioneer Hi-Bred Int. Special Publication.

**Sánchez G., J. J., M. M. Goodman, and C. W. Stuber. (2000).** Isosymatic and morphological diversity in the races of maize from México. *Econ. Bot.* 54:43-59.

**Sánchez G., J. J. (1989).** Relationship among the mexican races of maize. Thesis Ph. D., North Carolina State University. Raleigh, N. C. 187 p.

**SAS Institute Inc. (1993).** SAS/STAT Software: Syntax Versión 6. First edition. Cary, NC, USA. 151 p.

**Sierra M, M., O. Cano R., A. Palafox C., O. H. Tosquy V., A. Espinosa C., y F. A. Rodríguez M. (2005).** Progreso del mejoramiento genético de maíz (*Zea mays L.*) en el trópico húmedo de México. *Agric. Téc. Méx.* 31:21-32.

**Simpson M., J. A., and L. A. Withers (1986).** Characterization of plant genetic resources using isozyme electrophoresis: A guide to the literature. International Board for Plant Genetic Resources. Rome. 102 p.

**Sitt M., M. (2010).** Razas de maíz de Michoacán de Ocampo. Su origen, relaciones fitogeográficas y filogenéticas. Instituto Tecnológico del Valle de Morelia (en prensa).

**S.M.N. (1976).** Normales climatológicas periodo 1941-1970. SARH, México, D.F. 731 p.

**Smith, M. E., and R. L. Paliwal (1996).** Contributions of genetic resources and biotechnology to sustainable productivity increases in maize. *In: K. Watanabe and E. Pehu (eds.). Plant biotechnology and plant genetic resources for sustainability and productivity. Austin, Tx., USA. R. G. Landes and Academic Press. (In Press).*

**Stakman, E. C., R. Branfield, y P. C. Mangelsdor (1969).** Campañas contra el hambre. UTEHA, México. 343 p.

**Stebbins, G. L. (1974).** Flowering plants. Evolution above the species level. Cambridge, MA. Harvard University Press.

**Stuber, C. W., E. S. Lincoln, W. D. Wolff, T. Helentjaris, and S. E. Lander (1992).** Identification of genetic factors contributing to heterosis in a hybrid from two elite maize inbred lines using molecular markers. *Genetics* 132:823-839.

**Swadesh, M. (1958).** Términos de parentesco comunes entre Tarasco y Zuñi, México. Instituto de Investigaciones Históricas. UNAM. Serie antropológica No 3. 39 p.

**Taba, S. (1988).** User-oriented bank management. *In: Recent advances in the conservation and utilization of genetic resources. Proc. of the global maize germplasm workshop. CIMMYT.* pp: 39-43.

**Tellury, S. P., and M. M. Goodman (1999).** Experimental evaluation of the potential of tropical germplasm for temperate maize improvement. *Theor. Appl. Genet.* 98:54-61.

**Timothy, D. H., B. Peña V., R. Ramírez, E. William, L. B., and E. Anderson (1961).** Races of maize in Chile. *Natl. Acad. Sci.-Natl. Res. Council. USA.* 84 p.

**Timothy, D. H., W. H. Hatheway, U. J. Grant, M. R. Torregroza C., D. Sarria, V., D. Varelia, A., (1963).** Races of maize in Ecuador. *Natl. Acad. Sci.-Natl. Res. Council. USA.* 147 p.

**Tovar, G. J. (2008).** Estudio de la diversidad genética parcial de los maíces criollos del estado de Michoacán. Tesis Profesional. Instituto Tecnológico del Valle de Morelia. Morelia, Mich. 85 p.

**Vásquez, C. M., G. L. Guzmán B., J. L. Andrés G., F. Márquez S., y J. Castillo M. (2003).** Calidad de grano y tortillas de maíces criollos y sus retrocruzas. *Rev. Fitotec. Mex.* 26(4):231-238

**Wellhausen E., J., L. M. Roberts, y E. Hernández X. en colaboración con P. C. Mangelsdorf (1951).** Razas de maíz de México. Su origen, características y distribución. SAG-OEE. Folleto Técnico No. 5. México, D. F. 236 p.

**Wellhausen, E. J. (1960).** El mejoramiento de maiz en Mexico. Avances actuales y proyectos hacia el futuro. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural.* Tomo XXI No. 21: 435-462.

**Wilkes, G. (1977).** The world's crop plant germplasm: An endangered resource. *Bull. At. Sci.* 33:8-18.

Witcombe J. R., A. Joshi, K. D. Joshi, and B. R. Sthapit (1996). Farmer participatory crop improvement. I. Varietal selection and breeding methods and their impact on biodiversity. *Experimental Agriculture* 32:445-460.

Young, N. D., D. Zamir, M. W. Ganal, and S. D. Tanksley (1988). Use of isogenic lines and simultaneous probing to identify DNA markers tightly linked to the *tm-2a* gene in tomato. *Genetics* 120:579-585.

Young, N. D., and D. Tanksley (1989). RFLP analysis of the size of chromosomal segments retained around the *Tm-Z* locus of tomato during backcross breeding. *Theor. Appl. Genet.* 77:353-359.

Zeven, A. C. (1998). Landraces. A review of definitions and classifications. *Euphytica* 104: 127-139.